



نکات کاربردی از استانداردهای

ASME: Sec.VIII Div.-1 & B31.3

API: 650, 620, 5L & 1104

AWS, ASTM & IPS - (PI)



تهیه و گردآوری:
منوچهر تقوی





ثواب نشر رایگان این کتاب
را هدیه می کنم به روح پدر و مادرم
و همچنین شهدای شهرستان لنده.
لذا از تمام عزیزانی که از این کتاب
استفاده می کنند تقاضا دارم،
این ارواح را شاد کنید به ذکر صلواتی
بر محمد و آل محمد (ص).



از آنجایی که این کتاب را با عشق و
علاقه‌ی وافری نوشته‌ام با تمام
وجودم به همسر مهربان و فداکارم
که در تمام مراحل زندگی و سختیها
در کنارم بوده تقدیم می‌کنم.
امیدوارم، گوشه‌ای از زحمات
ایشان را قدردانی کرده باشم.
ان شاءالله



نکات کاربردی استانداردهای

ASME: Sec.VIII Div.-1 & B31.3

API: 650, 620, 5L & 1104

AWS, ASTM, IPS - (PI)

چاپ چهارم

(همراه با ویرایش و مطالب جدید)

تهیه و گردآوری:

منوچهر تقوی

ویراستار فنی: مهندس پرویز صابرپور

طرح روی جلد و صفحه آرایشی:

هادی مدرس نیا و مهندس عارف عوض نیا

حق چاپ و نشر مخصوص مؤلف است.

فهرست مطالب

پیشگفتار	۱۷
*** - مقدمه چاپ اول	۱۹
*** - مقدمه چاپ چهارم	۲۰
(۱) - استانداردها	۲۱
■ - معرفی حوزه‌ی کاربردی استانداردهای API و ASME و AWS	۲۱
■ - نگاهی اجمالی به حوزه کاربردی برخی از استانداردهای API	۲۲
■ - نگاهی اجمالی به حوزه کاربردی برخی استانداردهای AWS	۲۳
■ - نگاهی اجمالی به حوزه کاربردی برخی استانداردهای ASME	۲۵
■ - نگاهی اجمالی به حوزه کاربردی برخی استانداردهای IPS	۲۶
(۲) - استاندارد ASME SEC. VIII DIV. 1 مخازن تحت فشار	۲۷
■ - ASME به چه معنی است؟	۲۷
■ - استاندارد ASME Sec. VIII-Div. 1-2019	۲۸
(۳) - گزیده‌ای از مطالب کاربردی استاندارد ASME SEC. VIII DIV. 1-2019	۳۱
■ - محدوده‌ی کاربرد ASME Sec. VIII Div. 1	۳۱
■ - تغییر فرم Out-of-Roundness در بدنه مخازن تحت فشار	۳۲
■ - تئورانس فرم و شکل کلگی‌ها در مخازن تحت فشار (ASME Sec. VIII Div.1-2019-UG-81)	۳۳
■ - فرمول محاسبه‌ی حجم کلگی (2:1) در مخازن تحت فشار:	۳۶
■ - فرمول محاسبه‌ی گرده اولیه مورد نیاز برای ساخت کلگی (2:1) در مخازن تحت فشار	۳۷
■ - SPIN-HOLES - چیست؟	۳۷
■ - تعمیر عیوب در متریالهای مخازن تحت فشار مطابق Para.UG-78	۳۸
■ - روشهای جوشکاری در مخازن تحت فشار مطابق پاراگراف UW-27	۳۹
■ - PEENING - چیست؟	۳۹
■ - نظر استاندارد در مورد طراحی مخازن تحت فشار با نرم افزارها	۴۰
■ - موضوعی که در گد نیامده آیا ممنوع است؟	۴۰
■ - Telltale Holes چه سوراخهایی هستند؟	۴۰
■ - حرف M که در مشخصه‌ی شماره متریال‌ها مثل SA-516/SA-516M قید شده به چه معنی است؟	۴۱
■ - علامت گذاری مورد نیاز UG-116 REQUIRED MARKING	۴۱
■ - U, UM, RT 1, RT 2, RT 3, RT 4, HT and PHT	۴۲
■ - پلاک اسم UG-119 NAMEPLATES	۴۴

- - تعریف اصطلاح MAWP در مخازن تحت فشار مطابق Para.UG-98(a) ۴۴
- - طریقه محاسبه MAWP ۴۵
- (۴) - فاصله مجاز خط جوشهای مجاور (طولی و محیطی) ۴۸
 - - دسته بندی خطوط جوش مخازن (Welded Joint Category) ۴۸
 - - فاصله خطوط جوش طولی در مخازن تحت فشار (Longitudinal Joint) ۴۹
 - - فاصله خطوط جوش در مخازن تحت فشار دمای پایین ۵۱
 - - فاصله خطوط جوش مخازن کم فشار بر اساس استاندارد API 620-2018 APP. R & Q ۵۱
 - - فاصله خطوط جوش در مخازن ذخیره ای بر اساس API 650-2020 ۵۲
 - - فاصله خطوط جوش طولی در API 5L-2018 ۵۳
 - - فاصله خطوط جوش طولی در IPS-C-PI-240-(Piping) ۵۴
 - - فاصله خطوط جوش محیطی در مخازن تحت فشار ASME Sec. VIII Div.1-2019 ۵۵
 - - فاصله خطوط جوش محیطی در استاندارد ASME B31.3-2016 ۵۵
 - - فاصله خطوط جوش محیطی در API 5L-2018 ۵۶
 - - فاصله خطوط جوش محیطی در IPS-C-PI-240 (Piping) ۵۶
 - - فاصله خطوط جوش محیطی در IPS-C-PI-270 (Pipeline) ۵۶
 - - RUN- OFF TAB چیست؟ ۵۷
- (۵) - تعریف اصطلاحات PN, DN, NPS & CLASS ۵۷
- (۶) - تعریف اصطلاحات PASS, BEAD AND LAYER در جوش ۶۰
 - - ضخامت هر پاس جوش در استاندارد AWS ۶۲
 - - ضخامت هر پاس جوش در استاندارد API 650-2020 ۶۳
 - - ضخامت هر پاس جوش در استاندارد ASME Sec. IX ۶۳
 - - ضخامت هر لایه (Layer) جوش در استاندارد AWS ۶۴
 - - ضخامت هر لایه (Layer) جوش در استاندارد API 1104-2018 ۶۴
- (۷) - انواع اتصالات نازلها به مخازن تحت فشار ۶۵
 - - انواع اتصالات کاربردی در سیستم های لوله کشی صنعتی ۶۷
- (۸) - اندازه جوش ۷۱
 - - مقدار جوش لازم در اتصالات فلنجی در مخازن تحت فشار ۷۱
 - - مقدار جوش لازم برای انشعابات (Branches) و ورقهای تقویتی آنها در استاندارد ASME B31.8-2018 ۷۳
 - - مقدار جوش لازم برای فلنجهای (Flanges) و انواع آنها در استاندارد ASME B31.8-2018 ۷۴
 - - مقدار جوش لازم در اتصالات فلنجی در استاندارد ASME B31.3-2016 ۷۵
 - - مقدار جوش لازم در اتصالات فلنجی در مخازن تحت فشار ASME Sec. VIII-Div. 1-2019 ۷۵

- - انجام BUILD UP مطابق ASME Sec. VIII - Div. 1-2019 ۸۰
- - انجام BUILD UP مطابق استاندارد ASME Sec. IX-2019 ۸۱
- - انجام BUILD UP مطابق ASME B31.3-2016 ۸۲
- ۹- تعریف اصطلاحات CJP, PJP در جوش ۸۳
 - - اصطلاح CJP ۸۳
 - - اصطلاح PJP: ۸۵
- ۱۰- دسته بندی متریال ها ۸۸
 - ☀ دسته بندی متریال ها بر اساس استاندارد ASME SEC. IX-2019 ۸۸
 - - P-Number چیست؟ ۹۲
 - - Gr. Number چیست؟ ۹۲
 - - توضیح در باره P- Number و Gr. Number متریال ها در استاندارد ASME Sec. IX-2019 ۹۴
 - - Uniform Numbering System (UNS) چیست؟ ۹۹
 - - وضعیت UNS No. در استاندارد ASME Sec. IX-2019 ۱۰۲
 - ☀ دسته بندی متریال ها در استاندارد API ۱۰۶
 - - دسته بندی متریال ها در استاندارد API 650-2020 ۱۰۶
 - - دسته بندی متریال ها در استاندارد API 620-2018 ۱۰۶
 - - دسته بندی متریال ها در استاندارد API 1104-2018 ۱۰۷
 - - دسته بندی متریال ها در مشخصات API 5L-2018 ۱۰۷
 - ☀ دسته بندی متریال ها در استاندارد AWS ۱۰۹
- ۱۱- وضعیت گاز محافظ پشت بند (BACK PURGING) ۱۱۳
 - - چگونگی نیاز متریال های (Cr,Mo) به گاز محافظ پاس ریشه (پرچ) در هنگام جوشکاری ۱۱۳
 - - محدوده درصد کروم هر فولادی که نیاز به گاز محافظ پشت بند دارد مطابق با API-RP-582 ۱۱۳
- ۱۲- شرایط بازرسی و بازرسی در استانداردهای مختلف ۱۱۶
 - ☀ - بازرسی در استاندارد ASME SEC. VIII-DIV. 1-2019 ۱۱۶
 - - بازرسی و آزمایشات UG-90-INSPECTION AND TESTS ۱۱۶
 - - بازرسی UG-91 - THE INSPECTOR ۱۱۸
 - - UG-92 - ACCESS FOR INSPECTOR ۱۱۸
 - - UG-93 - INSPECTION OF MATERIALS ۱۱۸
 - ☀ - بازرسی در استاندارد ASME B31.3-2016 ۱۲۱
 - - بازرسی (Paragraph-340 INSPECTION) ۱۲۱
 - ☀ - بازرسی در استاندارد AWS QC1-2016 ۱۲۲
 - - Paragraph-2. Levels of Certification and Endorsements ۱۲۲

- ☀ - بازرسی جوش در استاندارد AWS B5.1-2013 ۱۲۳
- ☀ - بازرسی در استاندارد API 570-2016 ۱۲۷
- - تایید صلاحیت بازرسی (Inspector Certification) ۱۲۷
- (۱۳) - اتصال ضخامت های غیر یکسان ۱۲۸
- ☀ - اتصال ضخامت های غیر یکسان در استاندارد ASME SEC. VIII Div.1-2019 ۱۲۸
- ☀ - اتصال ضخامت های غیر یکسان در API 620-2018 ۱۲۹
- ☀ - اتصال ضخامت های غیر یکسان در استاندارد ASME B16.47-2011 ۱۳۲
- ☀ - محدوده QUALIFY ضخامت غیر یکسان در PQR مطابق با ASME SEC. IX-2019 ۱۳۲
- (۱۴) - چگونگی شکل گیری استاندارد ASME B31.3 ۱۳۴
- ☀ - خلاصه ای از استاندارد ASME B31.3 ۱۳۵
- (۱۵) - مرجع تهیهی مدارک WPS , PQR و WQT در استانداردهای مختلف ۱۴۵
- ☀ - WPS , PQR و WQT در استاندارد ASME SEC. VIII Div.1-2019 ۱۴۵
- ☀ - WPS , PQR و WQT در ASME B31.4-2019 ۱۴۶
- ☀ - WPS , PQR و WQT در ASME B31.8-2016 ۱۴۶
- ☀ - WPS , PQR و WQT در مخازن ذخیره ای براساس API 650-2020 ۱۴۷
- ☀ - WPS , PQR و WQT در API 620-2018 ۱۴۸
- ☀ - WPS , PQR و WQT در API 1104-2018 ۱۴۸
- ☀ - WPS , PQR و WQT در IPS-C-PI-290 ۱۵۴
- ☀ - WPS , PQR و WQT در ASME B31.3-2016 ۱۵۷
- - WPS , PQR و WQT برای سرویسها بجز سرویس High Pressure Piping ۱۵۷
- - WPS , PQR و WQT برای سرویس High Pressure Piping ۱۵۸
- (۱۶) - استفاده از PQR دیگران ۱۵۹
- ☀ - استفاده از PQR دیگران در ASME B31.3-2016 ۱۵۹
- - استفاده از (PQR) دیگران برای همه سرویسها بجز High Pressure Piping ۱۵۹
- - استفاده از PQR دیگران برای سرویس High Pressure Piping ۱۶۰
- ☀ - استفاده از PQR دیگران در ASME SEC. IX-2019 ۱۶۰
- ☀ - استفاده از PQR دیگران در AWS B2.1-2014 ۱۶۱
- (۱۷) - پیشگرم (PREHEAT) ۱۶۲
- ☀ - پیشگرم در مخازن تحت فشار در استاندارد ASME SEC. VIII Div.1-2019 ۱۶۲
- - ASME Sec. VIII Div.1 Appendix R ۱۶۲

- ☀ ۱۶۸ PIPING-B31.1-2016 در استاندارد (PREHEAT) پیشگرم
- ☀ ۱۶۹ ASME B31.3-2016-PROCESS PIPING در استاندارد (PREHEAT) پیشگرم
- ☀ ۱۷۲ IPS-C-PI-290 در استاندارد پیشگرم
- ☀ ۱۷۴ API 650-2020 در استاندارد پیشگرم
- ☀ ۱۷۴ API 620-2018 در استاندارد پیشگرم
- ۱۷۶ (۱۸) - تنش زدایی (PWHT).....
- ☀ ۱۷۶ ASME SEC. VIII Div.1-2019 در استاندارد تنش زدایی
- ۱۷۶ تنش زدایی (PWHT) برای مخازن تحت فشار
- ۱۷۶ ASME Sec. VIII Div.1-2019-UW-2(a) پاراگراف
- ۱۷۷ ASME Sec. VIII Div.1-2019-UCS-68 پاراگراف
- ۱۷۸ ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UCS-56 پاراگراف
- ۱۸۱ جدول های 11~ UCS-56-1 همراه با پاورقی های آنها
- ۱۹۲ ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UCS-56.1 جدول
- ۱۹۳ دیگرام فاز آهن - کربن
- ۱۹۴ ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UHA-32 پاراگراف
- ۱۹۷ ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UHA-44 پاراگراف
- ۲۰۰ ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UCS-79 پاراگراف
- ۲۰۲ Heating Rate
- ۲۰۲ Cooling Rate
- Error! Bookmark not defined. تفسیر گراف تنش زدایی ارائه شده
- ۲۰۳ AWS D10.10 تعداد ترموکوپل ها مطابق استاندارد
- ۲۰۴ Heating Rate طریقه‌ی محاسبه‌ی
- ۲۰۴ Holding Time طریقه‌ی محاسبه‌ی
- ۲۰۵ Cooling Rate طریقه‌ی محاسبه‌ی
- ۲۰۵ مواردی که هنگام تفسیر گراف تنش زدایی باید رعایت کرد.
- ۲۰۷ تعمیرات جوش بعد از تنش زدایی (PWHT)
- ۲۰۸ Para. UCS 56- f(4)(c) Temper Bead Welding مطابق با
- ☀ ۲۱۰ ASME B31.3 PROCESS PIPING-2016 در استاندارد (PWHT) تنش زدایی
- ۲۱۳ ASME B31.3 در Branch ها مطابق با
- ۲۱۶ جدول (Table 331.1.3) معافیتها از تنش زدایی PWHT اجباری
- ۲۱۹ Table 331.1.1-2016- Post weld Heat Treatment جدول
- ۲۲۷ AWS D10.10 Soak Band پهنای بر اساس
- ۲۳۴ Table 302.3.5 Weld Joint Strength Reduction Factor, W جدول
- ☀ ۲۳۸ IPS-C-PI-290 در استاندارد (PWHT) تنش زدایی

- - تنش زدایی (PWHT) در سیستمهای لوله کشی در استاندارد IPS-C-PI-290 ۲۳۸
- - تنش زدایی (PWHT) در خطوط انتقال بر اساس استاندارد IPS-C-PI-270-2009 ۲۴۱
- ☀ - تنش زدایی (PWHT) در استاندارد API-1104-2018-PIPELINE ۲۴۲
- - تنش زدایی (PWHT) در خطوط انتقال بر اساس استاندارد ASME B31.8-2018 ۲۴۳
- - تنش زدایی (PWHT) در خطوط انتقال بر اساس استاندارد ASME B31.4-2019 ۲۴۵
- ☀ - تنش زدایی در استاندارد API 650-2020 ۲۴۶
- - تنش زدایی (PWHT) برای مخازن ذخیره ای ۲۴۶
- - تنش زدایی (PWHT) برای مخازن ذخیره ای کم فشار ۲۵۱
- - ضمیمه (H) پیشنهادات اجرایی برای استفاده از پیشگرمی پسگرمی و تنش زدایی ۲۵۴
- - ضمیمه (Q) مخازن ذخیره ای کم فشار برای گازهای هیدروکربنی مایع شده ۲۵۴
- - ضمیمه (R) مخازن ذخیره ای کم فشار برای محصولات منجمد شده ۲۵۴
- ☀ - تنش زدایی در استاندارد NACE MR0403 ۲۵۶
- ۱۹- تست ضربه (CHARPY V-NOTCH) ۲۶۰
- ☀ - تست ضربه در مخازن تحت فشار ASME SEC VIII Div. 1-2019 ۲۶۱
- - تاریخچه متغییرات تکمیلی اساسی (Supplementary Essential Variable) ۲۶۱
- - تست ضربه در متریکال ۲۶۲
- - تست ضربه در PQR ۲۶۲
- - تست ضربه در PRODUCTION TEST ۲۶۳
- - تعیین نیاز یا عدم نیاز به تست ضربه ۲۶۸
- - معافیت‌های تست ضربه (IMPACT) در مخازن تحت فشار برای ضخامت های کم ۲۷۵
- - سوالاتی در باره تست ضربه ۲۷۵
- - در استاندارد ASTM A370-2019 ۲۷۸
- - در مشخصات فنی پروژه Project Specification ۲۷۹
- - بررسی نتایج تست ضربه ۲۹۸
- - تفسیر نتایج تست (ضربه) در ASTM A370 Para.27 ۳۰۰
- - مقدار انرژی جذب شده لازم چقدر است؟ ۳۰۱
- - اختلاف دمایی مجاز در تست ضربه ۳۰۹
- - تست مجدد ضربه در مخازن تحت فشار ۳۱۰
- ☀ - تست ضربه در مخازن ذخیره ای براساس استاندارد API-650-2020 ۳۱۱
- - تست ضربه در استاندارد API 650-2020 ۳۱۱
- - دسته بندی متریکال ها در استاندارد API-650-2020 ۳۱۱
- - تست ضربه در متریکال ۳۱۳
- - پاراگراف 4.2.9 - تست ضربه ورقها: ۳۱۳
- - پاراگراف 4.2.10 - الزامات تست چقرمگی ۳۱۵

- ۳۱۶ * - پاراگراف 4.2.11 - روشهای تست ضربه (تعیین چقرمگی)
- ۳۱۶ * - مقدار انرژی جذب شده لازم برای تست ضربه در ورقها
- ۳۱۷ * - تست ضربه در خط جوش طولی لوله ها
- ۳۱۷ * - پاراگراف 4.5 PIPING AND FORGINGS
- ۳۱۷ * - تست ضربه در جوش و منطقه HAZ
- ۳۱۷ * - پاراگراف 9.2 QUALIFICATION OF WELDING PROCEDURES
- ۳۱۷ * - پاراگراف 9.2 - تأیید روشهای جوشکاری
- ۳۲۴ ■ - مقدار انرژی جذب شده ی لازم برای تست ضربه در جوش و منطقه HAZ
- ۳۲۷ ☀ - تست ضربه در PIPING براساس استاندارد ASME B31.3-2016
- ۳۴۰ ■ - تست مجدد ضربه (Retest) در سیستم های لوله کشی (Process Piping)
- ۳۴۳ ☀ - تست ضربه در PIPELINE براساس استاندارد API-1104-2018
- ۳۴۸ (۲۰) - HIGH-LOW عدم هم ترازی مجاز
- ۳۴۸ ☀ - HIGH-LOW عدم هم ترازی مجاز در ASME SEC. VIII DIV.1-2019
- ۳۴۹ ☀ - HIGH-LOW مجاز در مخازن ذخیره ای مطابق با API 650-2020
- ۳۴۹ ☀ - HIGH-LOW مجاز مخازن در API 620-2018
- ۳۵۰ ☀ - HIGH-LOW مجاز در PIPING مطابق با استاندارد ASME B31.3-2016
- ۳۵۰ ■ - High-Low در جوشهای محیطی و جوشهای خطی
- ۳۵۰ ■ - High-Low در انشعابات (Branches)
- ۳۵۱ ■ - High-Low در سرویس High-Pressure Piping
- ۳۵۲ ☀ - HIGH-LOW - مجاز در PIPELINE در استاندارد API 1104-2018
- ۳۵۳ (۲۱) - REINFORCEMENT (گرده مجاز جوش)
- ۳۵۳ ☀ - REINFORCEMENT (گرده مجاز جوش در مخازن تحت فشار)
- ۳۵۳ ☀ - REINFORCEMENT (گرده مجاز جوش در سیستم لوله کشی فرایند)
- ۳۵۳ ☀ - REINFORCEMENT (گرده مجاز جوش) در مخازن API 620-2018
- ۳۵۴ ☀ - REINFORCEMENT (گرده ی مجاز جوش) در مخازن API 650-2020
- ۳۵۴ ☀ - REINFORCEMENT (گرده مجاز جوش) در خطوط لوله API 1104-2018
- ۳۵۵ ☀ - REINFORCEMENT (گرده مجاز جوش) در استاندارد AWS D1.1-2020
- ۳۵۷ (۲۲) - معیار پذیرش سوختگی کنار جوش (UNDERCUT) در استانداردها
- ۳۵۷ ☀ - معیار پذیرش U/C در استانداردهای API & ASME
- ۳۵۷ ■ - میزان مجاز U/C در استاندارد API 650-2020 (مخازن اتمسفری)
- ۳۵۷ ■ - میزان قابل قبولی U/C در استاندارد API 620-2018

- - میزان قابل قبولی U/C در استاندارد API 1104-2018 ۳۵۸
- - میزان مجاز U/C در استاندارد API-5L-2018 ۳۵۹
- ☼ - معیار پذیرش U/C در ASME SEC. VIII Div.1-2019-PARA. UW-35 ۳۶۰
- ☼ - معیار پذیرش سوختگی کنار جوش (U/C) در استاندارد ASME B31.3-2016 ۳۶۰
- (۲۳) - PNEUMATIC LEAK TEST برای پدهای تقویتی (REINFORCEMENT) ۳۶۱
- - نیوماتیک تست پدهای تقویتی در مخازن تحت فشار ASME Sec. VIII Div.1-2019 ۳۶۱
- - نیوماتیک تست پدهای تقویتی در مخازن ذخیره ای API 650-2020 ۳۶۳
- - نیوماتیک تست پدهای تقویتی در مخازن ذخیره ای API 620-2018 ۳۶۳
- (۲۴) - JOINT EFFICIENCY ۳۶۳
- (۲۵) - نازل روی خط جوش ۳۶۵
- ☼ - برخورد نازل با خط جوش در مخازن تحت فشار طبق ASME SEC. VIII-DIV. 1-2019 ۳۶۵
- ☼ - فاصله نازل با خط جوش در مخازن تحت فشار طبق ASME SEC. VIII-DIV. 1-2019 ۳۶۶
- ☼ - برخورد نازل با خط جوش در مخازن با دمای پایین طبق ASME SEC. VIII-DIV. 1-2019 ۳۶۸
- ☼ - فاصله نازل با خط جوش در مخازن با دمای پایین طبق ASME SEC. VIII-DIV. 1-2019 ۳۶۸
- ☼ - برخورد نازل با خط جوش در مخازن ذخیره ای طبق API 650-2020 ۳۶۹
- (۲۶) - رادیوگرافی: ۳۷۲
- - زمان انجام آزمایش رادیوگرافی (Time of Examination) ۳۷۲
- ☼ - رادیوگرافی در مخازن تحت فشار ASME SEC. VIII Div.1-2017 ۳۷۲
- - تفاوت NDE و NDT ۳۷۲
- - عوامل تعیین کننده انجام رادیوگرافی در مخازن تحت فشار ۳۷۲
- - مقررات وضعیت رادیوگرافی کامل (Full) ۳۷۶
- - مقررات وضعیت رادیوگرافی Spot ۳۷۷
- - معیار پذیرش عیوب برای رادیوگرافی کامل (Full) - UW-51(b) ۳۷۷
- - نشانه های مدور (Mandatory Appendix 4) ۳۷۸
- - معیار پذیرش عیوب بر اساس UW-52 در رادیوگرافی نقطه ای (Spot) ۳۸۳
- - اصطلاح "پنالتی" برای جوشهای تعمیری در مخازن تحت فشار ۳۸۵
- ☼ - حالت های مختلف NDE در استاندارد ASME B31.3-2016 ۳۸۶
- - گستره رادیوگرافی در استاندارد ASME B31.3-2016 ۳۸۷
- - وضعیت رادیوگرافی در سرویس های نرمال (Category Normal Fluid Service) ۳۸۷
- - وضعیت رادیوگرافی در سرویس های Sever Cyclic Conditions ۳۸۸
- - وضعیت رادیوگرافی در سرویس های Category M Fluid Service ۳۸۸

- وضعیت رادیوگرافی در سرویس های Category High Pressure Piping ۳۸۹
- رادیوگرافی موضعی (Spot) در سرویس های Normal Fluid Service ۳۸۹
- آزمایش در حین کار (In-Process Examination) چیست؟ ۳۸۹
- Acceptance Criteria فیلمهای رادیوگرافی مطابق ASME B31.3-2016 ۳۹۰
- Acceptance Criteria فیلمهای رادیوگرافی در سرویس High Pressure Piping ۳۹۴
- اصطلاح "پنالتی" برای جوشهای تعمیری در ASME B31.3-2016 ۳۹۶
- ☼ رادیوگرافی در مخازن ذخیره ای مطابق با استاندارد API- 650-2016 ۳۹۷
- تعداد و موقعیت فیلمهای رادیوگرافی در مخازن ذخیره ای ۳۹۷
- مرجع تفسیر فیلمهای رادیوگرافی در مخازن ذخیره ای مطابق استاندارد API 650-2020 ۴۰۳
- اصطلاح "پنالتی" برای جوشهای تعمیری در مخازن ذخیره ای API 650-2020 ۴۰۴
- نمونه ای از Weld Map مخازن ذخیره ای API 650-2020 ۴۰۴
- نمونه ای از فرم پر شده ی مربوط به رادیوگرافی مخازن ذخیره ای API 650-2020 ۴۰۶
- ☼ رادیوگرافی در مخازن ذخیره ای کم فشار مطابق با استاندارد API 620-2018 ۴۰۷
- ☼ رادیوگرافی مخازن ذخیره ای کم فشار آلومینیومی مطابق API 650-2020-ANNEX AL ۴۰۷
- ☼ رادیوگرافی در ساخت لوله بر اساس استاندارد API 5L-2018 ۴۰۷
- ☼ رادیوگرافی در خطوط لوله مطابق با استاندارد API 1104-2018 ۴۰۸
- ☼ رادیوگرافی مطابق با استاندارد ASME SECTION IX-2019 ۴۲۴
- جدول مقایسه فیلم های سازنده های مختلف ۴۲۷
- ☼ بررسی وضعیت I.Q.I (WIRE TYPE) در فیلم رادیوگرافی ۴۲۸
- ☼ بررسی وضعیت I.Q.I (WIRE TYPE) در استانداردهای مختلف ۴۲۹
- وضعیت I.Q.I (Wire Type) در فیلم رادیوگرافی مطابق با استاندارد ASME Sec. V-2019 ۴۲۹
- بررسی چگونگی انتخاب I.Q.I ۴۳۰
- انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد IPS-C-PI-270 ۴۳۶
- انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد PS-C-PI-290 ۴۳۸
- انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد API 1104-2018 ۴۳۸
- انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد API 5L-2018 ۴۳۹
- انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد API 650-2020 ۴۴۰
- انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد API 620-2018 ۴۴۰
- ۲۷) - انجام RT (ULTRASONIC TEST) بجای RT (RADIOGRAPHIC TEST) ۴۴۲
- ☼ مجوز جایگزینی RT بجای RT در استاندارد ASME SEC. VIII Div. 1 ۴۴۲
- ☼ مجوز جایگزینی RT بجای RT در استاندارد ASME B31.3-2016 ۴۴۴
- ☼ مجوز جایگزینی RT بجای RT در استاندارد API-650-2020 ۴۴۶
- ☼ مجوز جایگزینی RT بجای RT در استاندارد API-620-2018 ۴۴۶

- ۴۴۷ (۲۸) - عیب تورق (LAMINATION)
- ۴۴۷ ■ - عیب تورق (Lamination) در (AWS WI-Ch*9) Welding Inspection Handbook
 - ۴۴۹ ☼ - محدوده‌ی عیب تورق (LAMINATION) در استاندارد API-5L-2018
 - ۴۴۹ ■ - میزان مجاز Lamination در استاندارد API-5L-2018
 - ۴۵۱ ☼ - عیب LAMINATION در استاندارد IPS
 - ۴۵۱ ■ - عیب Lamination در استاندارد IPS-C-PI-290-(Piping)
 - ۴۵۱ ■ - عیب Lamination در استاندارد IPS-C-PI-270 (PipeLine)
 - ۴۵۲ ■ - عیب Lamination در استاندارد API-650-2020-Storage Tank
 - ۴۵۲ ■ - عیب Lamination در استاندارد API-620-2018
 - ۴۵۲ ■ - عیب Lamination در استاندارد ASME B31.4-2019
- ۴۵۳ (۲۹) - عیب تو رفتگی یا گودی (DENTS)
- ۴۵۳ ☼ - محدوده‌ی قابل قبول عیب تو رفتگی یا گودی (DENTS)
 - ۴۵۳ ■ - میزان مجاز تو رفتگی یا گودی (Dents) در استاندارد API 5L-2018
 - ۴۵۴ ■ - میزان مجاز تو رفتگی یا گودی (Dents) در استاندارد ASME B31.4-2019
- ۴۵۷ (۳۰) - تفاوت‌های لوله های PSL-1 و PSL-2 در API SPECIFICATION 5L
- ۴۶۵ (۳۱) - استاندارد ASTM
- ۴۶۵ ■ - سیستم نامگذاری در استاندارد ASTM
 - ۴۶۶ ■ - بررسی اصطلاحات Grade, Type, Class
 - ۴۷۷ ■ - بررسی بعضی از پیشوندها همچون P, T, PT, F در گرید متریالها
 - ۴۷۷ ■ - بررسی اصطلاحات Normalizing, Quenching, Tempering, Stress Relieving
 - ۴۷۸ ■ - بررسی اصطلاحات Killed Steel, Semikilled Steel
 - ۴۷۹ ■ - بررسی میزان قابل قبولی عیوب سطحی (Surface imperfections) متریالها:
- ۴۸۱ (۳۲) - استاندارد API-650
- ۴۸۱ ■ - مخازن ذخیره ای سقف ثابت
 - ۴۸۲ ■ - مخازن ذخیره ای سقف شناور
 - ۴۸۸ ☼ - بازرسی ابعادی در مخازن ذخیره ای بر اساس استاندارد API 650 -2016
 - ۴۸۸ ■ - شاغولی بودن (Plumbness)
 - ۴۸۸ ■ - گرد بودن (Roundness)
 - ۴۸۸ ■ - انحرافات موضعی (Local Deviations)
 - ۴۸۸ * - پاراگراف 7.5.4 (Local Deviations) : انحرافات موضعی.
 - ۴۸۹ ■ - Peaking

۴۸۹	■ - Banding
۴۸۹	■ - فونداسیون (Foundations)
۴۸۹	* - پاراگراف 7.5.5 (Foundations) : فونداسیون.
۴۹۰	■ - نازلها (Nozzles)
۴۹۰	* - پاراگراف 7.5.6 (Nozzles) : نازلها.
۴۹۰	* - پاراگراف 7.5.7 (Shell Manholes) : منهول های بدنه.
۴۹۰	☀ - ضمیمه "ANNEX T" از استاندارد API 650-2020
۴۹۰	■ - خلاصه ای از آزمایشات غیر مخرب در مخازن با آدرس مرجع آنها
۴۹۰	Annex T (NDE and Testing Requirements Summary)
۴۹۴	☀ - بازرسی ابعادی در مخازن ذخیره ای کم فشار بر اساس استاندارد API 620-2018
۴۹۴	■ - شاغولی بودن (Plumbness)
۴۹۴	■ - گرد بودن (Roundness)
۴۹۵	■ - انحرافات موضعی (Local Deviations)
۴۹۵	■ - Peaking
۴۹۵	■ - Banding
۴۹۵	■ - فونداسیون (Foundations)
۴۹۷	☀ - API 620-2018 ANNEX P (NDE AND TESTING REQUIREMENTS SUMMARY)
۴۹۷	■ - خلاصه ای از آزمایشات غیر مخرب در مخزن ذخیره ای کم فشار با آدرس مرجع آنها
۵۰۵	(۳۳) - هیدروتست
۵۰۵	☀ - هیدروتست در سیستم های لوله کشی بر اساس استاندارد ASME B31.3-2016
۵۰۵	■ - پاراگراف 345 (TESTING) : تست
۵۱۴	☀ - هیدروتست در سیستم های لوله کشی بر اساس استاندارد IPS-C-PI-350(2)
۵۱۹	■ - فرمت Index of Packing List UG
۵۲۰	■ - فرمت Index of Packing List AG
۵۲۱	■ - فرمت پانچ لیست
۵۲۲	■ - فرمت پانچ لیست خطوط روزمینی (Above Ground)
۵۲۵	☀ - هیدروتست در مخازن تحت فشار ASME SEC. VIII DIV.1-2019
۵۲۵	■ - پاراگراف UG-99 (STANDARD HYDROSTATIC TEST) : تست هیدرواستاتیک
۵۲۷	■ - پاراگراف UG-100 (Pneumatic test) : تست هوا
۵۳۶	■ - کلیات آزمون هیدرواستاتیک خط لوله
۵۴۶	☀ - تست سقف مخازن ذخیره ای
۵۵۱	☀ - ملزومات هیدروتست
۵۵۱	■ - فرمول محاسبه ضخامت درپوش فلنج (Blind Flange)
۵۵۲	☀ - سایز پیچ ها در ابعاد سایز اینچی و سایز میلیمتری

- - لیست برخی از استانداردهای پیچ و مهره..... ۵۵۲
- - طول پیچ در استاندارد ASME B31.3-2016..... ۵۵۳
- - طول پیچ در استاندارد ASME PCC-1-2019..... ۵۵۳
- - طول پیچ در استاندارد ASME Sec. VIII-Div 1-2017..... ۵۵۳
- - تصاویری از نمونه طول پیچ..... ۵۵۳
- - روش بستن پیچ درپوش ها در مرحله تست مطابق استاندارد ASME-PCC-1..... ۵۵۴
- - میزان گشتاور پیچشی (تُرک) لازم جهت سفت کردن پیچ ها بر اساس کلاس فلنج ها:..... ۵۵۵
- ☀ - کیفیت آب تست برای متریالهای مختلف..... ۵۵۶
- - کیفیت آب تست در استاندارد ASME B31.3-2016..... ۵۵۶
- - کیفیت آب تست در استاندارد شرکت UHDE..... ۵۵۶
- - کیفیت آب تست در استاندارد API-650-2020..... ۵۵۸
- - وضعیت گیج (Gage) فشار سنج مطابق (b)(c) Para.UG-102 در مخازن تحت فشار..... ۵۵۹
- - مشخصات فنی ثبت شده روی یک گیج (Gauge)..... ۵۶۱
- ۳۴ - (کاهش ضخامت مجاز متریالها در سیستم های لوله کشی)..... ۵۶۳
- ☀ - کاهش ضخامت مجاز در استاندارد ASME SECTION II PART A..... ۵۶۳
- - کاهش ضخامت مجاز در لوله ها (Pipings)..... ۵۶۳
- - کاهش ضخامت در متریال SA-53/SA-53M..... ۵۶۳
- - کاهش ضخامت در متریال SA-106/SA-106M..... ۵۶۳
- - کاهش ضخامت در متریال SA-312/SA-312M..... ۵۶۳
- - کاهش ضخامت در متریال SA-335/SA-335M..... ۵۶۴
- - کاهش ضخامت در متریال SA-358/SA-358M..... ۵۶۴
- - کاهش ضخامت در متریال SA-671/SA-671M..... ۵۶۵
- - کاهش ضخامت در متریال SA-691/SA-691M..... ۵۶۵
- - کاهش ضخامت مجاز در اتصالات (Fittings)..... ۵۶۵
- - کاهش ضخامت در متریال SA-403/SA-403M..... ۵۶۵
- - کاهش ضخامت در متریال SA-815/SA-815M..... ۵۶۶
- - کاهش ضخامت در متریال SA-234/SA-234M..... ۵۶۶
- ۳۵ (اصطلاحات فنی)..... ۵۶۷
- ☀ - اصطلاحات فنی (TERMINOLOGY)..... ۵۶۷
- ۳۶ - سرعت مجاز باد در جوشکاری..... ۵۸۶
- - حداقل دمای محیط برای جوشکاری..... ۵۸۶
- ۳۷ - چارت پیشنهادی گسکت برای دماها و فشارهای مختلف..... ۵۸۷

۵۹۱	.....	ضمیمه ها	(۳۸)
۵۹۱	.....	ASME Sec. VIII Div.1-2019-Table UCS-23	■ - جدول
۵۹۲	.....	ASME Sec. VIII Div.1-2019-Table UHA-23	■ - جدول
۵۹۵	.....	منابع	(۳۹)

پیشگفتار



(احزاب ۵۶)

خدا و فرشتگان او بر پیامبر اسلام درود می فرستند، شما هم ای کسانی که ایمان آورده اید بر او صلوات بفرستید، و آن طور که باید تسلیم شوید.



سپاس خدای را که پاک و منزّه است. خدایی که خالق آسمانها و زمین است. خدایی که رحمان و رحیم است. دوستان در هر حال از محبت و ابراز ارادت به آل رسول (ص) غافل نشوید که رسول اکرم (ص) در حدیث شریف کساء فرموده است:

(*) خداوندا بدرستی که اینها اهل بیت من و خواص من می باشند. گوشت ایشان گوشت من و خونشان خون من است. اذیت می نماید مرا آنچه اذیت می کند آنها را، غمگین می کند مرا آنچه غمگین کند آنها را، من طرفم با هر که طرف است با آنها، و صلح با هر که صلح است با آنها و دشمنم با هر که دشمن است با آنها و دوستم با هر که دوستی کند با آنها. آنها از من و من از آنهایم، پس قرار ده صلوات و برکات و رحمت رضای خود را بر من و بر آنها و دور گردان از آنها پلیدی را و پاک گردان آنها را پاک کردنی*)

ان شاءالله که خدای سبحان ما را از دوستداران خاندان پاک و مطهر رسول اکرم حضرت محمد صلی الله علیه و آله قرار دهد. آمین یا رب العالمین.

سپاس خداوندی که به من توفیق نگارش این کتاب را داد.
مدتها علاقمند بودم مطالب کاربردی از استانداردهایی که مورد استفاده روزمره در صنعت نفت و گاز و پتروشیمی هستند از جمله:

استانداردهایی که در زمینه ساخت مخازن تحت فشار Pressure Vessels و مخازن ذخیره ای Storage Tanks و استانداردهایی که در زمینه Piping و Pipeline هستند و همچنین ساخت لوله API 5L را یکجا جمع آوری کنم و در اختیار علاقه مندان این رشته بگذارم. هر چند مطالب کاربردی این استانداردها بسیار بیشتر از مطالبی است که من در اینجا آورده ام اما امیدوارم بتوانم در چاپهای بعدی با کمک دوستان این مطالب را بصورت کاملتر برای علاقه مندان به رشته تحریر درآورم.

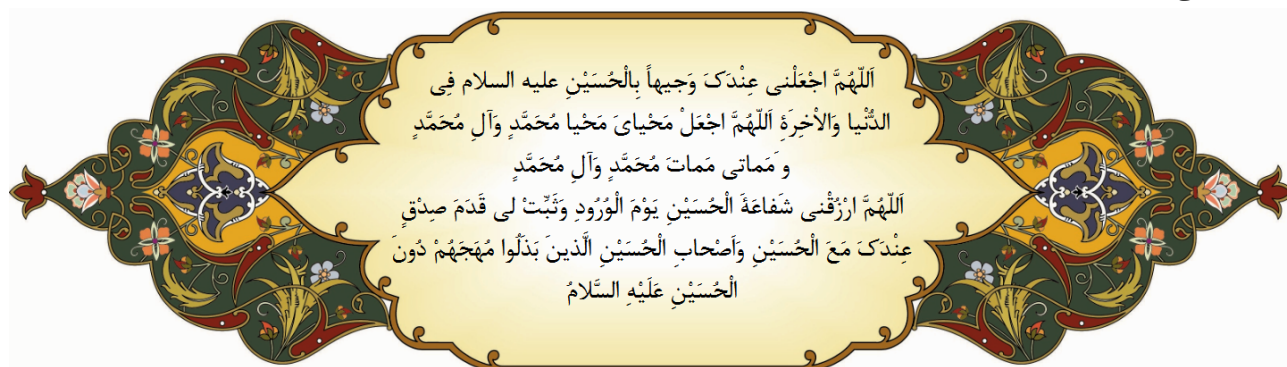
از جناب آقای مهندس جلیل طرفی سعیدی که در چاپ و نشر این کتاب مساعدت فرمودند
بی نهایت تشکر و قدردانی می شود.

همچنین از کمکهای آقایان مهندسین: سید حامد غیائی، احمد حاجی زاده، مجید دانشگر، آرمان حسینی، آرش مبارکی، هادی کلوشانی و از آقایان مهندس ابراهیم یدالله مقدم و پرویز صابرپور بابت ترجمه متون انگلیسی که الحق کمک بزرگی بود و نیز آقای مهندس پوریا رفعت بابت تدوین کتاب و از حمایتها و تشویق های آقایان مهندسین: سعید تقی خانی، رامین خلیلی، عقیل اشرفی و رامین کارگر ثانی و همچنین آقای سعید مشییدی تشکر و قدردانی نمایم. انشاءالله همه آنها در ثواب این کتاب شریک باشند و خداوند سبحان در همه مراحل زندگی، یار و یاور این بزرگواران باشد. آمین. در ضمن، خوانندگان محترم می توانند پیشنهادات خود را با شماره تلفن (۰۹۱۶۶۱۷۴۲۱۸) با اینجانب در میان گذاشته و یا به آدرس زیر ارسال فرمایند.

صمیمانه آماده پذیرش انتقادات و پیشنهادات عزیزان هستم.

Arbab_Taghavi@yahoo.com

در پایان امیدوارم دعای زیر در حق همه دوستان مستجاب گردد و امید آنکه عزیزان و بزرگواران از ذکر صلوات غافل نشوند چرا که: پیامبر اکرم (ص) فرمود است: هر کس بعد از هر نماز ده صلوات بر من بفرستد در بهشت با من است در حالیکه او را می بینم و صورتش مانند ماه شب چهارده می درخشد.
امام صادق (ع) فرموده: صلوات بر پیامبر (ص) و آل او، سنگین ترین عملی است که در روز قیامت در ترازوی اعمال گذاشته می شود.



با آرزوی توفیق روز افزون برای شما

برادر کوچک شما، منوچهر تقوی

***- مقدمه چاپ اول

وقتی در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی مشغول بکار هستید با تنوع استانداردهای مختلفی همچون استانداردهای مربوط به مخازن ذخیره ای (API 650 & API 620)، مخازن تحت فشار (ASME Sec. VIII Div.1)، سیستم های لوله کشی (ASME B31.3) و غیره مواجه می شوید.

این استانداردها در بعضی از موارد دارای مرجع مشترکی هستند. از جمله موارد مشترک آنها می توان به قوانین مربوط به جوش یعنی تهیه و ارایه ی WPS, WQT, PQR اشاره کرد که همه بر اساس استاندارد ASME Sec. IX می باشند. همچنین می توان به قوانین مربوط به آزمایشات غیر مخرب اشاره کرد که برای هر سه استاندارد فوق ملاک قوانین استاندارد ASME Sec. V می باشد.

با این حال، این استانداردها در بعضی موارد دارای نکات مشترکی هستند و در بعضی موارد نیز با یکدیگر تفاوتی دارند. انگیزه ی من از نگارش این کتاب گردآوری نکات مشترک و نکات متفاوت این استانداردها با یکدیگر بوده است تا این نکات بصورت یک مجموعه گردآوری شوند و دسترسی به این مطالب آسانتر گردد. البته تمام سعی و تلاش من این بوده که از جدید ترین ویرایش استانداردها استفاده کنم.

در این کتاب سعی شده است موضوعات مختلف از دیدگاه استانداردهای مختلف بررسی شوند، مثلاً مباحث تنش زدایی و پیش گرم، هم از دیدگاه مخازن تحت فشار (ASME Sec. VIII Div.1) و مخازن ذخیره ای (API 620-650) و هم از دیدگاه سیستم های لوله کشی (ASME B31.3-Piping) بررسی شده است.

در این کتاب سعی شده است مطالب همراه با پاراگرافهای متن اصلی استاندارد ارائه شوند تا خواننده بتواند راحت تر به پاراگراف مورد نظر دسترسی یابد.

در این کتاب علاوه بر مسایل جوش به مبحث تفسیر فیلم های رادیوگرافی نیز توجه شده است. مفسری که در یک سایت مشغول به کار است ممکن است هم زمان فیلمهای مخازن ذخیره ای، مخازن تحت فشار، سیستم های لوله کشی (Piping) و نیز فیلم های مربوط به خطوط لوله ای انتقال (Pipeline) را تفسیر نماید. در چنین شرایطی مفسر با توجه به معیارهای پذیرش این استانداردها بایستی وظیفه تفسیر را به خوبی انجام دهد، لذا مطالب مربوط به رادیوگرافی که در این کتاب بیان شده است ممکن است دسترسی مفسر به استاندارد های مختلف را به راحتی امکان پذیر نماید.

در این کتاب به موضوعات مختلفی پرداخته شده است از جمله:

الف)- دسته بندی متریاها بر اساس استانداردهای API, AWS, ASTM, ASME.

ب)- تست ضربه (Impact) در مخازن و سیستم های لوله کشی (Piping).

پ)- مشخص کردن مرجع تهیه WPS, WQT, PQR بر اساس استانداردهای مختلف.

ت)- تست هیدرواستاتیک در مخازن تحت فشار ASME Sec. VIII Div.1 و سیستم های لوله کشی ASME B31.3 و همچنین تست هیدرواستاتیک در خطوط لوله API RP 1110

ث)- رادیوگرافی و تفسیر فیلم های رادیوگرافی.

ج)- مخازن ذخیره ای سقف ثابت و سقف شناور.

د)- فاصله خطوط جوش از یکدیگر در استانداردهای مختلف.

ذ)- تعریف برخی اصطلاحات فنی پر کاربرد.

و مباحث دیگر.....

در این کتاب در حد امکان سعی شده است متن اصلی پاراگراف استاندارد مورد بحث در کنار متن ترجمه قرار گیرد تا چنانچه ابهامی در ترجمه وجود دارد خواننده با رجوع به متن اصلی پاراگراف بتواند ابهام را بر طرف نماید. از آنجایی که استانداردهای مورد نظر هر چند سال یکبار تجدید چاپ می شوند بدون تردید، مطالب تغییر یافته در استانداردهای مرجع نیز در چاپهای بعدی این کتاب اعمال خواهند شد زیرا سعی بر این است مطالب ارائه شده در این کتاب، جدید و به روز باشند.

در این جا صمیمانه از تمام دوستانی که در اصلاح و بهبود مطالب این کتاب بنده حقیر را یاری کردند تشکر می کنم و از خداوند منان برای تک تک آنها آرزوی سلامتی و عاقبت بخیری دارم.

***- مقدمه چاپ چهارم

خداوند را سپاسگزارم که پس از استقبال فراوان از این کتاب، این سعادت حاصل گردید تا بتوانم با همکاری و همراهی برادر بزرگوارم جناب آقای مهندس پرویز صابریور که انصافاً هم در ترجمه متون و هم در ویراستاری چاپ چهارم کتاب کمک بزرگی نمودند، کتاب نکات کاربردی را همراه با ویرایش جدید و نیز اصلاح اشتباهات نگارشی که در چاپهای قبلی کتاب وجود داشت را به پایان برسانم. صمیمانه از تلاش های ایشان بی نهایت سپاسگزارم.

در چاپ چهارم این کتاب سعی گردید ویرایش های جدیدی که در نکات کاربردی استانداردهای مرجع صورت گرفته است اعمال شود زیرا همانطور که قبلاً گفته شد سعی شده است مطالب ارائه شده در این کتاب جدید و متناسب با ویرایشهای جدید استاندارد باشند. هر چند مطالب بسیاری آماده گردید تا در این کتاب چاپ گردد ولی بدلیل حجم بالای کتاب و نیز کاهش صفحات از بیان همه ی آنها خودداری گردید تا بتوان مطالب جدید را ارائه نمود البته تلاش می گردد در چاپهای بعدی مطالب مذکور برای مطالعه علاقمندان ارائه شوند.

هدف از تهیه این کتاب صرفاً انتقال دانش و تجارب و نکات کاربردی به علاقه مندان بخصوص نسل جوان که در صنایع مختلف نفت و گاز و پتروشیمی مشغول به کار می باشند، است زیرا بدیهی است یکی از وظایف مهم هر فرد آن است که دانش و تجارب به روز خود را در معرض یادگیری همگان قرار دهد.

در پایان لازم به یادآوری است، هرگونه راهنمایی و ارشاد از جانب خوانندگان محترم کتاب جهت اصلاح و رفع اشکالات و نواقص احتمالی موجود در کتاب برای چاپهای بعدی، موجب امتنان و سپاسگزاری خواهد بود.

انشاء الله که خداوند قادر به همگی ما توفیق عاقبت بخیری عطا فرماید که در این دنیا هیچ چیزی بهتر از عاقبت بخیری نیست. باید به این موضوع ایمان داشته باشیم که وعده های خدای عزیز و رحمان حق است و یقیناً روزی ما همگی این وعده ها را می بینیم. خوش بحال متقین و مومنین که آن روز خوشحالند.

خدایا بحق ابا عبدالله الحسین (علیه السلام) ما را به راه راست هدایت فرما که یقیناً هر کس را که تو هدایت کنی رستگار می شود.

***** امروز به حول و قوه الهی فایل pdf این کتاب با ویرایش جدید و عکسهای رنگی جهت ارائه به علاقمندان آماده شد. ان شاء الله که مفید باشد.

با آرزوی سلامتی برای شما سروران عزیز

برادر کوچک شما منوچهر تقوی

روز چهارشنبه

۰۱۸ / فروردین ماه / ۱۴۰۰

(۱) - استانداردها

■ - معرفی حوزه‌ی کاربردی استانداردهای API و ASME و AWS و ...

در AWS WHB-5 CH-6 بخشهایی که استانداردهای مختلف در مورد آنها به توضیح پرداخته اند، ذکر شده اند.

578 CHAPTER 9—MAINTENANCE AND REPAIR WELDING

AWS WELDING HANDBOOK 9.4

Table 9.2
Product Classifications Covered by Standards Issued by Various Organizations

Product	AAR	AASHTO	ABS	AISC	API	AREMA	ASME	NBBPVI	ASTM	AWS	AWWA	FED	PFI	SAE	UL
Base metals		X	X		X	X	X		X	X	X	X		X	X
Bridges		X		X						X		X			
Buildings				X		X				X					
Construction equipment										X		X		X	
Cranes, hoists							X			X					
Elevators, escalators							X								
Filler metals			X				X			X		X		X	
Food, drug equipment							X								
Machine tools										X		X			
Military equipment												X			
Power-generation equipment			X				X	X				X			
Piping			X		X	X	X			X	X	X	X		
Presses												X			
Pressure vessels, boilers			X		X		X	X							
Railway equipment	X					X				X					
Sheet metal fabrication										X					
Ships			X							X		X			
Storage tanks					X		X			X	X				X
Structures, general				X		X				X					
Vehicles										X		X		X	

تصویر ۱: حوزه کاربردی استانداردهای مختلف طبق AWS

ABBREVIATIONS Table 6.1-(AWS WHB-5 CH*6) Sources of codes and standards of interest to the welding industry	
AAR	Association of American Railroads
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ABS	American Bureau of Shipping
AISC	American Institute of Steel Construction
API	American Petroleum Institute
AREA	American Railway Engineering Association
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society
AWWA	American Water Works Association
FED	Facilities Engineering Division
NBBPVI	National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors
UBPVL	Uniform Boiler and Pressure Vessel Laws Society
PFI	Pipe Fabrication Institute
SAE	Society of Automotive Engineers

تصویر ۲: مشخصات استانداردهای مختلف طبق AWS

■ - نگاهی اجمالی به حوزه کاربردی برخی از استانداردهای API



API-(American Petroleum Institute)

استاندارد API از بخشهای مختلفی تشکیل شده است، بعضی از قوانین آن تحت نام استاندارد (Standard)، برخی تحت نام آیین نامه‌ی کار (Recommended Practice) و نیز برخی تحت نام مشخصات فنی (Specification) نامگذاری شده اند. مشخصه‌ی این بخشها قبل از شماره هر مقرراتی قید شده است به طوریکه قبل از هر شماره، کلمه استاندارد (Std) یا (RP) و یا مشخصات فنی (Spec) قید شده است. در زیر تعدادی از این قوانین بیان شده است.

API Std. 1104 (Off Site): استاندارد خطوط لوله. (مقررات مربوط به عملیات جوشکاری و جوشکار)

API Std. 510: استاندارد تعمیر و نگهداری مخازن تحت فشاری که در سرویس هستند.

API Std. 570 (On Site): استاندارد بازرسی و تعمیر سیستم های لوله کشی که در سرویس هستند.

API Std. 598: استاندارد بازرسی و تست شیر آلات (Valves)

API Std. 605: استاندارد فلنج های کربن استیل با قطر بالا.

API Std. 620 (15 psi): استاندارد مربوط به ساخت مخازن ذخیره ای کم فشار.

API Std. 650: استاندارد ساخت مخازن ذخیره ای اتمسفری.

API Std. 653: استاندارد تعمیر مخازن ذخیره ای.

API Std. 660: استاندارد مبدلهای حرارتی (Shell & Tube) برای سرویس های پالایش عمومی.

API Std. 661: استاندارد مبدلهای حرارتی برای سرویس های پالایش عمومی که با هوا خنک می شوند.

API Std. 2510: استاندارد طراحی و ساخت تاسیسات Liquefied Petroleum Gas (LPG).

API RP 5L2: پیشنهادات اجرایی برای پوشش داخلی خطوط لوله ای انتقال گازهای غیر خورنده.

API RP 5L5: پیشنهادات اجرایی برای خطوط لوله های انتقال دریایی.

API RP 17B: پیشنهادات اجرایی برای خطوط لوله های قابل انعطاف.

API RP 572: پیشنهادات اجرایی برای بازرسی مخازن تحت فشار.

API RP 573: پیشنهادات اجرایی برای بازرسی بویلرها و هیترهای شعله ای.

API RP. 651: حفاظت کاتدیک مخازن ذخیره ای.

API RP 1107 (Off Site): تعمیر و نگهداری خطوط لوله.

API RP 1110: هیدروتست خطوط لوله های انتقال.

API RP 2201 (Hot Tapping): مقررات و نحوه‌ی انشعاب گیری از خطوطی که در سرویس هستند.

API Spec. 5L/ISO3183: مشخصات ساخت لوله.

API Spec.6D: مشخصات ولوهای خطوط لوله (Check valve, Ball, Plug, Gate)

API Spec.12P: مشخصات مخازن پلاستیکی تقویت شده بوسیله فایبر گلاس.

API Spec.15HR: مشخصات خطوط لوله ای فایبر گلاس فشار قوی.

API Spec.15LE: مشخصات خطوط لوله‌ی پلی اتیلن (PE).

API Spec.15LR: مشخصات خطوط لوله‌ی فایبر گلاس فشار ضعیف.

API Spec.20E: پیچهای کربن-استیل و آلیاژی برای استفاده در صنایع نفت و گاز طبیعی.

■ - نگاهی اجمالی به حوزه‌ی کاربردی برخی استانداردهای AWS



AWS-(American Welding Society)

استاندارد AWS از بخشهای متنوع و مختلفی شامل بخشهای مقررات، آیین نامه های استاندارد و بخشهای آموزشی تشکیل شده است. این استاندارد دارای پنج کتاب آموزشی در موضوعات مختلف است و همچنین دارای شش بخش مجزا است که شامل مقررات و آیین نامه های کاری است. بخشهای شش گانه عبارتند از بخشهای (A, B, C, D, E, F) که هر بخش به موضوعات خاصی می پردازد. خلاصه ای از این موضوعات به شرح زیر است:

بخش (A) - این بخش مربوط به مقررات جوشکاری شامل تعاریف علائم جوشکاری، تعاریف اصطلاحات جوشکاری و ارائه‌ی مشخصات کامل گروه های مختلف الکترودهای جوشکاری و لحیم کاری است.

بخش (B) - این بخش راهنمایی بازرسی های غیر مخرب و همچنین بازرسی چشمی از جوشها را به خوبی بیان می کند. در این بخش کلیه‌ی مقررات تهیه و تنظیم WPS و WPQ برای جوشهای (CJP) Complet Joint Penetration و همچنین جوشهای (PJP) Partial Joint Penetration ارائه شده است. ضمناً در این بخش WPS های استاندارد نیز ارائه شده است که مطابق با استاندارد AWS می توان به آنها استناد کرد. همچنین مشخصات فنی مورد نیاز برای تایید صلاحیت بازرسان جوش نیز قید شده است.

بخش (C) - در این بخش آیین نامه ها (Recommended Practic) و راهنمایی های (Guides) مختلف در بکار گیری روشهای مختلف جوش و لحیم کاری بیان شده است به عنوان مثال در C5.5 روش جوشکاری GTAW بطور کامل توضیح داده شده است.

بخش (D) - این بخش به مقررات و قوانین جوش اسکلت های فلزی (آهنی و آلومینیومی) و همچنین مقررات جوش پلها می پردازد. در این بخش، آیین نامه های کاری (Recommended Practic) مربوط به روشهای جوشکاری لوله ها و تیوبها و هم چنین جوشکاری قطعات ریخته گری و جوشکاری ریلهای راه آهن توضیح داده شده است.

بخش (E) - این بخش در نه قسمت تنظیم شده است و اثرات مخرب جوشکاری بر روی سلامتی افراد را بررسی می کند.

بخش (F) - این بخش مربوط به راهنمایی کنترل بخارات و گازهای ناشی از جوشکاری می باشد. در این بخش، آیین نامه های مربوط به مسائل ایمنی در استفاده از روش جوشکاری و جوشکاری با تشعشعات الکترونی (Electron Beam Welding) بیان شده است.

استاندارد AWS علاوه بر بخشهای ششگانه که در فوق به آنها اشاره گردید دارای پنج کتاب آموزشی در زمینه جوشکاری می باشد که مطالب این پنج کتاب به شرح زیر می باشد:

AWS WHB-1: این کتاب در رابطه با تکنولوژی جوش، طراحی جوش، تعاریف علائم جوشکاری، تعاریف اصطلاحات جوشکاری و غیره مطالب متنوعی دارد. این کتاب در ۱۶ بخش تهیه شده است.

AWS WHB-2: این کتاب روشهای مختلف جوشکاری را بصورت بسیار کامل و کار آمد توضیح داده است. این کتاب در ۲۹ بخش تهیه و تنظیم شده است.

AWS WHB-3: این کتاب به جوشکاری متریالهای مختلف از جمله آلومینیوم و آلیاژهای آلومینیوم، منگنز و آلیاژهای منگنز، نیکل و آلیاژهای نیکل، مس و آلیاژهای مس و همچنین سرب و روی و غیره می پردازد. این کتاب در ۱۰ بخش تهیه شده است.

AWS WHB-4: این کتاب مربوط به جوشکاری متریالهای مختلف یکسان و غیر یکسان می باشد. متریالهای مورد بحث در این کتاب شامل متریالهای کربن استیل، استنلس استیل، تیتانیوم، زیرکونیوم، و غیره می باشند. این کتاب در ۱۲ بخش تهیه شده است.

AWS WHB-5: این کتاب شامل بخشهایی از مسائل ایمنی جوش، طراحی جوش، برآورد تخمینی الکتروود مورد نیاز، برآورد تخمینی وزن الکتروود، محاسبه تخمینی ساعات کاری و میزان متراژ جوش هر جوشکار، کیفیت جوش و ارائه خلاصه ای از کدها و استانداردهای مختلف است. این کتاب در ۱۰ بخش تهیه و تنظیم شده است.

موضوعاتی از بخش (A) از استاندارد AWS:

AWS A2.4: تعاریف علائم جوشکاری

AWS A3.0: تعاریف اصطلاحات جوش

AWS A5.1 ~ A5.31: مربوط به معرفی کامل فیلر و الکتروودهای مختلف جوشکاری است.

موضوعاتی از بخش (B) از استاندارد AWS:

AWS B1.10: راهنما برای بازرسی آزمایشات غیر مخرب.

AWS B2.1: ارائه مشخصات WPS & WPQ بر اساس استاندارد AWS.

AWS B2.1.001: ارائه WPS های استاندارد برای روش SMAW مربوط به متریالهای کربن استیل با مشخصه‌ی

P NO-1 برای محدوده ضخامت 10mm الی 19mm.

AWS B2.1.8.024: ارائه WPS های استاندارد برای روش GTAW مربوط به متریالهای استنلس استیل با

مشخصه‌ی P NO-8 برای محدوده ضخامت 3mm الی 38mm.

AWS B2.2: استاندارد برای روش لحیم کاری (Brazing) و تایید صلاحیت لحیم کار.

AWS B4.1: استاندارد روشهای آزمایشات مکانیکی.

AWS B5.2: مشخصات فنی برای تایید صلاحیت بازرسان جوش.

موضوعاتی از بخش (C) از استاندارد AWS:

AWS.C1.1: آیین نامه انجام جوشکاری به روش جوش مقاومتی.

AWS.C5.3: آیین نامه انجام عملیات گوجینگ و برش با استفاده از الکتروود کربن و هوا.

AWS.C5.4: آیین نامه انجام جوشکاری به روش جوش (Stud Welding).

AWS.C5.5: آیین نامه انجام جوشکاری به روش جوش با گاز محافظ و تنگستن یا GTAW (جوش آرگون).

AWS.C5.6: آیین نامه انجام جوشکاری به روش GMAW.

AWS.C5.7: آیین نامه انجام جوشکاری به روش EGW.

موضوعاتی از بخش (D) از استاندارد AWS:

AWS D1.1: سازه های فلزی کربن استیل.

AWS D1.2: سازه های آلومینیومی.

AWS D1.5: پلها.

AWS D3.6: توضیحات مربوط به جوشکاری زیر آب.

AWS D10.4: آیین نامه ای انجام جوشکاری لوله ها و تیوبهای استنلس استیل.

AWS D10.6: آیین نامه ای انجام جوشکاری لوله ها و تیوبهای تیتانیوم به روش GTAW.

موضوعاتی از بخش (E) از استاندارد AWS:

اثرات جوشکاری بر روی سلامتی در بخشهای مختلف Effects of on Health.

موضوعاتی از بخش (F) از استاندارد AWS:

بررسی بخارات و گازهای ناشی از جوشکاری FGW.

(Fumes and Gases in the Welding Environment)

■ - نگاهی اجمالی به حوزه کاربردی برخی استانداردهای ASME



ASME-(American Society of Mechanical Engineers)

ASME Sec. II: متریال

ASME Sec. II Part A: متریال های آهنی

ASME Sec. II Part B: متریال های غیر آهنی

ASME Sec. II Part C: مشخصات الکترودها و فیلر متالها

ASME Sec. II Part D: خواص متریالها

ASME Sec. VIII Div.1, 2 & 3: طراحی و ساخت مخازن تحت فشار

ASME Sec. IX: قوانین جوشکاری و لحیم کاری

ASME B16.5: مشخصات ابعادی فلنج ها و اتصالات از سایز ۱/۲ تا ۲۴ اینچ

ASME B16.20: مشخصات ابعادی واشرهای لایه آب بند فلزی

ASME B16.21: مشخصات ابعادی واشرهای لایه آب بند غیر فلزی

- (Butt Welding End): ASME B16.25
 (Orifice Flanges): ASME B16.36
 ASME B16.47: مشخصات ابعادی فلنج ها و اتصالات از سایز ۲۶ تا ۶۰ اینچ
 ASME B31.1: سیستمهای لوله کشی تحت فشار
 ASME B31.2: سیستمهای لوله کشی سوخت گازی
 ASME B31.3: سیستمهای لوله کشی صنعتی
 ASME B31.4: خطوط لوله انتقال مایعات مثل نفت
 ASME B31.5: سیستمهای انتقال حرارت و لوله کشی های سرمایشی
 ASME B31.8: خطوط لوله انتقال سیالات گازی
 ASME B31.9: سیستمهای لوله کشی سرویسهای ساختمانی
 ASME B31.11: سیستمهای لوله کشی انتقال دوغاب
 ASME B36.10M: مشخصات ابعادی و وزن لوله های کربن استیل
 ASME B36.19M: مشخصات ابعادی و وزن لوله های استنلس استیل
 ASME Y14.5: اندازه گیری و معیار پذیرش خطا
- - نگاهی اجمالی به حوزه کاربردی برخی استانداردهای IPS

IPS-(Iranian Petroleum Standards)

استاندارد IPS استاندارد است که به همّت کارشناسان و مهندسين مجرب و با تجربه شرکت ملی نفت ایران تهیه و تنظیم شده است و در حال حاضر در ساخت پالایشگاهها و مجتمع های پتروشیمی به عنوان یکی از استانداردهای مرجع مورد استفاده می باشد. این استاندارد از بخشهای مختلفی تهیه شده است که به شرح ذیل می باشد:

IPS (Iranian Petroleum Standards):

AR (HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING COOLING,
REFRIGERATION)
CE (CIVIL)
EL (ELECTRICAL)
GM (GENERAL MACHINERIES)
GN (GENERAL)
IN (INSTRUMENT SYSTEM)
M (FIXED MECHANICAL EQUIPMENT)
PI (PIPING & PIPELINES)
PM (PROCESS MACHINERIES)
PR (PROCESS CHEMICAL)
SF (SAFETY, FIRE FIGHTING & ENVIRONMENTAL POLLUTION COTROL)
TP (TECHNICAL PROTECTION)

برخی از استانداردها برای استانداردهای دیگر حالت مرجع دارند. مانند استانداردهای ذیل:

ASME Section II: استاندارد مربوط به مواد:

ASME Section II Part "A" (a) - متریهالهای آهنی

ASME Section II Part "B" (b) - متریهالهای غیر آهنی

(c) ASME Section II Part "C" – الکترود و فیلرهای جوشکاری

(d) ASME Section II Part "D" – خواص مواد

ASME BPVC Section V: استاندارد مربوط به آزمایشات غیر مخرب

ASME BPVC Section IX: استاندارد مربوط به قوانین عملیات جوشکاری و لحیم کاری

ASTM-(American Society for Testing Mat'ls): استاندارد مربوط به روشهای مختلف تست مواد و غیره

NACE-(National Association of Corrosion Engineers): استاندارد مربوط به خوردگی مواد

SSPC-(Steel Structures Painting Council): استاندارد مربوط به رنگ و سندبلاست.

(۲) – استاندارد ASME Sec. VIII Div. 1 مخازن تحت فشار

■ ASME به چه معنی است؟

What is ASME ?

A - always – American

S - sometimes – Society of

M - maybe – Mechanical

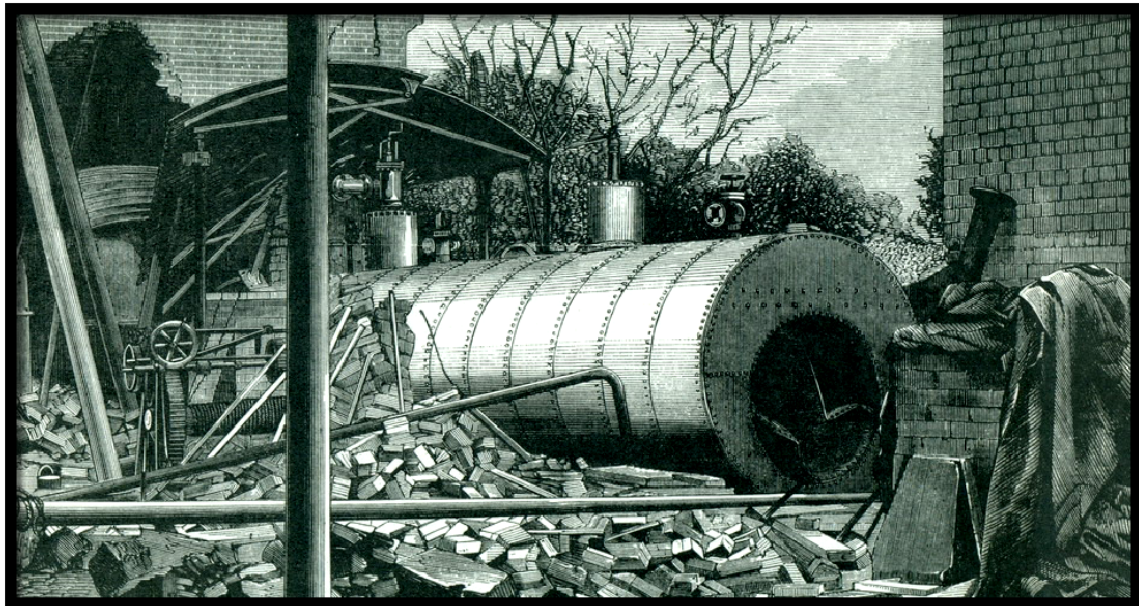
E - except - Engineers

“ASME” is the trademark of

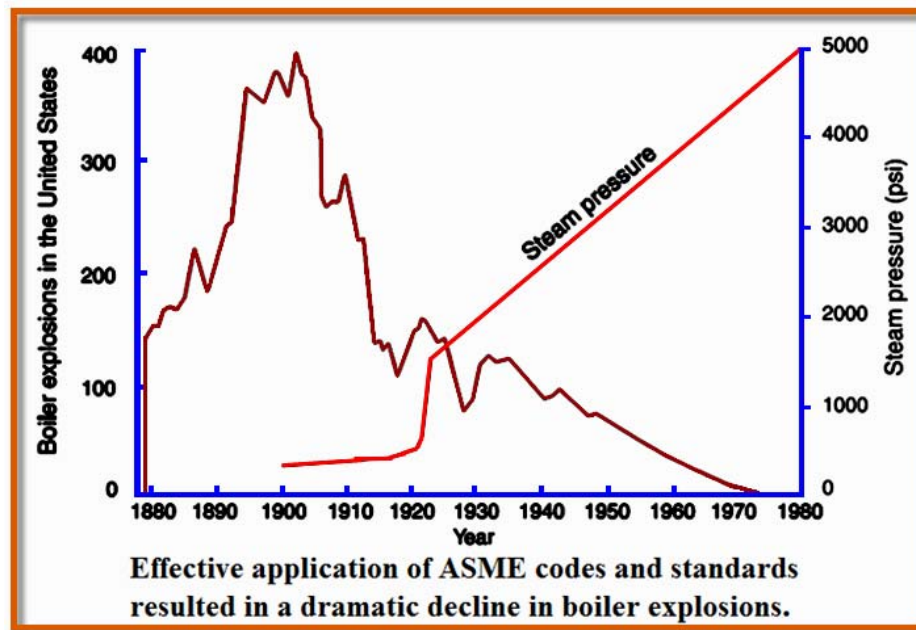
American Society of Mechanical Engineers

بعد از جنگ داخلی آمریکا (Civil War) در مدت ۱۰ سال (۱۸۹۵ - ۱۹۰۵) تعداد ۳۶۱۲ بویلر منفجر گردید، در واقع

بطور میانگین هر روز یک بویلر منفجر می شد و در این مدت حدود ۷۶۰۰ نفر در اثر این انفجارات کشته شدند.



تصویر ۳: نمونه ای از انفجار بویلرها در سالهای اولیه



تصویر ۴: نمودار انفجار بویلرها در مدت ده سال

اولین قوانین مربوط به طراحی بویلر در ایالت ماساچوست در سال ۱۹۰۷ نوشته شد که این قوانین برای اولین بار در ایالات آمریکا لازم الاجراء گردیدند. این استاندارد برای طراحی، ساخت، بهره برداری از بویلرهای بخار و مخازن تحت فشار تهیه شدند. اولین بخش (Section) آن (Section I - Power Boiler) در ۱۵ فوریه سال ۱۹۱۵ برای تأیید به انجمن ارائه شد و دیگر Section ها در سالهای ذکر شده در زیر تأیید گردیدند:

Section III – Locomotive Boilers 1921

Section IV – Miniature Boilers 1922

Section VI – Heating Boilers 1923

Section II – Material 1924

Section VIII – Unfired Pressure Vessels 1925

Section VII – Care and use of Boilers 1926

■ - استاندارد ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

استاندارد ASME Sec. VIII در سه Division تهیه شده است:

- Sec. VIII Div 1: For up to 3000 psi
- Sec. VIII Div 2: For up to 10000 psi
- Sec. VIII Div 3: For upper than 10000 psi (High Pressure Vessel)

استاندارد ASME Sec. VIII Div.1 مربوط به طراحی مخازن تحت فشار است که شامل ۳ زیر مجموعه و ۲ ضمیمه (Appendix) میباشد. ضمیمه های ضروری (Mandatory) با شماره و ضمیمه های غیر ضروری (Nonmandatory) با حروف لاتین طبقه بندی شده اند.

به عنوان مثال، Appendix 10 اطلاعات لازم در زمینه کنترل کیفیت (Q.C. Plan) و Appendix 16 طریقه ی سوال پرسیدن از ASME را در اختیار ما قرار می دهد و Appendix R در مورد دمای پیشنهادی پیشگرم است. زیرمجموعه ها تحت عنوان (Subsection A, Subsection B, Subsection C) نامگذاری شده اند:

برای اطلاعات بیشتر در مورد این زیرمجموعه ها بایستی به نکات زیر توجه نمود:

زیرمجموعه های (A, B & C) استاندارد ASME Section VIII Div.1 بغیر از زیرمجموعه A هر کدام از چندین بخش تشکیل شده اند که همه‌ی این بخشها با حرف انگلیسی "U" شروع شده اند. حرف "U" مشخص کننده کلمه‌ی "Unfired" به معنی تماس مستقیم نداشتن با آتش یا منابع گرمازا است. یعنی این مخازن تحت فشار مستقیماً در معرض آتش قرار ندارند. این موضوع در ابتدای استاندارد ASME Section I-2017 به صراحت توضیح داده شده است.

PREAMBLE

This Code covers rules for construction of power boilers,¹ electric boilers,² miniature boilers,³ high-temperature water boilers,⁴ heat recovery steam generators,⁵ solar receiver steam generators,⁶ certain fired pressure vessels,⁷ and liquid phase thermal fluid heaters⁸ to be used in stationary service and includes those power boilers used in locomotive, portable, and traction service. Reference to a paragraph includes all the subparagraphs and subdivisions under that paragraph.

A pressure vessel in which steam is generated by the application of heat resulting from the combustion of fuel (solid, liquid, or gaseous) or from solar radiation shall be classed as a fired steam boiler.

Unfired pressure vessels in which steam is generated shall be classed as unfired steam boilers with the following exceptions:

(a) vessels known as evaporators or heat exchangers

(b) vessels in which steam is generated by the use of heat resulting from operation of a processing system containing a number of pressure vessels such as used in the manufacture of chemical and petroleum products

Unfired steam boilers shall be constructed under the provisions of Section I or Section VIII.

¹ Power boiler — a boiler in which steam or other vapor is generated at a pressure of more than 15 psi (100 kPa) for use external to itself.

² Electric boiler — a power boiler or a high-temperature water boiler in which the source of heat is electricity.

³ Miniature boiler — a power boiler or a high-temperature water boiler in which the limits specified in PMB-2 are not exceeded.

⁴ High-temperature water boiler — a water boiler intended for operation at pressures in excess of 160 psi (1.1 MPa) and/or temperatures in excess of 250°F (120°C).

⁵ Heat recovery steam generator (HRSG) — a boiler that has as its principal source of thermal energy a hot gas stream having high-ramp rates and temperatures such as the exhaust of a gas turbine.

⁶ Solar receiver steam generator — a boiler system in which water is converted to steam using solar energy as the principal source of thermal energy. The solar energy is typically concentrated onto the solar receiver through the use of an array of mirrors that focuses solar radiation on the heat transfer surface.

⁷ Fired pressure vessel — reheaters, isolable superheaters, economizers located outside the limits of boiler external piping, and nonintegral separately fired superheaters.

⁸ Liquid phase thermal fluid heater — a pressure vessel where a fluid other than water is heated but in which no vaporization of the fluid takes place.

تصویر ۵: تعریف Unfired از استاندارد ASME Section I-2017

ترجمه: این کد شامل قوانینی برای ساخت بویلرهای تولید بخار، بویلرهای برقی، بویلرهای کوچک، بویلرهای آبی دما بالا، ژنراتورهای تولید بخار، مخازن تحت فشار Certain Fired و هیترهای سیال حرارتی فاز مایع که در سرویس های ثابت و ساکن استفاده می شوند و نیز بویلرهای تولید بخار که برای لوکوموتیو، بویلرهای موقتی و قابل حمل و خدمات موتوری استفاده می شوند، می باشد.

مخازن تحت فشاری که بخار آنها بوسیله گرمای ناشی از اشتعال سوخت جامد، مایع یا گاز تولید می شود بایستی به عنوان بویلرهای Fired در نظر گرفته شوند، مانند ری هیتر، سوپر هیتر و Isoable.

مخازن تحت فشار Unfired مخازنی هستند که بطور مستقیم در معرض آتش یا گرما نمی باشند. استثنائات زیر جزء مخازن تحت فشار Unfired نمی باشند:

(a) - مخازنی که به عنوان مبدل حرارتی (گرما) یا تبخیر کننده شناخته می شوند.

(b) - مخازنی که بخار آنها بوسیله گرمای ناشی از عملیات یک سیستم فرآیندی مشتمل برای تعدادی مخازن تحت فشار که در ساخت محصولات شیمیایی و مواد نفتی استفاده می شوند، ایجاد می گردد.

بویلرهای تولید بخار Unfired باید تحت قوانین بخش یک (Sec: I) یا بخش هشت (Sec: VIII) از استاندارد ASME ساخته شوند.

خلاصه این زیر مجموعه ها به شرح زیر می باشند:

Subsection A : Consists of Part UG,

Covering the General requirements applicable to all pressure vessels.

Subsection A : شامل بخش UG است که کلیه شرایط لازم و اجرایی برای همه‌ی مخازن تحت فشار را دارا می باشد.

Subsection B : Consists of Parts UW, UF, UB

Covers specific requirements that are applicable to the various methods used in the fabrication of pressure vessels. It consists of Parts UW, UF, and UB dealing with:

UW : Welded

UF : Forged

UB : Brazed

methods, respectively.

Subsection B : این زیرمجموعه شامل بخش های UW, UF, UB است که کلیه‌ی شرایط لازم و خاص اجرایی

روشهای مختلف ساخت مخازن تحت فشار است و شامل جوشکاری (UW)، لحیم کاری (UB) و فرجینگ (UF) می شود.

Subsection C : Consists of Parts UCS, UNF, UHA, UCI, UCL, UCD, UHT, ULW, and ULT

Covers specific requirements applicable to the several classes of materials used in pressure vessel construction. It consists of Parts UCS, UNF, UHA, UCI, UCL, UCD, UHT, ULW, and ULT dealing with:

UCS : Carbon and low alloy Steel

UNF : Non Ferrous metals

UHA : High Alloy steels

UCI : Cast Iron

UCL : Clad and Lined material

UCD : Cast Ductile iron

UHT : Ferritic steels with properties enhanced by Heat Treatment

ULW : Layered construction

ULT : Low Temperature materials

Subsection C : این زیرمجموعه شامل UCS, UNF, UHA, UCI, UCL, UCD, UHT, ULW, ULT است.

این زیرمجموعه دارای کلیه‌ی شرایط لازم و اجرایی برای مواد در کلاسهای مختلف برای استفاده در ساخت مخازن تحت فشار می باشد.

(UCS)- این بخش مربوط به فولادهای کربنی و کم آلیاژ.

(UNF)- این بخش مربوط به متریال های غیر آهنی (مثل آلومینیوم، مس و تیتانیوم).

(UHA)- این بخش مربوط به فولادهای دارای آلیاژ بالا (مثل استنلس استیل).

(UCI)- ب این بخش مربوط به متریال های ریخته گری (مثل چدن).

(UCL)- این بخش مربوط به متریال هایی که بوسیله متریالی دیگر با جنس متفاوت لایه گذاری یا پوشش داده شده است.

(مثل فولاد کربن استیل که یک سطح آن با متریال استنلس استیل پوشش داده شده است تا آن را در مقابل

خوردگی مقاوم کند).

(UCD)- این بخش مربوط به متریال های ریخته گری انعطاف پذیر و نرم (مثل چدم خاکستری).

(UHT)- این بخش مربوط به فولادهایی که کیفیت آنها بوسیله عملیات حرارتی ارتقاء یافته است.

(ULW)- این بخش مربوط به مخازن چند لایه است.

(ULT)- این بخش مربوط به متریال هایی است که استفاده از آنها برای شرایط دمایی پایین (زیر صفر) مناسب است.

۳- گزیده ای از مطالب کاربردی استاندارد ASME Sec. VIII Div. 1-2019**■ - محدوده‌ی کاربرد ASME Sec. VIII Div. 1**

محدوده‌ی کاربرد ASME Sec. VIII Div. 1 مطابق پاراگراف U-1(e) به شرح زیر است:

U-1

(e) In relation to the geometry of pressure-containing parts, the scope of this Division shall include the following:

(1) where external piping; other pressure vessels including heat exchangers; or mechanical devices, such as pumps, mixers, or compressors, are to be connected to the vessel:

(-a) the welding end connection for the first circumferential joint for welded connections [see UW-13(i)];

(-b) the first threaded joint for screwed connections;

(-c) the face of the first flange for bolted, flanged connections;

(-d) the first sealing surface for proprietary connections or fittings;

(2) where nonpressure parts are welded directly to either the internal or external pressure-retaining surface of a pressure vessel, this scope shall include the design, fabrication, testing, and material requirements established for non-pressure-part attachments by the applicable paragraphs of this Division;³

(3) pressure-retaining covers for vessel openings, such as manhole or handhole covers, and bolted covers with their attaching bolting and nuts;

(4) the first sealing surface for proprietary fittings or components for which rules are not provided by this Division, such as gages, instruments, and nonmetallic components.

تصویر ۶: محدوده‌ی کاربرد ASME Sec. VIII Div.1-2019

دامنه کاربرد:

***- پاراگراف U-1 (e) : در خصوص هندسه‌ی قطعات تحت فشار، دامنه کاری این بخش بایستی شامل موارد زیر باشد:

(1) وقتی که سایر مخازن تحت فشار از جمله مبدل‌های حرارتی، اجزاء مکانیکی مانند پمپ ها، میکسر ها و همچنین

سیستم لوله کشی بایستی از بیرون به مخزن متصل گردند:

(-a) در اتصالات جوشی، اولین جوش محیطی (به پاراگراف UW-13 (i) نگاه کنید).

(-b) در اتصالات رزوه ای، اولین اتصال رزوه ای

(-c) در اتصالات فلنجی، سطح اولین فلنج پیچ شده

(-d) در اتصالات اختصاصی یا فیتینگ ها، اولین سطح آب بندی شده

(2) - وقتی قطعات فاقد فشار (nonpressure parts) بطور مستقیم به سطوحی از مخزن تحت فشار که دارای فشار

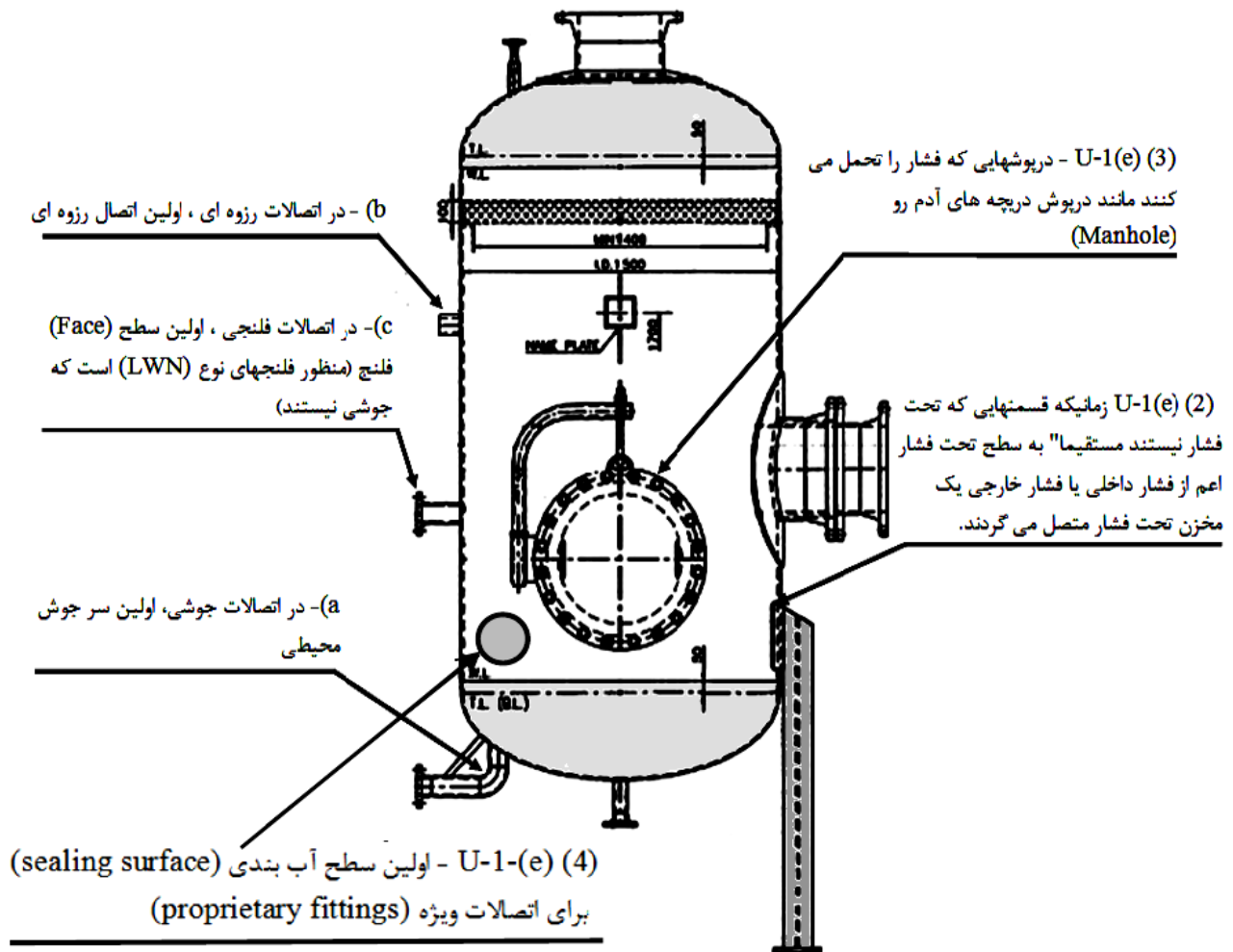
خارجی و نیز فشار داخلی می باشند، جوشکاری شوند. این دامنه‌ی کاری بایستی بوسیله پاراگراف‌های قابل کاربردی این بخش شامل طراحی، ساخت، آزمایش کردن و الزامات متریال ساخته شده برای قطعات فاقد فشار باشند.

(3) - دریچه های تحت فشار برای منفذهای مخزن همچون دریچه های آدم رو (Manhole) یا دریچه های بازرسی

(Handhole) و دریچه هایی که با اتصالات پیچ و مهرشان بسته شده اند.

(4) - اولین سطح آب بندی (sealing surface) برای اتصالات ویژه (proprietary fittings) یا قطعاتی که قوانین

مربوط به آنها بوسیله این بخش تهیه شده است. همچون گیج ها، وسایل ابزار دقیق و قطعات غیر فلزی (nonmetallic).



تصویر ۷: محدوده‌ی کاربرد ASME Sec. VIII Div.1-2019

■ تغییر فرم Out-of-Roundness در بدنه مخازن تحت فشار

طبق ASME Sec. VIII Div.1-2019-UG-80.2 اختلاف بیشترین و کمترین مقدار قطر نباید بیشتر از 1% (یک درصد) قطر اسمی باشد.

$$D_{max.} - D_{min.} \leq 1\% \text{ Nominal Diameter}$$

Example: Nominal Diameter = 2000 mm $\rightarrow 1\% = 20 \text{ mm}$

$D_{max.}$: 2018 mm

$D_{min.}$: 1998 mm

$$D_{max.} - D_{min.} : 2018 - 1998 = 20 \text{ mm} \rightarrow = 1\% = 20 \text{ mm}$$

Out-of-Roundness of this Shell plate is acceptable.

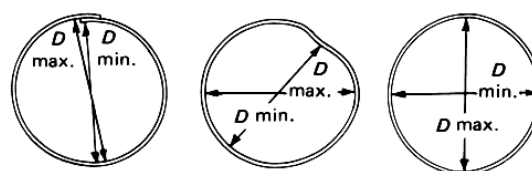
UG-80 PERMISSIBLE OUT-OF-ROUNDNESS OF CYLINDRICAL, CONICAL, AND SPHERICAL SHELLS

(a) *Internal Pressure.* The shell of a completed vessel shall be substantially round and shall meet the following requirements:

(1) The difference between the maximum and minimum inside diameters at any cross section shall not exceed 1% of the nominal diameter at the cross section under consideration. The diameters may be measured on the inside or outside of the vessel. If measured on

(2) When the cross section passes through an opening or within 1 I.D. of the opening measured from the center of the opening, the permissible difference in inside diameters given above may be increased by 2% of the inside diameter of the opening. When the cross section passes through any other location normal to the axis of the vessel, including head-to-shell junctions, the difference in diameters shall not exceed 1%.

Figure UG-80.2
Example of Differences Between Maximum and Minimum Inside Diameters in Cylindrical, Conical, and Spherical Shells

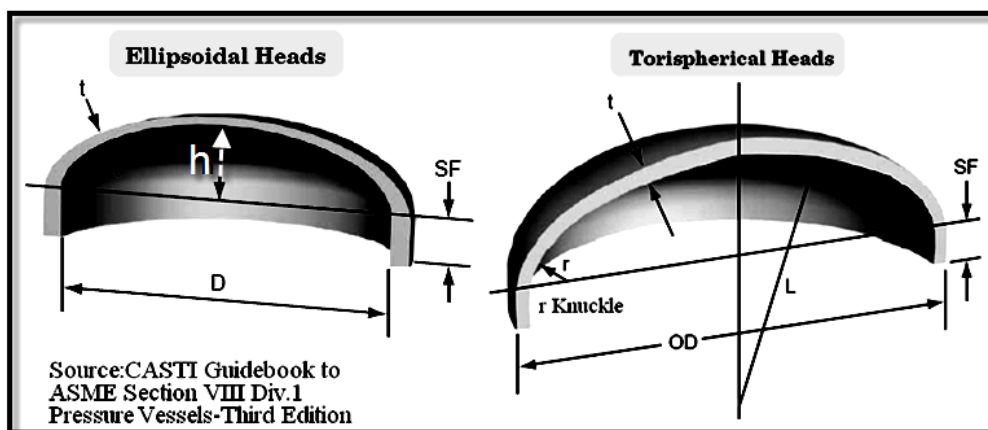


تصویر ۸: تغییر فرم مجاز مخازن طبق ASME Sec. VIII Div.1-2019 , UG 80

■ - تلورانس فرم و شکل کلگی ها در مخازن تحت فشار (UG-81-ASME Sec. VIII Div.1-2019)

***- پاراگراف UG-81 (TOLERANCE FOR FORMED HEADS): تلورانس کلگی ها:

سطح داخلی انواع کلگی ها همچون Torispherical, Toriconical, Hemispherical, or Ellipsoidal نباید بیشتر از (1 ¼%) قطر مخزن به طرف خارج و بیشتر از (5/8%) به طرف داخل انحراف داشته باشد. در اینجا قطر مخزن همان قطر داخلی در محل اتصال کلگی به بدنه است. این انحراف باید عمود بر سطح کلگی اندازه گیری شود و بصورت مورب نباشد. شعاع (Knuckle) نباید کمتر از اندازه‌ی مشخص شده باشد.



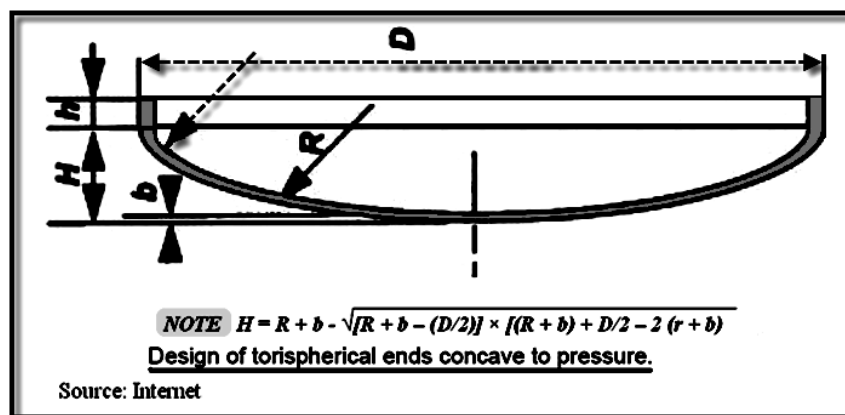
تصویر ۹: شکلهای دو نوع عدسی



تصویر ۱۰: نحوه‌ی اندازه گیری شعاع Crown کلگی های ساخته شده.



تصویر ۱۱: نحوه‌ی اندازه‌گیری شعاع Knuckle کلگی‌های ساخته شده.



تصویر ۱۲: فرمول محاسبه عمق یک عدسی.

در شرکت‌های سازنده‌ی مخازن تحت فشار معمولاً کلگی‌های مورد نیاز این مخازن نیز ساخته می‌شوند. برای درک بهتر مطالب پاراگراف UG-81، به مثالی در مورد نحوه‌ی ساخت کلگی از نوع Torispherical دقت فرمایید.

پروژه‌ی ساخت یک کلگی در چند مرحله توسط بازرسی فنی و کنترل کیفی مورد بازرسی قرار می‌گیرد:

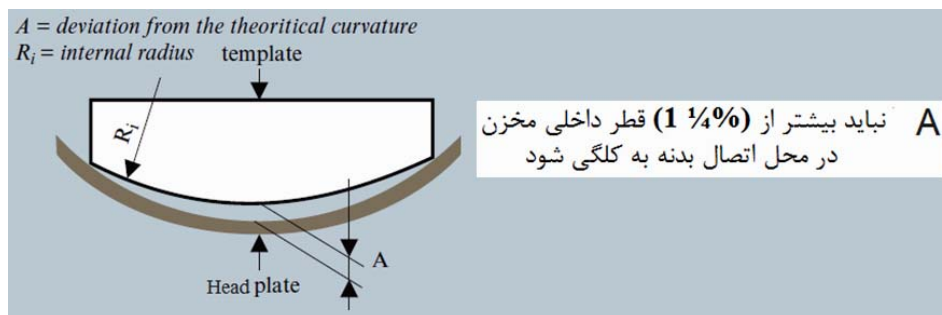
۱- متریال کلگی قبل از برش گرده اولیه باید بوسیله دستگاه ضخامت سنجی کنترل شود تا اطمینان حاصل شود که متریال مورد نظری از هر گونه عیب بخصوص عیب تورق (Lamination) می‌باشد.

۲- طبق نقشه‌ی کارگاهی، گرده‌ی اولیه با یک شعاع که در نقشه مشخص شده است پرس می‌شود. بنابراین برای اینکه اپراتور پرس مراحل مختلف پرس را مرتب کنترل نماید بایستی مطابق شعاع پرس یک شابلون به ابعاد حدود یک متر از جنس ورق آهنی نازک (معمولاً از ورقهای گالوانیزه) تهیه کند که این شابلون را نیز بازرسی فنی و کنترل کیفی کنترل می‌کند. پس از اتمام عملیات پرس با استفاده از شابلون شعاع پرس مطابق UG-81 کنترل می‌شود.

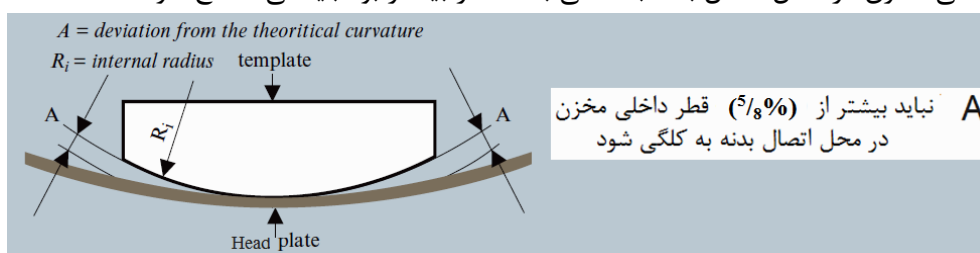
طبق UG-81، بازرسی باید این شابلون را بصورت عمود بر روی سطح داخلی کلگی قرار دهد بطوریکه قوس شعاع شابلون با قوس داخلی کلگی یکی باشد در این مرحله ممکن است سه حالت وجود داشته باشد:

الف) چنانچه انحنا و قوس شابلون با انحنای داخل کلگی یکسان باشد، کلگی ایده آل و مورد تأیید است.

ب) دو سر شابلون به انحنای داخلی کلگی بچسبد ولی قسمت وسط شابلون تا سطح داخلی کلگی فاصله داشته باشد یعنی آن قسمت از سطح داخلی کلگی که به سمت بیرون منحرف شده است و در واقع کلگی که گودتر شده است را اندازه‌گیری می‌کنیم و طبق UG-81 نباید بیشتر از $(1\frac{1}{4}\%)$ قطر داخلی مخزن در محل اتصال بدنه به کلگی باشد، چنانچه بیشتر باشد بایستی اصلاح گردد.



پ) دو سر شابلون به انحای داخلی کُلگی نچسبد و تا سطح داخلی عدسی فاصله داشته باشد یعنی در آن قسمت، سطح داخلی کُلگی هنوز عمق مناسب را پیدا نکرده است، در اینجا شابلون را طوری قرار می دهیم که فاصله زیرطرفین شابلون تا سطح داخلی کُلگی به یک اندازه‌ی برابر برسد، حال این فاصله را اندازه گیری می کنیم و طبق UG-81 نباید بیشتر از $(\frac{5}{8}\%)$ قطر داخلی مخزن در محل اتصال بدنه به کُلگی باشد، اگر بیشتر بود بایستی اصلاح شود.



پس از کنترل این مرحله، مرحله بعدی فرم دهی لبه های کُلگی است که بوسیله دستگاه مخصوصی انجام می شود. پس از اتمام، شعاع این قسمت که به شعاع (Knuckle) معروف است بوسیله شابلون شعاع کنترل می شود که در این مرحله ما تلورانسی نداریم و چنانچه شعاع کار شده زیاد و یا کم باشد مطابق UG-81 غیر قابل قبول است و باید اصلاح گردد و اگر شعاع (Knuckle) مناسب باشد باید قطر خارجی کُلگی را در حدود ۸ نقطه بازرسی نمود، چنانچه اختلاف ابعادی قطر بیرونی مطابق UG-80 بیش از 1% قطر اسمی باشد بایستی مجدداً روی فرم کُلگی کار کرد تا به قطر خارجی مورد دلخواه برسیم.

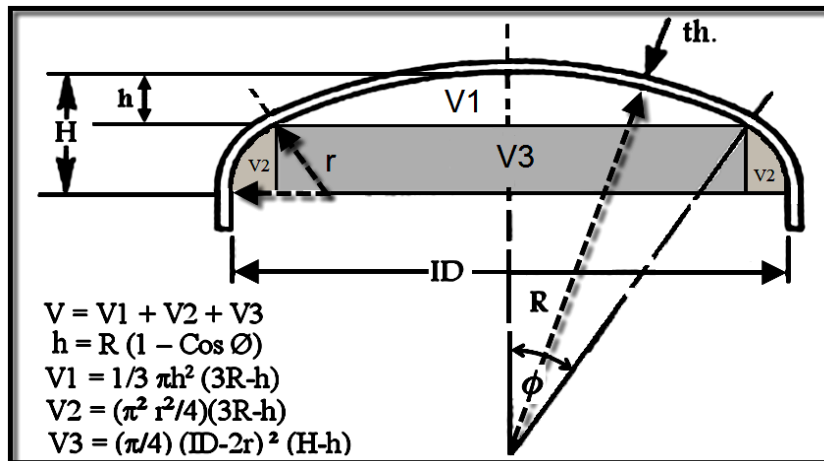
در نهایت اگر شعاع (Knuckle) و همچنین قطر خارجی کُلگی مورد تأیید باشد بایستی ابعاد عمق کُلگی را کنترل و در صورت اضافه بودن آنرا برشکاری کنیم و قسمت شعاع (Knuckle) را مجدداً ضخامت سنجی کنیم تا مقدار کاهش ضخامت را مشخص نماییم زیرا در مرحله لبه سازی کُلگی ممکن است به علت فشار دو قالب از داخل و بیرون به لبه های کُلگی و همچنین گرمای بالای ناشی از چرخش شدید و اصطکاک بالای کُلگی با این قالبها موجب کاهش ضخامت شوند، معمولاً واحد مهندسی طراحی این کاهش ضخامت را در نظر می گیرد و در نقشه ها تحت عنوان ضخامت قبل از فرمینگ و ضخامت بعد از فرمینگ قید می نماید. حال چنانچه ضخامت قسمت (Knuckle) از حداقل ضخامت مورد نیاز کمتر شده باشد این کُلگی طبق نقشه مردود است مگر اینکه واحد مهندسی طراحی در حداقل ضخامت مورد نیاز تجدید نظر نماید و کتباً ضخامت جدیدی را اعلام نماید که با این ضخامت مغایرتی نداشته باشد در این صورت این کُلگی، تأیید می شود.

توجه ۱: چنانچه در حین ضخامت سنجی از ناحیه Knuckle عیب دو لایگی یا تورق (Lamination) وجود داشته باشد آن کُلگی مردود اعلام می شود. مگر اینکه محدوده‌ی قابل قبولی از تورق (Lamination) توسط واحد طراحی مهندسی و یا دستورالعمل پروژه اعلام شود و چنانچه محدوده‌ی (Lamination) موجود در کُلگی از آن مقدار کمتر باشد می توان با استناد به مدارک فنی آن را قبول کرد.

توجه ۲: اگر کُلگی مورد نظر از دو بخش (تکه) ساخته شده باشد درز جوش آن باید قبل از پرس و نیز بعد از پرس بصورت ۱۰۰ درصد رادیوگرافی شود.

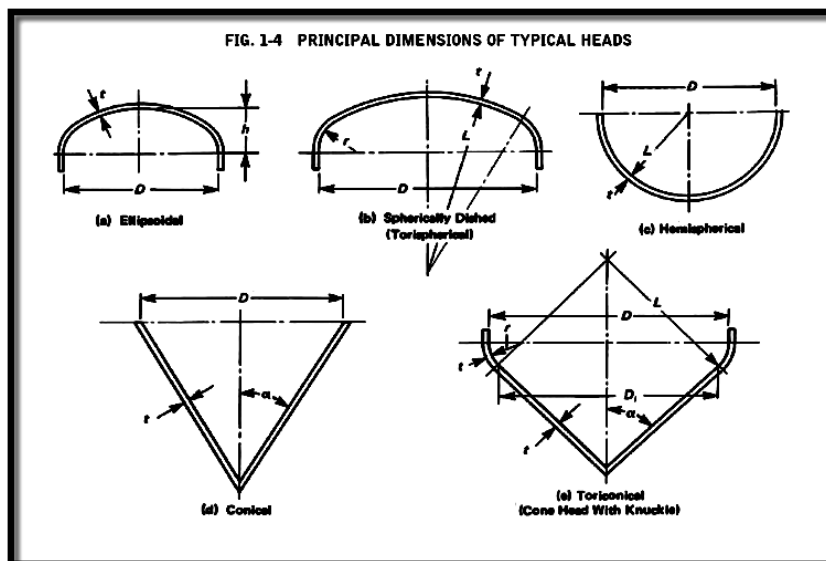
توجه ۳: در ضمن باید بسیار دقت کرد که جوشهای کلگی که بصورت دو تکه یا چند تکه ساخته می شوند قبل از عملیات پرس تا حد امکان عاری از هر گونه Under cut باشند زیرا سوختگی تیز لبه ها (Under cut) می تواند منشاء ترک شوند.

■ - فرمول محاسبه ی حجم کلگی (2:1) در مخازن تحت فشار:



تصویر ۱۳: فرمول محاسبه ی حجم کلگی (2:1) مخازن تحت فشار

نکته: Head های مخازن به اشکال مختلفی ساخته می شود که انواع متداول آن در تصویر زیر نمایش داده شده است:

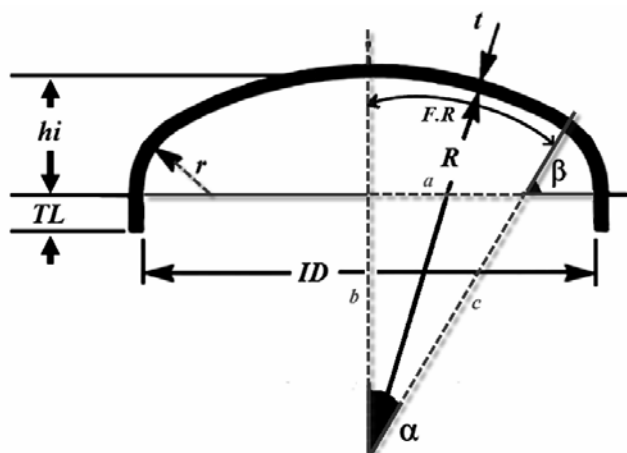


تصویر ۱۴: انواع متداول Head مخازن



تصویر ۱۵: انواع متداول Head مخازن

■ - فرمول محاسبه‌ی گرده مورد نیاز برای ساخت کلگی (2:1) در مخازن تحت فشار

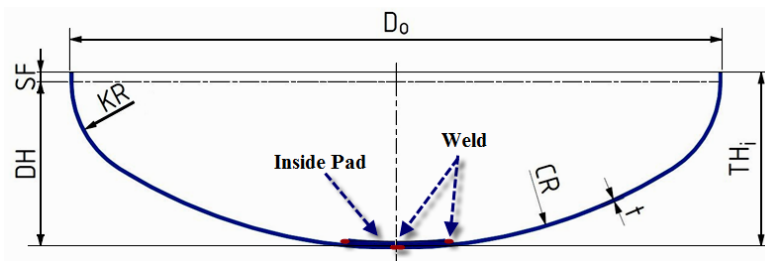


تصویر ۱۶: کلگی (2:1) در مخازن تحت فشار

$R = 0.9 ID$	R - شعاع پرس
$r = 0.173 ID$	r - شعاع عدسی
$F.R = \frac{\alpha \times \pi \times R}{180}$	hi - عمق داخلی
$\beta = \frac{(90 - \alpha) \times \pi}{180}$	π - عدد هندسی
$\alpha = \sin^{-1} \times \frac{a}{c}$	ID - قطر داخلی کلگی
$hi = \frac{ID}{4}$	$F.R$ - فاصله مرکز کلگی تا محل پایان قوس پرس و شروع قوس عدسی
$a = ID/2 - r$	TL - خط تلفات (این فاصله معمولاً ۵ سانتیمتر است و برای اتصال کلگی به بدنه در نظر گرفته می شود)
$c = R - r$	α - زاویه محور مرکز کلگی با خط انتهایی محل پایان قوس پرس (زاویه شعاع پرس)
$b = \cos \alpha \times c$	β - زاویه محل تلاقی شعاع عدسی با خط قطر داخلی (زاویه شعاع عدسی)
$a = \sin \alpha \times c$	abc - مثلث قائمه الزاویه که از تلاقی شعاع پرس و خط قطر داخلی ایجاد می شود.
$\frac{D^2}{4} = 2R^2 (1 - \cos \alpha) + ID \times TL + r \times \beta \left(ID - \frac{r\beta^2}{3} \right)$	D - قطر دایره اولیه برای برش گرده مورد نیاز ساخت کلگی

■ - SPIN-HOLES - چیست؟

هنگام ساخت کلگی (Head) مخازن، سوراخی در وسط آن ایجاد میکنند. این سوراخ جهت عبور شافت دستگاه چرخاننده است تا بوسیله آن لبه های کلگی (Head) جهت اتصال به مخزن فرم داده شود. در UW-34 درمورد نحوه‌ی جوشکاری این سوراخ توضیح داده شده است. علاوه بر آن، مطابق تصویر ۱۷ می توان قبل از پرکردن سوراخ بوسیله جوش از بیرون در زیر قسمت داخلی کلگی (Head) از یک ورق پلیت (Base Plate) که همجنس متریال کلگی (Head) می باشد استفاده کرد.



تصویر ۱۷: روند پر کردن سوراخ مرکزی Head مخزن

***- پاراگراف UW-34 - سوراخ چرخاندن (کلگی):

UW-34 SPIN-HOLES

Spin-holes are permitted within heads or segments thereof to facilitate forming. Spin-holes not greater in diameter than $2\frac{3}{8}$ in. (60 mm) may be closed with a full-penetration weld using either a welded plug or weld metal. The weld and plug shall be no thinner than the head material adjacent to the spin-hole.

The finished weld shall be examined⁷¹ and shall meet

the acceptance requirements of **Mandatory Appendix 6** or **Mandatory Appendix 8** of this Division. Radiographic examination, if required by **UW-11(a)**, and additional inspections, if required by the material specification, shall be performed.

This weld is a butt weld, but it is not categorized. It shall not be considered in establishing the joint efficiency of any part of the head or of the head-to-shell weld.

تصویر ۱۸ : دستورالعمل جوشکاری ASME Sec. VIII Div.1-2019-UW-34-Spin-Holes

برای سهولت در شکل گیری کلگی اجازه داده شده است تا در مرکز کلگی ها سوراخی برای چرخاندن آنها تعبیه گردد. قطر این سوراخ از محدوده سائیزی که در پاراگراف (a)(3) UG-36 مشخص شده است نباید تجاوز کند، این سوراخ می تواند بوسیله پلاکهای (Plug) جوشی یا فلز جوش و با استفاده از جوش با نفوذ کامل، مسدود گردد. ضخامت فلز پلاک (Plug) نباید از ضخامت کلگی در محل تعبیه سوراخ نازکتر باشد. جوش نهایی باید مورد آزمایش قرار گرفته و الزامات ضمیمه های 6 یا 8 از این بخش را برآورده نماید.

اگر آزمایش رادیوگرافی مطابق با UW-11(a) مورد نیاز باشد و همچنین بازرسی های اضافی چنانچه مطابق با مشخصات فنی متریال مورد نیاز باشد بایستی انجام گردد.

جوش نهایی مربوط به سوراخ مرکز کلگی باید لب به لب باشد ولی در دسته بندی جوشهای مخازن قرار ندارد. این جوش نباید در ارتباط با (Joint Efficiency) های هر قسمت از جوش کلگی یا جوش کلگی به بدنه در نظر گرفته شود.

⁷¹ Examination shall be by magnetic particle or liquid penetrant methods when the material is ferromagnetic, or by the liquid penetrant method when the material is nonmagnetic.

یادداشت ۷۱ :

آزمایش بایستی بوسیله روشهای MT (Magnetic particle Test) و PT (Liquid Penetrant Test) انجام شود. لازم است برای متریال های مغناطیسی (Ferromagnetic) از روش MT و برای متریال های غیر مغناطیسی (Nonmagnetic) از روش PT استفاده شود.

■ - تعمیر عیوب در متریالهای مخازن تحت فشار مطابق Para.UG-78

***- پاراگراف UG-78 - تعمیر عیوبی که در متریال وجود دارند: عیوبی که در متریال وجود دارند ممکن است تعمیر شوند بشرطی که در ابتدا تاییدیه بازرس را برای روش تعمیر و وسعت تعمیر بدست آورد. متریالهای معیوبی که عیوب آنها را نمی توان بصورت مناسب و رضایت بخش بر طرف کرد می بایست مردود اعلام گردند.

UG-78 REPAIR OF DEFECTS IN MATERIALS

Defects in material may be repaired provided acceptance by the Inspector is first obtained for the method and extent of repairs. Defective material that cannot be satisfactorily repaired shall be rejected.

تصویر ۱۹ : تعمیر عیوب در متریال مطابق ASME Sec. VIII Div.1-2019-Para.UG-78

■ - روشهای جوشکاری در مخازن تحت فشار مطابق پاراگراف UW-27.

Weld Processes

Arc and gas welding can be used to make groove welds, fillet welds, and overlay welds. Arc welds are limited to the following processes given in UW-27(a):

- shielded metal arc welding (SMAW)
- submerged arc welding (SAW)
- gas metal arc welding (GMAW)
- gas tungsten arc welding (GTAW)
- plasma arc welding (PAW)
- electroslag welding (ESW)
- electrogas welding (EGW)
- electron beam welding (EBW)
- laser beam welding (LBW)
- hydrogen metal arc welding

Flux core arc welding (FCAW) is recognized as a variety of GMAW in Section IX of the Code and is therefore recognized as being acceptable for Division 1 welding fabrication (UW-27(c)).

CASTI Guidebook to ASME Section VIII Div. 1 - Pressure Vessels - Third Edition

تصویر ۲۰: روشهای مختلف جوشکاری مطابق استاندارد ASME Sec. VIII Div.1-2019-UW-27

■ - PEENING - چیست؟

***- در پاراگراف UW-39 در مورد Peening توضیح داده شده است.

Peening چیست؟

مطابق UW-39 برای کنترل پیچیدگی (Distortion) و آزاد کردن تنشهای پسماند (Relieve Residual Stress) از Peening استفاده می شود. Peening درواقع ضربات آهسته و قابل کنترلی است که به سطح جوش وارد می شود. این ضربات می تواند دستی یا برقی یا بوسیله ابزارهای بادی انجام شود که در واقع برای جداکردن سرباره های جوش استفاده می شود. از این روش در پاس یک (Root Pass) و پاس آخر (Final Pass) استفاده نمی شود مگر اینکه آن جوش PWHT شده باشد.. باید توجه داشت به هیچ عنوان عملیات Peening جایگزین تنش زدایی (PWHT) نمی شود.

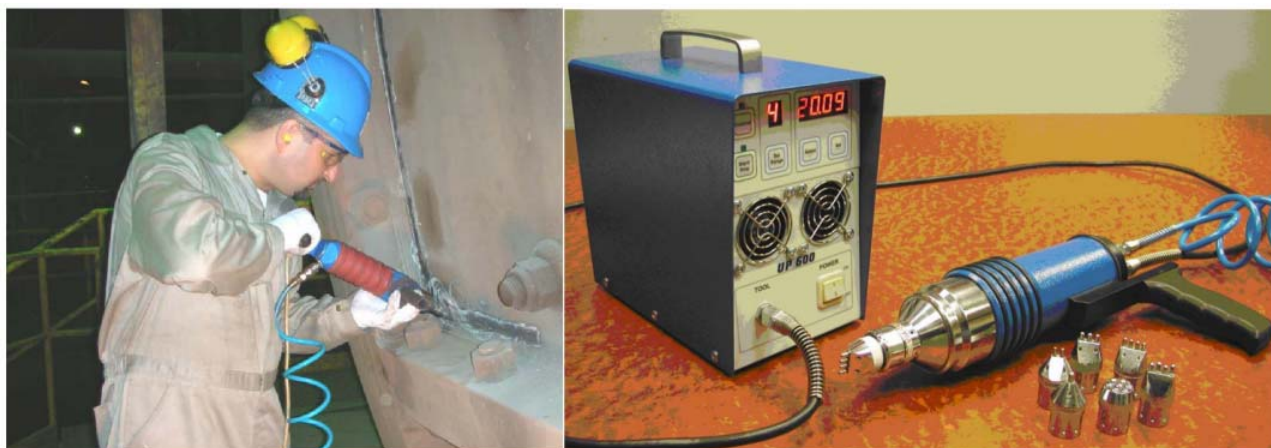
UW-39 PEENING

(a) Weld metal and heat affected zones may be peened by manual, electric, or pneumatic means when it is deemed necessary or helpful to control distortion, to relieve residual stresses, or to improve the quality of the weld. Peening shall not be used on the initial (root) layer of weld metal nor on the final (face) layer unless the weld is subsequently postweld heat treated. In no case, how-

ever, is peening to be performed in lieu of any postweld heat treatment required by these rules.

(b) Controlled shot peening and other similar methods which are intended only to enhance surface properties of the vessel or vessel parts shall be performed after any nondestructive examinations and pressure tests required by these rules.

تصویر ۲۱: Peening در جوش مخازن تحت فشار ASME Sec. VIII Div.1-2019-UW-39



تصویر ۲۲: Peening جوش در صنعت (دستگاه برقی و نوع بادی سیستم Peening)

■ - نظر استاندارد در مورد طراحی مخازن تحت فشار با نرم افزارها

FOREWORD*

The Committee recognizes that tools and techniques used for design and analysis change as technology progresses and expects engineers to use good judgment in the application of these tools. The designer is responsible for complying with Code rules and demonstrating compliance with Code equations when such equations are mandatory. The Code neither requires nor prohibits the use of computers for the design or analysis of components constructed to the requirements of the Code. However, designers and engineers using computer programs for design or analysis are cautioned that they are responsible for all technical assumptions inherent in the programs they use and the application of these programs to their design.

تصویر ۲۳ : نظر کُد در مورد استفاده از نرم افزار طراحی ASME Sec. VIII Div.1-2019

ترجمه: کمیته تشخیص می دهد که ابزار ها و تکنیک هایی که برای طراحی و تحلیل بکار برده می شوند با پیشرفت تکنولوژی تغییر می کند و از مهندسين انتظار می رود وقتی از این ابزارها استفاده می کنند ارزیابی های صحیحی را مورد استفاده قرار دهند. وقتی چنین الزاماتی مورد نیاز است، طراح برای رعایت مقررات کُد و اثبات انطباق با کُد مسئولیت دارد. کُد، استفاده از کامپیوتر برای طراحی یا تحلیل قسمتهایی که مطابق با الزامات کُد ساخته می شوند را نه الزامی می داند و نه منع می نماید. با اینحال به طراحان و مهندسينی که برای طراحی یا تحلیل مورد نظرشان از برنامه های کامپیوتری استفاده می کنند اخطار می گردد که آنها مسئول تمام مفروضات تکنیکی مورد استفاده در نرم افزارهای کامپیوتری و نیز مسئول کاربرد این برنامه ها برای طراحی هایشان می باشند.

■ - موضوعی که در کُد نیامده آیا ممنوع است؟

U-1 SCOPE

U-1(a)(3)

The Code does not address all aspects of these activities, and those aspects which are not specifically addressed should not be considered prohibited. Engineering judgment must be consistent with the philosophy of this Division, and such judgments must never be used to overrule mandatory requirements or specific prohibitions of this Division.

تصویر ۲۴ : مواردی که در کُد قید نشده است ASME Sec. VIII Div.1-2019

کُد به تمام موضوعات این فعالیتها اشاره نمی کند و موضوعاتی که به طور خاص به آنها اشاره ای نشده است نباید به عنوان موارد منع شده، تلقی گردند. ارزیابی مهندسی باید با فلسفه و ماهیت این بخش تناقض نداشته باشد و چنین ارزیابی هایی هرگز نباید الزامات اجباری یا ممنوعیت های خاص در این بخش را نقض نماید.

■ - Telltale Holes چه سوراخهایی هستند؟

UG-25 CORROSION

(e) **Telltale Holes.** Telltale holes may be used to provide some positive indication when the thickness has been reduced to a dangerous degree. Telltale holes shall not be used in vessels that are to contain lethal substances [see UW-2(a)], except as permitted by ULW-76 for vent holes

in layered construction. When telltale holes are provided, they shall have a diameter of $\frac{1}{16}$ in. to $\frac{3}{16}$ in. (1.5 mm to 5 mm) and have a depth not less than 80% of the thickness required for a seamless shell of like dimensions. These holes shall be provided in the opposite surface to that where deterioration is expected.

تصویر ۲۵ : تعریف سوراخ ASME Sec. VIII Div.1-2019-UG-25-Telltale Holes

(e) - سوراخهای هشدار دهنده (Telltale holes)

برای نشان دادن ضخامت مخزن که آیا تا حد بحرانی و خطرناک کاهش یافته است یا خیر، معمولاً از سوراخ های Telltale استفاده می شود. سوراخ های Telltale نباید در مخازنی که حاوی مواد سمی هستند مورد استفاده قرار گیرند. (نگاه کنید به UW-2(a)). زمانی که سوراخ های Telltale برای یک مخزن در نظر گرفته می شوند، قطر آنها باید $1/16$ in. تا $3/16$ in. (۵ - ۱/۵ میلیمتر) باشد و عمق آنها نباید کمتر از ۸۰٪ ضخامت مورد نیاز برای یک بدنه بدون درز با همان ابعاد باشد. این سوراخها بایستی در سطوح مناسبی که انتظار می رود خرابی در آنجا بیشتر است، قرار گیرند. به سوالی که در همین زمینه از استاندارد پرسش شده است دقت شود:

Interpretation: VIII-81-33

Subject: Section VIII, Division 1, UG-25(e)

Date Issued: June 3, 1981

File: BC81-23

Question: Under the requirements of UG-25(e), **must** the depth of a telltale hole **be** equal to or greater than 80 percent of the thickness of a seamless shell of similar dimensions?

Reply: Yes.

تصویر ۲۶: سوالی از استاندارد ASME در زمینه سوراخ Telltale Holes

ترجمه

سؤال: تحت الزامات (e) UG-25 می بایست عمق سوراخ (telltale) برابر یا بیشتر از ۸۰٪ ضخامت بدنه‌ی بدون درز با ابعاد یکسان باشد؟
جواب: بله

■ - حرف M که در مشخصه‌ی شماره متریال ها مثل SA-516/SA-516M قید شده به چه معنی است؟
***- پاراگراف (g) UG-4 : وقتی به مشخصات (Grade) ها، (Class) ها، و (Type) ها اشاره می گردد و مشخصات متریالها در بخش دوم کُد (Section II Part A & Part B) دارای دو سیستم آحاد مانند SA-516/SA-516M باشند، ارقام و قوانینی که در طراحی مورد استفاده قرار می گیرند باید بصورت متن متداول امریکایی مشخصات متریال (سیستم اینچی UC) یا سیستم بین المللی (متریک SI) باشند.
برای مثال وقتی که متریال SA-516M-Grade 485 برای ساخت مورد استفاده قرار می گیرد، ارقام مورد استفاده در طراحی معادل آن یعنی SA-516-Grade 70 باید بصورت سیستم متداول آمریکایی (اینچی) یا سیستم متریک از استاندارد Section II Part D مورد استفاده قرار گیرد.

MATERIALS

UG-4 GENERAL

(g) When specifications, grades, classes, and types are referenced, and the material specification in Section II, Part A or Part B is a dual-unit specification (e.g., SA-516/SA-516M), the design values and rules shall be

applicable to either the U.S. Customary version of the material specification or the SI unit version of the material specification. For example, when SA-516M Grade 485 is used in construction, the design values listed for its equivalent, SA-516 Grade 70, in either the U.S. Customary or metric Section II, Part D (as appropriate) shall be used.

تصویر ۲۷: تعریف استفاده از دو واحد اینچی و متریک برای متریال ASME Sec. VIII Div.1-2019-UG-4

بنابراین در مشخصه متریال SA516/ SA 516M حرف M بیانگر استفاده از سیستم متریک SI می باشد یعنی ابعاد این متریال می تواند هم بصورت اینچی باشد هم بصورت متریک زیرا هر دو مشخصه متریال با هم ذکر شده اند.

■ - علامت گذاری مورد نیاز UG-116 REQUIRED MARKING

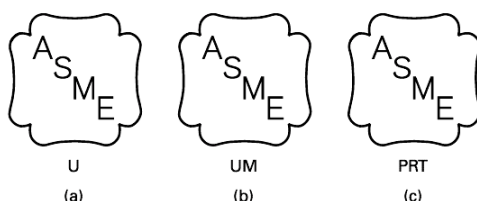
■ U, UM, RT 1, RT 2, RT 3, RT 4, HT and PHT -

(a) - هر مخزن تحت فشار باید بصورت زیر علامت گذاری شود:

(1) - زیر را ببینید،

(a) - نشان تایید رسمی با علامت U که در Figure UG-116 تصویر (a) Sketch نشان داده شده است بر روی مخازن بازرسی شده مطابق با الزامات UG-90 تا UG-97 درج شود (هنگامی که بازرسی بوسیله‌ی بازرس خریدار انجام می‌گردد همانطوری که در UG-91 ارائه شده است بایستی کلمه‌ی استفاده کننده (USER) در بالای علامت تایید، نشانه گذاری شود): یا

Figure UG-116
Official Certification Mark to Denote the
American Society of Mechanical Engineers'
Standard



(b) - نشان تایید رسمی با علامت UM که در Figure UG-116 تصویر (b) Sketch نشان داده شده است بر

روی مخازن ساخته شده مطابق با شرایط U-1(j) درج شود، یا:

❖ پاراگراف U-1(j): بجزء مخازن تحت فشاری که مشتمل بر (i), (h), (g), and (c) می باشند و توسط قوانین این قسمت به رادیوگرافی شدن بصورت صد درصد نیازی ندارند، دیگر مخازن تحت فشاری که میزان فشار و حجم آنها افزایش نمی یابد و به جهت عملکرد بصورت قطع کردن فوری (بستن) یا باز کردن سریع ساخته نشده اند (UG-35.2 و UG-35.3 را به ترتیب ببینید) ممکن است همانطور که در UG-91 مشخص شده است از بازرسی شدن توسط بازرس معاف شوند مشروط بر اینکه همه‌ی الزامات دیگر مربوط به این قسمت (Division) را پیروی نمایند:

(1) - 0.14 m^3 حجم و 250 Psi فشار طراحی: یا

(2) - 0.08 m^3 حجم و 350 Psi فشار طراحی: یا

(3) - 0.04 m^3 حجم و 600 Psi فشار طراحی

در ساخت مجموعه ای از مخازن، محدودیت های داده شده در بند 1 تا 3 که در بالا ذکر شده است برای ساخت هر مخزن بکار می رود و این بدان گونه نیست که محدودیت های فوق را بطور کلی برای ساخت مجموعه ای از مخازن بکار برد (یا در نظر گرفت). تناسب (درون یابی) خطی مستقیم برای مقدار فشار طراحی و حجم که مابین اعداد ذکر شده‌ی فوق می باشند، مجاز می باشد. مخازن ساخته شده مطابق با این قوانین باید با علامت UM در تصویر Fig. UG-116 تصویر (b) Sketch و نیز مطابق اطلاعات مورد نیاز در UG-116 نشانه گذاری شود. گواهی تطبیق بایستی مطابق با الزامات UG-120(a) باشد.

(2) - نام سازنده‌ی قبلی مخزن تحت فشار بوسیله‌ی متن "تایید شده بوسیله‌ی"

(3) - حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) (فشار داخلی یا خارجی) در دما ———

(4) - حداقل دمای طراحی فلز ——— در حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) ———

(5) - شماره سریال سازنده

(6) - سال ساخت

(7) - حداکثر ظرفیت تولید بخار که برای مخازن مطابق U-1(g)(1) طراحی شده است.

(c) - نشان تایید رسمی با علامت PRT که در Figure UG-116 تصویر (c) Sketch نشان داده شده است، بر

روی بخشها (به پاراگراف h نگاه کنید).

(e) - وقتی بر روی مخزن آزمایش رادیوگرافی یا اولتراسونیک مطابق با شرایط UW-11 انجام شده باشد بایستی در زیر علامت تایید (under the Certification Mark) همچون شرایط زیر علامت گذاری نمود:

(1) - "RT 1" یعنی وقتی تمام طول جوشهای شیاری (Groove) تحت فشار مربوط به مخازن به جزء جوشهای شیاری دسته‌ی Category B & C به همراه نازلها و اتصالات چمبرها (Communicating Chambers) که هیچ کدام از آنها بیشتر از قطر 10 in. و نیز بیشتر از ضخامت 29 mm نباشد. [بجز شرایط مورد نیاز در UHT-57(a)] مطابق با شرایط و الزامات UW-11(a) بصورت 100 % رادیوگرافی شوند. چنانچه رادیوگرافی جوشهای شیاری دسته‌ی Category B & C بصورت 100 % رادیوگرافی شوند ممکن است در گزارش جزئیات سازنده ثبت شوند؛ یا

(2) - "RT 2" یعنی وقتی تمام مخزن مطابق با الزامات UW-11(a)(5) بطور مناسب رادیوگرافی شده باشد و نیز وقتی که رادیوگرافی موضعی (Spot) براساس الزامات UW-11(a)(5)-(b) بکار رفته باشد؛ یا

(3) - "RT 3" یعنی وقتی تمام مخزن مطابق با الزامات UW-11(b) رادیوگرافی موضعی (Spot) شده باشد؛ یا

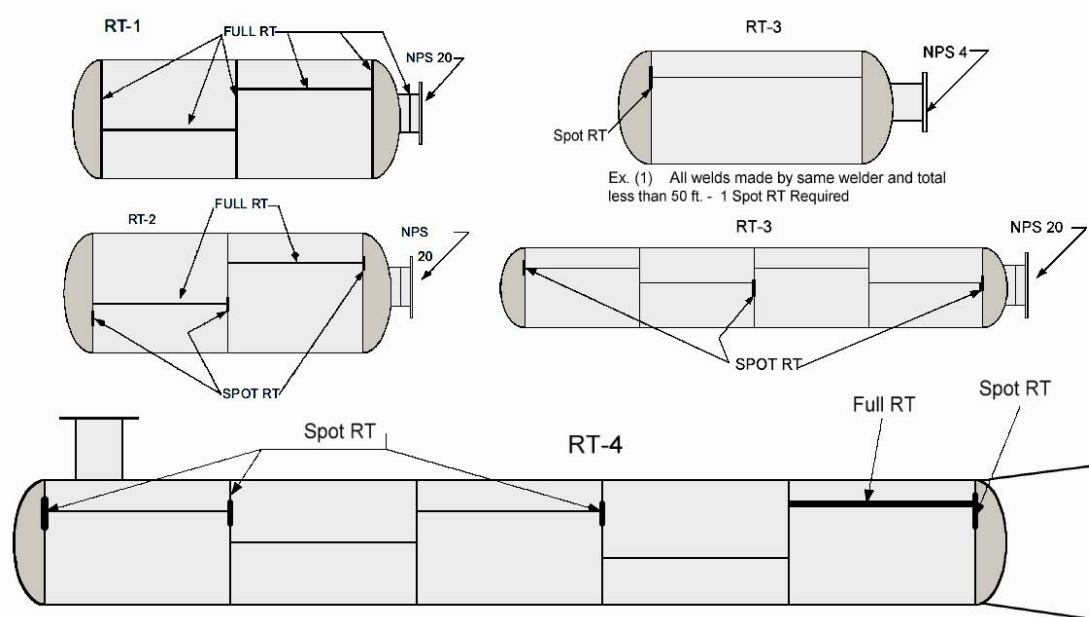
(4) - "RT 4" یعنی وقتی فقط بخشی از کل مخزن مطابق با الزامات UW-11(a) بطور مناسب رادیوگرافی شده باشد یا هر کجا که هیچ کدام از علامت گذاریهای "RT 1"، "RT 2"، or "RT 3" وجود نداشته باشد از "RT 1" استفاده می شود. افزایش میزان رادیوگرافی (Extent) و ضریب اتصال (Joint Efficiencies) قابل کاربرد بایستی در گزارش جزئیات سازنده مورد توجه قرار گیرد.

(f) - زیر را ببینید:

(1) - هنگامی که کل مخزن مطابق با شرایط UW-10 عملیات حرارتی می شود بایستی حروف HT بکار برده شود.

(2) - هنگامی که صرفاً بخشی از کل مخزن مطابق با شرایط UW-10 عملیات حرارتی می شود بایستی حروف PHT بکار برده شود. افزایش میزان عملیات حرارتی (Extent) بایستی توسط سازنده در گزارش جزئیات ساخت مخزن مورد توجه

قرار گیرد.



تصویر ۲۸: وضعیت RT در مخازن تحت فشار

■ پلاک اسم UG-119 NAMEPLATES

(a) - پلاک اسم ها (Nameplates) باید بر روی مخازن مورد استفاده قرار گیرند بجزه وقتی که علامت گذاری ها بطور مستقیم مطابق شرایط (UG-118) بکار می رود. پلاک اسم ها (Nameplates) برای استفاده در سرویس مد نظر بایستی از فلز مناسب باشد و برای علامت گذاری های مورد نیاز بایستی مطابق شرایط (UG-116) باشند. طرح و روش علامت گذاری بایستی اساساً مطابق با تصویر (UG-118) باشد. پلاک اسم های مورد نیاز بایستی در یک جای برجسته از مخزن نصب شود. [see UG-116(j) را ببینید.]

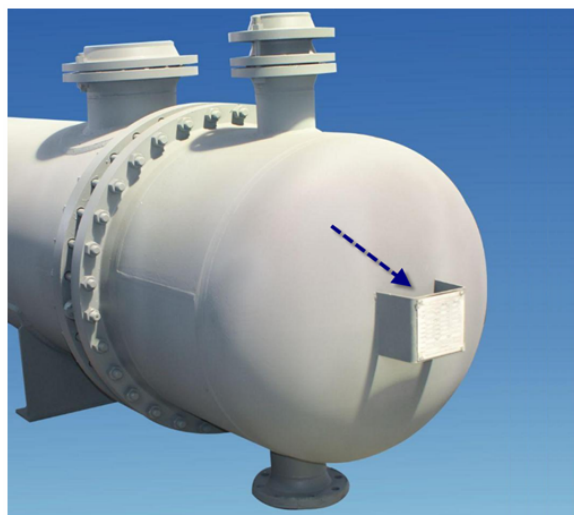
(b) - پلاک اسم ها (Nameplates) بعلا کاربرد علامت گذاری و برای مناسب بودن روش اتصال آن ها بایستی دارای ضخامت کافی باشند تا در برابر اعوجاج و شکستگی مقاوم باشند. ضخامت اسمی پلاک اسم نباید کمتر از 0.020 in. باشد.

(c) - پلاک اسم ها (Nameplates) ممکن است بوسیله ی یک از روشهای ریخته گری، حک کردن، برجسته کاری، استامپ زدن یا حکاکای علامت گذاری شوند بجزه نشان یا علامت تایید که بایستی بر روی پلاک اسم استامپ زنی شود.

(1) - حروف مورد نیاز در علامت گذاری پلاک اسم ها نباید کمتر از 4 mm باشند بجزه حروفی که برای علامت گذاری تخلیه ی فشار (Pressure Relief Device) بکار می روند ممکن است کوچکتر باشند.



تصویر ۲۹: پایه مخصوص نگهداری Nameplate (Saddle)



INSPECTION REQUIREMENTS

7. NAME PLATE

- ☐ Vessel Marking. **UG-116**
- ☐ Certification and Authorized inspection mark. **UG-117**
- ☐ Marking Method. **UG-118**

Type of Construction	Letter(s)
Arc or gas welded	W
Pressure welded (except resistance)	P
Brazed	B
Resistance welded	RES

Lethal Service United States Boiler Direct Firing	L UB DF
---	---------------

تصویر ۳۰: در رابطه با Stamping و آدرس پاراگرافهای مربوطه

■ تعریف اصطلاح MAWP در مخازن تحت فشار مطابق Para.UG-98(a)

مطابق پاراگراف فوق (Maximum Allowable Working Pressure) "MAWP"، به حداکثر فشار مجازی که در دمای مشخص در قسمت فوقانی یک مخزنی که در حالت کارکرد معمولی می باشد MAWP گفته می شود.

UG-98 MAXIMUM ALLOWABLE WORKING PRESSURE

(a) The maximum allowable working pressure for a vessel is the maximum pressure permissible at the top of the vessel in its normal operating position at the designated coincident temperature specified for that pressure.

تصویر ۳۱: تعریف اصطلاح ASME Sec. VIII Div.1-2019-UG-98-MAWP

ENDNOTES

36 The maximum allowable working pressure may be assumed to be the same as the design pressure when calculations are not made to determine the maximum allowable working pressure.

تصویر ۳۲: مقدار MAWP در پاورقی 36 در مخازن تحت فشار ویرایش ASME Sec. VIII Div.1-2019

مطابق پاورقی 36 در استاندارد ASME Section VIII Div. 1، چنانچه مقدار MAWP محاسبه نگردد ممکن است مقدار آن برابر با مقدار فشار طراحی (Design Pressure) در نظر گرفته شود.

■ - طریقه محاسبه‌ی MAWP

در کتاب PRESSURE VESSEL HANDBOOK صفحه 142 طریقه محاسبه‌ی MAWP برای فشار داخلی لوله توضیح داده شده است که به شرح زیر می باشد:

فرمول محاسبه MAWP:

$$P = \frac{2SEt}{D + 1.2t}$$

$P = \text{MAWP}$

(S) = مقدار تنش مجاز در محدوده‌ی دمایی مشخص.

(E) = مقدار Joint Efficiency که برای لوله های بدون درز جوش مقدار آن 1 در نظر گرفته می شود.

(D) = قطر داخلی لوله بر اساس اینچ

(t) = حداقل ضخامت لوله بر اساس اینچ (این مقدار 0.875 برابر ضخامت اسمی لوله در نظر گرفته می شود).

لازم به ذکر است، در جدولی که در صفحه ۱۴۲ کتاب فوق آمده است، مقدار "S" برای دو متریال A53B & A106B در محدوده‌ی دمایی 20 to 650 °F طبق جدول Table A1 از استاندارد ASME B31.3 17100 psig می باشد.

در جدول مذکور فاکتور دیگری وجود دارد که میزان خوردگی مجاز است و تحت عنوان Corrosion allowance بیان شده است که در این جدول بر حسب اینچ در نظر گرفته شده است.

جدول محاسباتی مقدار MAWP در کتاب PRESSURE VESSEL HANDBOOK در صفحه های ۱۴۲ و ۱۴۳ و ۱۴۷ تشریح شده است.

بنابراین چنانچه تنش مجاز متریال مورد استفاده در دمای طراحی کمتر از تنش مجاز آن متریال در دمای هیدروتست باشد مقدار MAWP مطابق فرمول قید شده در جدول ها (تساویر ۳۴ و ۳۳) محاسبه میشود. لطفاً به جدول های مذکور مراجعه شود.

مثال یک: طبق فرمولی که برای محاسبه‌ی MAWP for Pipe در جدول زیر آمده ابتدا مثالی را که در همین رابطه بیان شده بررسی می‌کنیم: میزان MAWP برای لوله‌های A-53B & A-106B با قطر بیرونی 6 in. و با ضخامت اسمی $X-STG = Nom. 0.432 \text{ in.}$ و با در نظر گرفتن میزان خوردگی $1/8 \text{ in.}$ محاسبه می‌شود. ابتدا اطلاعات لوله‌ها:

$$P = MAWP = ?$$

$$S = 17100 \text{ psig} \rightarrow \rightarrow \text{in} - 20^\circ\text{F} \sim 650^\circ\text{F}$$

$$E = 1$$

$$\text{Pipe} = 6 \text{ in.}$$

$$\text{Thickness} = (X-STG = 0.432 \text{ Nom.})$$

$$t = (\text{Nom.} \times 0.875) = 0.432 \times 0.875 = 0.378 \text{ in.}$$

$$C.A = 1/8 = 0.125 \text{ in.}$$

$$t \text{ Min.} = 0.378 - 0.125 = 0.253 \text{ in.}$$

$$D = ID = (OD - 2t \text{ Min.}) \rightarrow \rightarrow 6.625 - (2 \times 0.253) \rightarrow \rightarrow 6.119 \text{ in.} \rightarrow \rightarrow ID = 6.119 \text{ in.}$$

$$P = 2SEt / D + 1.2t \rightarrow \rightarrow 1347 \text{ psig}$$

MAXIMUM ALLOWABLE INTERNAL WORKING PRESSURE FOR PIPES								
The Calculation Based on the Formula:								
$P = \frac{2SEt}{D + 1.2t}, \text{ where}$								
P = The max. allowable working pressure, psig S = 17,100 psig. The stress value of the most commonly used materials for pipe (A53B,A106B) at temperature <u>-20 to 650 °F</u> . For higher temperature see notes at the end of the tables. E = 1.0 joint efficiency of seamless pipe D = Inside diameter of pipe, in. t = Minimum pipe wall thickness, in. (0.875 times the nominal thickness).								
Nom. Pipe size	Designation	Pipe wall thickness		Corrosion allowance in.				
		Nom.	Min.	0	1/16	1/8	3/16	1/4
				Max. Allow. Pressure psig.				
2	STD	0.154	0.135	2,036	1,069	143		
	X-STG.	0.218	0.191	2,938	1,933	971	50	
	SCH.160	0.343	0.300	4,805	3,716	2,676	1,683	731
	XX-STG.	0.436	0.382	6,312	5,155	4,050	2,997	1,988
6	STD	0.280	0.245	1,303	963	628	298	
	X-STG.	0.432	0.378	2,044	1,692	1,346	1,005	670
	SCH.120	0.562	0.492	2,699	2,338	1,981	1,631	1,285
	SCH.160	0.718	0.628	3,507	3,132	2,764	2,400	2,044
	XX-STG.	0.864	0.756	4,294	3,906	3,526	3,150	2,781

تصویر ۳۳: محاسبه‌ی MAWP در Pipe

***- طبق محاسباتی که انجام گردید، مقدار MAWP متریال های A-53B & A-106B در دمای 650 °F برای لوله 6" با ضخامت X-STG = 0.432 Nom. برابر با 1346 psig می باشد.

***- با توجه به اطلاعات متریال های داده شده در مثال یک، MAWP را برای همان متریال ها در دماهای 750 °F و 800 °F محاسبه می کنیم:

***- تنش مجاز متریال های A53B & A106B در دمای 800 °F معادل 10800 psi می باشد.

***- تنش مجاز متریال های A53B & A106B در دمای 750 °F معادل 13000 psi می باشد.

طبق جدول های تصاویر (۳۳ و ۳۴) MAWP در دمای 750 °F و 800 °F داریم:

توجه: چون مقدار MAWP متریال های A53B & A106B در دمای 650 °F برای لوله 6" با ضخامت اسمی X-STG = 0.432 Nom. برابر با 1346 psig بود پس محاسبه ی MAWP برای دماهای فوق الذکر به شرح زیر می باشد:

***- MAWP در دمای 750 °F برای لوله 6" با ضخامت X-STG = 0.432 Nom. برابر است با 1023 psig

$$\text{MAWP in } 750^{\circ}\text{F} = \frac{13,000}{17,100} \times 1,346 = 1,023 \text{ psi.}$$

***- MAWP در دمای 800 °F برای لوله 6" با ضخامت X-STG = 0.432 Nom. برابر است با 850 psig

$$\text{MAWP in } 800^{\circ}\text{F} = \frac{10,800}{17,100} \times 1,346 = 850 \text{ psi.}$$

NOTE: IF THE STRESS VALUE OF PIPE LESS THAN 17100 PSIG. DUE TO HIGHER TEMPERATURE, MULTIPLY THE MAX. ALLOWABLE PRESSURE GIVEN IN THE TABLES BY THE FACTORS IN THIS TABLE:									
		TEMPERATURE NOT EXCEEDING DEGREE OF							
		650	700	750	800	850	900	950	1,000
A53B	stress values	17,100	15,600	13,000	10,800	8,700	5,900	*	*
A106B	psig	17,100	15,600	13,000	10,800	8,700	5,900	4,000	2,500
Factor		1.000	0.9123	0.7602	0.6316	0.4971	0.3450	0.2339	0.1462

Example:
 The Maximum Allowance Pressure for 6" x Stg. Pipe With a Corrosion Allowance of 1/8" From Table = 1,346 psi. - at Temperature 800 °F
 The Maximum Allowance Pressure = 1,346 x 0.6316 = 850 psig.
 (0.6316 = 10800 / 17100)

Example to find max. allow. Pressure for any stress values:
 The Maximum Allowance Pressure 1,346 psig. From Tables
 The Stress Value in 750 °F = 13,000 psi

For This Pipe The MAWP in 750 °F = $\frac{13,000}{17,100} \times 1,346 = 1,023 \text{ psi.}$

Or (13000 / 17100) = 0.7602 x 1346 = 1023 psi

تصویر ۳۴: محاسبه ی MAWP در Pipe وقتی که دمای تست کمتر از دمای طراحی باشد.

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values S for Ferrous Materials
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	Alloy Desig./ UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size/Thickness, in.	P-No.	Group No.
9	Carbon steel	Smls. pipe	SA-53	S/B	K03005	...	...	1	1
10	Carbon steel	Smls. pipe	SA-106	B	K03006	...	...	1	1

Line No.	Min. Tensile Strength, ksi	Min. Yield Strength, ksi	Applicability and Max. Temperature Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only)				External Pressure Chart No.	Notes
			I	III	VIII-1	XII		
9	60	35	NP	700 (SPT)	900	650	CS-2	G10, T1
10	60	35	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T1

Line No.	Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temperature, °F, Not Exceeding													
No.	100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
9	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
10	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9

تصویر ۳۵: تنش مجاز فلزات (SA-53B & SA-106B) در دماهای متفاوت در ASME Sec. II-D-2017

مثال دو:

چنانچه تنش مجاز متریال مورد استفاده در دمای طراحی کمتر از تنش مجاز آن متریال در دمای انجام عملیات هیدروتست باشد، فشار هیدروتست طبق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$1.3 \times P \text{ (MAWP) or (Design Pressure)} \times \frac{\text{Stress Value } S \text{ at Test Temperature}}{\text{Stress Value } S \text{ at Design Temperature}}$$

Material = SA-516 Gr. 70

Design Temperature = 400 °C

Design Pressure = 500 Psi

Test Temperature = 40 °C

توجه: مقدار Stress Value S را برای متریال SA-516 Gr. 70 در دو دمای 40 °C و 400 °C را می بایست از

جدول Table 1A در استاندارد ASME Sec. II-Part- D-2017 بدست آورد که مطابق زیر هستند:

Stress Value S at Design Temperature = 101 Mpa (14649 Psi = 14.65 Ksi)

Stress Value S at Test Temperature = 138 Mpa (20015 Psi = 20 Ksi)

در فرمول فوق چون مقدار MAWP محاسبه نشده است، مقدار فشار طراحی را در نظر می گیریم.

$$1.3 \times 500 \times (20 \text{ Ksi} / 14.65 \text{ Ksi}) = 887 \text{ Psi}$$

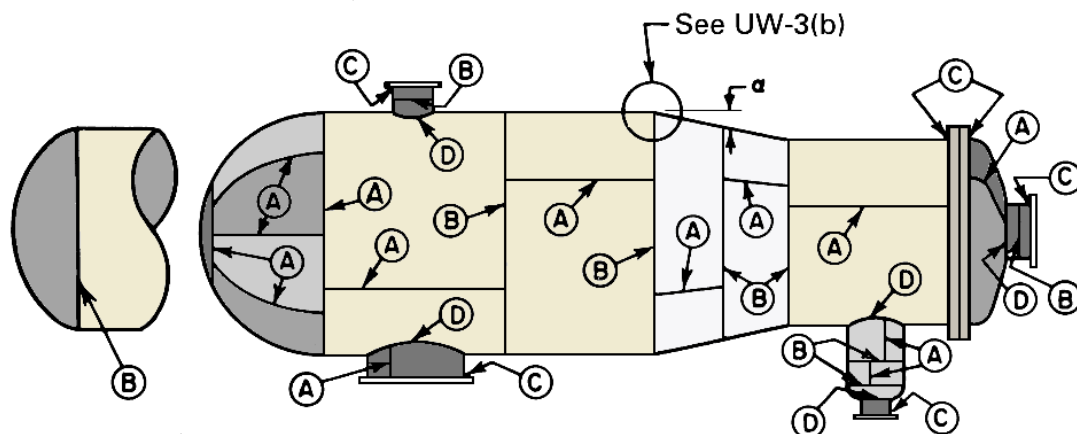
پس طبق محاسبه، فشار تست برای دمای 400 °C معادل 887 psi می باشد.

Test Pressure = 887 psi

(۴) - فاصله مجاز خط جوشهای مجاور (طولی و محیطی)

■ - دسته بندی خطوط جوش مخازن (Welded Joint Category)

Figure UW-3
Illustration of Welded Joint Locations Typical of Categories A, B, C, and D



تصویر ۳۶: دسته بندی جوش مخازن در ASME Sec. VIII Div.1-2019, UW-3

کلیه جوشهای طولی مخازن در Category A و کلیه خط جوشهای محیطی در Category B و کلیه خط جوشهای مربوط به اتصال لوله به فلنج در Category C و نیز جوشهای مربوط به اتصال نازلها و رابط ها مانند Boots در Category D دسته بندی می شوند. اگر کلگی (Head) از نوع Hemispherical چند تکه باشد، اتصال کلگی (Head) به مخزن نیز از نوع Category A خواهد بود.

نکته: (۱) باید دقت نمود منظور از Category، مطابق پاراگراف زیر نوع (Type) اتصال نمی باشد بلکه منظور موقعیت قرار گرفتن اتصال (Joint) در یک مخزن است.

UW-3 WELDED JOINT CATEGORY

The term "Category" as used herein defines the location of a joint in a vessel, but not the type of joint. The "Categories" established by this paragraph are for use elsewhere in this Division in specifying special requirements regarding joint type and degree of inspection for certain welded pressure joints.

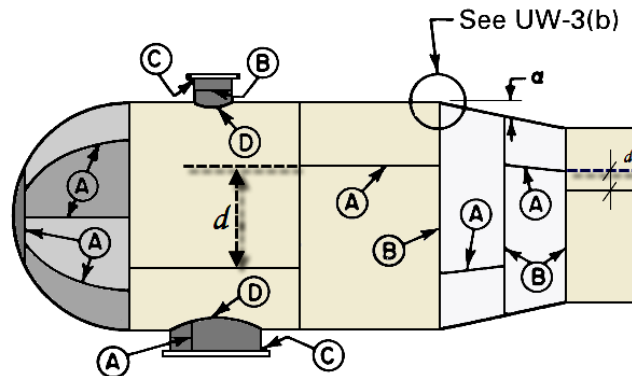
تصویر ۳۷: مفهوم Category در ASME Sec. VIII Div.1-2019, UW-3

■ - فاصله خطوط جوش طولی در مخازن تحت فشار (Longitudinal Joint)

در مخازنی که با بیشتر از یک کورس ساخته می شوند در صورتیکه رادیوگرافی نداشته باشند، فاصله دو خط جوش طولی باید حداقل برابر با $5 \times \text{Thickness}$ باشد. در صورتیکه رادیوگرافی بصورت صد در صد Full باشد و یا مطابق پاراگراف UW-9 از استاندارد ASME Sec. VIII Div.1 رادیوگرافی شده باشند، رعایت این فاصله نیازی نمی باشد.

UW-9 DESIGN OF WELDED JOINTS

(d) Except when the longitudinal joints are radiographed 4 in. (100 mm) each side of each circumferential welded intersection, vessels made up of two or more courses shall have the centers of the welded longitudinal joints of adjacent courses staggered or separated by a distance of at least five times the thickness of the thicker plate.



تصویر ۳۸: حداقل فاصله خط جوشهای طولی طبق ASME Sec. VIII Div.1-2019-UW9



تصویر ۳۹: حداقل فاصله خط جوشهای طولی طبق ASME Sec. VIII Div.1 , UW9



تصویر ۴۰ : حداقل فاصله میان خطوط جوشهای طولی طبق ASME Sec. VIII Div.1 , UW9

در دو تصویر فوق به وضوح دیده می شود که در یک مخزن کروی که ضخامت بدنه آن ۴۰ میلیمتر است و وضعیت رادیوگرافی آن ۱۰۰٪ است نیازی به رعایت فاصله دو خط جوش عرضی که بر خط جوش محیطی عمود شده اند نمی باشد.

نکته: چنانچه این مخزن نیازی به رادیوگرافی نداشته باشد با توجه به پاراگراف UW-9 حداقل فاصله بین این دو خط جوش با توجه به اینکه ضخامت آن ۴۰ میلیمتر است بایستی ۲۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شود که فاصله اشاره شده در تصاویر (۴۰ و ۳۹) برای این منظور کمتر از مقدار مورد نیاز است.

■ - فاصله خطوط جوش در مخازن تحت فشار دمای پایین

در مخازن تحت فشار، در صورتیکه تست ضربه نیاز باشد (عموماً در سرویسهای دمای پایین) طبق ULT-17(b) فاصله دو خط جوش عرضی باید حداقل پنج برابر ضخامت (5t) باشد، در اینجا استثناء رادیوگرافی قید نشده است بنابراین در چنین مخازنی می بایست این فاصله را رعایت نمود.

ULT-17 WELDED JOINTS

(b) The alignment of longitudinal joints in adjacent cylindrical sections or heads shall be displaced at least five times the thickness of the thicker material.

تصویر ۴۱ : حداقل فاصله دو خط جوش طولی ASME Sec. VIII Div.1-2019-ULT-17

■ - فاصله خطوط جوش مخازن کم فشار بر اساس استاندارد API 620-2018 APP. R & Q

APPENDIX R مخازن ذخیره ای کم فشار با دمای کاری مابین (+40 °F and -60 °F) :

*- پاراگراف R.5.4.3 - در دیواره‌های اولیه یا ثانویه مخازن استوانه ای حاوی مایع یا بخار گرم، به استثناء دیواره‌های بتونی، اتصالات جوش طولی (عمودی) در کورس های مجاور از جمله جوشهای رینگهای فشاری (Compression Ring) باید انحراف آنها از یکدیگر حداقل ۱۲ اینچ از هم فاصله داشته باشند.

پاراگراف R.5.4.4 - فاصله اتصالات جوش شعاعی در رینگهای فشاری (Compression Ring) نباید از هر جوش طولی (عمودی) نزدیکتر از ۱۲ اینچ باشد.

Annex R (normative)

Low-pressure Storage Tanks Operating Between +40 °F and -60 °F

R.5 Requirements for Fabrication, Openings, Examination, and Testing

R.5.4.3 In primary or secondary liquid container and steel warm vapor container tank shells, excluding concrete wall liners, the longitudinal weld joints in adjacent shell courses, including compression ring welds, shall be offset from each other a minimum distance of 12 in.

R.5.4.4 Radial weld joints in a compression ring shall not be closer than 12 in. from any vertical weld.

تصویر ۴۲: حداقل فاصله دو خط جوش طولی یا عمودی در کورسهای بدنه مجاور API-620-2018

Annex Q (normative)

Low-pressure Storage Tanks for Liquefied Gases at -325 °F or Warmer

Q.5 Requirements for Fabrication, Openings, Examination, and Testing

Q.5.4 Spacing of Connections and Welds

14 | Q.5.4.3 In primary or secondary liquid container and steel warm vapor container tank shells, excluding concrete wall liners, the longitudinal weld joints in adjacent shell courses, including compression ring welds, shall be offset from each other a minimum distance of 12 in.

Q.5.4.4 Radial weld joints in a compression ring shall be not closer than 12 in. from any longitudinal weld in an adjacent shell or roof plate.

تصویر ۴۳: حداقل فاصله دو خط جوش طولی یا عمودی در کورسهای بدنه مجاور API-620-2018

APPENDIX Q مخازن ذخیره ای کم فشار برای گازهای مایع با دمای (-325 °F) و گرمتر

*- پاراگراف Q.5.4.3 - در دیواره‌های اولیه یا ثانویه مخازن استوانه ای حاوی مایع یا بخار گرم، به استثناء دیواره‌های بتونی، اتصالات جوش طولی (عمودی) در کورس‌های مجاور از جمله جوشهای رینگهای فشاری (Compression Ring) باید انحراف آنها از یکدیگر حداقل ۱۲ اینچ از هم فاصله داشته باشند.

پاراگراف Q.5.4.4 - فاصله اتصالات جوش شعاعی در رینگهای فشاری (Compression Ring) نباید از هر جوش طولی (عمودی) بدنه و سقف نزدیکتر از ۱۲ اینچ باشد.

■ - فاصله خطوط جوش در مخازن ذخیره ای بر اساس API 650-2020

*- پاراگراف 5.1.5.2 - اتصالات عمودی بدنه:

(b) - اتصالات عمودی در کورسهای مجاور نباید در یک راستا باشند ولی باید حداقل به اندازه (5t) از هم فاصله داشته باشند که در اینجا (t) شامل ضخامت ورق در کورس ضخیم تر در محل اتصال می باشد.

API STANDARD 650

5.1.5.2 Vertical Shell Joints

b) Vertical joints in adjacent shell courses shall not be aligned, but shall be offset from each other a minimum distance of $5t$, where t is the plate thickness of the thicker course at the point of offset.

تصویر ۴۴: حداقل فاصله دو خط جوش طولی یا عمودی در کورسهای بدنه مجاور API 650-2020

■ - فاصله خطوط جوش طولی در API 5L-2018

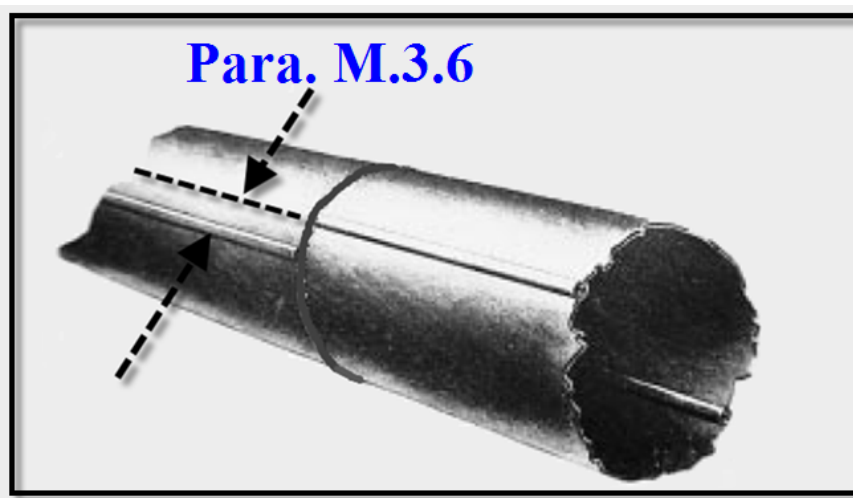
Annex M Specification for Welded Joints

M.3.5 Unless otherwise agreed, there shall be 50 mm to 200 mm (2.0 in. to 8.0 in.) of circumferential separation between longitudinal-seam welds at jointer welds.

M.3.6 There shall be at least 50 mm (2.0 in.) of circumferential separation between helical seam welds and coil/plate end welds at jointer welds.

تصویر ۴۵: حداقل فاصله دو خط جوش طولی در API 5L-2018

در استاندارد API 5L-2018 که مربوط به ساخت لوله است وقتی چند لوله را بهم دیگر متصل می کنند تا یک لوله ۱۲ متری تهیه نمایند مطابق پاراگراف M.3.6 حداقل فاصله بین دو جوش طولی که روی یک خط جوش محیطی در کنار یکدیگر قرار می گیرند باید در محدوده ۵۰ میلیمتر تا ۲۰۰ میلیمتر از هم دیگر فاصله داشته باشند.



تصویر ۴۶: حداقل فاصله دو خط جوش طولی برای API 5L-2018

در لوله های با درز جوش مارپیچی مطابق پاراگراف A.2.5 حداقل فاصله بین جوش مارپیچی لوله و خط جوش اتصال مربوط به جوش ورق مخصوص ساخت لوله (Strip/plate) باید ۵۰ میلیمتر باشد.

■ - فاصله خطوط جوش طولی در IPS-C-PI-270-(Pipeline)

استاندارد IPS-C-PI-270 که مربوط به جوشکاری خطوط لوله انتقال سیالات و مایعات است بر اساس استاندارد ASME B31.4 و استاندارد ASME B31.8 می باشد و الزامات حاکم بر این جوشها علاوه بر الزامات استانداردهای مذکور شامل الزامات استاندارد API 1104 نیز می باشد.

IPS

آبان ۱۳۸۸ / Nov. 2009

IPS-C-PI-270(2)**7.2 Alignment**

When a pipe with one longitudinal seam is used, this seam shall be within the top 120 degrees of the circumference and the longitudinal seams of adjacent pipes shall be offset by a circumferential distance of at least half the pipe diameter.

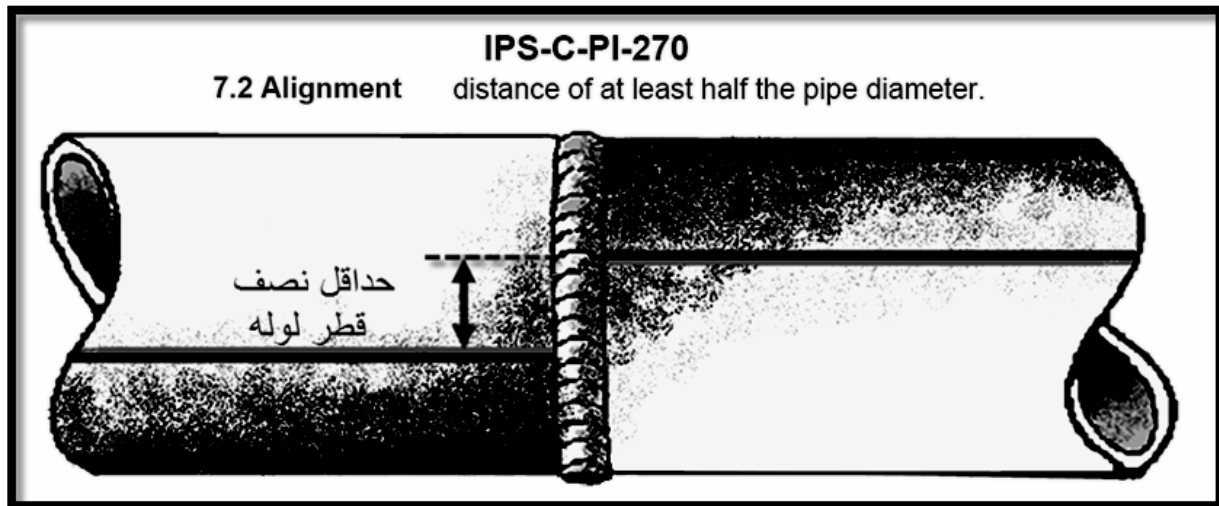
۷-۲ هم محوری

وقتی که یک لوله با درز طولی مورد استفاده قرار گرفته شده باشد، این درز باید در ۱۲۰ درجه فوقانی محیط لوله قرار گیرد، و درزهای طولی لوله های مجاور باید در جهت محیطی به اندازه حداقل نصف قطر لوله از هم فاصله داشته باشند.

تصویر ۴۷: حداقل فاصله دو خط جوش طولی در IPS-C-PI-270

توجه: -----((**))-----

*- پاراگراف 7.2 Alignment - وقتی که یک لوله با درز طولی، مورد استفاده قرار گرفته شده باشد، این درز باید در 120 درجه فوقانی محیط لوله قرار گیرد و درزهای طولی لوله های مجاور باید در جهت محیطی به اندازه حداقل نصف قطر لوله از هم فاصله داشته باشند.



تصویر ۴۸ : حداقل فاصله دو خط جوش طولی در IPS C PI 270-2009

■ - فاصله خطوط جوش طولی در IPS-C-PI-240-(Piping)

استاندارد IPS-C-PI-240 مربوط به سیستمهای لوله کشی صنعتی در صنایع و سایتها (کارخانجات و سایتهای نفت و گاز و پتروشیمی) است و بر اساس استاندارد ASME B31.3 تهیه شده است. در این استاندارد فاصله خطوط جوشهای طولی در پاراگراف 7.3 مشخص شده است.

IPS	Nov. 2008/ ۱۳۸۷ آبان	IPS-C-PI-240(2)
7.3 Pipe Joints	۷-۳ اتصال لوله ها	
7.3.1 Longitudinal seams in adjoining lengths of welded pipe shall be staggered over a distance of at least 5 times the wall thickness of pipe measured over the circumference of the pipe or by approximately 30 degree off-set, so that they do not form a continuous line at a butt welding joint.	۷-۳-۱ برای جوش دادن دو لوله دارای درز جوش طولی باید دو درز به اندازه پنج برابر ضخامت لوله در محل جوش و یا تقریباً ۳۰ درجه از هم فاصله داشته باشند به طوری که دو درز جوش در یک خط قرار نگیرند.	
Longitudinal welds shall be located at the top, 90 degree of the pipe spool and shall also clear branch connections and other welded attachments..	درز جوشهای طولی بایستی در قسمت ۹۰° درجه فوقانی لوله قرار گیرند و هیچگونه انشعاب یا اتصال جوشی روی آنها قرار نگیرند.	

تصویر ۴۹ : وضعیت قرار گرفتن خط جوشهای طولی بر اساس استاندارد IPS-C-PI-240

-----((**))-----

بر گرفته از ترجمه استاندارد IPS که توسط وزارت نفت- واحد معاونت مهندسی و ساخت داخل- تحقیقات و استانداردها انجام شده است. صمیمانه از زحمات تمام دست اندرکاران این پروژه بزرگ تشکر می کنم.

- - فاصله خطوط جوش محیطی در مخازن تحت فشار ASME Sec. VIII Div.1-2019 و همچنین در تفسیر (Int. VIII-1-83-122) هیچگونه محدودیتی برای فاصله بین جوشهای طولی در یک کورس یا بین دو جوش محیطی قید نشده است.

Interpretation: VIII-1-83-122

Subject: Section VIII, Division 1, UG-79, UW-11, UCS-57, and UCS-85

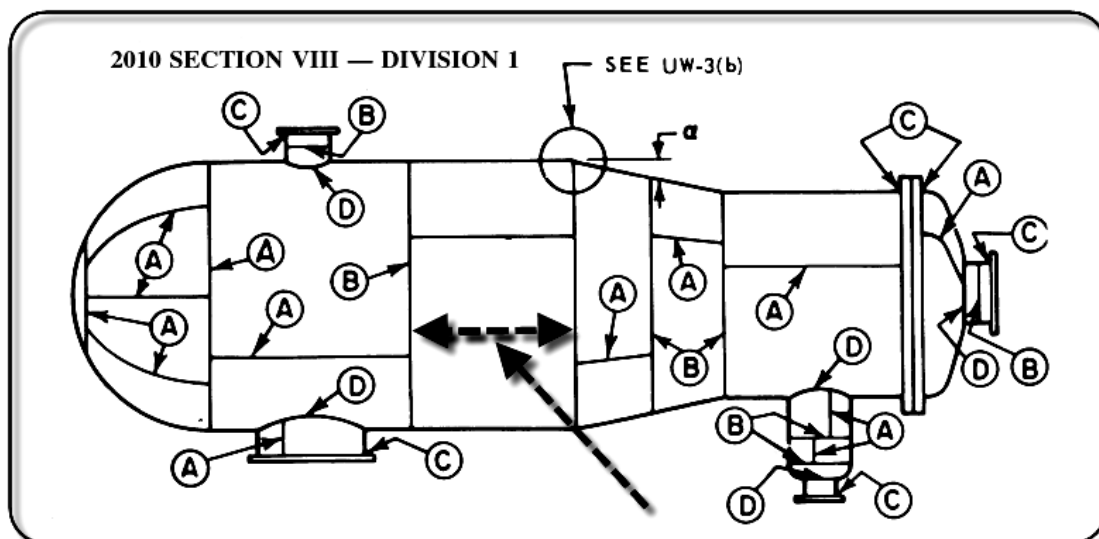
Date Issued: April 27, 1983

File: BC82-549, VIII-1

Question (2): Is there any Code restriction for the minimum distance between two longitudinal welds in the same course of the shell or distance between two consecutive circumferential welds?

Reply (2): No.

تصویر ۵۰: حداقل فاصله دو خط جوش محیطی برای مخازن تحت فشار در تفسیر ASME Sec. VIII Div.1



تصویر ۵۱: حداقل فاصله دو خط جوش محیطی برای مخازن تحت فشار در ASME Sec. VIII Div.1-2019 فاصله بین جوشهای طولی در مخزن معمولاً در هر پروژه ای در مشخصات فنی (Specification) مشخص می شود.

- - فاصله خطوط جوش محیطی در استاندارد ASME B31.3-2016

استاندارد ASME B31.3 محدودیتی برای حداقل فاصله بین دو خط جوش محیطی در Piping قائل نشده است. در چنین شرایطی معمولاً حداقل فاصله ها در مشخصات فنی هر پروژه ای (Specification) مشخص می شود.



تصویر ۵۲: حداقل فاصله بین دو خط جوش محیطی در ASME B31.3-2016-PIPING

به علت اینکه این موضوع در استاندارد ASME B31.3 با صراحت قید نشده است در این زمینه در Interpretation شماره 14-03 از استاندارد ASME B31.3 سؤال شده است: "آیا برای مابین جوشها (جوش محیطی) در طول لوله حداقل اندازه ای مشخص شده است؟" استاندارد جواب داده است "خیر" یعنی محدودیتی برای این منظور در نظر گرفته نشده است. این سوال و جواب در تصویر ۵۳ نشان داده شده است.

Interpretation: 14-03**Subject: ASME B31.3b-1994 Addenda, Para. 300.2 Definitions****Date Issued: June 22, 1995****File: B31-95-002****Question (4): Does ASME B31.3-1993 Edition, Addenda b, have requirements for the minimum lengths of pipe sections between welds?****Reply (4): No.**

تصویر ۵۳: حداقل فاصله دو خط جوش محیطی برای لوله در ASME B31.3

■ - فاصله خطوط جوش محیطی در API 5L-2018

در استاندارد API SPECIFICATION 5L مطابق پاراگراف 8.11.3 حداقل طول لوله نباید از ۱/۵ متر کمتر باشد و نتیجه می گیریم که حداقل فاصله مابین دو خط جوش محیطی نباید کمتر از ۱/۵ متر باشد.

API SPECIFICATION 5L

8 Manufacturing**8.11 Joints****8.11.3 No pipe used in making a jointer shall be less than 1,5 m (5.0 ft) long.**

تصویر ۵۴: حداقل فاصله دو خط جوش محیطی برای لوله API 5L-2018

■ - فاصله خطوط جوش محیطی در IPS-C-PI-240 (Piping)

IPS

آبان ۱۳۸۷ / Nov. 2008

IPS-C-PI-240(2)

7.3.2 The toes of adjacent circumferential butt welds shall be no closer than four times the nominal thickness of the pipe, in the case of DN 300 (NPS 12) and below, with a minimum acceptable separation of 50 mm. For nominal diameter greater than DN 300 (NPS 12) the minimum acceptable separation shall be 100 mm.

۷-۳-۲ در لوله های با قطر اسمی ۳۰۰ (اینچ ۱۲) به پایین، فاصله لبه های دو جوش محیطی لب به لب باید حداقل ۵۰ میلیمتر بوده و از چهار برابر ضخامت اسمی لوله نباید بهم نزدیکتر باشند. برای لوله های بزرگتر از قطر اسمی ۳۰۰ (اینچ ۱۲) حداقل فاصله مجاز دو جوش ۱۰۰ میلیمتر می باشد.

تصویر ۵۵: حداقل فاصله دو خط جوش محیطی برای لوله در IPS-C-PI-240

■ - فاصله خطوط جوش محیطی در IPS-C-PI-270 (Pipeline)

IPS

آبان ۱۳۸۸ / Nov. 2009

IPS-C-PI-270(2)**7.12 Separation of Girth Welds**

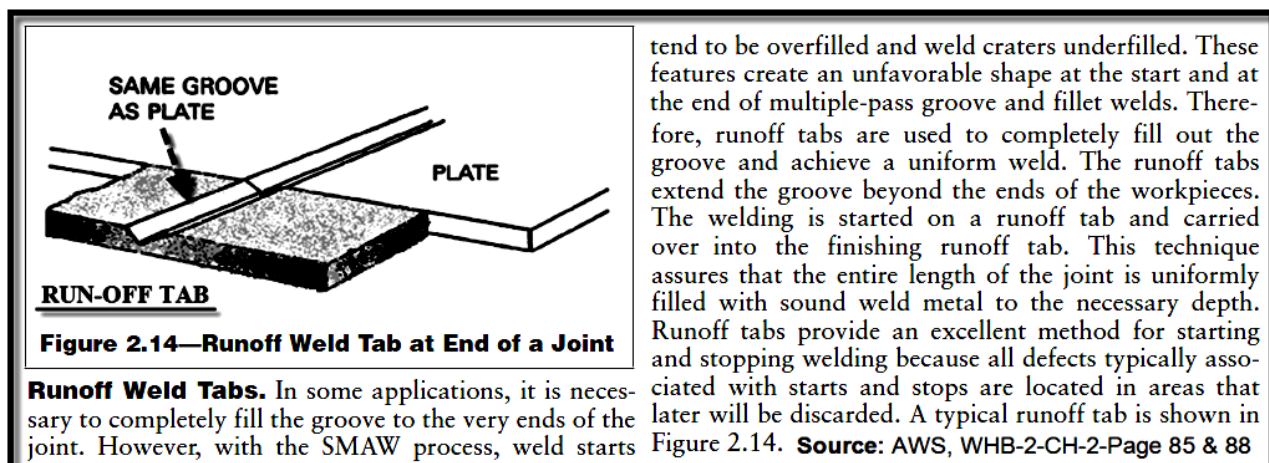
The minimum allowable distance between girth welds shall be the external diameter of the pipe or 500 mm, whichever is the larger.

۷-۱۲ فاصله جوشهای محیطی

حداقل فاصله مجاز بین جوشهای محیطی باید برابر قطر خارجی لوله یا ۵۰۰ میلیمتر هر کدام که بیشتر است، باشد.

تصویر ۵۶: حداقل فاصله دو خط جوش محیطی برای لوله در IPS-C-PI-240

■ RUN-OFF TAB چیست؟



تصویر ۵۷ : Run-Off Tab در ابتدا و انتهای درز جوش

Run-Off Tab - تسمه های نصب شده در ابتدا و انتهای شیار جوشکاری:

در بعضی موارد لازم است که شیار جوش در دو انتهای شیار، بطور کامل پر شود. در چنین حالتی از تسمه هایی که در دو انتهای شیار نصب می شوند استفاده می گردد. با این تسمه ها در حقیقت شیار جوش تا ماوراء انتهای اجزایی که باید جوشکاری شوند امتداد می یابد و جوش در داخل تسمه ها نیز امتداد می یابد. با این کار طول کامل شیار تا عمق مورد نیاز بوسیله فلز جوش سالم پر می شود.

در تصویر ۵۷ (Fig 2.14) تسمه هایی که برای این منظور مورد استفاده قرار می گیرند بطور نمونه نشان داده شده است. Run off Tabs تسمه هایی هستند که برای شروع و خاتمه ی جوشکاری بسیار مناسب می باشند و در پایان، هر عیبی که در نقاط شروع و خاتمه جوش وجود داشته باشد بریده خواهد شد.

انتخاب متریال برای این تسمه ها مهم می باشد. ترکیب تسمه ها نباید بر خواص فلز جوش تاثیر معکوس داشته باشد. برای مثال برای فولاد های زنگ نزن که در سرویس های خورنده بکار برده می شوند بایستی از تسمه های کاملاً زنگ نزن استفاده نمود.

تسمه های کربن استیل ارزانتر هستند ولی در ترکیب با فلز پر کننده از جنس فولاد زنگ نزن، ترکیب فلز جوش در محل اتصال تسمه ی کربن استیل و فولاد زنگ نزن را تغییر می دهد. فلز جوش در این محل احتمالاً مقاومت کافی نخواهد داشت.

(۵) - تعریف اصطلاحات PN, DN, NPS & Class

در استاندارد ISO اصطلاح Pressure Rating برای شیرآلات (Valves) که سوراخ فلنجهای آنها بر حسب متریک می باشند بر اساس PN نامگذاری و دسته بندی شده اند.

همچنین در استاندارد ASME اصطلاح Pressure Rating برای شیرآلات (Valves) که سوراخ فلنجهای آنها بر حسب اینچ می باشند بصورت Class نامگذاری و دسته بندی شده اند.

بطور کلی اندازه و سایز (Size) شیرآلات (Valves) بر اساس استاندارد API 600 بصورت DN و NPS نامگذاری و دسته بندی شده اند. در تصویر زیر معادل های DN & NPS و Class قید شده است.

Steel Gate Valves—Flanged and Butt-welding Ends, Bolted Bonnets

1 Scope

This standard sets forth the requirements for the following gate valve features:

It covers valves of the nominal pipe sizes DN:

— 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 1050;

corresponding to nominal pipe sizes NPS:

— 1, 1 1/4, 1 1/2, 2, 2 1/2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42;

and applies to pressure class designations:

— 150, 300, 600, 900, 1500, 2500.

API STANDARD 600

تصویر ۵۸: اصطلاحات DN, NPS, Class در API 600-2015

توجه مهم: در پاراگراف فوق اندازه های PN در مقابل Class قید نشده است اما جهت اطلاع استفاده کنندگان از استاندارد در پاراگراف زیر به مقایسه ی PN با Class می پردازیم.

Bibliography

[9] EN 1092-1⁵, *Flanges and their joints—Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designated—Part 1: Steel flanges*

API STANDARD 600

تصویر ۵۹: معرفی استandar دی که به اصطلاح PN اشاره می کند در API 600-2015

- در بخش کتاب شناسی ابتدای استاندارد API 600 اشاره به استاندارد EN 1092-1 می شود که در رابطه با فلنج ها و اتصالات آنها می باشد که براساس PN طراحی شده اند.

- وقتی به استاندارد EN 1092-1 مراجعه شود در لیست اصلی مرجع های مورد استفاده این استاندارد به استاندارد EN 1333 اشاره می کند مطابق تصویر زیر :

2 Normative references

EN 1092-1

EN 1333, *Pipework components — Definition and selection of PN.*

تصویر ۶۰: معرفی استandar دی که به اصطلاح PN اشاره می کند

- حال به مطابقت PN ها با Class ها در استاندارد ISO 7005-1 می پردازیم:

3 Selection of PN

EN 1333:2006 (E)

The PN values shall be selected from:

PN 2,5	PN 25	PN 160
PN 6	PN 40	PN 250
PN 10	PN 63	PN 320
PN 16	PN 100	PN 400

تصویر ۶۱: لیست PN های اشاره شده در استاندارد EN 1333

In the American system, flanges are designated by a Class rating, but these ratings have now been converted to nominal pressure (PN) designations. The equivalent PN designations are as follows:

Class 150: PN 20
Class 300: PN 50
Class 600: PN 110
Class 900: PN 150
Class 1500: PN 260
Class 2500: PN 420

ISO 7005-1 : 1992 (E)

تصویر ۶۲: مطابقت PN ها با Class ها در استاندارد ISO 7005-1

8 Marking

8.1 General

Valves shall be marked in accordance with the requirements of ASME B16.34, except that the nameplate shall include the designation "API 600" in addition to the designation ASME B16.34.

8.2 Marking for Unidirectional Valves

Valves designed for, or modified to have unidirectional flow capability, i.e. capability to block flow in only one direction, shall be marked with a flow direction arrow that is cast, forged or stamped into the valve body outer wall, or with a separate identification plate permanently attached to the body that indicates the direction for which flow is permitted.

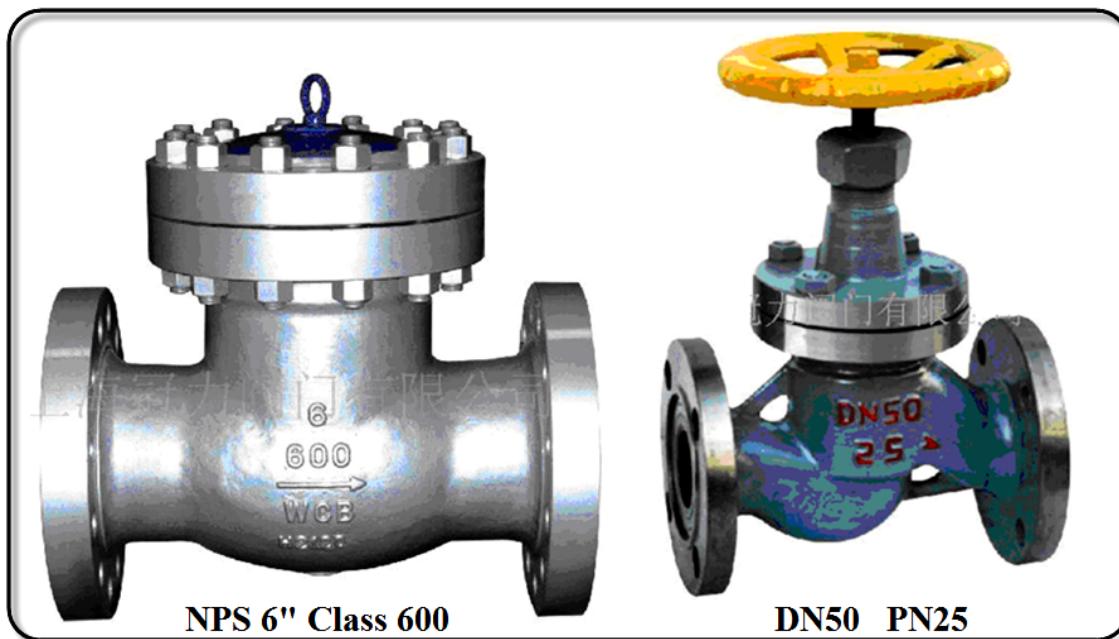
تصویر ۶۳: علامت گذاری روی شیرآلات (Valve) در API-600-2015

***- پاراگراف 8 - علامت گذاری

***- پاراگراف 8.1 - کلیات

شیرآلات (Valves) باید مطابق الزامات استاندارد ASME B16.34 علامت گذاری شوند. با این استثناء که در Nameplate (شناسنامه شیرآلات) علاوه بر نشانه استاندارد ASME B16.34 باید علامت API-600 نیز وجود داشته باشد.

***- پاراگراف 8.2 - علامت گذاری شیرآلات (Valves) یک طرفه



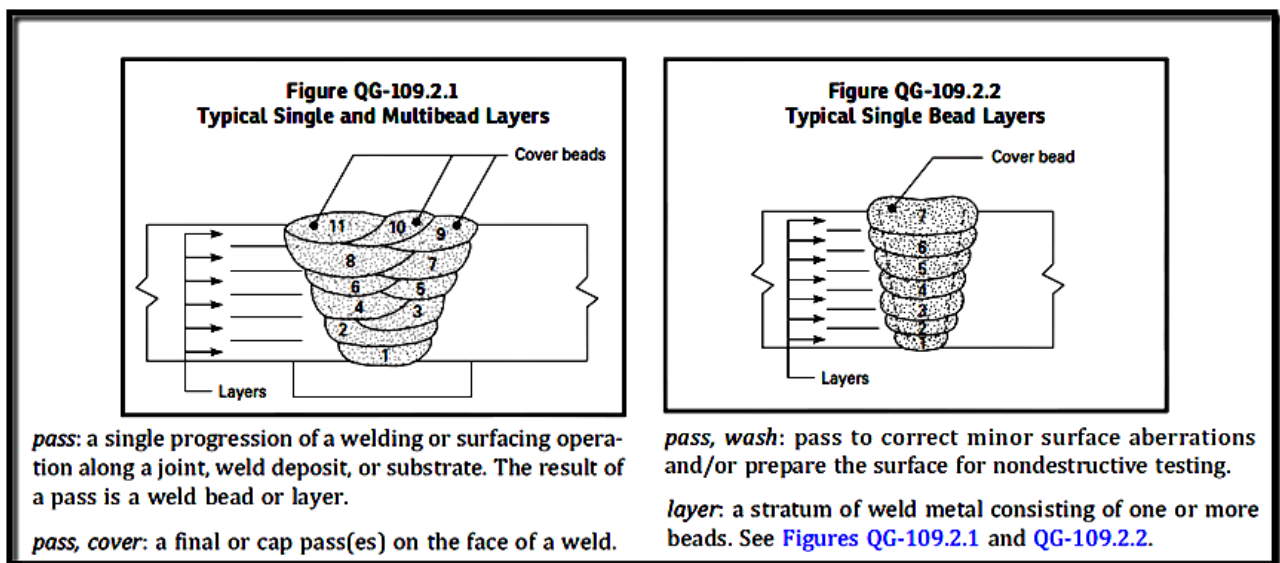
تصویر ۶۴: ولوها با اصطلاحات DN, PN, Class و NPS

*- پاراگراف 8.2.1 - شیرآلات (Valves) مخصوص که توانایی جریان یکطرفه سیال را دارند یا شیرآلاتی که برای این کار تغییر و اصلاح شده اند بعنوان مثال شیرآلاتی که می توانند حرکت جریان سیال به یک سمت را مسدود کنند باید بوسیله علامت جهت حرکت سیال (→) و نیز نوع تولید متریال نظیر Cast یا Forged بودن آنها بر روی ضخامت بیرونی بدنه شیرآلات علامت گذاری شوند یا مشخصات و جریان مجاز جهت سیال باید بوسیله ی یک قطعه ورق که بطور دائمی به بدنه شیرآلات اتصال می یابد نشان داده شود.



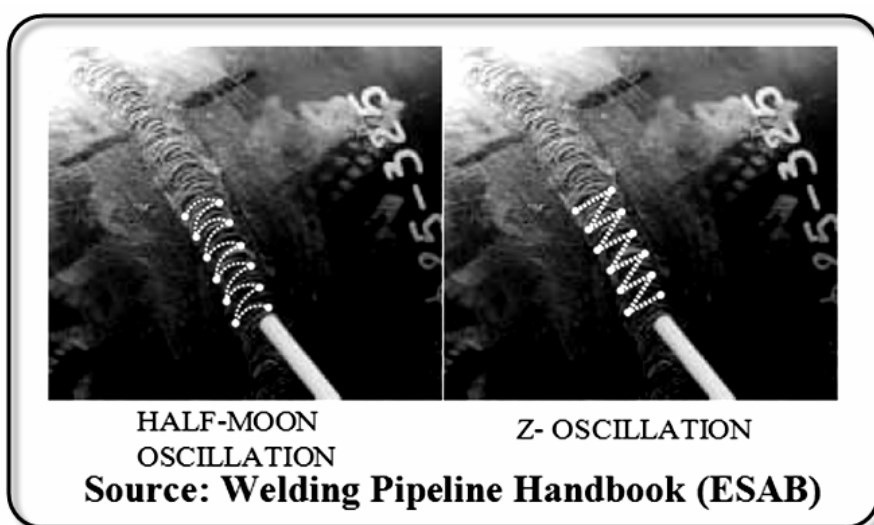
تصویر ۶۵: ولوها با اصطلاحات DN, PN, Class و NPS

(۶) - تعریف اصطلاحات Layer, Bead and Pass در جوش



تصویر ۶۶: تعریف Layer, Pass در جوش در استاندارد ASME Sec. IX-2019

- * (Weld Pass): به پیشرفت جوشکاری در طول مسیر اتصال و یا عملیات روکش کاری بر روی سطح که سبب ایجاد رسوب جوش می شود پاس جوش گفته می شود. پاس جوش منجر به ایجاد مهره یا لایه جوش می شود.
 - * (Weld Pass Cover): به پاس نهایی یا پاس پوششی که بر روی سطح جوش باشد گفته می شود.
 - * (Weld Pass Wash): به پاسی که به منظور اصلاح انحراف های جزئی در حین جوشکاری بر روی سطح ایجاد می گردد و یا پاسی که جهت آماده سازی سطوح برای انجام تستهای غیر مخرب انجام می گیرد پاس اصلاحی گفته می شود.
 - * (Weld Layer): مهره جوشهای رسوب داده شده در کنار هم و هم سطح را لایه جوش می گویند. یک لایه جوش ممکن است از یک و یا چند مهره جوش تشکیل شده باشد.
 - * (Weld Bead): رسوب جوش حاصل از انجام یک پاس جوش را مهره جوش می گویند.
- Weave Bead چیست؟ در فرآیند جوشکاری دستی یا نیمه اتوماتیک اگر حین پیشروی عملیات جوشکاری، نوک الکترود به طرفین اتصال در نوسان باشد مهره جوش حاصله را موجی می گویند مطابق تصویر زیر.



تصویر ۶۷: جوش در حالت موجی برگرفته از (WPH (ESAB

stringer bead: a weld bead formed without appreciable weaving.

weave bead: for a manual or semiautomatic process, a weld bead formed using weaving. See also *oscillation*.

weld bead: a weld deposit resulting from a pass. See also *stringer bead* and *weave bead*.

تصویر ۶۸: تعریف روشهای Weave and Stringer Bead در جوشکاری مطابق با ASME Sec. IX-2019

- * (Stringer Bead) چیست؟ اگر پیشروی عملیات جوشکاری در امتداد اتصال، بدون حرکت نوسان نوک الکترود به طرفین اتصال باشد یا دامنه این نوسان بسیار کم باشد مهره جوش حاصله را خطی می گویند.

در استاندارد ASME Section VIII Div.1 Para.UCS-56(f)(4)(a) هنگام تعمیر جوش حداکثر پهنایی که یک پاس جوش می تواند داشته باشد به اندازه چهار برابر قطر مغزی یک الکترود است. منظور از قطر الکترود همان قطر مغزی الکترود بدون احتساب پوشش (Flux) آن می باشد. این پاراگراف در زیر آمده است:

ASME Section VIII-Div. 1 [Para. UCS-56 (f)(4)(a)]

(a) The weld metal shall be deposited by the manual shielded metal arc process using low hydrogen electrodes. The electrodes shall be properly conditioned in accordance with Section II, Part C, SFA-5.5, Appendix A6.11. The maximum bead width shall be four times the electrode core diameter.

تصویر ۶۹: حداکثر پهنای یک Bead در یک جوش تعمیری بر اساس ASME Sec. VIII Div.1-2019

■ - ضخامت هر پاس جوش در استاندارد AWS

در کتاب AWS WELDING HANDBOOK 9.4 از استاندارد AWS برای جوشکاری متريالهای استنلس استیل با روش SMAW قید شده است که برای بدست آمدن کیفیت مطلوب در جوش نباید ضخامت یک لایه (Layer) جوش بیشتر از 3.2mm باشد.

هدف از اعمال این محدودیتها برای اجتناب از ناپیوستگی (Discontinuities) در پاسهای جوش است.

CHAPTER 5—STAINLESS AND HEAT-RESISTANT STEELS

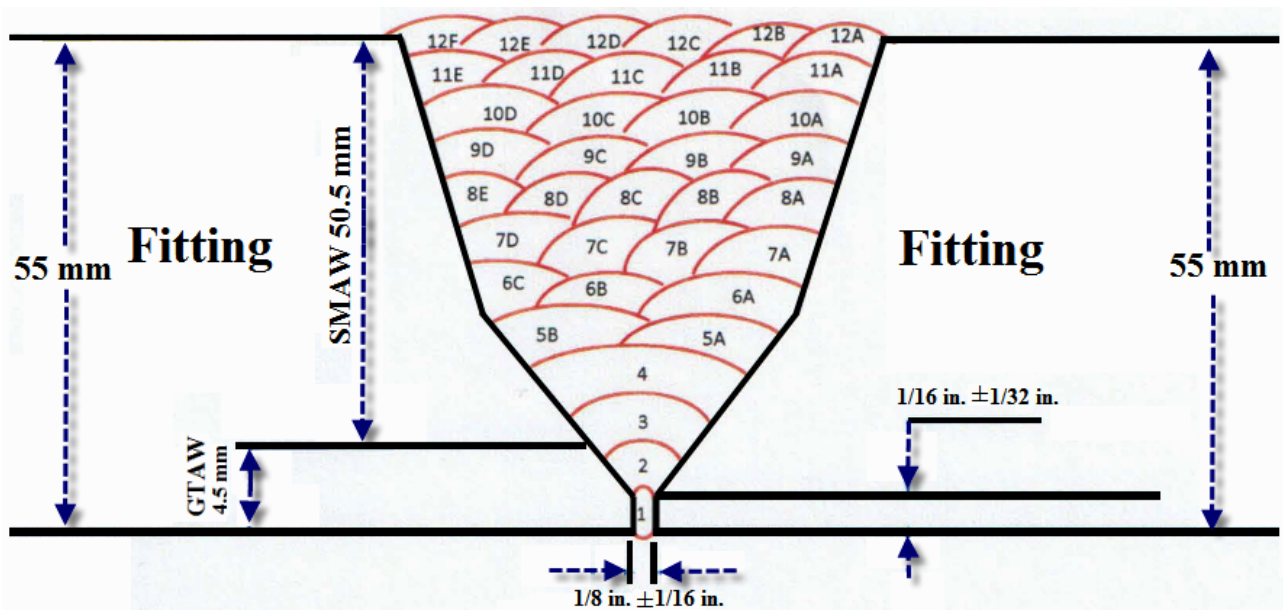
AWS WELDING HANDBOOK 9.4

Shielded Metal Arc Welding

Weaving of the electrode during welding is not recommended. For optimum quality, bead width should not exceed four times the diameter of the core wire. Individual layers of weld metal in a deep groove should not exceed a thickness of 3.2 mm (0.13 in.) to avoid discontinuities in the weld.

تصویر ۷۰: حداکثر پهنای یک (Bead) در یک جوش مطابق استاندارد AWS

تصویر زیر، اشکال متفاوتی از پاسها و نیز لایه های (Layers) یک جوش را نشان می دهد.



تصویر ۷۱: آرایش لایه ها (Layers) و پاسها در یک جوش

در جوشهای شیاری لب به لب (Butt Welds) بنا به ضخامت و همچنین روش جوشکاری ممکن است یک سر جوش از چندین لایه تشکیل شده باشد که در همین راستا هر لایه ممکن است از چندین پاس تشکیل شده باشد. تعداد پاس های هر لایه به ضخامت قطعه در حال جوشکاری بستگی دارد، هر چه ضخامت قطعه بیشتر باشد به همان نسبت تعداد پاسها نیز افزایش می یابد. ضخامت هر لایه به ضخامت هر پاس بستگی دارد. این مقدار در استانداردهای مختلف متفاوت است. در اینجا به چند مورد اشاره می کنیم.

■ ضخامت هر پاس جوش در استاندارد API 650-2020

❖- پاراگراف 7.2.3.4 جوشهای محیطی و سربالا در بدنه مخازنی که دارای ضخامت 40 mm به بالا می باشند ضخامت هر پاس آن در روش های جوشکاری چند پاسه بیشتر از 19 mm مجاز نمی باشد.

7.2.3.5 For circumferential and vertical joints in tank shell courses constructed of material more than 40 mm (1 1/2 in.) thick (based on the thickness of the thicker plate at the joint), multipass weld procedures are required, with no pass over 19 mm (3/4 in.) thick permitted.

تصویر ۷۲: ضخامت هر پاس در یک جوش در استاندارد API 650-2020

■ ضخامت هر پاس جوش در استاندارد ASME Sec. IX

مرجع بسیاری از استانداردها برای تهیه WPS استاندارد ASME Section IX می باشد. در این استاندارد برای فرآیندهای جوشکاری SMAW و SAW ضخامت هر پاس جوش مشخص شده است. مطابق پاراگراف QW-403.9 در دو روش مذکور ضخامت هر پاس نباید بیشتر از 13mm باشد چنانچه هنگام تهیه PQR ضخامت هر پاس از 13mm بیشتر شود در چنین شرایطی این PQR شرایط محدوده ضخامت را در WPS مطابق جدول QW-451 رعایت نمی کند. در چنین شرایطی این PQR محدوده ضخامت را بر اساس 1.1 times the PQR test coupon (در حدود ۱/۱ برابر ضخامت قطعه PQR) پوشش می دهد.

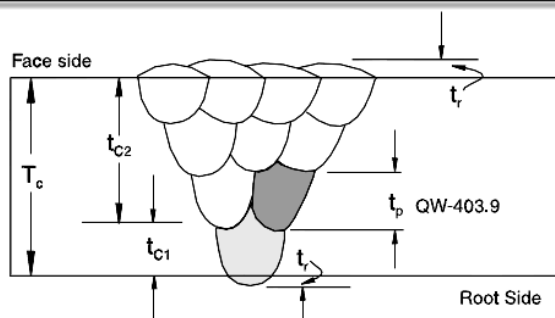


Figure 7.20 Weld, Weld Pass, and Weld Reinforcement Thickness.

Example 7.13.3 The weld pass variable of QW-403.9 is dependent upon:

1. what was recorded on the PQR and
2. what is specified on the WPS.

When no single weld pass (t_p) on the PQR is greater than $\frac{1}{2}$ in., the base metal thickness values of QW-451 may be used. When any single weld pass (t_p) on the PQR is greater than $\frac{1}{2}$ in., the upper base metal thickness (T_b) range to be specified on the WPS is limited to 1.1 times the PQR test coupon thickness (T_c). See Figure 7.20.

Source: CASTI ASME Section IX-Ch-7 Page 106

تصویر ۷۳: ضخامت هر پاس جوش در استاندارد ASME Section IX

※- پاراگراف QW- 403.9 :

مطابق تصویر ۷۳ وقتی در PQR اندازه هیچ یک از پاسهای جوش (t_p) به تنهایی بیشتر از $1\frac{1}{2}$ in. (۱۳ میلیمتر) نباشد، اندازه ضخامت فلز پایه در جدول QW- 451 باید مورد استفاده قرار گیرد. وقتی اندازه هر پاس جوش به تنهایی (t_p) در PQR بیشتر از $1\frac{1}{2}$ in. (۱۳ میلیمتر) باشد بیشترین محدوده ضخامت فلز (T_b) که باید در WPS مشخص گردد به اندازه 1.1 برابر ضخامت قطعه تست PQR در (T_c) محدود می گردد. به تصویر ۷۴ نگاه کنید.

QW-403.9 For single-pass or multipass welding in which any pass is greater than $1\frac{1}{2}$ in. (13 mm) thick, an increase in base metal thickness beyond 1.1 times that of the qualification test coupon.

تصویر ۷۴ : ضخامت هر پاس جوش در استاندارد ASME Section IX-2019

■ - ضخامت هر لایه (Layer) جوش در استاندارد AWS

در کتاب Welding Hand Book-4 Chapter-5 از استاندارد AWS، ضخامت یک لایه جوش در جوشکاری متریالهای استنلس استیل با روش SMAW نباید بیشتر از 3.2mm باشد.

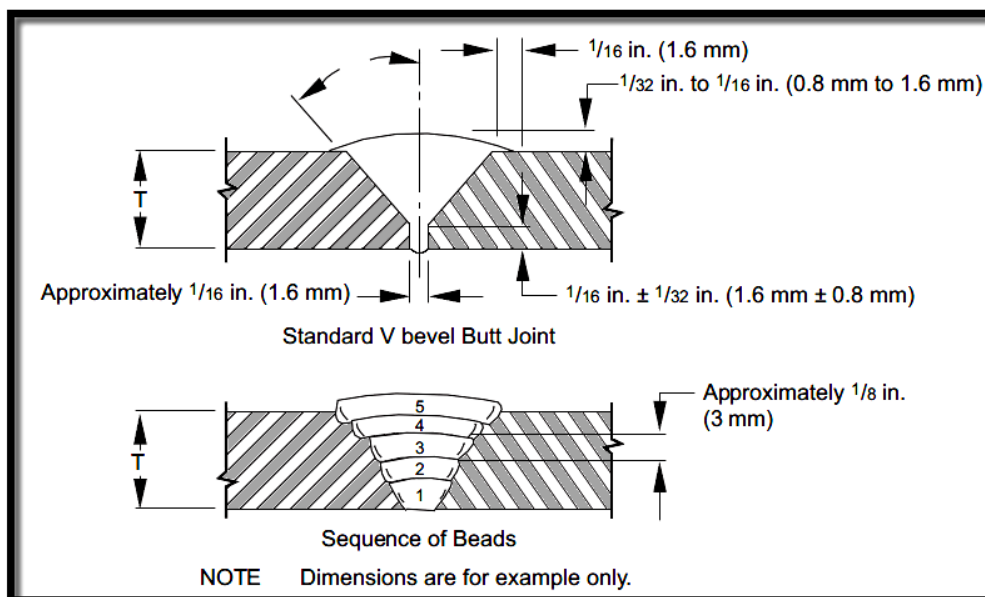
CHAPTER 5—STAINLESS AND HEAT-RESISTANT STEELS

Individual layers of weld metal in a deep groove should not exceed a thickness of 3.2 mm (0.13 in.) to avoid discontinuities in the weld. AWS WELDING HANDBOOK 9.4

تصویر ۷۵ : حداکثر ضخامت هر پاس جوش در متریال استنلس استیل مطابق AWS

■ - ضخامت هر لایه (Layer) جوش در استاندارد API 1104-2018

استاندارد API 1104-2018 بطور تقریبی اندازه ضخامت یک لایه جوش (Layer) را 3 mm مشخص کرده است. به تصویر زیر توجه فرمایید.



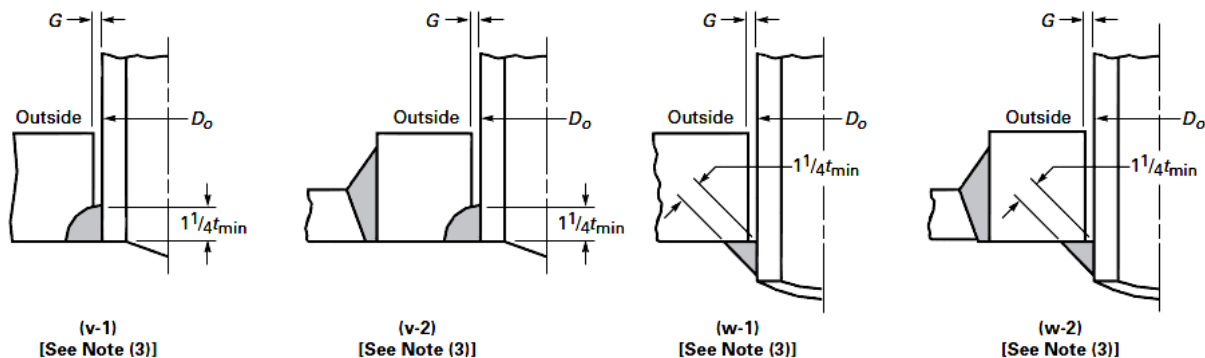
تصویر ۷۶ : حداکثر ضخامت یک لایه (Layer) جوش مطابق API 1104-2018

(۷) - انواع اتصالات نازلها به مخازن تحت فشار

در بخش UW-16 انواع اتصالات مجاز نازلها و حداقل ضخامت جوش اتصالات توضیح داده شده است.

Figure UW-16.1

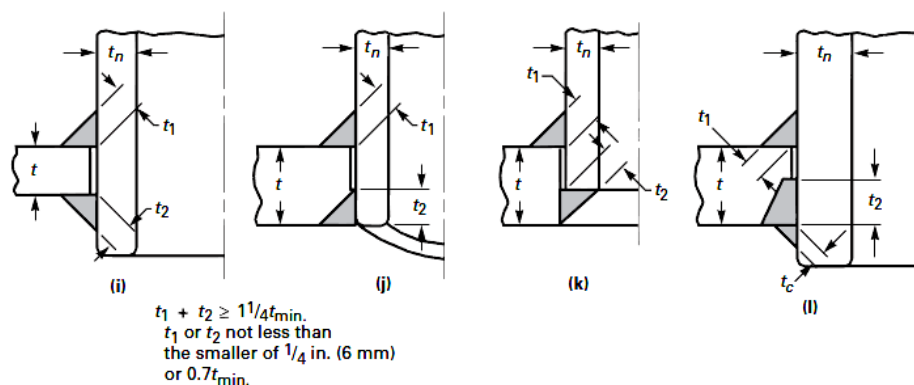
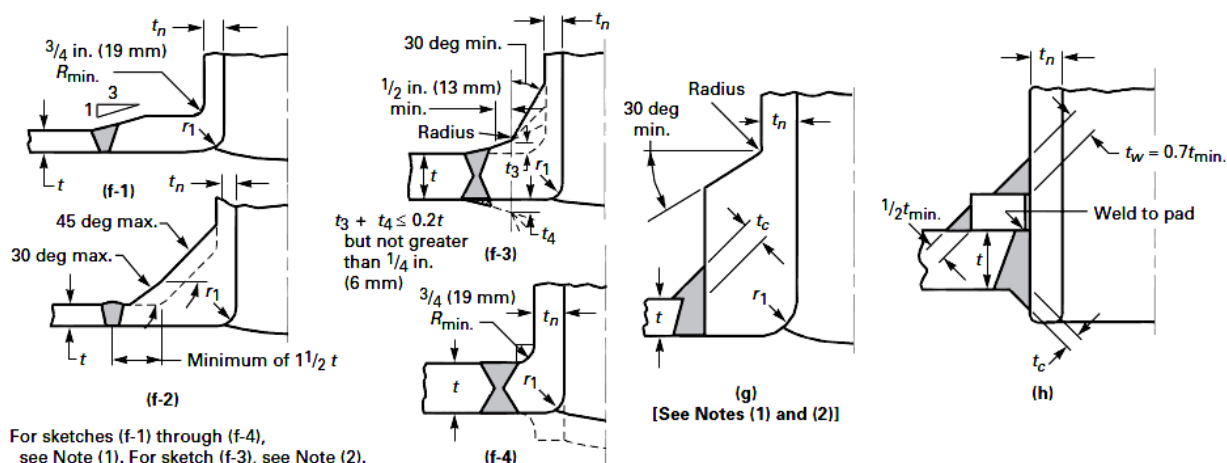
Some Acceptable Types of Welded Nozzles and Other Connections to Shells, Heads, etc. (Cont'd)



تصویر ۷۷: انواع جوش های مجاز مربوط به اتصالات و نازلها در مخازن تحت فشار طبق UW-16

Figure UW-16.1

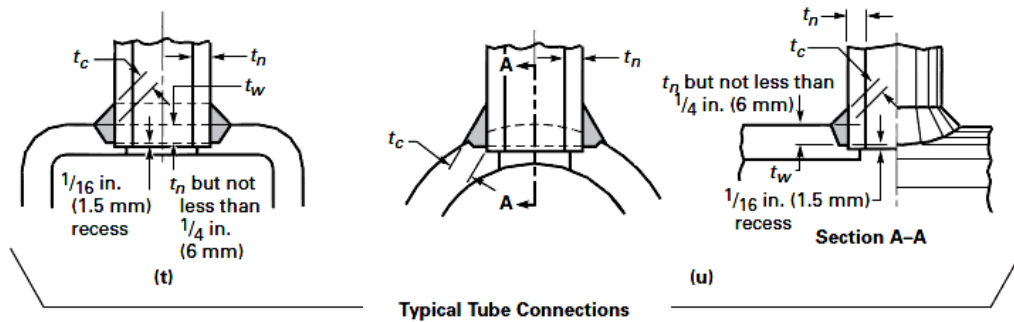
Some Acceptable Types of Welded Nozzles and Other Connections to Shells, Heads, etc. (Cont'd)



ASME BPVC VIII-1-2015

تصویر ۷۸: انواع جوش های مجاز مربوط به اتصالات و نازلها در مخازن تحت فشار طبق UW-16

Figure UW-16.1
Some Acceptable Types of Welded Nozzles and Other Connections to Shells, Heads, etc. (Cont'd)

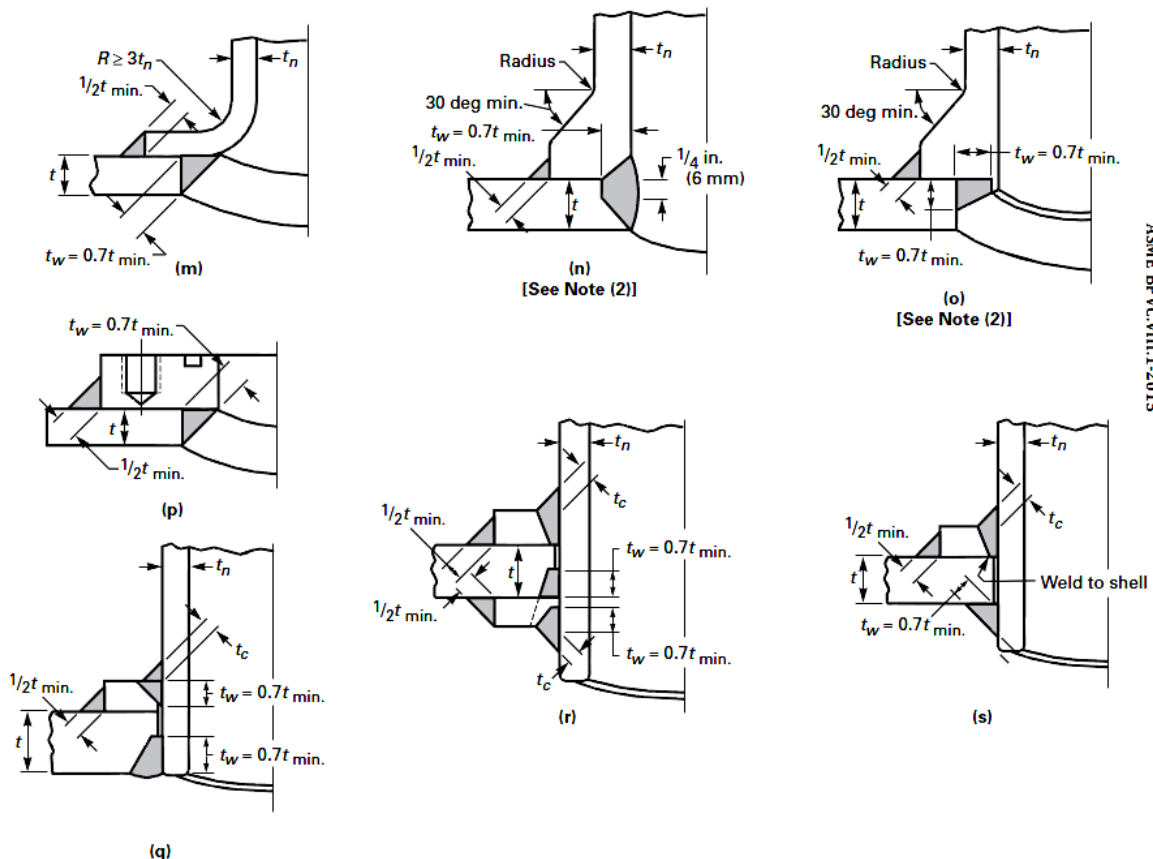


(When used for other than square, round, or oval headers, round off corners)

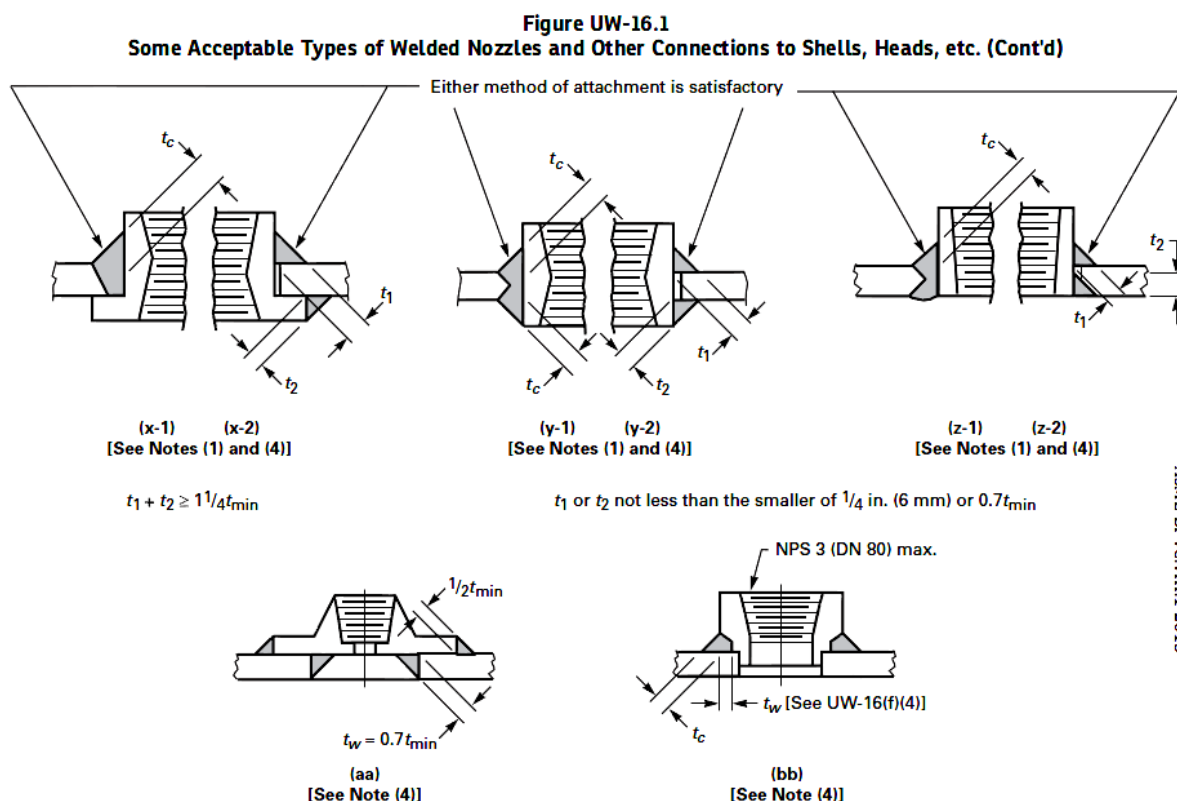
NOTES:

- (1) Sketches (a), (b), (c), (d), (e), (f-1) through (f-4), (g), (x-1), (y-1), and (z-1) are examples of nozzles with integral reinforcement.
- (2) Where the term *Radius* appears, provide a $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) minimum blend radius.
- (3) For sketches (v-1) through (w-2):
 - (a) For applications where there are no external loads, $G = \frac{1}{8}$ in. (3 mm) max.
 - (b) With external loads
 $G = 0.005$ for $D_o \leq 1$ in. (25 mm); $G = 0.010$ for 1 in. (25 mm) $< D_o \leq 4$ in. (100 mm); $G = 0.015$ for 4 in. (100 mm) $< D_o \leq 6\frac{5}{8}$ in. (170 mm)
- (4) For NPS 3 (DN 80) and smaller, see exemptions in UW-16(f)(2).

Figure UW-16.1
Some Acceptable Types of Welded Nozzles and Other Connections to Shells, Heads, etc. (Cont'd)



تصویر ۷۹: انواع جوش های مجاز مربوط به اتصالات و نازلها در مخازن تحت فشار طبق UW-16



تصویر ۸۰: انواع جوش های مجاز مربوط به اتصالات و نازلها در مخازن تحت فشار طبق UW-16

یادداشتهای مربوط به تصویر ۸۰ (Figure UW-16.1):

(۱) - طرح های (a), (b), (c), (d), (e), (f-1), تا (f-4), (g), (x-1), (y-1), و (z-1) مثالهایی از نازلها با Pad های تقویتی کامل آنها هستند.

(۲) - جایی که واژه شعاع دیده می شود، یک شعاع ترکیبی حداقل ۳ میلیمتری میسر شده است.

(۳) - طرح های (v-1) تا (w-2):

(a) برای جاییکه بارهای خارجی کابردی ندارند، حداکثر مقدار G برابر ۳ میلیمتر است.

(b) بارهای خارجی مقدار G مطابق زیر است:

$G = 0.005$ for $D_o \leq 1$ in. (25 mm);

$G = 0.010$ for 1 in. (25 mm) $< D_o \leq 4$ in. (100 mm);

$G = 0.015$ for 4 in. (100 mm) $< D_o \leq 65/8$ in. (170 mm)

Abbreviation:

D_o = outside diameter of neck or tube attached by welding on inside of vessel shell only

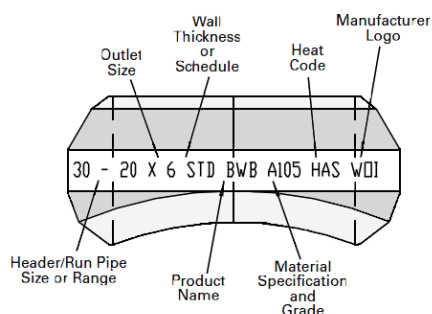
G = radial clearance between hole in vessel wall and outside diameter of nozzle neck or tube

(۴) - برای لوله های با قطر اسمی ۳ اینچ (DN 80) و کوچکتر، به معافیتهای پاراگراف UW-16(f)(2) نگاه کنید.

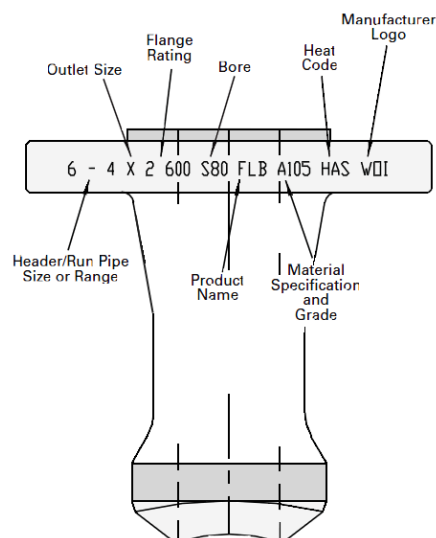
■ - انواع اتصالات کاربردی در سیستم های لوله کشی صنعتی

* - مشخصات فنی قید شده بر روی فیتینگها

Marking Content for WOI Branch Connections



Butt Weld Branchette™ (BWB)



Flanged Branchette™ (FLB)

تصویر ۸۱: چگونگی نوشتن مشخصات فنی مربوط به فیتینگ های تحت فشار



90° elbow



45° elbow



Equal tee



Reducing tee



Half coupling



End cap



Full coupling



Reducng coupling



Equal cross



Union



Eccentric plain
Swage nipple

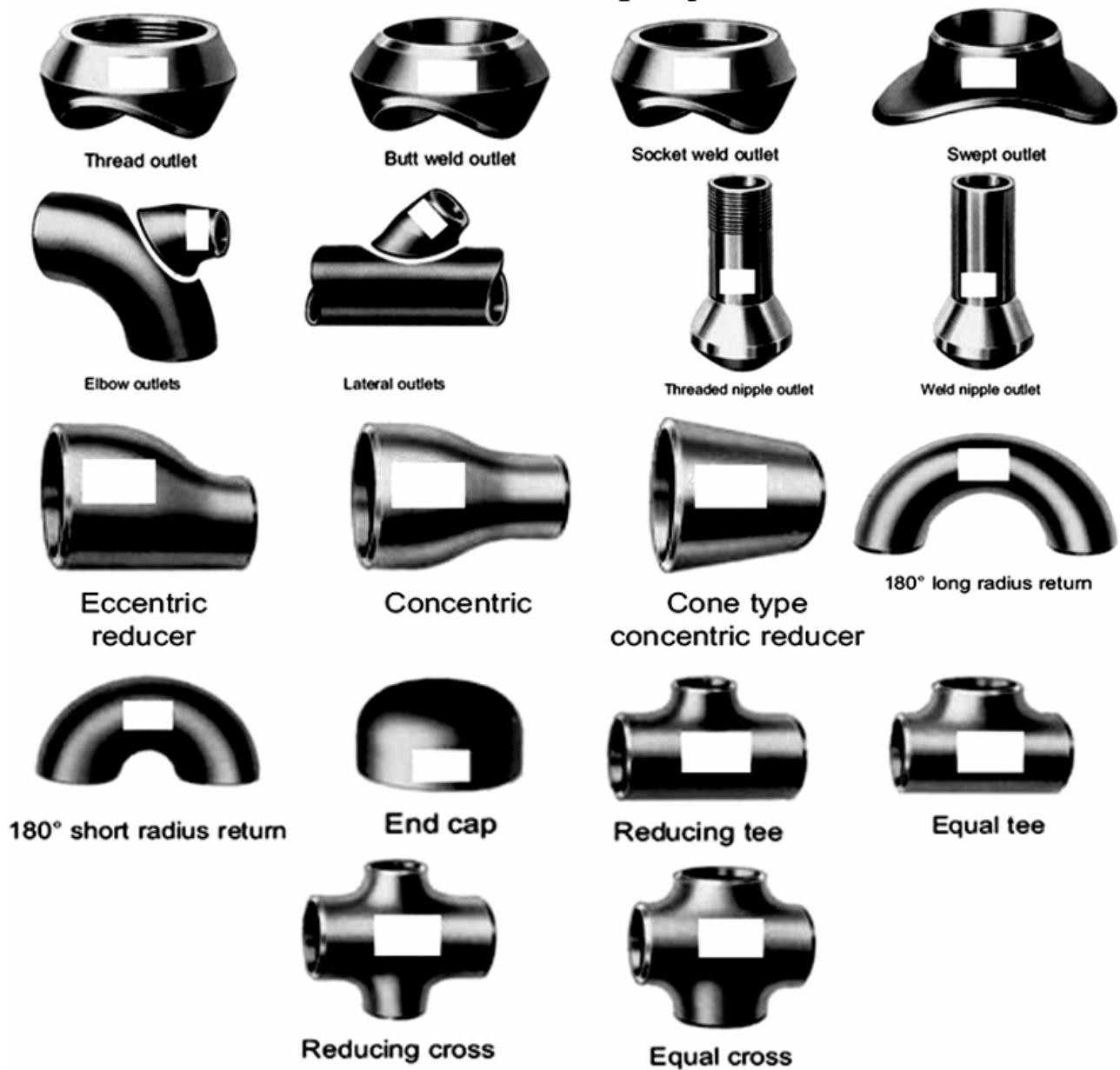


Concentric plain
Swage nipple

**Source: Pressure Equipment
Pressure fittings**

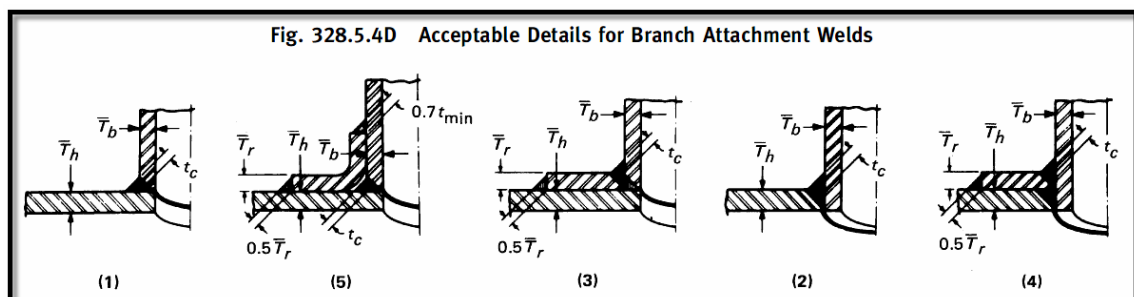
تصویر ۸۲: تصاویر مختلفی از فیتینگ های تحت فشار

Pressure fittings Nozzle and fitting shapes



تصویر ۸۳: تصاویر مختلفی از فیتینگ های تحت فشار

*- وضعیت Stub-on و Stub-in در استاندارد ASME B31.3-2016



تصویر ۸۴: تصاویری از نوع اتصالات Stub-on و Stub-in در استاندارد ASME B31.3-2016

*- تصاویر مختلف از نحوه‌ی اتصال فلنج به بدنه‌ی یک تجهیز تحت فشار:

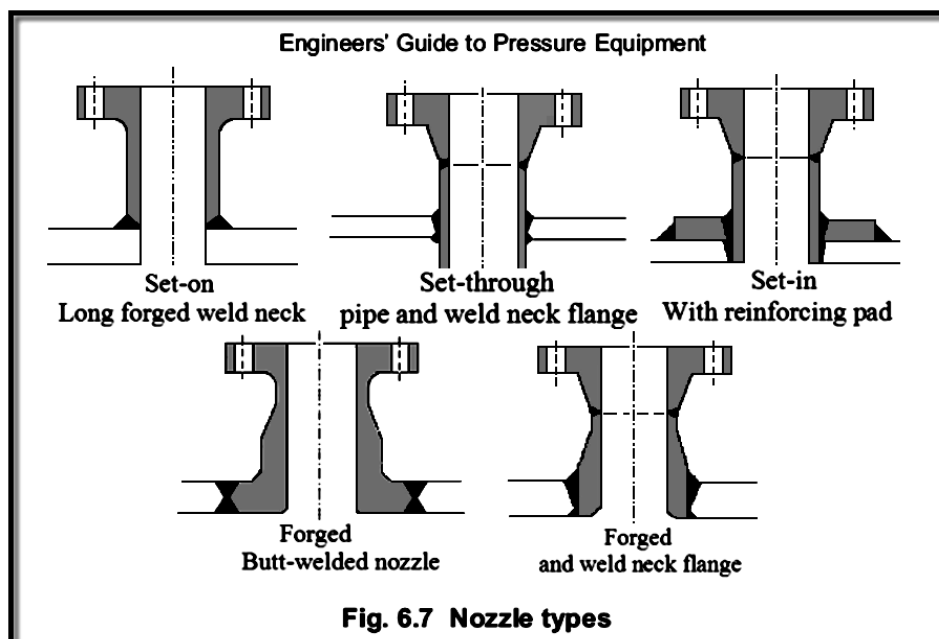


Fig. 6.7 Nozzle types

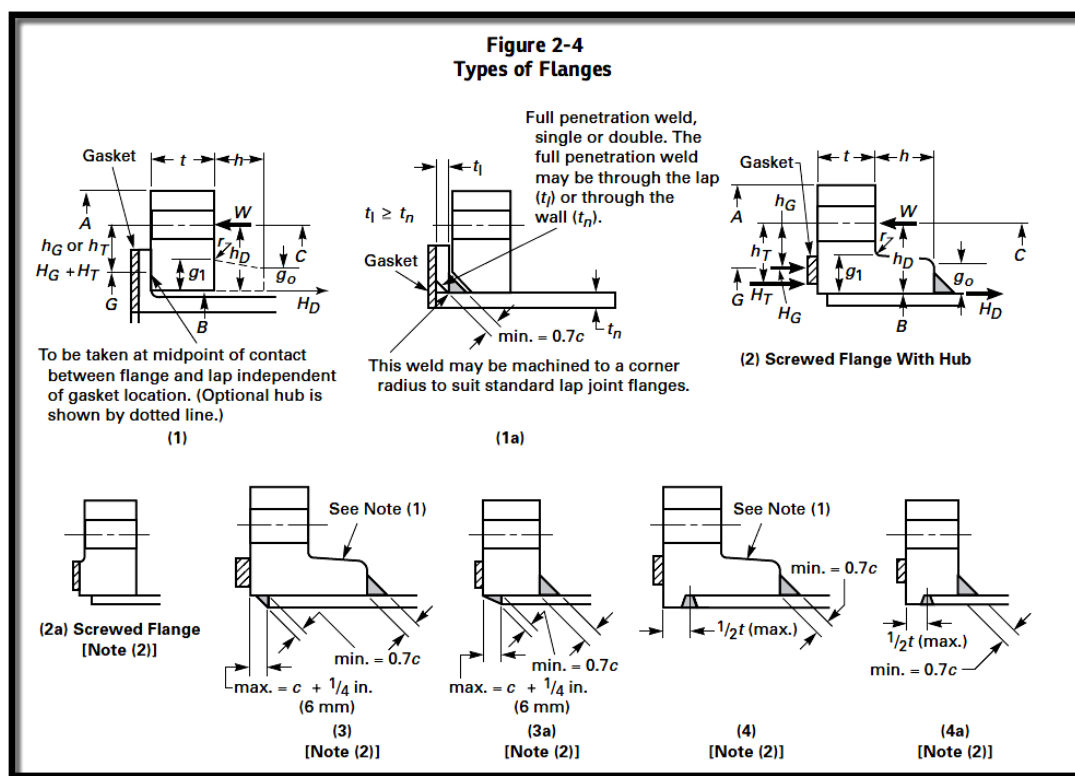
تصویر ۸۵: تصاویری از اتصال فلنج به مخزن بر اساس Engineers' Guide to Pressure Equipment-2001
توجه: دقت شود که Set-in در واقع همان Stub-in است و اصطلاح Set-on نیز همان Stub-on می باشد.



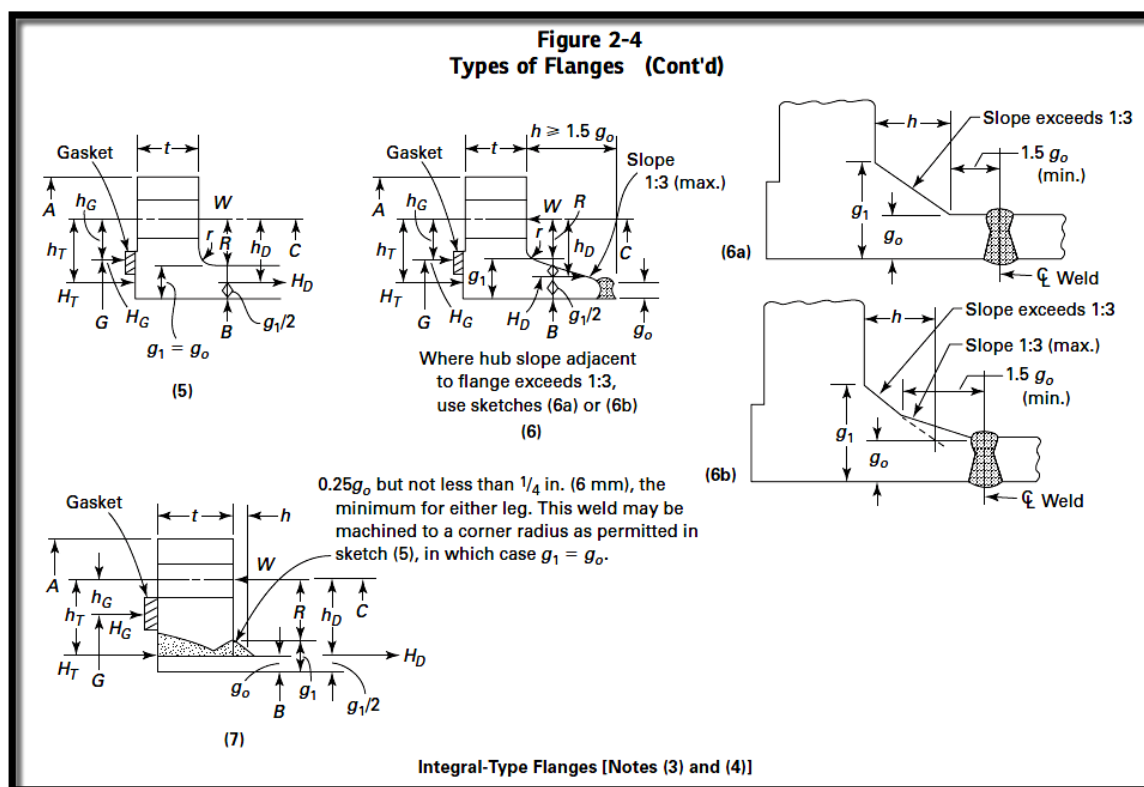
تصویر ۸۶: تصاویری از نوع جوشهای گوشه ای در اتصالات Piping

(۸) - اندازه جوش

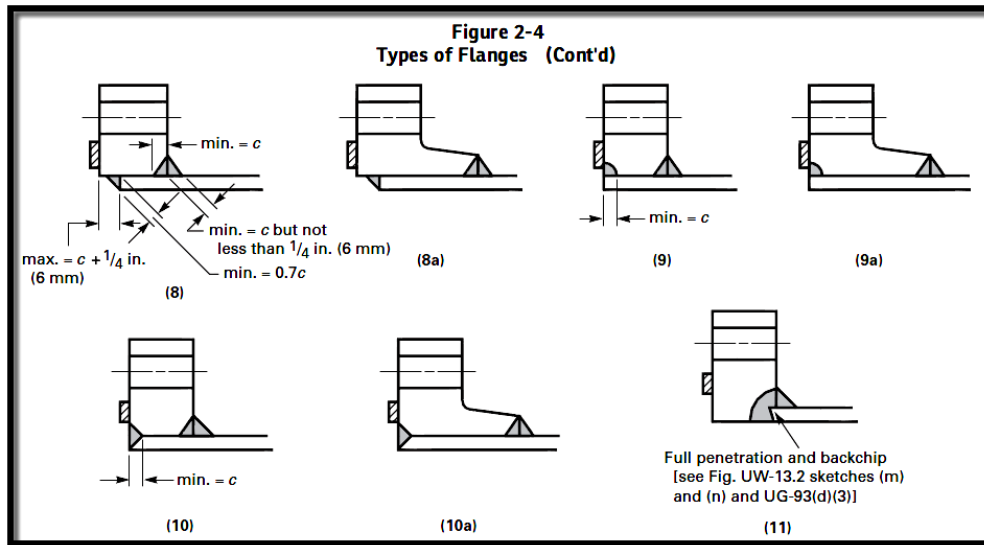
■ - مقدار جوش لازم در اتصالات فلنجی در مخازن تحت فشار



تصویر ۸۷: مقدار جوش قابل قبول در اتصالات لوله به فلنج در مخازن تحت فشار طبق APP.2



تصویر ۸۸: مقدار جوش قابل قبول در اتصالات لوله به فلنج در مخازن تحت فشار طبق APP.2



تصویر ۸۹: مقدار جوش قابل قبول در اتصالات لوله به فلنج در مخازن تحت فشار طبق APP.2

تعاریف تصویر ۸۸ (Figure 2-4)

c = basic dimension used for the minimum sizing of welds equal to t_n or t_x , whichever is less

t_n = nominal thickness of shell or nozzle wall to which flange or lap is attached

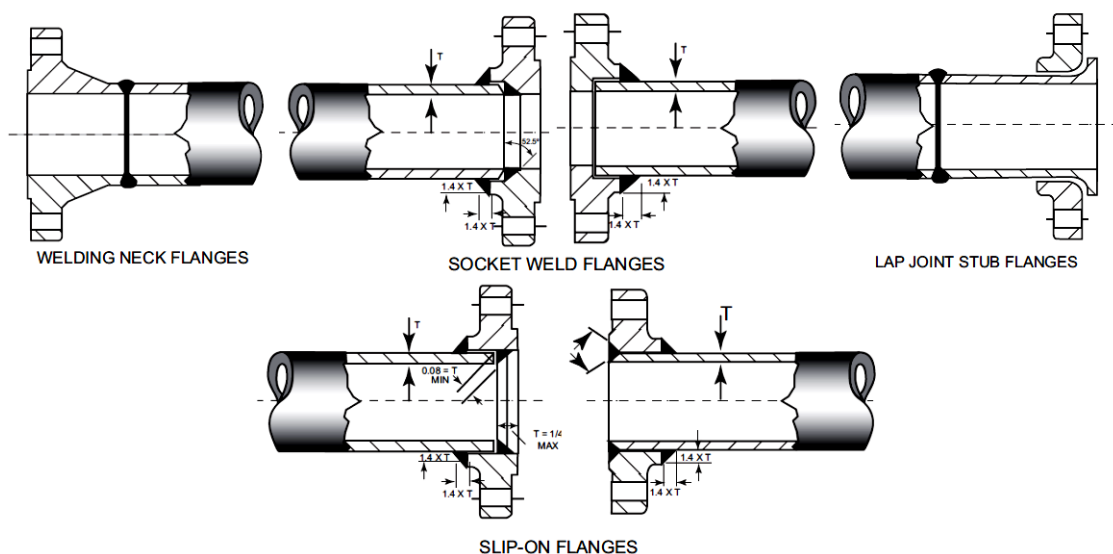
t_x = two times the thickness g_0 , when the design is calculated as an integral flange or two times the thickness of shell nozzle wall required for internal pressure, when the design is calculated as a loose flange, but not less than $1/4$ in. (6 mm)

(c) = ابعاد اساسی بکار رفته برای تعیین حداقل اندازه جوش بر حسب mm معادل (t_n) یا (t_x) هر کدام که کوچکتر هستند.

(t_n) = ضخامت اسمی بدنه یا دیواره‌ی نازل که فلنج به آن متصل می‌گردد.

(t_x) = دو برابر ضخامت دیواره‌ی نازل بدنه که برای فشار داخلی لازم می‌باشد. زمانی که طراحی بر اساس (Loose Flange) محاسبه شده باشد ولی نباید از $1/4$ in.) ۶ میلیمتر کوچکتر باشد.

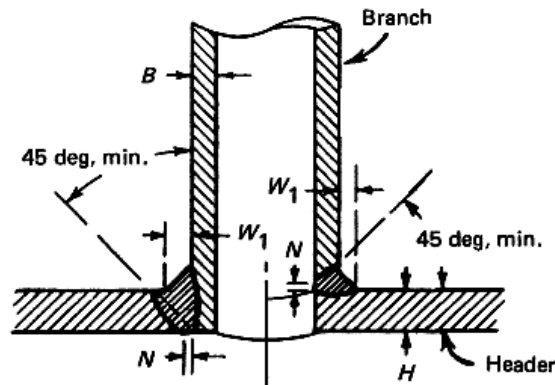
Methods of Welding Flanges to Pipe



تصویر ۹۰: روشهای متداول اتصال جوش بین لوله و فلنج های متفاوت

■ - مقدار جوش لازم برای انشعابات (Branches) و ورقهای تقویتی آنها در استاندارد ASME B31.8-2018

Fig. I-1 Welding Details for Openings Without Reinforcement Other Than That in Header and Branch Walls

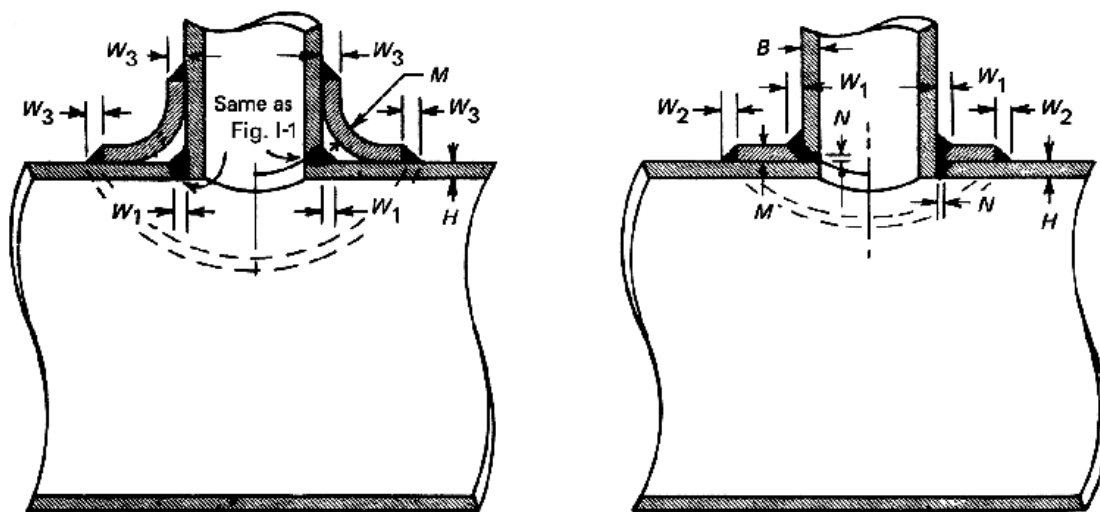


GENERAL NOTES:

- (a) When a welding saddle is used, it shall be inserted over this type of connection.
- (b) $W_1 = 3B/8$, but not less than $1/4$ in. (6.35 mm).
- (c) $N = 1/16$ in. (1.59 mm) min., $1/8$ in. (3.18 mm) max., unless back welded or backing strip is used.

تصویر ۹۱: مقدار جوش لازم در اتصالات انشعابی لوله‌ها مطابق با استاندارد ASME B31.8-2018

Fig. I-2 Welding Details for Openings With Localized-Type Reinforcement



Saddle

- W_1 min. = $3B/8$, but not less than $1/4$ in. (6.35 mm)
- W_2 min. = $M/2$, but not less than $1/4$ in. (6.35 mm)
- W_3 min. = M , but not greater than H
- $N = 1/16$ in. (1.59 mm) min., unless back welded or backing strip is used

Pad

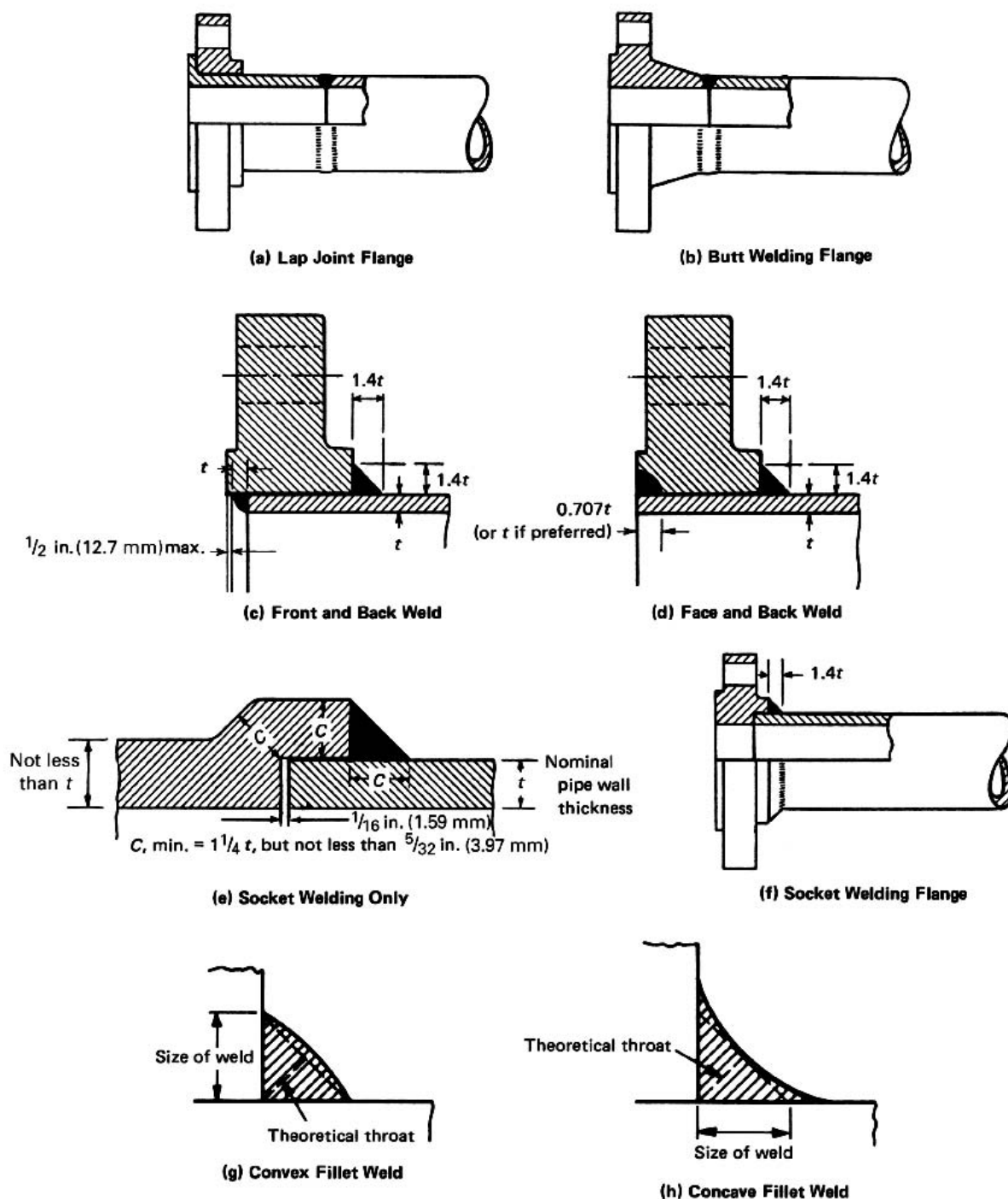
GENERAL NOTES:

- (a) All welds to have equal leg dimensions, and a minimum throat = $0.707 \times$ leg dimension.
- (b) If M is thicker than H , the reinforcing member shall be tapered down to the header wall thickness.
- (c) Provide hole in reinforcement to reveal leakage in buried welds and to provide venting during welding and heat treatment [see para. 831.4.1(h)].

تصویر ۹۲: مقدار جوش لازم در اتصالات انشعابی لوله‌ها مطابق با استاندارد ASME B31.8-2018

■ - مقدار جوش لازم برای فلنجهای (Flanges) و انواع آنها در استاندارد ASME B31.8-2018

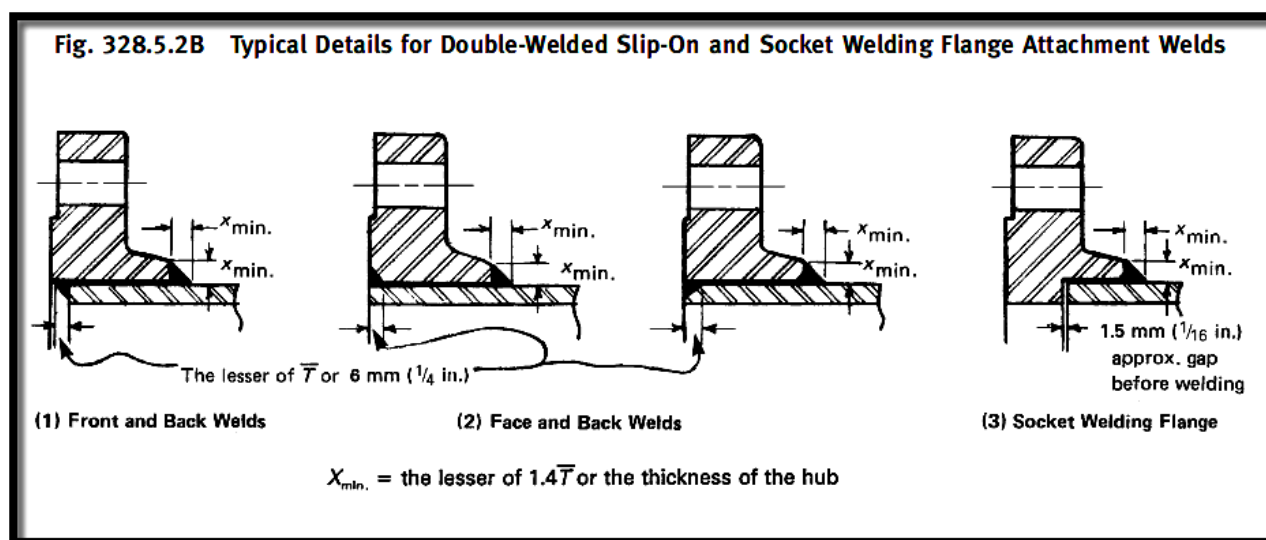
Fig. I-6 Recommended Attachment Details of Flanges



تصویر ۹۳: مقدار جوش لازم در اتصالات فلنجی مطابق با استاندارد ASME B31.8-2018

■ مقدار جوش لازم در اتصالات فلنجی در استاندارد ASME B31.3-2016

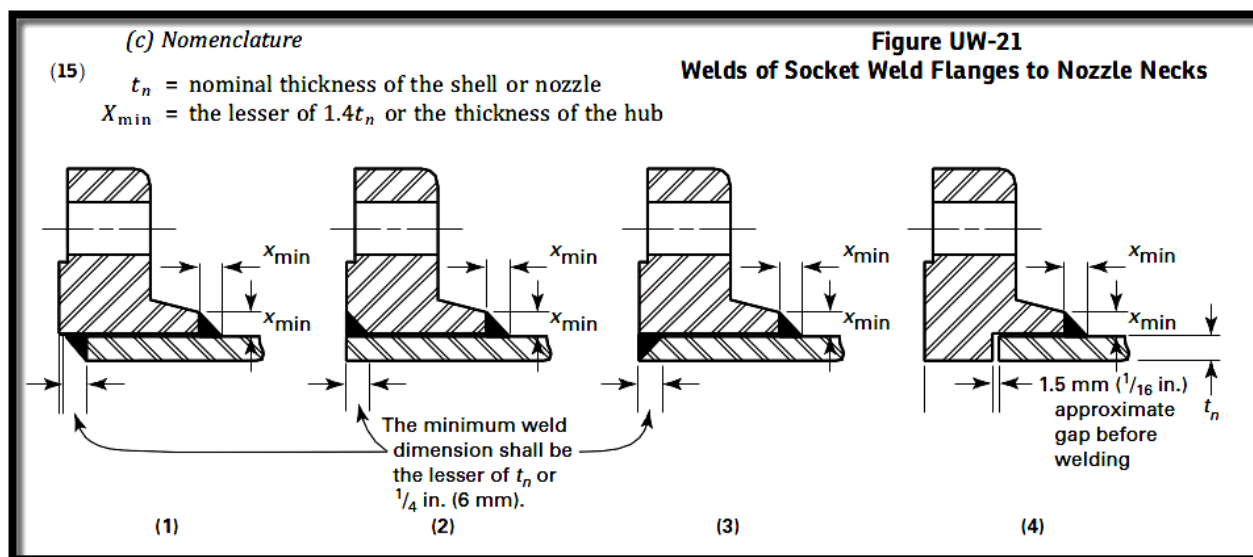
در استاندارد ASME B31.3-2016 در تصویر ۹۴ Fig.328.5.2B حداقل مقدار جوش مورد نیاز در اتصالات فلنجی از نوع Slip-On و Socket welding flanges مشخص شده است. همچنین برای مشخص کردن حداقل ابعاد جوش در دیگر Socket welding ها بجزء اتصالات فلنجی باید به تصویر ۹۶ Fig.328.5.2C یا به استاندارد MSS SP-119 رجوع شود.



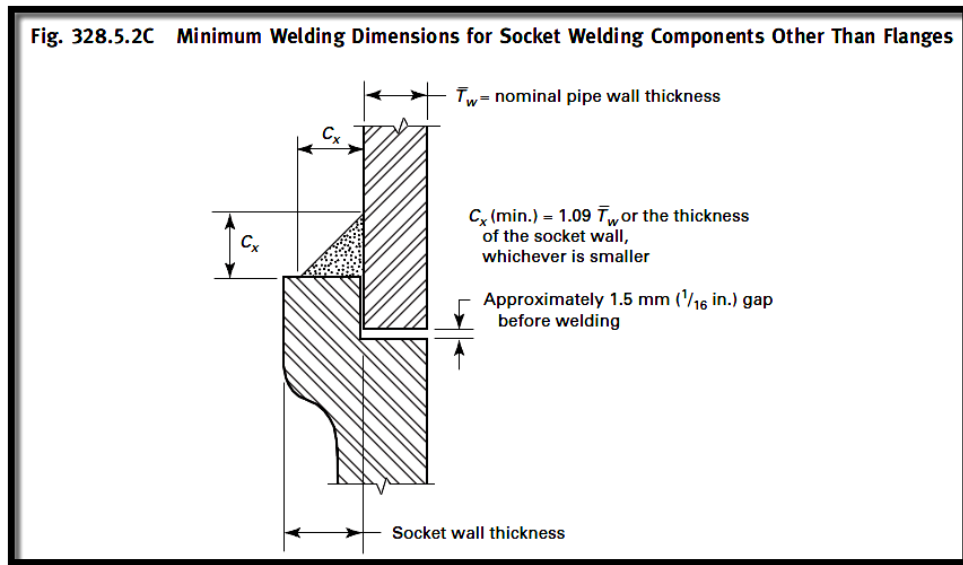
تصویر ۹۴: حداقل جوش اتصالات فلنج در سیستمهای لوله کشی مطابق با استاندارد ASME B31.3-2016

■ مقدار جوش لازم در اتصالات فلنجی در مخازن تحت فشار ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

به تصویر ۹۵ FIG. UW-21 در استاندارد ASME Sec. VIII-Div. 1-2019 توجه شود. حداقل ضخامت جوش فلنج Slip-On به لوله برابر است با $1.4t_n$ یا ضخامت لوله یا ضخامت hub هر کدام که کمتر است.



تصویر ۹۵: حداقل جوش اتصالات فلنج در مخازن تحت فشار مطابق با استاندارد ASME Sec. VIII-Div. 1-2019



تصویر ۹۶: حداقل جوش در Socket weld های غیر فلنجی در سیستمهای لوله کشی مطابق با استاندارد B31.3-2016
حداقل ضخامت جوش اتصالات Socket Weld ها مطابق تصویر فوق برابر است با C_x که طبق تصویر فوق برابر است با 1.09 ضخامت لوله یا ضخامت Socket هر کدام که کمتر است.

نکته ای مهم در جوشکاری Socket Weld ها

در جوشکاری Socket ها، فاصله انتهایی لوله تا سطح داخلی Socket باید تقریباً (1.5 mm) میلیمتر رعایت شود. طبق استاندارد این فاصله برای قبل از جوشکاری می باشد. برای همین منظور معمولاً بایستی برای کنترل این فاصله بطور رندوم درصدی از Socket Weld های هر خط را رادیوگرافی نمایند. این موضوع بیشتر در مشخصات فنی پروژه قید می شود مطابق زیر:



General Specification **GS EP PVV 171**

Steel piping fabrication

Rev.: 11	Effective date: 09/2013	Page: 12 of 32
----------	-------------------------	----------------

6.8 Socket welds

When socket weld fittings or valves are used, the pipe face shall be spaced approximately 1 to 1.5 mm clear from the root face of socket to avoid "bottoming" which could result in excessive weld stresses and possible cracking. Socket welds shall be made with at least two passes.

9.3.2.5 Socket welds

Ten percent of socket welds shall be radiographed in order to check the gap between the male and female parts of the assembly. In no case this inspection is meant to be a weld imperfection (soundness) check.

تصویر ۹۷: درخواست رادیوگرافی برای جوش Socket Weld ها

ترجمه:

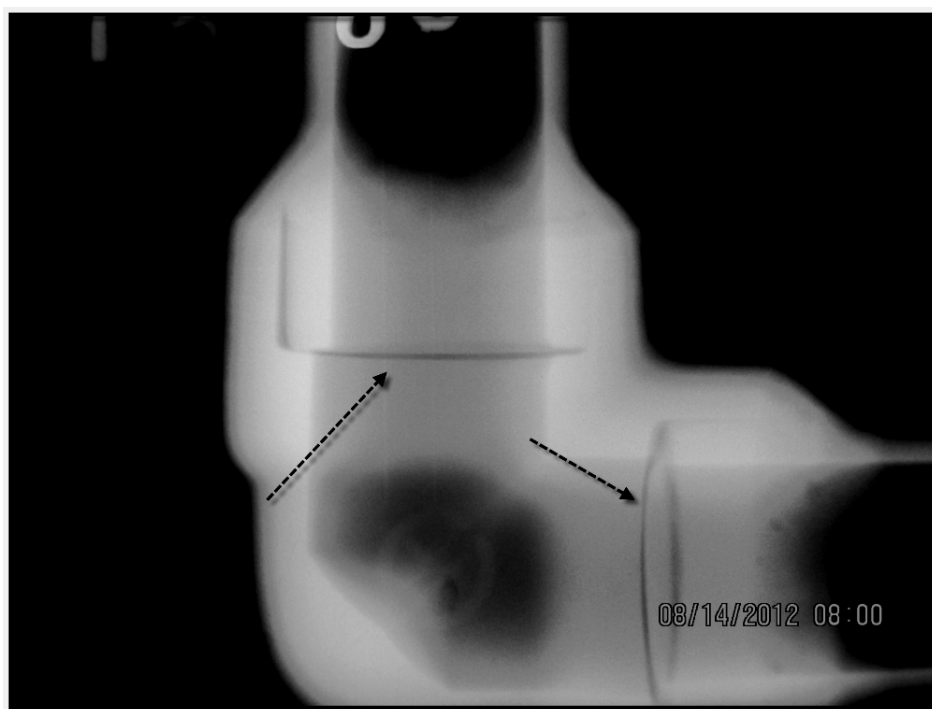
***- پاراگراف 6.8: جوش Socket Weld ها

وقتی که از اتصالات Socket Weld یا ولوها (Valves) استفاده می شود، سطح لوله باید تقریباً 1 تا (1.5 mm) میلیمتر از سطح ریشه‌ی Socket فاصله داشته باشد تا از عیب "Bottoming" اجتناب گردد زیرا این عیب می تواند

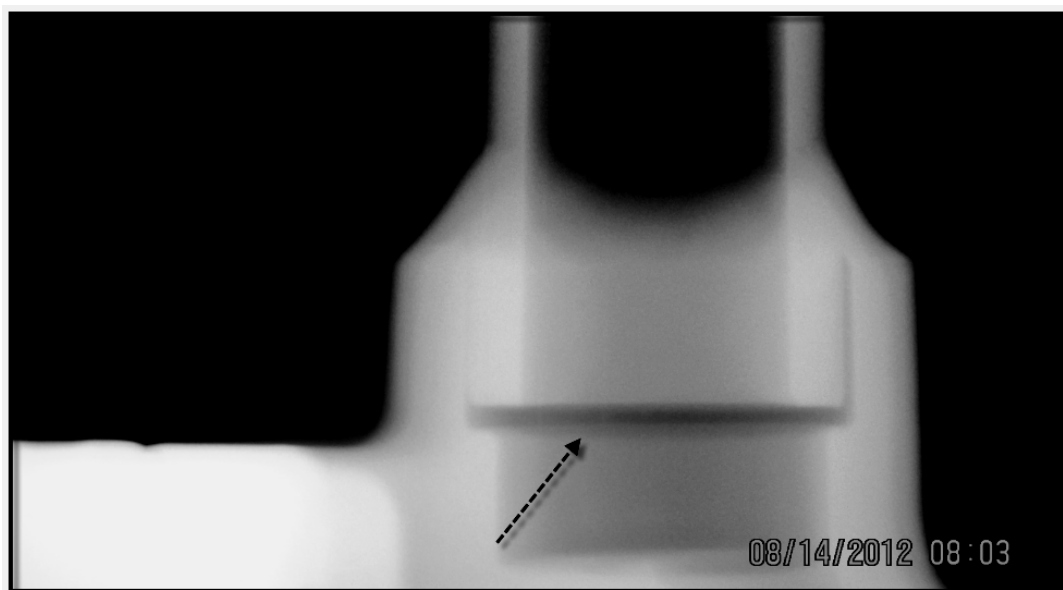
تنش کششی را افزایش دهد و منجر به ترک جوش Socket شود. جوشهای Socket باید حداقل با دو پاس جوش، جوشکاری شوند.

*- پاراگراف 9.3.2.5: جوش Socket Weld ها

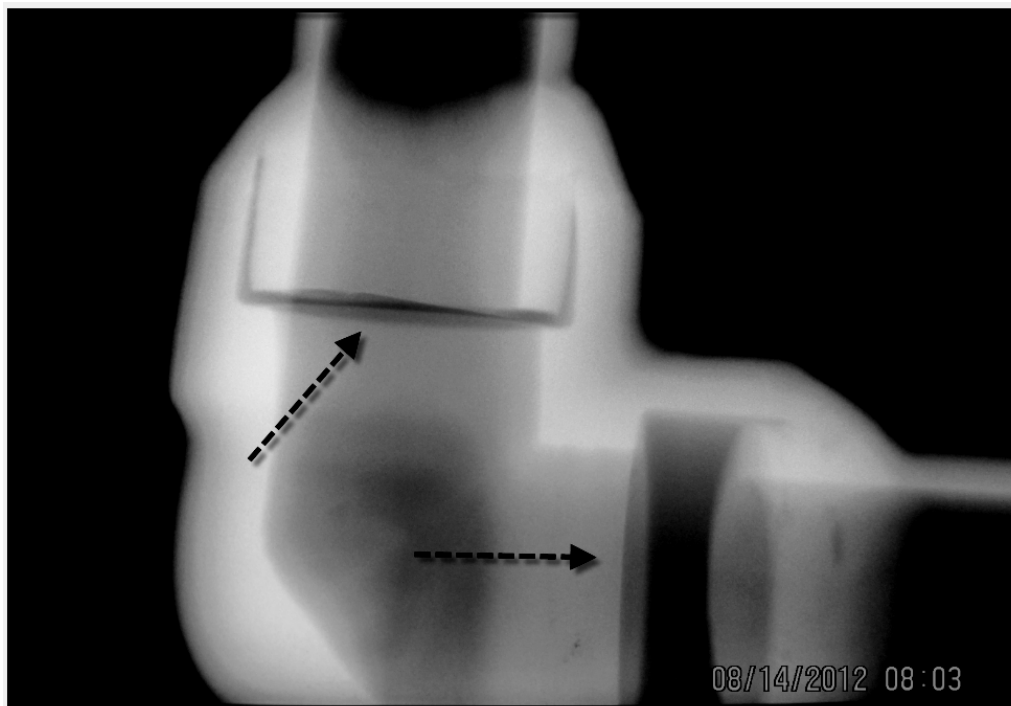
برای کنترل فاصله مابین نری و مادگی قسمتهای مونتاژ شده بایستی ۱۰ درصد از جوش Socket ها بطور رندوم رادیوگرافی شوند. در هیچ زمینه ای به هیچ وجه هدف از رادیوگرافی بازرسی جوش یا یافتن عیوب جوش نمی باشد. باید توجه داشت که این فاصله تقریباً 1 تا (1.5 mm) میلیمتر برای قبل از جوشکاری است و چنانچه در فیلم رادیوگرافی این فاصله کمتر از مقدار مذکور باشد نمی توان دلیلی برای مردود کردن آن سر جوش باشد مگر اینکه این فاصله به حد صفر رسیده باشد. به چند فیلم از این نوع اتصالات دقت شود.



تصویر ۹۸: فیلم رادیوگرافی اتصال ساکتی Socket Weld

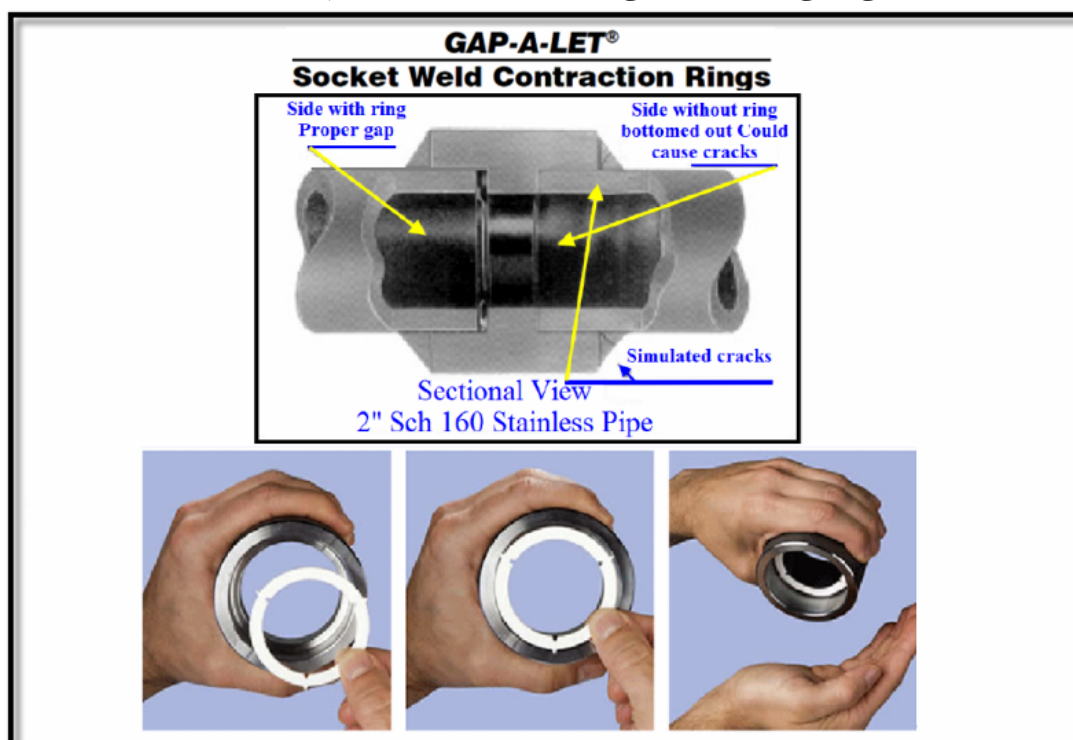


تصویر ۹۹: فیلم رادیوگرافی اتصال ساکتی Socket Weld

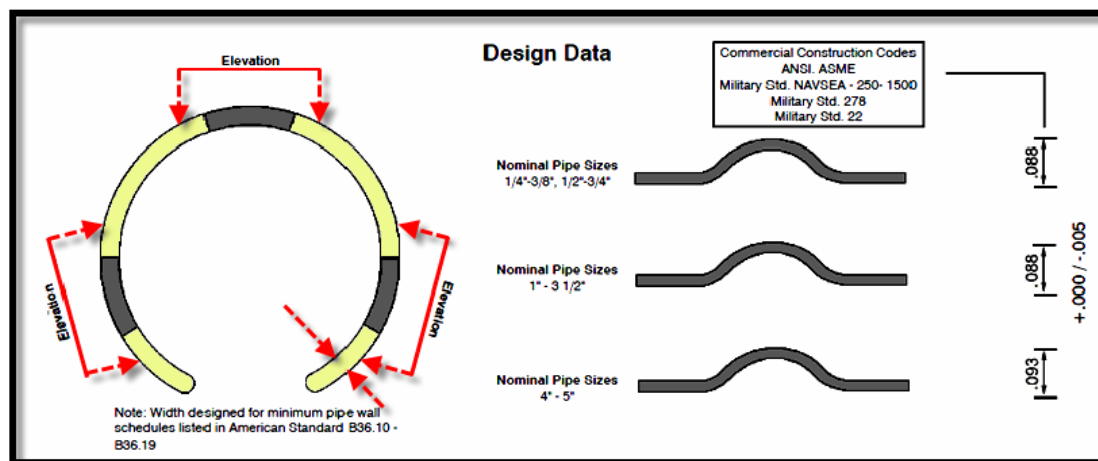


تصویر ۱۰۰: فیلم رادیوگرافی اتصال ساکتی Socket Weld

بدلیل کوچک بودن قطر و موقعیت قرار گرفتن جوش Socket ها، انجام رادیوگرافی آنها معمولاً با مشکلاتی همراه است. امروزه در صنعت برای اطمینان از رعایت شدن فاصله‌ی مورد نظر در جوش Socket ها روشهای متعددی وجود دارد که نیازی به رادیوگرافی ندارند، یکی از این روشها استفاده از Split رینگهای Gap-A-Let است. این رینگها طوری طراحی شده اند که فاصله $\frac{1}{16}$ in. برای یک جوش ساکتی را تامین می کنند. این رینگها از جنس استنلس استیل تأیید شده می باشند که در مقابل خوردگی ناشی از مواد شیمیایی، مواد رادیواکتیو و آب مقاوم هستند.

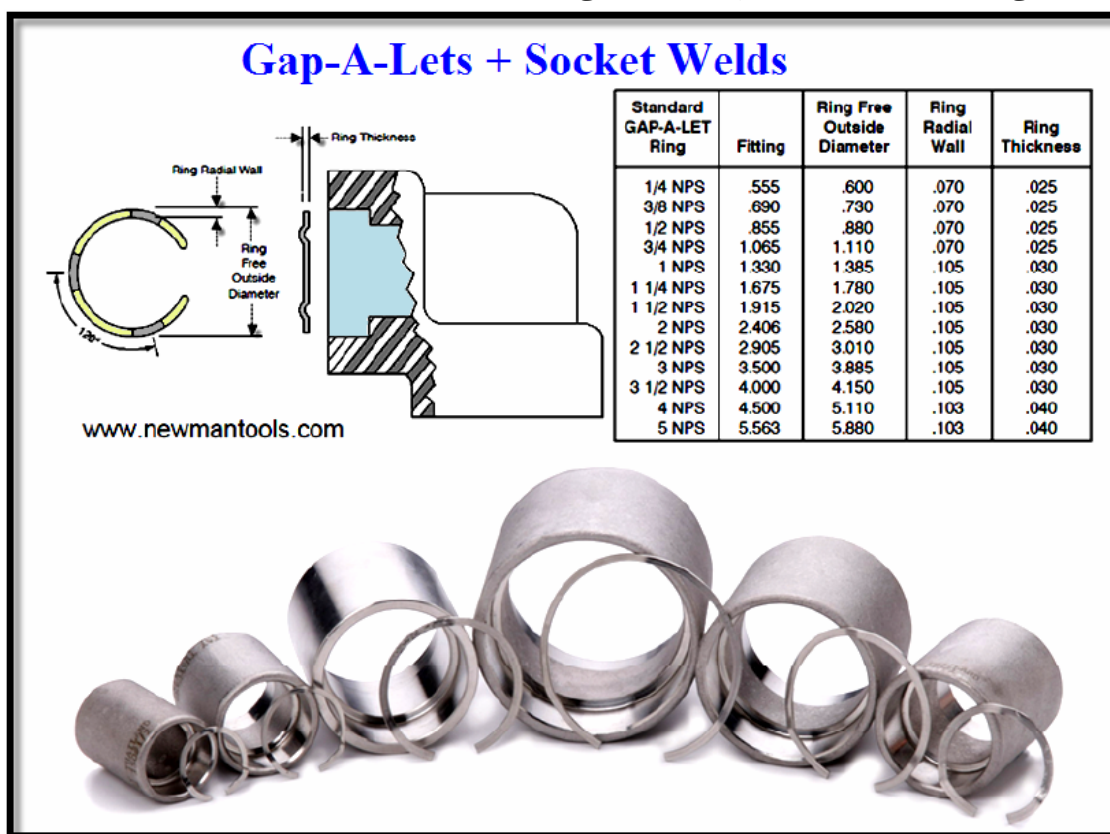


تصویر ۱۰۱: طریقه نصب Split رینگها در Socket



تصویر ۱۰۲: ابعاد Split رینگها برای نصب در Socket ها

استحکام Split رینگهای فنری باعث می شود که این فنرها در تمام فیتینگها با سایزهای استاندارد از 1/4 in. تا 5 in. برای نصب مناسب باشند. وقتی که این Split رینگها در داخل فیتینگها قرار می گیرند بصورت جزئی دائمی از اتصال خواهند شد و حتی تحت فشارهای بالا نیز دچار لغزش و لقی نخواهند شد.



تصویر ۱۰۳: ابعاد Split رینگها برای نصب در Socket ها

Split رینگها برای استفاده در جوشهای ساکتی سیستم های لوله کشی نیروگاهی (هسته ای و غیر هسته ای)، هیدرولیک های صنعتی، سیستم های لوله کشی ترمز هوایی (Air brake) خطوط ریلی، سایت های پتروشیمی و صنایع کشتی سازی طراحی شده اند. استفاده از Split رینگها در تعیین دقیق طول لوله و بدون محاسبات فرضی (end to end) به مهندسين طراحی سیستم های لوله کشی صنعتی کمک می کنند.

■ انجام BUILD UP مطابق ASME Sec. VIII - Div. 1-2019

لطفاً به پاراگراف UW-42 دقت کنید.

UW-42 SURFACE WELD METAL BUILDUP

(a) Construction in which deposits of weld metal are applied to the surface of base metal for the purpose of restoring the thickness of the base metal for strength consideration; or modifying the configuration of weld joints in order to provide the tapered transition requirements of UW-9(c) and UW-33(b) shall be performed in accordance with the rules in (b) and (c).

(b) *Procedure Qualification.* A butt welding procedure qualification in accordance with provisions of Section IX shall be performed for the thickness of weld metal deposited, prior to production welding.

(c) Examination Requirements

(1) All weld metal buildup shall be examined over the full surface of the deposit by either magnetic particle examination to the requirements of **Mandatory Appendix 6**, or by liquid penetrant examination to the requirements of **Mandatory Appendix 8**.

(2) When such surface weld metal buildup is used in welded joints which require full or spot radiographic examination, the weld metal buildup shall be included in the examination.

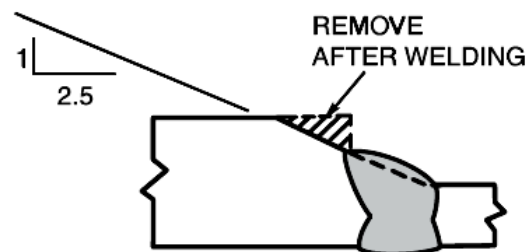
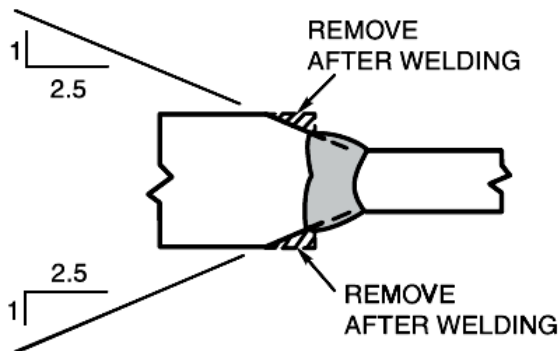
تصویر ۱۰۴: باز سازی سطح فلز بوسیله جوشکاری در استاندارد ASME Sec. VIII - Div. 1-2019

*** پاراگراف UW-42: (Build-up) پر کردن سطح با استفاده از فلز جوش

(a) ایجاد رسوب فلز جوش بر روی سطوح فلز پایه برای اهداف بازیابی ضخامت فلز پایه به لحاظ استحکام یا تغییر و اصلاح شکل اتصالات جوش با هدف تغییر (Tapered Transition) (و برش ضخامت اضافی در اتصالات ضخامت های غیر یکسان) با توجه به الزامات [UW-9(c) and UW-33(b)] باید مطابق قوانین قسمتهای (b) و (c) انجام شود. *** چند نمونه از وضعیت (Tapered Transition) در اتصالات جوشی:

CLAUSE 4. DESIGN OF WELDED CONNECTIONS

AWS D1.1/D1.1M:2020

**(B) TRANSITION BY SLOPING WELD SURFACE AND CHAMFERING**

(b) - تایید صلاحیت دستورالعمل: قبل از شروع جوشکاری باید روش جوشکاری لب به لب (Butt Weld) مطابق الزامات استاندارد ASME Sec. IX برای ضخامت فلز جوشی که رسوب داده می شود مورد ارزیابی و تأیید قرار بگیرد.

(c) - الزامات آزمایش:

- (1) تمام سطوح فلز جوش رسوب داده شده باید بوسیلهی تست ذرات مغناطیسی (MT) مطابق الزامات (Appendix 6) و یا تست مایعات نافذ (PT) مطابق الزامات Appendix 8 مورد آزمایش قرار گیرد.
- (2) وقتی Build up بر روی اتصالی که نیاز به آزمایش رادیوگرافی کامل (Full) یا نقطه ای (Spot) داشته باشد، فلز جوش رسوب داده شده نیز باید مشمول این آزمایش قرار گیرد.

■ - انجام BUILD UP مطابق استاندارد ASME Sec. IX-2019

در ابتدا تعریف Build-up را در پاراگراف QG-109.2 DEFINITIONS بررسی می کنیم:

QG-109.2 DEFINITIONS

(15)

build-up of base metal/restoration of base metal thickness: this is the application of a weld material to a base metal so as to restore the design thickness and/or structural integrity. This build-up may be with a chemistry different from the base metal chemistry which has been qualified via a standard butt welded test coupon. Also, may be called base metal repair or buildup.

تصویر ۱۰۵: تعریف Build-up بر اساس استاندارد ASME Sec. IX-2019

ترجمه:

ترمیم فلز پایه/ ترمیم ضخامت فلز پایه

رسوب دادن فلز جوش بر روی فلز پایه معمولاً جهت ترمیم ضخامت و یا اصلاح ساختاری فلز پایه است. ترمیم ممکن است بوسیله‌ی یک فلز جوش که عناصر شیمیایی آن متفاوت از عناصر شیمیایی فلز پایه است انجام شود. این ترمیم بایستی مطابق با جوش شیاری یک تست کوپن تأیید شده، انجام شود. این عملیات ممکن است تعمیر یا ترمیم فلز پایه نیز نامیده شود. وضعیت Build-up و تعمیر در پاراگراف QW-202.3 توضیح داده شده است. براساس این پاراگراف:

QW-202.3 Weld Repair and Buildup. WPS qualified on groove welds shall be applicable for weld repairs to groove and fillet welds and for weld buildup under the following provisions:

(a) There is no limitation on the thickness of base metal or deposited weld metal for fillet welds.

(b) For other than fillet welds, the thickness range for base metal and deposited weld metal for each welding process shall be in accordance with QW-451, except there need be no upper limit on the base metal thickness provided qualification was made on base metal having a thickness of 1½ in. (38 mm) or more.

تصویر ۱۰۶: تعریف Build-up بر اساس استاندارد ASME Sec. IX-2019

***- پاراگراف QW-202.3 (Weld Repair and Buildup)

ترجمه: WPS تأیید شده برای جوشهای شیاری باید تحت شرایط زیر برای تعمیر جوشهای شیاری و جوشهای گوشه ای (Fillet) و جوشهای Build up بکار برده شود.

(a) - محدودیتی برای ضخامت فلز مبنا یا فلز جوش رسوب یافته در جوشهای گوشه ای (Fillet) وجود ندارد.

(b) - برای جوشهای غیر گوشه ای محدوده‌ی ضخامت برای فلز مبنا و فلز جوش رسوب یافته برای هر فرآیند جوشکاری باید مطابق با QW-451 باشد. اما اگر PQR برای فلز مبنایی با ضخامت $1\frac{1}{2}$ (38mm) یا بیشتر موجود باشد، محدودیتی در مورد حد بالایی ضخامت فلز مبنا وجود ندارد.

نتیجه: در عملیات Build up بایستی توجه نمود، ضخامت فلز جوش رسوب داده شده جهت Build up تا اندازه ای مجاز می باشد که ضخامت PQR اجازه می دهد. بطور مثال، چنانچه ۲۰ میلیمتر ضخامت فلز جوش به منظور Build up نیاز باشد، ضخامت PQR بایستی از ۱۰ میلیمتر کمتر نباشد و همچنین از نظر جوشکاری بایستی از فرآیند مجاز استفاده گردد مثلاً برای عملیات Build up یک متریل بایستی از فرآیندی استفاده نمود که تمام ضخامت PQR با همان فرآیند جوش شده باشد بطور نمونه چنانچه همه‌ی ضخامت PQR با فرآیند SMAW جوش شده باشد و ضخامت PQR نیز ۱۰ میلیمتر باشد ما می توانیم ضخامت ۲۰ میلیمتر Build up را با فرآیند SMAW جوشکاری نماییم.

■ - انجام BUILD UP مطابق ASME B31.3-2016

در سیستم های لوله کشی صنعتی بر اساس استاندارد ASME B31.3-2016 برخی اوقات لازم است که سطحی یا لبه ای از متریل بوسیله جوشکاری باز سازی شود. بطور نمونه، چنانچه محل نصب انشعاب (Branch) بر روی خط لوله اصلی (Run pipe) که اصطلاحاً Header نامیده می شود بزرگتر از قطر انشعاب بریده شود برای اصلاح آن می توان از روش Build up لبه ها استفاده کرد و قطر سوراخ (Opening) را به اندازه‌ی قطر بیرونی انشعاب کاهش داد. این اجازه در پاراگراف 328.4.3 از استاندارد B31.3 داده شده است.

328.4.3 Alignment

(c) Branch Connection Welds

(3) Run openings for branch connections shall not deviate from the required contour more than the dimension *m* in Fig. 328.4.4. In no case shall deviations of the shape of the opening cause the root spacing tolerance limits in the WPS to be exceeded. Weld metal may be added and refinished if necessary for compliance.

تصویر ۱۰۷ : استفاده از روش Build-up بر اساس ASME B31.3-2016

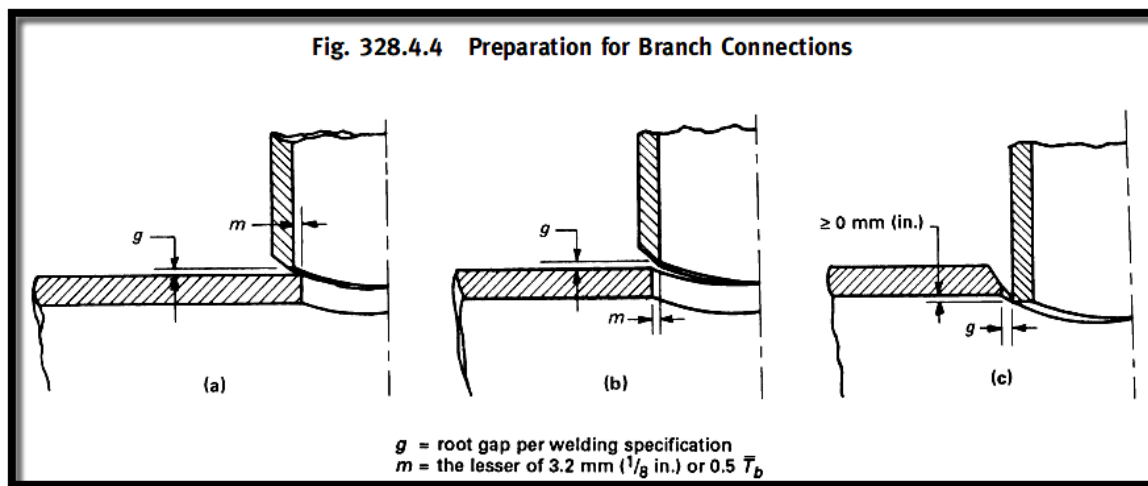
✱ - پاراگراف (3) (c) 328.4.3 :

ترجمه: جوشهای اتصالات انشعابی

(3) - سوراخهایی که در لوله اصلی Header برای اتصالات انشعابی ایجاد می شوند نباید از حد فاصل *m* مورد نیاز مطابق تصویر ۱۰۸ Fig. 328.4.4 منحرف شوند. به هیچ وجه انحرافات شکل سوراخ نباید موجب تغییر محدوده‌ی مجاز فاصله ی ریشه جوش Root Opening که در WPS مشخص شده است، شود. با افزایش فلز جوش و اگر لازم باشد، روکاری مجدد برای برآورده کردن (شرایط مناسب) امکان پذیر می باشد.

توضیح: وقتی محل نصب انشعاب Branch بر روی لوله‌ی اصلی Header سوراخ می شود، برخی اوقات ممکن است سهواً بزرگتر از حد مورد نیاز بریده شود در چنین شرایطی می توان اصطلاحاً با جوش لبه سازی کرد و قطر سوراخ بریده شده را اصلاح نمود اما برای این کار می بایست موارد قید شده در پاراگراف QW-202.3- Weld Repair and Builup را

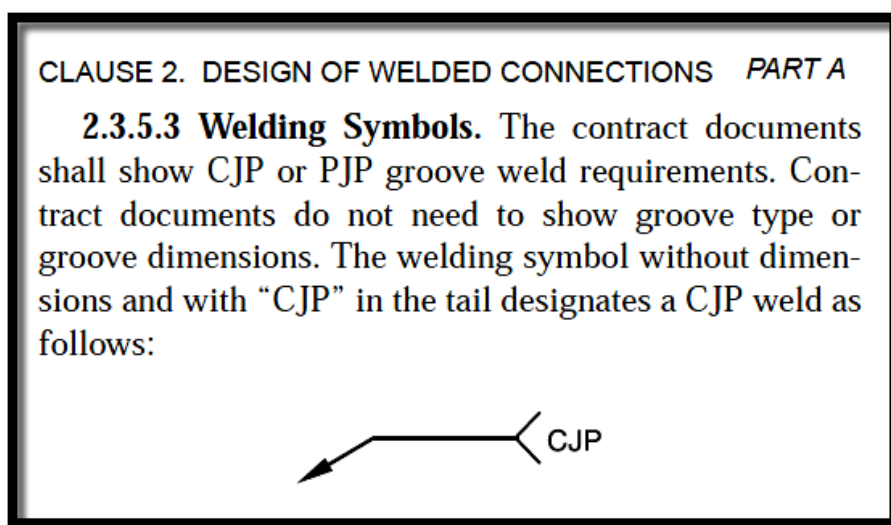
در استاندارد ASME Sec. IX-2019 را رعایت کرد. علاوه بر مطالب قید شده در این پاراگراف، انجام آزمایشات NDT بر روی جوش لبه‌ی بازسازی شده الزامی می باشد تا از ماهیت جوش اعمال شده، اطمینان حاصل شود که عاری از هر گونه عیب و نقص می باشد. در تصویر ۱۰۸ Fig. 328.4.4 به اندازه‌ی m دقت شود.



تصویر ۱۰۸ : میزان Root opening (m , g) بر اساس استاندارد ASME B31.3-2016

۹- تعریف اصطلاحات CJP, PJP در جوش

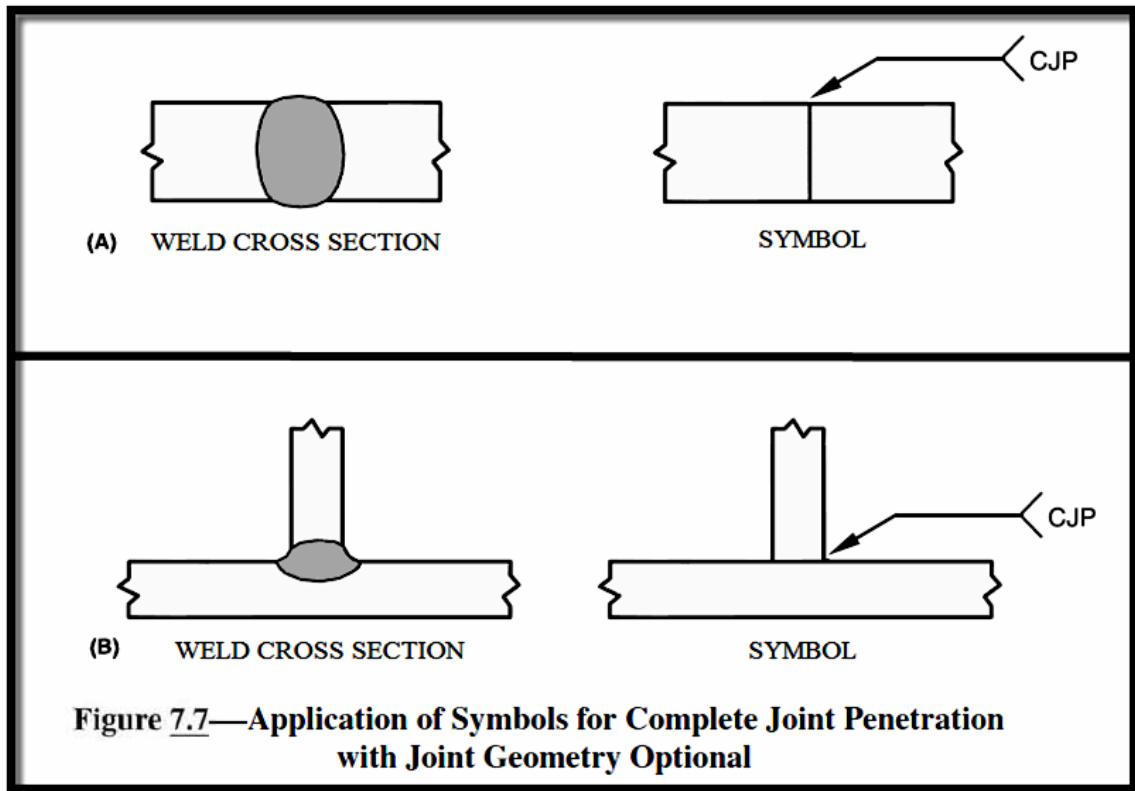
■ - اصطلاح CJP



تصویر ۱۰۹ : نمایش علامت وضعیت جوش CJP

اصطلاح CJP که در استاندارد AWS D1.1 فراوان بکار رفته است بیانگر Complete Joint Penetration می باشد. CJP یعنی اتصالی که دارای جوشی با نفوذ کامل است و ممکن است همراه با تسمه‌ی پشت بند (Back strip) یا بدون تسمه پشت بند باشد.

*- پاراگراف 2.3.5.3 - علامتهای جوشکاری: مدارک پیمانکار باید الزامات جوشهای شیار CJP, PJP را نشان دهد. مدارک پیمانکار نیاز نیست که نوع شیار و یا ابعاد شیار را نشان دهد. علامت جوشکاری برای جوش CJP بدون ابعاد به این صورت است که در انتهای دم فلش کلمه‌ی CJP نوشته می شود. مطابق تصویر صفحه‌ی بعد: تصویر بعدی چند نمونه از این نوع اتصالات را که در استاندارد AWS A2.4 و AWS D1.1 آمده است، نشان می دهد.



تصویر ۱۱۰: نمونه هایی از نوع وضعیت جوش CJP در استاندارد AWS A2.4-2020

Square-groove weld (1)
Butt joint (B)

The diagram illustrates a square-groove weld joint. Two plates of thickness T_1 are joined by a square-groove weld. The root opening is labeled R . A dimension line indicates the thickness of the weld metal, labeled T_2 . A callout points to the weld metal with the text "BACKGOUGE (EXCEPT B-L1-S)".

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes			
		T_1	T_2	Root Opening	Tolerances							
					As Detailed (see 5.4.1.1)	As Fit-Up (see 5.4.1.8)						
SMAW	B-L1b	6 max.	—	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	+2, -3	All	—	d, e, j			
GMAW FCAW	B-L1b-GF	10 max.	—	$R = 0 \text{ to } 3$	+2, -0	+2, -3	All	Not required	a, d, j			
SAW	B-L1-S	10 max.	—	$R = 0$	± 0	+2, -0	F	—	j			
SAW	B-L1a-S	16 max.	—	$R = 0$	± 0	+2, -0	F	—	d, j			

Figure 5.1 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details (See 5.4.1) (Dimensions in Millimeters)

تصویر ۱۱۱: نمونه هایی از نوع وضعیت جوش CJP در استاندارد AWS D1.1-2020

Single-V-groove weld (2) Butt joint (B)									
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation	Tolerances		Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂		As Detailed (see 5.4.1.1)	As Fit-Up (see 5.4.1.8)			
SMAW	B-U2	U	—	R = 0 to 3 f = 0 to 3 $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Not limited +10°, -5°	All	—	d, e, j
GMAW FCAW	B-U2-GF	U	—	R = 0 to 3 f = 0 to 3 $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Not limited +10°, -5°	All	Not required	a, d, j
SAW	B-L2c-S	Over 12 to 25	—	R = 0 f = 6 max. $\alpha = 60^\circ$	R = ± 0 f = +0, -f $\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+2, -0 ± 2 +10°, -5°	F	—	d, j
		Over 25 to 38	—	R = 0 f = 12 max. $\alpha = 60^\circ$					
		Over 38 to 50	—	R = 0 f = 16 max. $\alpha = 60^\circ$					

Figure 5.1 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details (See 5.4.1)
(Dimensions in Millimeters)

تصویر ۱۱۲ : نمونه هایی از نوع وضعیت جوش CJP در استاندارد AWS D1.1-2020

■ - اصطلاح PJP:

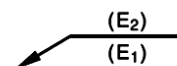
اصطلاح PJP که در استاندارد AWS D1.1 فراوان بکار رفته است، بیانگر Partial Joint Penetration می باشد، یعنی اتصالی که دارای جوشی با نفوذ جزئی است.

❖- پاراگراف 2.3.5.3 - علامت جوشکاری بدون ابعاد و بدون علامت جوش CJP در انتهای دم بیانگر جوشی است که استحکام فلز پایه را از نظر کششی و برشی بهبود می بخشد. علامت جوشکاری برای یک جوش شیار (PJP) بدینگونه است که حرف لاتین E₁ در زیر یا حرف لاتین E₂ در بالای خط مرجع قرار دارند که ابعاد جوش شیار را به ترتیب در محل فلش و سمت دیگر اتصال جوش همچون تصویر زیر نشان می دهند.

CLAUSE 2. DESIGN OF WELDED CONNECTIONS PART A 2.3.5.3 Welding Symbols.

The welding symbol without dimension and without CJP in the tail designates a weld that will develop the adjacent base metal strength in tension and shear. A welding symbol for a PJP groove weld shall show dimensions enclosed

in parentheses below "(E₁)" and/or above "(E₂)" the reference line to indicate the groove weld sizes on the arrow and other sides of the weld joint, respectively, as shown below:



تصویر ۱۱۳ : نمایش علامت وضعیت جوش PJP در استاندارد AWS D1.1-2020

تصاویر بعدی چند نمونه از این نوع اتصالات را که در استاندارد AWS A2.4 و AWS D1.1 آمده است، نشان می دهد.

Square-groove weld (1)
Butt joint (B)

S₁ + S₂ MUST NOT EXCEED $\frac{3T_1}{4}$

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Total Weld Size (S ₁ + S ₂)	Notes			
		T ₁	T ₂	Root Opening	Tolerances							
					As Detailed (see 5.4.2.2)	As Fit-Up (see 5.4.2.7)						
SMAW	B-P1b	1/4 max.	—	$R = \frac{T_1}{2}$	+1/16, -0	±1/16	All	$\frac{T_1}{2}$				
GMAW FCAW	B-P1b-GF	1/4 max.	—	$R = \frac{T_1}{2}$	+1/16, -0	±1/16	All	$\frac{T_1}{2}$	e			

Figure 5.2—Prequalified PJP Groove Weld Joint Details (see 5.4.2) (Dimensions in Inches)

تصویر ۱۱۴ : نمونه هایی از نوع وضعیت جوش PJP در استاندارد AWS D1.1-2020

Double-V-groove weld (3)
Butt joint (B)

The diagram illustrates a double-V-groove weld joint. Two plates, each with a thickness T_1 , are joined by a weld. The weld consists of two V-grooves, one on each side of the joint. The root opening is labeled R . The groove angle is labeled α . The weld size is labeled $D_1(S_1)$ and $D_2(S_2)$. A detail view shows the double-V groove with a 60-degree angle.

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Total Weld Size ($S_1 + S_2$)	Notes
		T_1	T_2	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 5.4.2.2)	As Fit-Up (see 5.4.2.7)			
SMAW	B-P3	1/2 min.	—	$R = 0$ $f = 1/8 \text{ min.}$ $\alpha = 60^\circ$	+1/16, -0 +U, -0 +10°, -0°	+1/8, -1/16 $\pm 1/16$ +10°, -5°	All	$\underline{D}_1 + \underline{D}_2$	e, f, i, j
GMAW FCAW	B-P3-GF	1/2 min.	—	$R = 0$ $f = 1/8 \text{ min.}$ $\alpha = 60^\circ$	+1/16, -0 +U, -0 +10°, -0°	+1/8, -1/16 $\pm 1/16$ +10°, -5°	All	$\underline{D}_1 + \underline{D}_2$	a, f, i, j
SAW	B-P3-S	3/4 min.	—	$R = 0$ $f = 1/4 \text{ min.}$ $\alpha = 60^\circ$	± 0 +U, -0 +10°, -0°	+1/16, -0 $\pm 1/16$ +10°, -5°	F	$\underline{D}_1 + \underline{D}_2$	f, i, j

Figure 5.2 (Continued)—Prequalified PJP Groove Welded Joint Details (see 5.4.2) (Dimensions in Inches)

تصویر ۱۱۵ : نمونه هایی از نوع وضعیت جوش PJP در استاندارد AWS D1.1-2020

Single-U-groove weld (6) Butt joint (B) Corner joint (C)									
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Weld Size (S)	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Bevel Radius Groove Angle	As Detailed (see 5.4.2.2)	As Fit-Up (see 5.4.2.7)			
SMAW	BC-P6	6 min.	U	R = 0 f = 1 min. r = 6 $\alpha = 45^\circ$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5°	All	<u>D</u>	b, e, f, j
GMAW FCAW	BC-P6-GF	6 min.	U	R = 0 f = 3 min. r = 6 $\alpha = 20^\circ$	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 ± 2 +10°, -5°	All	<u>D</u>	a, b, f, j
SAW	BC-P6-S	11 min.	U	R = 0 f = 6 min. r = 6 $\alpha = 20^\circ$	± 0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 ± 2 +10°, -5°	F	<u>D</u>	b, f, j

Figure 5.2 (Continued)—Prequalified PJP Groove Welded Joint Details (See 5.4.2)
(Dimensions in Millimeters)

تصویر ۱۱۶: نمونه هایی از نوع وضعیت جوش PJP در استاندارد AWS D1.1-2020

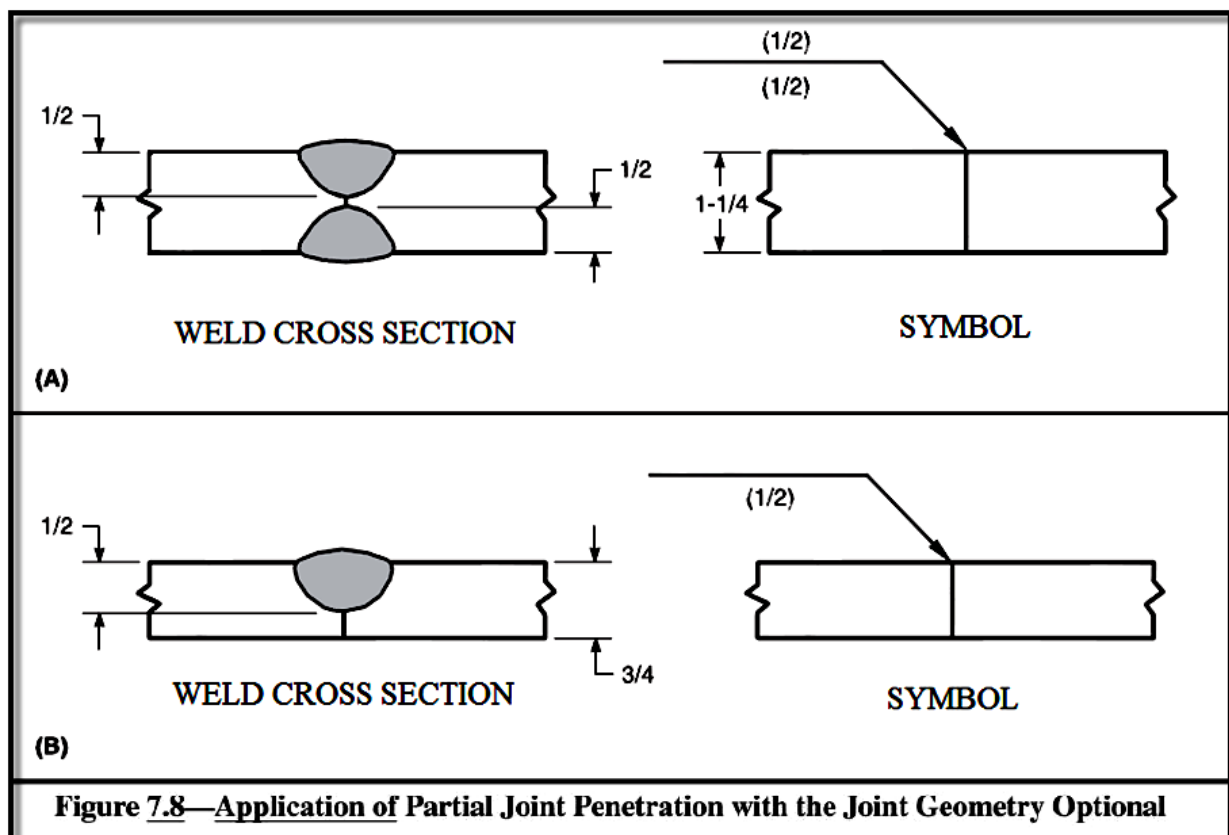
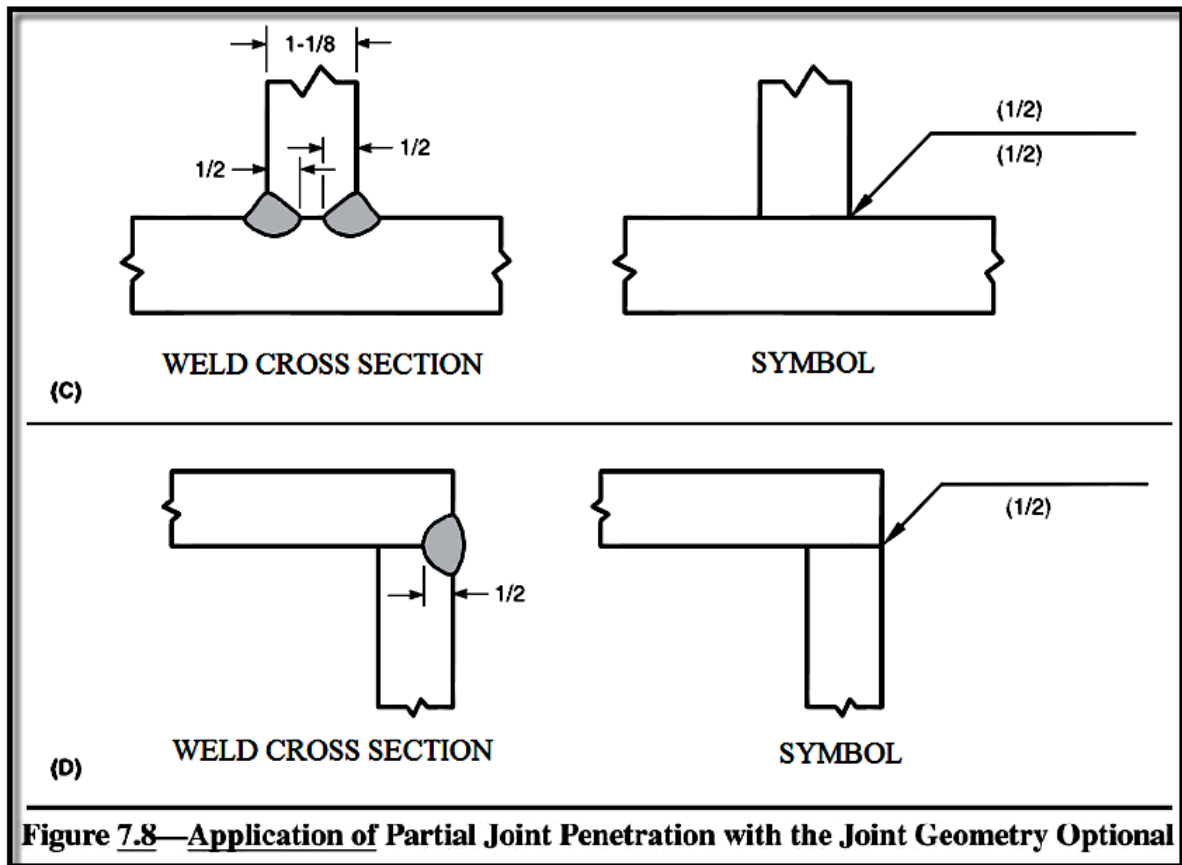


Figure 7.8—Application of Partial Joint Penetration with the Joint Geometry Optional

تصویر ۱۱۷: نمونه هایی از نوع وضعیت جوش PJP در استاندارد AWS A2.4-2020



تصویر ۱۱۸ : نمونه هایی از نوع وضعیت جوش PJP

۱۰- دسته بندی متریال ها

☀ دسته بندی متریال ها بر اساس استاندارد ASME Sec. IX-2019

دسته بندی متریال ها در استاندارد ASME Sec. IX براساس P-No & Gr.No می باشد. این دسته بندی ها به صورت یک لیست و بر اساس شماره متریال در جدول QW-422 انجام شده است که نمونه آن در زیر آمده است:

Table QW/QB-422 Ferrous/Nonferrous P-Numbers Grouping of Base Metals for Qualification										
Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding		Brazing		ISO 15608 Group	Nominal Composition	Product Form
				P-No.	Group No.	P-No.	Group			
Ferrous ←										
A/SA-36	...	...	58 (400)	1	1	101	11.1	C-Mn-Si		Plate, bar & shapes
A/SA-53	Type E, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	101	1.1	C		Resistance welded pipe
A/SA-53	Type S, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	101	1.1	C		Smls. pipe
A/SA-53	Type E, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	101	11.1	C-Mn		Resistance welded pipe
A/SA-53	Type F	K03005	48 (330)	1	1	101	11.1	C		Furnace welded pipe
A/SA-53	Type S, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	101	11.1	C-Mn		Smls. pipe

تصویر ۱۱۹ : دسته بندی متریال های آهنی در استاندارد ASME Sec. IX-2019-QW-422

Guidance for assigning P-Numbers

				Table QW/QB-422 Minimum Specified		Generic Base Metal Description
P-No.	Grp	Tensile Strength Ksi (MPa)	Chemistry	TS Range Ksi (MPa)	YS Range* Ksi (MPa)	
1	1	< 70 (485)	Max. : 0.30% C, 0.60% Si, 1.70% Mn, 0.045% S, 0.045% P	40-69.5 (275-480)	20-52 (140-360)	Carbon Steel
1	2	70-80 (485-550)	Max. : 0.30% C, 0.60% Si, 1.70% Mn, 0.045% S, 0.045% P	65-78 (450-540)	35-65 (240-450)	Carbon Steel
1	3	80-90 (550-620)	Max. : 0.30% C, 0.60% Si, 1.70% Mn, 0.045% S, 0.045% P	70-85 (485-585)	40-70 (275-485)	Carbon Steel
1	4	90-100 (620-690)	Max. : 0.30% C, 0.60% Si, 1.70% Mn, 0.045% S, 0.045% P	90-95 (620-655)	70-80 (485-550)	Carbon Steel
2			DELETED (Wrough Iron: No longer used)			
3	1	< 70 (485)	(Mn, 0.5% Mo and/or 0.5% Cr)	53-70 (365-485)	28-50 (195-345)	Low Alloy Steel
3	2	70-80 (485-550)	(Mn, 0.5% Mo and/or 0.5% Cr)	70-75 (485-515)	40-45 (275-310)	Low Alloy Steel
3	3	80-90 (550-620)	(Mn, 0.25-3.5% Ni, 0.25-1.75% Cr, 0.5% Mo, V)	80-90 (550-620)	50-70 (345-485)	Low Alloy Steel
4	1	55-85 (380-585)	1.25% Cr - 0.5% Mo	55-85 (380-585)	25-60 (170-415)	Low Alloy Steel
4	2	60 (415)	(0.75% Cr, 0.5-0.75% Ni — Cu-Mo)	60 (415)	35-37 (240-255)	Low Alloy Steel
5			DELETED (Reclassified as P-No. 5A, 5B, 5C)			
5A	1	60-75 (415-515)	2.25-3% Cr, 1% Mo	60-85 (415-585)	25-55 (170-380)	Alloy Steel
5B	1	60-90 (415-620)	5-10% Cr, 1% Mo	60-90 (415-620)	25-65 (170-450)	Alloy Steel
5C	1	85 (585)	(2.25-3% Cr, 1% Mo, V, Ti, B)	85 (585)	55-60 (380-415)	Quench and Tempered 2.25Cr-1 Mo (P-No. 5A) metals
5C	2		DELETED (Reclassified as P-No. 15E)			
5C	3	95 (655)	(2.25-3% Cr, 1% Mo, V, Ti, B)	95 (655)	75 (515)	Quench and Tempered 2.25Cr-1 Mo (P-No. 5A) metals
5C	4	105 (725)	(2.25-3% Cr, 1% Mo, V, Ti, B)	100-105 (690-725)	75-85 (515-585)	Quench and Tempered 2.25Cr-1 Mo (P-No. 5A) metals
5C	5	115 (795)	(2.25-3% Cr, 1% Mo, V, Ti, B)	115 (795)	100 (690)	Quench and Tempered 2.25Cr-1 Mo (P-No. 5A) metals
6	1	>=70 (485)	(12-13% Cr)	60-70 (415-485)	30-40 (205-275)	Martensitic Stainless Steel (12% Cr)
6	2	60-65 (415-450)	(15% Cr)	60-65 (415-450)	30-35 (205-240)	Martensitic Stainless Steel (12% Cr)
6	3	85-130 (585-895)	(13% Cr)	85-130 (585-895)	55-110 (380-760)	Martensitic Stainless Steel (12% Cr)
6	4	90-115 (620-795)	(13% Cr, 4-4.5% Ni, Mo)(12.5%Cr, 2 Ni)	100-115 (690-795)	75-90 (515-620)	Martensitic Stainless Steel (12% Cr)
7	1	55-60 (380-415)	(12% Cr, Al, Ti)	55-70 (380-485)	25-50 (170-350)	Ferritic Stainless Steel (11-18% Cr)
7	2	60-70 (415-485)	(18% Cr, 2% Mo)	60-70 (415-485)	30-45 (205-310)	Ferritic Stainless Steel (11-18% Cr)

Guidance for assigning P-Numbers

				Table QW/QB-422 Minimum Specified		Generic Base Metal Description
P-No.	Grp	Tensile Strength Ksi (MPa)	Chemistry	TS Range Ksi (MPa)	YS Range* Ksi (MPa)	
8	1	65-90 (450-620)	(16-19% Cr, 8-18% Ni, Ti, Nb, N)	65-90 (450-620)	25-50 (170-345)	Austenitic Stainless Steel (18% Cr, 8% Ni)
8	2	65-87 (450-600)	(21-25% Cr, 11-20% Ni, Ce, Nb, N)	62-87 (425-600)	28-45 (195-310)	Austenitic Stainless Steel (18% Cr, 8% Ni)
8	3	90-100 (620-690)	(17-22% Cr, 4-13% Ni, 4-12% Mn, 2% Mo, Nb, V, N)	75-105 (515-725)	38-60 (260-415)	Austenitic Stainless Steel (18% Cr, 8% Ni)
8	4	90-100 (620-690)	(17-20% Cr, 14-18% Ni, 4.5-6% Mo, Cu, N)	75-115 (515-795)	30-60 (205-415)	Austenitic Stainless Steel (18% Cr, 8% Ni)
9A	1	63-70 (435-485)	2% Ni	60-70 (415-485)	30-46 (205-315)	Nickel Alloy Steel
9B	1	65-85 (450-585)	3.5% Ni	65-80 (450-550)	35-55 (240-380)	Nickel Alloy Steel
9C	1	>=70 (485)	4.5% Ni	70 (485)	40 (275)	Nickel Alloy Steel
10A	1	75-105 (515-725)	(Mn, V)	75-105 (515-725)	55-70 (380-485)	(Mn, V Steel)
10B	1	60 (415)	(1% Cr, V)	60 (415)	30 (205)	(1% Cr, V Steel)
10C	1	81-83 (560-570)	(C, Mn, Si)	81-83 (560-570)	50 (345)	(C, Mn, Si Steel)
10D	1		OPEN - NOT USED			
10E	1		OPEN - NOT USED			
10F	1		DELETED (UNS J13005, J13047 castings reclassified as P-No. 3 Grp 3)			
10G	1		DELETED (UNS N08603 castings reclassified as P-No. 45)]			
10H	1	87-110 (600-760)	(18-29% Cr, 1.5-4.5% Mo, 3-8% Ni)	87-116 (600-800)	58-94 (400-650)	Duplex Stainless Steel
10I	1	60-70 (415-485)	(26-27% Cr, 1% Mo)	60-90 (415-620)	35-75 (240-515)	Super Ferritic Stainless Steel
10J	1	70-80 (485-550)	(29% Cr, 4% Mo)	70-80 (485-550)	55-60 (380-415)	Super Ferritic Stainless Steel
10K	1	70-85 (485-585)	(26-29% Cr, 3-4% Mo, 2-2.5% Ni)	70-85 (485-585)	55-65 (380-450)	Super Ferritic Stainless Steel
11A	1	100 (690)	(8-9% Ni)	93-100 (640-690)	71-85 (490-585)	Low Alloy Steel: Quench & Tempered
11A	2	95 (655)	(5% Ni, 0.25% Mo)	95 (655)	65 (450)	Low Alloy Steel: Quench & Tempered
11A	3	105-115 (725-795)	(0.5% Cr, 0.5% Ni, 0.25% Mo)	105-115 (725-795)	85-95 (585-655)	Low Alloy Steel: Quench & Tempered
11A	4	100 (690)	(Mn, 0.5% Mo, <1%Ni)	100 (690)	83 (570)	Low Alloy Steel: Quench & Tempered
11A	5	105 (725)	(2.75-3.5% Ni, 1.5-1.75% Cr, 0.5% Mo, V)	105 (725)	80-85 (550-585)	Low Alloy Steel: Quench & Tempered

Guidance for assigning P-Numbers

			Table QW/QB-422 Minimum Specified		Generic Base Metal Description
P-No.	Grp	Tensile Strength Ksi (MPa) Chemistry	TS Range Ksi (MPa)	YS Range* Ksi (MPa)	
11B	1	115-135 (795-930) (0.5% Cr, 0.25% Mo, Si)	110-115 (760-795)	100 (690)	Low Alloy Steel: Q&T with 105 Ksi (725 Mpa) Min TS
11B	2	105-135 (725-930) (1.75% Cr, 0.5% Mo, Cu)	100-115 (690-795)	100-90 (690-620)	Low Alloy Steel: Q&T with 105 Ksi (725 Mpa) Min TS
11B	3	115-135 (795-930) (0.75% Ni, 0.5% Cr, 0.5% Mo, V)	105-115 (725-795)	100-90 (690-620)	Low Alloy Steel: Q&T with 105 Ksi (725 Mpa) Min TS
11B	4	115-135 (795-930) (0.5% Cr, 0.2% Mo, V)	110-115 (760-795)	100 (690)	Low Alloy Steel: Q&T with 105 Ksi (725 Mpa) Min TS
11B	5	DELETED [A/SA-517 Grade D: (1Cr, 1/5Mo, Si) TS: 115 ksi (795 MPa)] ASTM Discontinued			
11B	6	115-135 (795-930) (0.5% Mo)			Low Alloy Steel: Q&T with 105 Ksi (725 Mpa) Min TS
11B	7	OPEN - NOT USED			Low Alloy Steel: Q&T with 105 Ksi (725 Mpa) Min TS
11B	8	115-135 (795-930) (1.25% Ni, 1% Cr, 0.5% Mo)	100-115 (690-795)	100-90 (690-620)	Low Alloy Steel: Q&T with 105 Ksi (725 Mpa) Min TS
11B	9	(1.3% Ni, 1.3% Cr, 0.5% Mo, V)	100-110 (690-760)	90-100 (620-690)	Low Alloy Steel: Q&T with 105 Ksi (725 Mpa) Min TS
11B	10	115-140 (795-965) (2.75-3.5% Ni, 1.5-1.75% Cr, 0.5% Mo, V)	115 (795)	100 (690)	Low Alloy Steel: Q&T with 105 Ksi (725 Mpa) Min TS
11C	1	(1% Ni, 1% Cu, 0.75% Cr, Mo, Nb)	65-75 (450-515)	55-65 (380-450)	Alloy Steel - Age Hardening
12		DELETED			
15A		OPEN - NOT USED			Creep Strength Enhanced Ferritic Alloys
15B		OPEN - NOT USED			Creep Strength Enhanced Ferritic Alloys
15C	1	74 (510) 2.25% Cr (up to 3%)			Creep Strength Enhanced Ferritic Alloys
15D		OPEN - NOT USED			Creep Strength Enhanced Ferritic Alloys
15E	1	85 (585) 9% Cr	85-91.5 (585-630)	60-65.5 (415-450)	Creep Strength Enhanced Ferritic Alloys
15F	1	90 (620) 12% Cr			Creep Strength Enhanced Ferritic Alloys
21	8-14	(55-97) Aluminum — Unalloyed (Al, 1.0-1.5% Mn, Cu)	8-18 (55-125)	2.5-6 (17-41)	Aluminum and Aluminum Alloys
22	22-31	(150-215) (Al, 0.8-3.9% Mg, 0.2-1.5% Mn)	21-31 (145-215)	8-12 (55-83)	Aluminum and Aluminum Alloys
23	17-24	(115-165) (Al, Mg, Si, Cu)	17-24 (115-165)		Aluminum and Aluminum Alloys
24		OPEN - NOT USED			Aluminum and Aluminum Alloys
25	36-41	(240-285) (Al, 3.5-5.1% Mg, 0.4-1.0% Mn)	35-42 (240-290)	14-19 (97-130)	Aluminum and Aluminum Alloys

*Minimum specified YS values were extracted from material specifications for the grades listed in Table QW/QB-422. The range is provided only for comparison with different material grouping systems used by the other national and international standards.

Guidance for assigning P-Numbers

			Table QW/QB-422 Minimum Specified		Generic Base Metal Description
P-No.	Grp	Tensile Strength Ksi (MPa) Chemistry	TS Range Ksi (MPa)	YS Range* Ksi (MPa)	
26		Castings	17-30 (115-205)	6-11.5 (41-80)	Aluminum and Aluminum Alloys
31	30-38	(205-260) Copper - Unalloyed (Cu, Ag, As, P, Fe)	28-45 (195-310)	8-15 (55-105)	Copper and Copper Alloys
32	40-72	(275-495) (60-85% Cu, 20-40% Zn, 2% Al, 1% Sn, Sb, As, Ag, P)	40-72 (275-495)	12-34 (83-235)	Copper and Copper Alloys (Bronze & Brass)
33	40-85	(275-585) (Cu, 1.6-3.5% Si)	40-52 (275-360)	12-18 (83-125)	Copper and Copper Alloys
34	38-63	(260-435) (66-90% Cu, 10-30% Ni, 2% Fe, 2% Mn)	38-52 (260-360)	12-25 (83-170)	Copper and Copper Alloys (Copper Nickel)
35	50-90	(345-620) (81-95% Cu, 5-11% Al, 5% Ni, 3-4% Fe)	50-90 (345-620)	19-42 (130-290)	Copper and Copper Alloys (Aluminum Bronze)
41	50-70	(345-485) Nickel - Unalloyed	50-55 (345-380)	10-15 (69-105)	Nickel and Nickel Alloys
42	70	(485) (67% Cu, 30% Ni)	65-70 (450-485)	25-32.5 (170-225)	Nickel and Nickel Alloys (Monel)
43	105-120	(725-825) (47-72% Ni, 15-29% Cr, 8-16% Mo, 5-18% Fe, 14% W, 13% Co, 3.5% Nb, Cu)	70-120 (485-825)	25-60 (170-415)	Nickel and Nickel Alloys (NiCrFe Alloys)
44	65-110	(450-760) (62-70% Ni, 16-29.5% Mo, 1.3-7% Cr, 2-5% Fe, 13% Co, 3.5% Nb, Cu, Al, W)	72-115 (495-795)	40-51 (275-350)	Nickel and Nickel Alloys (NiMo, NiMoCr Alloys)
45	65-109	(450-750) (21-49% Ni, 15-46% Fe, 20-33% Cr, 1.5-7% Mo, 18% Co, 3% W, 2.3-3% Cu, Nb, Al, Ti, N)	62-112 (425-770)	25-55 (170-380)	Nickel and Nickel Alloys (NiFeCr Alloys)
46	70-90	(485-620) (35-37% Ni, 19-28% Cr, 1.25-2.7 Si, 30% Co)	70-90 (485-620)	30-35 (205-240)	Nickel and Nickel Alloys (NiCrSi Alloys)
47		DELETED (UNS N06230 Reclassified as P-No. 43)			
48		OPEN - NOT USED			
49	120	(825) (Co, 26% Cr, 9% Ni, 5% Mo, 3% Fe, 2% W)	120 (825)	55 (380)	Cobalt Alloys
51	35-50	(240-345) Titanium - Unalloyed (Alpha) (Ti, Pd, Ru)	35-58 (240-400)	20-40 (140-275)	Titanium and Titanium Alloys
52	65-70	(450-485) Titanium - Unalloyed & Alloyed (Alpha) (Ti, 0.3% Mo, 0.8% Ni)	65-70 (450-485)	50-55 (345-380)	Titanium and Titanium Alloys
53	90	(620) Titanium - Alloyed (Alpha-Beta) (Ti, 3% Al, 2.5% V)	90 (620)	70 (485)	Titanium and Titanium Alloys
54	TBD 70	(485) Titanium - Alloyed (Alpha) (Ti, 0.3% Mo, 0.8% Ni) *previous P-52			Titanium and Titanium Alloys
61	55	(380) Zirconium - Unalloyed	55 (380)	30 (205)	Zirconium and Zirconium Alloys
62	80	(550) Zirconium with 2.5% Nb	70-80 (485-550)	55 (380)	Zirconium and Zirconium Alloys

*Minimum specified YS values were extracted from material specifications for the grades listed in Table QW/QB-422. The range is provided only for comparison with different material grouping systems used by the other national and international standards.

Spec. No.	Alloy, Type, or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding		ISO 15608 Group	Nominal Composition	Product Form
				P-No.	P-No.			
Nonferrous								
B16	...	C36000	40 (275)	...	107	NA	65Cu-Zn-3Pb	Bar > 1 in. (25 mm)
B16	...	C36000	44 (305)	...	107	NA	65Cu-Zn-3Pb	Bar ≤ 1 in. (25 mm)
B16	...	C36000	40 (275)	...	107	NA	65Cu-Zn-3Pb	Rod > 2 in. (51 mm)
B16	...	C36000	44 (305)	...	107	NA	65Cu-Zn-3Pb	Rod > 1 in. - 2 in. (25 mm - 51 mm), incl
B16	...	C36000	48 (330)	...	107	NA	65Cu-Zn-3Pb	Rod ≤ 1 in. (25 mm)
B16.18	...	C83600	30 (205)	...	107	NA	5Sn-5Zn-5Pb	Cast fittings
B16.18	...	C83800	30 (205)	...	107	NA	4Sn-6.5Zn-6Pb	Cast fittings
B16.18	...	C84400	29 (200)	...	107	NA	2.5Sn-8.5Zn-7Pb	Cast fittings
B16.22	...	C10200	30 (205)	...	107	NA	99.95Cu-P	Wrought piping fittings
B16.22	...	C12000	30 (205)	...	107	NA	99.9Cu-P	Wrought piping fittings
B16.22	...	C12200	30 (205)	...	107	NA	99.9Cu-P	Wrought piping fittings
B16.22	...	C23000	40 (275)	...	107	NA	85Cu-15Zn	Wrought piping fittings

تصویر ۱۲۰: دسته بندی متريال های غير آهنی در استاندارد ASME Sec. IX-2019-QW-422
همچنين اين دسته بندی ها در استاندارد ASME Sec. IX-2019 به شکل های ديگر برای متريالهای مختلف براساس شماره P-No. & Gr.-No. در APPENDIX D بيان شده است که در زیر آمده است:

P-No.	Grp. No.	Spec. No.	Type, Grade, or UNS No.	P-No.	Grp. No.	Spec. No.	Type, Grade, or UNS No.
Steel and Steel Alloys				Steel and Steel Alloys (Cont'd)			
1	1	A/SA-36	---	1	1	A/SA-369	FPA
1	1	A/SA-53	Type E, Gr. A	1	1	A/SA-369	FPB
1	1	A/SA-53	Type E, Gr. B	1	1	A/SA-372	A
1	1	A/SA-53	Type F	1	1	A381	Y35
1	1	A/SA-53	Type S, Gr. A	1	1	A381	Y42
1	1	A/SA-53	Type S, Gr. B				

تصویر ۱۲۱: دسته بندی متريال در استاندارد ASME Sec. IX-2019 APP. D

حال سوال اينجاست که متريالهای مختلف چگونه تحت عنوان یک P-No. / Gr.No. دسته بندی می شوند؟
برای جواب سوال فوق باید به پاراگراف (Base Metal Groupings) ASME Sec. IX QW 420 مراجعه نمود.
در اين پاراگراف به خوبی اين موضوع بيان شده است.

QW-420 BASE METAL GROUPINGS

P-Numbers are assigned to base metals for the purpose of reducing the number of welding and brazing procedure qualifications required.

P-Numbers are alphanumeric designations: accordingly, each P-Number shall be considered a separate P-Number (e.g., base metals assigned P-No. 5A are considered a separate P-Number from those assigned P-No. 5B or P-No. 5C).

In addition, ferrous base metals have been assigned Group Numbers creating subsets of P-Numbers that are used when WPSs are required to be qualified by tough-

ness testing by other Sections or Codes. These assignments are based essentially on comparable base metal characteristics, such as composition, weldability, brazability, and mechanical properties, where this can logically be done. These assignments do not imply that base metals may be indiscriminately substituted for a base metal that was used in the qualification test without consideration of compatibility from the standpoint of metallurgical properties, postweld heat treatment, design, mechanical properties, and service requirements.

تصویر ۱۲۲: دسته بندی متريال (P-No.) در استاندارد ASME Sec. IX-2019

■ P-Number چیست؟

***- پاراگراف QW-420 (BASE METAL GROUPINGS): دسته بندی فلزات پایه

P-Number ها، به منظور کاهش تعداد PQR هایی که برای جوشکاری و لحیم کاری (Brazing) مورد نیاز می باشند به متریاها منتسب می شوند. P-Number ها مشخصاتی حرفی - عددی هستند. بنابراین هر P-Number باید به عنوان یک P-Number مجزا در نظر گرفته شود. (بطور مثال فلزات پایه ای که با P-No. 5A نامگذاری شده اند از فلزات پایه ای که با P-No. 5B یا P-No. 5C نامگذاری شده اند مجزا می باشند).

■ Gr. Number چیست؟

علاوه بر این، فلزات آهنی (Ferrous) بامشخصاتی همچون Group Number مشخص شده اند که زیر مجموعه ای از P-Number ها می باشند و این مشخصات Gr No. هنگامی که WPS ها مطابق با سایر بخشهای ASME (Section) یا کدها نیاز به تست ضربه داشته باشند مورد استفاده قرار می گیرند. این نامگذاری ها اساساً بر مبنای خصوصیات مشابه فلزات، مانند **ترکیب شیمیایی، قابلیت جوش پذیری / قابلیت لحیم پذیری و خصوصیات مکانیکی**، تا آنجا که منطقاً امکان پذیر باشد، انجام شده اند. این نامگذاری ها به این معنا نیست که فلزات پایه را می توان بدون در نظر گرفتن خواص متالورژیکی، تنش زدایی (PWHT)، طراحی، خواص مکانیکی و الزامات سرویسی آنها جایگزین فلز پایه‌ی مورد استفاده در تهیه‌ی PQR نمود.

جدول زیر گروه بندی سیستم های آلیاژی مختلف را نشان می دهد. در این جدول متریاها به گروه های مجزایی تقسیم شده اند. مطابق زیر:

Base Metal	Welding	Brazing
Steel and steel alloys	P-No. 1 through P-No. 15F	P-No. 101 through P-No. 103
Aluminum and aluminum-base alloys	P-No. 21 through P-No. 26	P-No. 104 and P-No. 105
Copper and copper- base alloys	P-No. 31 through P-No. 35	P-No. 107 and P-No. 108
Nickel and nickel- base alloys	P-No. 41 through P-No. 49	P-No. 110 through P-No. 112
Titanium and titanium- base alloys	P-No. 51 through P-No. 53	P-No. 115
Zirconium and zirconium-base alloys	P-No. 61 and P-No. 62	P-No. 117

تصویر ۱۲۳: دسته بندی متریاها براساس آلیاژ آنها در استاندارد ASME Sec. IX-2019-QW-420

در جدول ASME Sec. IX-2019 (QW-422) در زمینه متریاها یک اختلاف وجود دارد و آن این است که حروف پیشوند "SA" که برای متریاها آهنی (Ferrous) مشخص شده اند، مانند "SA-106 Gr B" جزء تقسیمات استاندارد ASME هستند و دارای P-No./ Gr.-No. هستند ولی حرف پیشوند "A" که برای همین منظور مشخص شده اند جزء تقسیمات استاندارد ASTM هستند. (که در جدول QW-422 در چاپ های قبل از سال 2010 دارای S-No./ Gr.-No. بودند که از سال 2010 به بعد S-No. حذف شد و بجای آن P-No. قرار گرفت.) همچنین حروف پیشوند "SB" که برای متریاها غیر آهنی (Nonferrous) مشخص شده اند مانند "SB-42" جزء تقسیمات استاندارد ASME هستند و

دارای P-No. هستند ولی حرف پیشوند "B" که برای همین منظور مشخص شده اند جزء تقسیمات استاندارد ASTM هستند. جهت اطلاع از تغییر S-No. به P-No. برای متریالهای مختلف به موارد زیر دقت شود. به مقایسه جدول (QW-422) در سال 2007 و 2017 دقت فرمایید.

07	QW/QB-422 FERROUS/NONFERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS										2007 SECTION IX	
Grouping of Base Metals for Qualification												
Ferrous												
Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding				Brazing		Nominal Composition	Product Form	
				P- No.	Group No.	S- No.	Group No.	P- No.	S- No.			
SA-36	...	K02600	58 (400)	1	1	...	...	101	...	C-Mn-Si	Plate, bar & shapes	
SA-53	Type F	...	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C	Furnace welded pipe	
SA-53	Type S, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C	Smls. pipe	
SA-53	Type E, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C	Resistance welded pipe	
SA-53	Type E, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	...	...	101	...	C-Mn	Resistance welded pipe	
SA-53	Type S, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	...	...	101	...	C-Mn	Smls. pipe	
A 108	1015 CW	G10150	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C	Bar	
A 108	1018 CW	G10180	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C	Bar	
A 108	1020 CW	G10200	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C	Bar	
A 108	8620 CW	G86200	90 (620)	...	...	3	3	...	102	0.5Ni-0.5Cr-Mo	Bar	

تصویر ۱۲۴: وجود S-No. در ویرایش سال 2007 استاندارد ASME Sec. IX

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding		Brazing		ISO 15608 Group	Nominal Composition	Product Form
				P-No.	Group No.	P-No.	Group No.			
Ferrous										
A/SA-36	...	...	58 (400)	1	1	101	1.1.1	C-Mn-Si		Plate, bar & shapes
A/SA-53	Type E, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	101	1.1	C		Resistance welded pipe
A/SA-53	Type S, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	101	1.1	C		Smls. pipe
A/SA-53	Type E, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	101	1.1.1	C-Mn		Resistance welded pipe
A/SA-53	Type F	K03005	48 (330)	1	1	101	1.1.1	C		Furnace welded pipe
A/SA-53	Type S, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	101	1.1.1	C-Mn		Smls. pipe
A108	1015 CW	G10150	...	1	1	101	1.1	C		Bar
A108	1018 CW	G10180	...	1	1	101	1.1	C		Bar
A108	1020 CW	G10200	...	1	1	101	1.1	C		Bar
A108	8620 CW	G86200	...	3	3	102	4.1	0.5Ni-0.5Cr-Mo		Bar

تصویر ۱۲۵: حذف S-No. در ویرایش سال 2009 به بعد در استاندارد ASME Sec. IX-2019

باید دقت شود Group Number صرفاً مختص متریال های آهنی (Ferrous) می باشد و در جدول QW-422 در قسمت متریال های غیر آهنی (Nonferrous) دیگر Group Number وجود ندارد. به جدول زیر دقت شود: در جدول QW-422 چنانچه متریال مورد نظر از استاندارد دیگر گرفته شده باشد بغیر از استاندارد ASTM و استاندارد ASME، مشخصات همان استاندارد در لیست مشخصات متریال مورد نظر قید می شود. به مثالهای زیر دقت شود.

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding		Brazing		ISO 15608 Group	Nominal Composition	Product Form
				P-No.	Group No.	P-No.	Group			
Ferrous (Cont'd)										
API 5L	X70Q	...	83 (565)	1	3	101	3.1	C-Mn		Smls. & welded pipe
API 5L	X70QO	...	83 (565)	1	3	101	3.1	C-Mn		Smls. & welded pipe
API 5L	X70QS	...	83 (565)	1	3	101	3.1	C-Mn		Smls. & welded pipe
API 5L	X80M	...	91 (625)	1	4	101	2.2	C-Mn		Welded pipe
API 5L	X80MO	...	91 (625)	1	4	101	2.2	C-Mn		Welded pipe
API 5L	X80Q	...	91 (625)	1	4	101	3.1	C-Mn		Smls. & welded pipe
API 5L	X80QO	...	91 (625)	1	4	101	3.1	C-Mn		Smls. & welded pipe
MSS SP-75	WPHY-42	...	60 (415)	1	1	101	11.1	C-Mn		Smls. & welded fittings
MSS SP-75	WPHY-46	...	63 (435)	1	1	101	11.1	C-Mn		Smls. & welded fittings
MSS SP-75	WPHY-52	...	66 (455)	1	1	101	11.1	C-Mn		Smls. & welded fittings
MSS SP-75	WPHY-56	...	71 (490)	1	2	101	11.1	C-Mn		Smls. & welded fittings
MSS SP-75	WPHY-60	...	75 (515)	1	2	101	11.1	C-Mn		Smls. & welded fittings
MSS SP-75	WPHY-65	...	77 (530)	1	2	101	11.1	C-Mn		Smls. & welded fittings
MSS SP-75	WPHY-70	...	82 (565)	1	3	101	..	C-Mn		Smls. & welded fittings

تصویر ۱۲۶: استفاده از استانداردهای دیگر در جدول QW-422 در استاندارد ASME Sec. IX-2019

■ توضیح در باره P- Number و Gr. Number متریکال ها در استاندارد ASME Sec. IX-2019

مطابق پاراگراف QW-420, فلسفه‌ی ایجاد P-No. در واقع کاهش تعداد PQR ها بوده است. برای این منظور تصمیم گرفته شد متریکالهایی که این سه ویژگی را داشته باشند آنها را در یک دسته واحد تحت عنوان P-No. قرار دهند. این سه ویژگی عبارتند از: ترکیب یا آنالیز شیمیایی، قابلیت جوش پذیری/ قابلیت لحیم کاری، خصوصیات مکانیکی،

Spec. No.	Alloy, Type, or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding	Brazing	ISO 15608 Group	Nominal Composition	Product Form
				P-No.	P-No.			
Nonferrous (Cont'd)								
B16.50	...	C12200	30 (205)	...	107	NA	99.9Cu-P	Wrought piping fittings
B16.50	...	C23000	40 (275)	...	107	NA	85Cu-15Zn	Wrought piping fittings
B/SB-26	T6	A03560	30 (205)	26	...	24.2	Al-Si-Mg	Castings
B/SB-26	T71	A03560	25 (170)	26	...	24.2	Al-Si-Mg	Castings
B/SB-26	...	A24430	17 (115)	26	...	24.1	Al-Si	Castings
B/SB-42	...	C10200	30 (205)	31	107	31	99.95Cu-P	Smls. pipe
B/SB-42	...	C12000	30 (205)	31	107	31	99.9Cu-P	Smls. pipe
B/SB-42	...	C12200	30 (205)	31	107	31	99.9Cu-P	Smls. pipe
B/SB-43	...	C23000	40 (275)	32	107	32.1	85Cu-15Zn	Smls. pipe
B/SB-61	...	C92200	30 (205)	...	107	NA	88Cu-Sn-Zn-Pb	Castings
B/SB-62	...	C83600	30 (205)	...	107	NA	85Cu-5Sn-5Zn-5Pb	Castings

تصویر ۱۲۷: عدم Group Number در قسمت متریکال های غیر آهنی در استاندارد ASME Sec. IX-2019

مثلاً برای متریکالهای Carbon Steel, Carbon-Manganese Steel, Carbon-Manganese-Silicon Steel

که این سه ویژگی ها را دارند آنها را در یک گروه تحت عنوان P-No. 1 دسته بندی کرده اند. بنابراین در ویرایش سال 2019 در APP. D از استاندارد ASME Section IX برای دسته بندی P-No. 1 تعداد ۳۷۶ متریکال ثبت شده است. یعنی اگر برای یکی از متریکالهای P-No. 1 یک دستورالعمل تایید شده وجود داشته باشد یا PQR در شرایط یکسان انجام شده باشد، همه‌ی ۳۷۶ متریکال مذکور را ساپورت و پشتیبانی می کنند.

همچنین برای هر P-No. در متریکالهای آهنی (Ferrous) یک Gr. No. تعریف شده است که فلسفه‌ی ایجاد Gr. No. ها به این دلیل بوده که مشخص گردید متریکالهای آهنی (Ferrous) در دماهای منفی عکس العمل یکسانی ندارند. بطور مثال: متریکالهای P-No. 1 دارای ۴ گروه Gr. No. می باشند، به شرح زیر:

گروه اول:- P-No. 1-Gr.-No. 1 به تعداد ۲۲۶ متریکال

گروه دوم:- P-No. 1-Gr.-No. 2 به تعداد ۱۰۸ متریکال

گروه سوم:- P-No. 1-Gr.-No. 3 به تعداد ۲۹ متریکال

گروه چهارم:- P-No. 1-Gr.-No. 4 به تعداد ۱۳ متریکال

اگر در این دسته بندی ها دقت شود با افزایش Gr.-No. استحکام کششی نیز افزایش می یابد.

- استحکام کششی متریکالهای P-No. 1 در ۴ زیر مجموعه به شرح زیر می باشد:

گروه اول:- P-No. 1-Gr.-No. 1 استحکام کششی (< 70 Ksi)

گروه دوم:- P-No. 1-Gr.-No. 2 استحکام کششی ($70 < 80$ Ksi)

گروه سوم:- P-No. 1-Gr.-No. 3 استحکام کششی ($80 < 90$ Ksi)

گروه چهارم:- P-No. 1-Gr.-No. 4 استحکام کششی ($90 < 100$ Ksi)

توجه مهم:

- در ظاهر این چنین به نظر می رسد که با افزایش حداقل استحکام کششی قدرت انعطاف پذیری کاهش می یابد. اما با بررسی استانداردهای ASME B31.3-Process Piping و ASME Section VIII-Div. 1-Pressure Vessel اینطور نتیجه گرفته می شود که در فرآیند تست ضربه با افزایش حداقل استحکام کششی و تسلیم مقدار انرژی جذب شده لازم نیز افزایش می یابد یعنی در واقع با وجود افزایش حداقل استحکام کششی و تسلیم یک مترال می توان با استفاده از تکنیک روش ساخت، مترال را با ساختار ریز دانه ای تولید نمود تا بتوان انعطاف پذیری اینگونه مترالها را نیز افزایش داد که عملاً اینگونه نیز ثابت شده است.

برای اطلاع بیشتر می توان به جدول های معیار پذیرش تست ضربه در دو استاندارد فوق الذکر مراجعه کرد. لطفاً به این جدول ها دقت شود:

***- بررسی مثال اول در Piping :

به جدول Table 323.3.5 در استاندارد ASME B31.3-Process Piping-2016 که مربوط به سیستم های لوله کشی صنعتی فرآیندی است، دقت شود:

Table 323.3.5 Minimum Required Charpy V-Notch Impact Values					
Specified Minimum Tensile Strength	No. of Specimens [Note (1)]	Energy [Note (2)]			
		Fully Deoxidized Steels		Other Than Fully Deoxidized Steels	
		Joules	ft-lbf	Joules	ft-lbf
(a) Carbon and Low Alloy Steels					
448 MPa (65 ksi) and less	Average for 3 specimens Minimum for 1 specimen	18 14	13 10	14 10	10 7
Over 448 to 517 MPa (75 ksi)	Average for 3 specimens Minimum for 1 specimen	20 16	15 12	18 14	13 10
Over 517 but not incl. 656 MPa (95 ksi)	Average for 3 specimens Minimum for 1 specimen	27 20	20 15	...	...
Lateral Expansion					
656 MPa and over [Note (3)]	Minimum for 3 specimens	0.38 mm (0.015 in.)			
(b) Steels in P-Nos. 6, 7, and 8					
	Minimum for 3 specimens	0.38 mm (0.015 in.)			

NOTES:

(1) See para. 323.3.5(d) for permissible retests.

(2) Energy values in this Table are for standard size specimens. For subsize specimens, these values shall be multiplied by the ratio of the actual specimen width to that of a full-size specimen, 10 mm (0.394 in.).

(3) For bolting of this strength level in nominal sizes M 52 (2 in.) and under, the impact requirements of ASTM A320 may be applied. For bolting over M 52, requirements of this Table shall apply.

تصویر ۱۲۸ : مقدار انرژی (ژول) لازم برای تست ضربه برای مترالهای متفاوت Process Piping-2016

بررسی جدول فوق:

با دقت نمودن به جدول فوق مشخص می شود که مقدار انرژی جذب شده برای مترال ها با توجه به حداقل استحکام کششی آنها مطابق زیرباشند:

*- مترال های کرین و کم آلیاژ:

با حداقل استحکام کششی 65 Ksi و کمتر میانگین سه قطعه 18 J و برای نمونه تکی حداقل 14 J

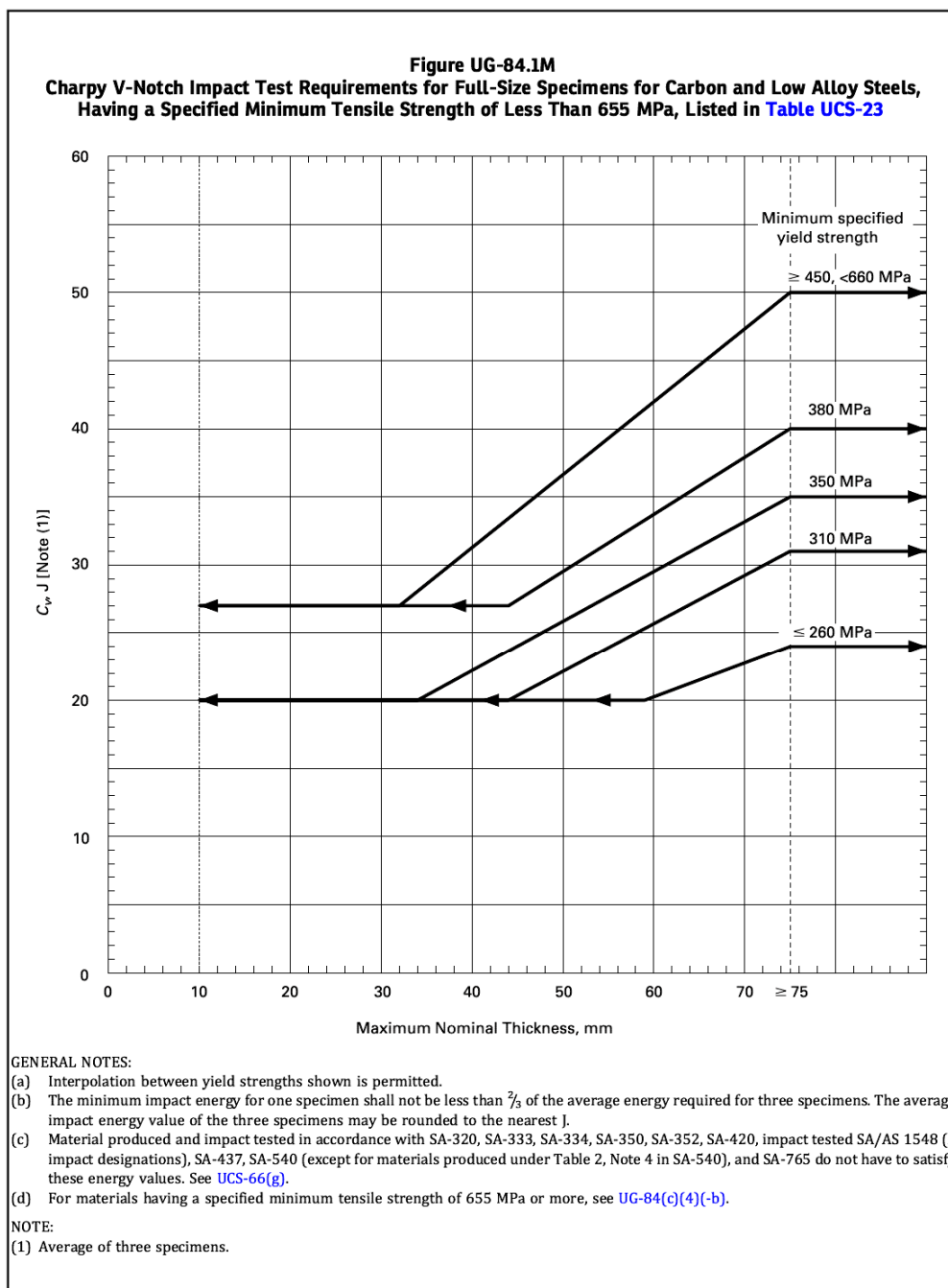
با حداقل استحکام کششی $65 \leq 75$ Ksi میانگین سه قطعه 20 J و برای نمونه تکی حداقل 16 J

با حداقل استحکام کششی $75 < 95$ Ksi میانگین سه قطعه 27 J و برای نمونه تکی حداقل 20 J

نتیجه بررسی: به وضوح دیده می شود که با افزایش حداقل استحکام کششی می بایست مترال مورد تست در برابر تست ضربه انعطاف پذیر تر باشد تا بتواند مقدار ژول بیشتری را جذب کند در غیر اینصورت مردود می شود.

***- بررسی مثال دوم در: ASME Sec. VIII-Div. 1-Pressure Vessel-2019

در این استاندارد که مربوط به مخازن تحت فشار است به تصویر ۱۲۹- Figure UG-84.1M دقت شود: در این جدول بر خلاف استاندارد Piping که معیار پذیرش آن حداقل استحکام کششی بود در این استاندارد معیار پذیرش حداقل استحکام تسلیم است یعنی (Minimum specified yield strength).



تصویر ۱۲۹: مقدار انرژی (ژول) لازم برای تست ضربه برای متریالهای متفاوت در استاندارد Pressure Vessel-2019 چنانچه به تصویر ۱۲۹- Figure UG-84.1M دقت شود، مشخص می گردد که هر چه حداقل استحکام تسلیم متریالی بیشتر باشد مقدار جذب ژول انرژی آن متریال نیز بیشتر خواهد بود.

***- بررسی مثال سوم در API-650-Storage Tank-2020 :

در استاندارد مربوط به ساخت مخازن ذخیره ای، مطابق پاراگراف 9.2.1.3 متریال ها از نظر استحکام کششی به سه دسته تقسیم می شوند، مطابق زیر:

9.2.1.3 Material specifications listed in Section 4 of this standard but not included in Table QW-422 of Section IX of the ASME Code shall be considered as P-No. 1 material with group numbers assigned as follows according to the minimum tensile strength specified:

a) less than 485 MPa (70 ksi)—Group 1; ←

b) equal to or greater than 485 MPa (70 ksi) but less than 550 MPa (80 ksi)—Group 2; ←

c) equal to or greater than 550 MPa (80 ksi)—Group 3. ←

API STANDARD 650

تصویر ۱۳۰: دسته بندی متریال بر اساس حداقل استحکام کششی در استاندارد API 650-2020
در استاندارد API-650-Storage Tank-2020 با توجه به دسته بندی متریال که براساس حداقل استحکام کششی می باشد، با افزایش حداقل استحکام کششی، مقدار ژول (انرژی) جذب شده نیز افزایش می یابد. به پاراگراف زیر دقت شود:

9.2.2.5 Impact tests shall show minimum values for acceptance in accordance with 4.2.9.3 and the following:

a) for P-No. 1, Group 1, materials—20 J (15 ft-lbf), average of three specimens;

14 b) for P-No. 1, Group 2, materials—27 J (20 ft-lbf), average of three specimens;

c) for P-No. 1, Group 3, materials—34 J (25 ft-lbf), average of three specimens.

For shell plates thicker than 40 mm (1 1/2 in.), these values shall be increased by 7 J (5 ft-lbf) for each 13 mm (1/2 in.) over 40 mm (1 1/2 in.). Interpolation is permitted.

API STANDARD 650

تصویر ۱۳۱: مقدار انرژی (ژول) لازم برای تست ضربه برای متریالهای متفاوت در استاندارد API 650-2020
*- پاراگراف 9.2.2.5 برای میانگین سه قطعه تست ضربه مربوط به متریالهای Group 1 مقدار 20 J و برای متریالهای Group 2 مقدار 27 J و برای متریالهای Group 3 مقدار 34 J می بایست انرژی (ژول) جذب شود در غیر این صورت مردود اعلام می شوند. توجه: انجام تست ضربه می بایست مطابق پاراگراف 4.2.9.7 بر اساس الزامات A370 انجام شود.

4.2.9.7 The testing apparatus, including the calibration of impact machines and the permissible variations in the temperature of specimens, shall conform to ASTM A370 or an equivalent testing apparatus conforming to national standards or ISO standards.

API STANDARD 650



Designation: A 370

CHARPY IMPACT TESTING

27. Interpretation of Test Result

27.1.1.1 The test result is acceptable when all of the below are met:

- (1) The test result equals or exceeds the specified minimum average (given in the specification),
- (2) The individual test value for not more than one specimen measures less than the specified minimum average, and
- (3) The individual test value for any specimen measures not less than two-thirds of the specified minimum average.

تصویر ۱۳۲: مقدار انرژی (ژول) لازم در تست ضربه برای یک قطعه تکی در استاندارد ASTM-370-18

*- پاراگراف (3) 27.1.1.1 از استاندارد ASTM-370-2018 چنانچه مقدار انرژی (ژول) لازم برای یک قطعه تکی مشخص نشده باشد مقدار آن برابر با $\frac{2}{3}$ مقدار میانگین است که مشخص شده است.

حال با توجه به اینکه در استاندارد API 650-2020 مقدار انرژی (ژول) لازم که برای Minimum for 1 specimen مشخص نشده از طریق محاسبه $\frac{2}{3}$ از مقدار میانگین که مشخص شده بدست می آید.

توجه شود همین قانون در استاندارد ASME Sec. VIII-Div. 1-Pressure Vessel-2019 نیز حاکم است و این قانون در (b) GENERAL NOTES: از تصویر ۱۲۹- Figure UG-84.1M قید شده است. مطابق زیر:

GENERAL NOTES: (b)

(b) The minimum impact energy for one specimen shall not be less than $\frac{2}{3}$ of the average energy required for three specimens. The average impact energy value of the three specimens may be rounded to the nearest J.

دقت شود!!!

- سوال: بعضی از متریال ها برخلاف متریال های P-No. 1 دسته بندی آنها ترکیبی از عدد بعلاوه‌ی حرف است بطور مثال: P-No. 5A, 5B, 5C این نوع دسته بندی ها براساس چیست؟

- جواب: در اینگونه متریال ها درصد آلیاژ خاصی مثل Cr و Ni به مقدار مختلف توزیع شده است.

***- مثال-۱: در متریال های P-No. 5A, 5B, 5C درصد Cr متفاوت است. که همین مقدار درصد Cr تعیین کننده می باشد. به مقدارهای زیر دقت شود:

گروه P-No. 5A درصد آلیاژ Cr برابر است با (Cr = 3 % Max.)

گروه P-No. 5B درصد آلیاژ Cr برابر است با (Cr = 9 % Max.)

گروه P-No. 5C درصد آلیاژ Cr برابر است با (Cr = 3%, + Mo = 1% Max.)

***- مثال-۲: در متریال های P-No. 9A, 9B & 9C درصد Ni متفاوت است. که همین مقدار درصد Ni تعیین کننده می باشد. به مقدارهای زیر دقت شود:

گروه P-No. 9A درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 2.5 % Max.)

گروه P-No. 9B درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 3.5 % Max.)

گروه P-No. 9C درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 4.5 % Max.)

***- مثال-۳: در متریال های P-No. 11A, 11B & 11C درصد Ni متفاوت است. که همین مقدار درصد Ni تعیین کننده می باشد. به مقدارهای زیر دقت شود:

گروه P-No. 11A درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 9 % + Mo = 0.5 % Max.)

گروه P-No. 11B درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 3.5 % + Mo = 0.5 % Max.)

گروه P-No. 11C درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 1 % + Cr = 0.75 % Max.)

***- مثال-۴: در متریال های P-No. 10A, 10B, 10C, 10H, 10I, 10J & 10K درصد Ni, Cr & Mo متفاوت است. که همین مقدار درصد Ni, Cr & Mo تعیین کننده می باشد. به مقدارهای زیر دقت شود:

گروه P-No. 10A درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 0.5 + V % Max.)

گروه P-No. 10B درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 1 + V % Max.)

گروه P-No. 10C درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 0.)

گروه P-No. 10H درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 8 % + Cr = 29 % Max.)

گروه P-No. 10I درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 4 % + Cr = 27 % + Mo = 1 % Max.)

گروه P-No. 10J درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 0 % + Cr = 29 + Mo = 4 % Max.)

گروه P-No. 10K درصد آلیاژ Ni برابر است با (Ni = 3 % + Cr = 29 + Mo = 4 % Max.)

***- آماری از P-No. و Gr.-No. متریال های آهنی (Ferrous)

P-No.-1 & Gr. No. 1, 2, 3 and 4
 P-No.-2 -Deleted
 P-No.-3 & Gr. No. 1, 2 and 3
 P-No.-4 & Gr. No. 1 and 2
 P-No.-5A & Gr. No. 1
 P-No.-5B & Gr. No. 1
 P-No.-5C & Gr. No. 1, 3, 4 and 5
 P-No.-6 & Gr. No. 1, 2, 3 and 4
 P-No.-7 & Gr. No. 1 and 2
 P-No.-8 & Gr. No. 1, 2, 3 and 4
 P-No.-9A & Gr. No. 1
 P-No.-9B & Gr. No. 1
 P-No.-9C & Gr. No. 1
 P-No.-10A & Gr. No. 1
 P-No.-10B & Gr. No. 1
 P-No.-10C & Gr. No. 1
 P-No.-10F & Gr. No. -Deleted
 P-No.-10G & Gr. No. -Deleted
 P-No.-10H & Gr. No. 1
 P-No.-10I & Gr. No. 1
 P-No.-10J & Gr. No. 1
 P-No.-10K & Gr. No. 1
 P-No.-11A & Gr. No. 1, 2, 3, 4 and 5
 P-No.-11B & Gr. No. 1, 2, 3, 4, 8, 9 and 10
 P-No.-11C & Gr. No. 1
 P-No.-15E & Gr. No. 1

■ - Uniform Numbering System (UNS) چیست؟

در کتاب 3. CASTI Guide ASME B31 در مورد UNS No. چنین آمده است:

"سیستم شماره گذاری یکسان"، روش ثابتی برای شناسایی بسیاری از سیستم های نامگذاری آلیاژها که امروزه بوسیله انجمن های تجاری و استفاده کنند های منفرد و تولیدکنندگان آلیاژها و فلزات پذیرفته شده است، را فراهم میکند. بدین ترتیب UNS No. از پراکندگی در اختصاص بیش از یک شماره شناسایی برای یک فلز یا آلیاژ مشابه و بلعکس یا اختصاص یک شماره شناسایی برای دو و یا چند فلز یا آلیاژ متفاوت جلوگیری می کند. این سیستم همچنین یک شکل بودن لازم را برای فهرست کردن مؤثر، نگهداری گزارشات، ذخیره و بازیابی اطلاعات و رجوع مقطعی فراهم می کند. UNS No. یک مشخصه نیست زیرا این سیستم هیچ الزامی را در رابطه با شکل، شرایط خواص مکانیکی یا کیفیت ارائه نمی دهد. (UNS No.) بطور ساده یک سیستم شناسایی برای فلزات و یا آلیاژهایی است که میزان کنترل ترکیب آنها در مشخصات فنی منتشر شده است. استفاده از UNS No. به سرعت در حال افزایش است و امروزه بسیاری از منابع UNS No. در استاندارد B31.3 یافت می شود.

***- لیست (P No.) ها :

List of ASME - P- Numbers and Their Generic Descriptors	
P-No.	Generic Descriptor
P-1	Carbon Steel, Carbon-Manganese Steel, Carbon-Manganese-Silicon Steel فولاد کم کربن - فولاد کربنی منگنز دار - فولاد کربنی منگنز - سیلیسیم
P-2	Wrought Iron (No Longer Used) فولادهای کار شده (دیگر کاربردی ندارد)
P-3	Low Alloy Steel (1 ½% total alloy typically) فولاد کم آلیاژ (مقدار کل آلیاژ ۱/۵ درصد)
P-4	Low Alloy Steel (Cr-Mo typically 1 - 2% Cr, ½% MO) فولاد کم آلیاژ کروم مولیبدن (مولیبدن ۰/۵ درصد و کروم ۱ تا ۲ درصد)
P-5A	Low Alloy Steel (Cr-Mo typically 2 - 3% Cr, ½ - 1 % MO) فولاد کم آلیاژ کروم مولیبدن (مولیبدن ۰/۵ تا ۱ درصد و کروم ۲ تا ۳ درصد)
P-5B	Intermediate Alloy Steel (typically 5 - 10% Cr, 1 % MO) فولاد با آلیاژ متوسط (مولیبدن ۱ درصد و کروم ۵ تا ۱۰ درصد)
P-5C	Low and Intermediate Alloy Steel heat treated to 85 Ksi or higher فولاد کم آلیاژ و آلیاژ متوسط عملیات حرارتی شده با استحکام ۸۵ (کیلو اینچ مربع) یا بیشتر
P-6	Straight Cr, 400 Series, Martensitic Stainless Steel فولادهای ضد زنگ مارتنزیتی سری ۴۰۰ (فقط دارای کروم)
P-7	Straight Cr, 400 Series, Ferritic Stainless Steel فولادهای ضد زنگ فریتی سری ۴۰۰ (فقط دارای کروم)
P-8	Cr-Ni, 200 and 300 Series, Austenitic Stainless Steel فولادهای ضد زنگ آستنیتی کروم - نیکل سری ۳۰۰ و ۲۰۰
P-9A	up to 2½% Ni Steels فولادهای نیکلی تا ۲/۵ درصد نیکل
P-9B	3½% Ni Steels فولادهای نیکلی تا ۳/۵ درصد نیکل
P-9C	4½% Ni Steels فولادهای نیکلی تا ۴/۵ درصد نیکل
P-10A	Mn-V and Mn-½Ni-V Steels فولادهای منگنز - وانادیوم و ۰/۵ درصد نیکل - وانادیوم
P-10B	1Cr-V Steel فولاد ۱ درصد کروم - وانادیوم
P-10C	C-Mn-Si Steel فولاد کربن - منگنز - سیلیسیم
P-10H	Duplex Stainless Steel فولاد ضد زنگ دو فاز (آستنیتی + فریتی) داپلکس
P-10I	Ferritic Stainless Steels فولادهای ضد زنگ فریتی
P-10J	Ferritic Stainless Steels فولادهای ضد زنگ فریتی
P-10K	Ferritic Stainless Steels فولادهای ضد زنگ فریتی

تصویر ۱۳۳ : دسته بندی متریال ها بر اساس P-No. مطابق با استاندارد ASME Sec. IX-2019

List of ASME - P- Numbers and Their Generic Descriptors	
P-No.	Generic Descriptor
P-11A	Heat Treated Low and Intermediate Alloy Steels فولادهای کم آلیاژی و متوسط عملیات حرارتی شده
P-11B	Heat Treated Low and Intermediate Alloy Steels فولادهای کم آلیاژی و متوسط عملیات حرارتی شده
P-21	Commercially Pure Aluminum & Al-Mn Alloys (AA1060, AA1100, AA3003) آلومینیوم خالص و آلیاژهای آلومینیوم - منگنز انواع ۱۰۰، ۱۰۰، ۳۰۰۳
P-22	Al-Mn & Al-Mg Alloys (AA3004, AA5052, AA5154, AA5254, AA5454, AA5652) آلیاژهای آلومینیوم-منگنز و آلومینیوم-منیزیم انواع ۳۰۰۴، ۵۰۵۲، ۵۱۵۴، ۵۲۵۴، ۵۴۵۴، ۵۶۵۲
P-23	Al-Mn & Si Alloys (AA6061, AA6063) آلیاژهای آلومینیوم-منگنز-سیلیسیم انواع ۶۰۶۱، ۶۰۶۳
P-25	Al-Mg Alloys (AA5083, AA5086, AA5456) آلیاژهای آلومینیوم - منیزیم انواع ۵۰۸۳، ۵۰۸۶، ۵۴۵۶
P-31	Cu & Cu Alloys مس و آلیاژهای آن
P-32	Admiralty Brass, Naval Brass, Aluminum Brass, Muntz Metal برنجی که توسط ناوگانها و نیروی دریایی بکار برده می شود - برنج آلومینیوم
P-33	Cu & Si Alloys آلیاژهای مس - سیلیسیم
P-34	Cu & Ni Alloys آلیاژهای مس - نیکل
P-35	Al-Bronze Alloys آلیاژهای برنز - آلومینیوم
P-41	Ni Alloys and Commercially Pure Ni نیکل خالص و آلیاژهای آن
P-42	Ni-Cu Alloys (Monels) آلیاژهای مس-نیکل (مونلها)
P-43	Ni-Cr and Ni-Cr-Mo Alloys (Inconels) آلیاژهای نیکل - کروم و نیکل - کرم - مولیبدن (اینکونلها)
P-44	Mo-Cr-Fe Alloys (Hastelloys) آلیاژهای کروم - مولیبدن - آهن (هستلویها)
P-45	Fe-Ni-Cr-Mo-Cu (Incolloys) آلیاژهای آهن - نیکل - کروم - مولیبدن - مس (اینکولها)
P-46	Ni-Cr-Si Alloys آلیاژهای نیکل - کروم - سیلیسیم
P-47	Ni-Cr-W-Co-Fe-Mo Alloys آلیاژهای نیکل - کروم - تنگستن - کبالت - آهن - مولیبدن
P-51	Ti & Ti Alloys تیتانیوم و آلیاژهای آن
P-52	Ti & Ti Alloys تیتانیوم و آلیاژهای آن

تصویر ۱۳۴ : دسته بندی متریکال ها بر اساس P-No. مطابق با استاندارد ASME Sec. IX-2019

List of ASME - P- Numbers and Their Generic Descriptors	
P-No.	Generic Descriptor
P-53	Ti Alloys آلیاژهای تیتانیوم
P-61	Zr & Zr Alloys زیرکونیوم و آلیاژهای آن
P-62	Zr Alloys آلیاژهای زیرکونیوم
Source: CASTI Guide ASME B31.3	

تصویر ۱۳۵ : دسته بندی متریکال ها بر اساس P-No مطابق با استاندارد ASME Sec. IX-2019

UNS No. برای فلزات و آلیاژهای مختلف، هیجده سری شماره مشخص نموده است. همانطور که در جدول 5.9 تصویر ۱۳۶ نشان داده شده است هر شماره UNS از یک حرف پیشوند و پنج شماره تشکیل شده است، در بیشتر حالات این حرف نشانگر خانواده فلز مشخص شده است. برای مثال حرف "A" برای آلومینیوم "Aluminum" و حرف "S" برای فولادهای زنگ نزن آستنیتی "Stainless Steel" و حرف "P" برای فلزات قیمتی است.

مجموع پنج عدد و یک حرف UNS در واقع توافقی است بین آنهایی که اعتقاد دارند اعداد شناسایی باید تا آنجا که امکان دارد بسیاری از خصوصیات متریکال را نشان دهد و آنهایی که عقیده دارند اعداد باید برای پذیرش و استفاده وسیع، کوتاه و غیره پیچیده باشند.

در میان گروه های معینی از UNS ها بعضی از اعداد، معنی خاصی دارند ولی هر گروه از گروه دیگری مستقل می باشد برای مثال، جایی که امکان پذیر بوده است سیستم های نامگذاری موجود مواد در سیستم UNS جا داده شده اند. یک فولاد کربن استیل که در استاندارد AISI با مشخصه 1020 مشخص شده است در سیستم UNS با مشخصه G10200 مشخص گردیده است.

فلز "برنج" خوش تراش که توسط انجمن توسعه مس با C36000 مشخص شده است در سیستم UNS با C36000 مشخص شده است. یک فولاد زنگ نزن که در استاندارد AISI با مشخصه 316L مشخص شده است در سیستم UNS با S31603 نامگذاری شده است.

شناسایی فلزات پرکننده ی جوشکاری بوسیله ارقام سیستم UNS برای مصارف عمومی صنعتی مورد توجه قرار نگرفته است شاید به این دلیل باشد که سیستم تقسیم بندی موجود در AWS برای اغلب مواد مصرفی جوشکاری به خوبی عمل کرده است.

■ - وضعیت UNS No. در استاندارد ASME Sec. IX-2019

***- پاراگراف QW-420:

اگر UNS Number فلز پایه ای که در لیست موجود نمی باشد با UNS Number فلز پایه ای که در لیست جدول QW/QB-422 موجود می باشد، یکسان باشد آن فلز پایه را باید با همان P-Number و Gr-Number نامگذاری نمود. با اینحال تنها فلزات پایه ی لیست شده در جدول QW/QB-422 که ارقام حداقل استحکام کششی آنها در جدول آورده شده می توانند برای تهیه ی PQR مورد استفاده قرار گیرند.

ارقام داده شده در ستونی از جدول QW/QB-422 که تحت عنوان Minimum Specified Tensile می باشد در واقع ارقام پذیرش برای تستهای کششی PQR های جوشکاری و لحیم کاری می باشند مگر اینکه به صورت دیگری در QW-153 یا QW-153 اجازه داده شده باشد.

متریال های لیست شده در QW/QB-422 که رقم حداقل استحکام کششی مشخصه‌ی آنها نوشته نشده است نباید برای تهیه‌ی PQR هایی که جوش آنها شیاری (Groove Weld) می باشد مورد استفاده قرار گیرند. در سال 2009 میلادی S-Number ها از جدول QW/QB-422 حذف گردیدند. S-Number ها برای متریال هایی که بوسیله استاندارد ASME B31 Code برای Pressure Piping یا استاندارد Boiler Pressure Vessel Code استفاده می شدند نامگذاری شده بودند ولی در لیست مشخصات متریال BPVC-Sec.II-D قرار نداشتند. فلزات پایه ای که قبلاً با S-Number مشخص شده بودند مجدداً با همان P-Number یا P-Number-Gr.-Number نامگذاری شده اند.

متریال هایی که قبلاً با یک P-Number یا S-Number-Gr.-Number نامگذاری شده بودند مجدداً در چاپهای بعدی با P-Number یا P-Number-Gr.-Number دیگری نامگذاری شده اند. PQR ها و تست جوشکاران انجام شده با P-Number ها، S-Number ها با Gr-Number های قبلی می توانند مجدداً با P-Number یا Gr-Number های جدید مورد استفاده قرار گیرند. (به پاراگراف QW-200.2(c) نگاه کنید) مشروط بر آنکه WPS ها مورد تجدید نظر قرار گیرند تا متریال های مورد تأیید برای جوشکاری به P-No., S-No. و همچنین Gr-No های جدیدی که مختص متریال هایی هستند که ابتدا برای تهیه PQR استفاده شده اند، تغییر یابند. سایر متریال ها باید از P-No, S-No, Gr- No های اولیه به همان P-No, S-No, Gr- No های تغییر یافته، تغییر یابند تا طبق WPS تجدید نظر شده برای جوشکاری مورد تأیید قرار گیرند. - لیست تعدادی از متریال های مختلف که دارای یک UNS Number هستند، اما همگی دارای یک P-Number نیز می باشند.

SB-407 (UNS No. N08800) & (P No. 45)
 SB-408 (UNS No. N08800) & (P No. 45)
 SB-409 (UNS No. N08800) & (P No. 45)
 SB-366 (UNS No. N08800) & (P No. 45)
 SB-514 (UNS No. N08800) & (P No. 45)
 SB-515 (UNS No. N08800) & (P No. 45)
 SB-564 (UNS No. N08800) & (P No. 45)

همه متریال های مذکور دارای UNS-No.-N08800 و نیز دارای P-No.45 میباشند.

البته نباید فراموش کرد که ممکن است متریالی دارای شماره UNS No. مشخصی باشد اما با شماره UNS No. های متریالهای لیست شده در استاندارد ASME تطابقی نداشته باشد یعنی آن UNS No. در لیست متریال های موجود در جدول QW-422 استاندارد ASME Sec. IX وجود نداشته باشد، چنانچه PQR بر اساس ASME Sec. IX تهیه شود در چنین وضعیتی برای چنین PQR بایستی از همان متریال استفاده کرد زیرا این متریال طبق تعریف Unassigned است.

Ferrous Metals and Alloys فلزات و آلیاژهای آهنی		Nonferrous Metals and Alloys فلزات و آلیاژهای غیر آهنی	
D00001- D99999	فولادهایی با خواص مکانیکی خاص	A00001- A99999	آلومینیوم و آلیاژهای آلومینیوم
F00001- F99999	چدن ها و فولاد های ریخته گری	C00001- C99999	مس و آلیاژهای مس
G00001- G99999	فولادهای کربنی و آلیاژی استاندارد SAE و AISI	E00001- E99999	آلیاژها و شبه فلزات کمیاب خاکی
H00001- H99999	فولادهای H از استاندارد AISI	L00001- L99999	آلیاژها و فلزات با نقطه ذوب پایین
J00001- J99999	فولادهای ریخته گری باستثنای فولادهای ابزار	M00001- M99999	آلیاژها و فلزات غیر آهنی متفرقه
K00001- K99999	فولادها و آلیاژهای آهنی متفرقه	N00001- N99999	نیکل و آلیاژهای نیکلی
S00001- S99999	فولادهای ضد زنگ مقاوم در برابر خوردگی و حرارت	P00001- P99999	آلیاژها و فلزات گران قیمت
Specialized Metals And Alloys		آلیاژها و فلزات خاص	
W00001- W99999	فیلر متالها و الکترودهای روکش دار و تیوبی (Flux cored) ، که بر اساس ترکیب شیمیایی فلز جوش رسوب یافته کلاس بندی شده اند		
Source: CASTI Guide ASME B31 .3- Table-5.9			

تصویر ۱۳۶: UNS No. برای متریال های مختلف

توجه: متاسفانه در جدول QW-422 تعدادی متریال موجود است که با وجود اینکه UNS-No. آنها یکی است اما P-No. آنها متفاوت است.

توجه: بعضی از متریال ها با وجود یکسان بودن UNS-No. دارای P-No. های مختلفی هستند.

***-مثال-۱: با توجه به اینکه متریال SA-508 دارای آنالیز شیمیایی یکسان می باشد و نیز شکل محصول (Product) هر سه شماره گروپ آن Forgings می باشد ولی با وجود داشتن یک UNS-No. مشترک دارای سه P-No. متفاوت می باشد یعنی:

SA-508, Gr. 4N, Cl.1-UNS No.-K22375-P-No. 11A, Gr. No.-5→ Product Name: Forgings
SA-508, Gr. 4N, Cl.2-UNS No.-K22375-P-No. 11B, Gr. No.-10→ Product Name: Forgings
SA-508, Gr. 4N, Cl.3-UNS No.-K22375-P-No. 3-Gr. No.-3→ Product Name: Forgings

***-مثال-۲: با توجه به اینکه متریال SA-543 دارای آنالیز شیمیایی یکسان می باشد و نیز شکل محصول (Product) هر سه شماره گروپ (Gr. No.) آن Plate می باشد ولی با وجود داشتن یک UNS-No. مشترک دارای سه P-No. متفاوت می باشد یعنی:

SA-543, Gr. B, Cl.1-UNS No.-K42339-P-No. 11A, Gr. No.-5→ Product Name: Plate
SA-543, Gr. B, Cl.1-UNS No.-K42339-P-No. 11B, Gr. No.-10→ Product Name: Plate
SA-543, Gr. B, Cl.1-UNS No.-K42339-P-No. 3-Gr. No.-3→ Product Name: Plate

***-مثال-۳: با توجه به اینکه متریال SA-508 دارای آنالیز شیمیایی یکسان می باشد و نیز شکل محصول (Product) هر دو شماره گروپ (Gr. No.) آن Forgings می باشد ولی با وجود داشتن یک UNS-No. مشترک دارای دو P-No. متفاوت می باشد یعنی:

SA-508, Gr. 5, Cl.1-UNS No.-K42365-P-No. 11A, Gr. No.-5→ Product Name: Forgings
SA-508, Gr. 5, Cl.2-UNS No.-K42365-P-No. 11B, Gr. No.-10→ Product Name: Forgings

به جدول زیر دقت کنید:

ROW	Spec. No.	Alloy, Type or Grade	UNS No.	Min. Specified Tensile, ksi (Mpa)	Welding		Nominal Composition	Product Form
					P-No.	Group No.		
1	A/SA-508	4N, Cl. 1	K22375	105 (725)	11A	5	3.5Ni-1.75Cr-0.5Mo-V	Forgings
	A/SA-508	4N, Cl. 2	K22375	115 (795)	11B	10	3.5Ni-1.75Cr-0.5Mo-V	Forgings
	A/SA-508	4N, Cl. 3	K22375	90 (620)	3	3	3.5Ni-1.75Cr-0.5Mo-V	Forgings
2	A/SA-182	F22, Cl. 1	K21590	60 (415)	5A	1	2.25Cr-1Mo	Forgings
	A/SA-182	F22, Cl. 3	K21590	75 (515)	5A	1	2.25Cr-1Mo	Forgings
	A199	T22	K21590	60 (415)	5A	1	2.25Cr-1Mo	Smls. tube
	A/SA-213	T22	K21590	60 (415)	5A	1	2.25Cr-1Mo	Smls. tube
	A/SA-234	WP22, Cl. 1	K21590	60 (415)	5A	1	2.25Cr-1Mo	Piping fittings
	A/SA-234	WP22, Cl. 2	K21590	75 (515)	5A	1	2.25Cr-1Mo	Piping fittings
	A/SA-250	T22	K21590	60 (415)	5A	1	2.25Cr-1Mo	E.R.W. tube
	A/SA-508	22, Cl. 3	K21590	85 (585)	5C	1	2.25Cr-1Mo	Forgings
	A/SA-542	A, Cl. 1	K21590	105 (725)	5C	4	2.25Cr-1Mo	Plate
	A/SA-542	A, Cl. 2	K21590	115 (795)	5C	5	2.25Cr-1Mo	Plate
	A/SA-542	A, Cl. 3	K21590	95 (655)	5C	3	2.25Cr-1Mo	Plate
	A/SA-542	A, Cl. 4	K21590	85 (585)	5C	1	2.25Cr-1Mo	Plate
	A/SA-542	B, Cl. 1	K21590	105 (725)	5C	4	2.25Cr-1Mo	Plate
	A/SA-542	B, Cl. 2	K21590	115 (795)	5C	5	2.25Cr-1Mo	Plate
	A/SA-542	B, Cl. 3	K21590	95 (655)	5C	3	2.25Cr-1Mo	Plate
	A/SA-542	B, Cl. 4	K21590	85 (585)	5C	1	2.25Cr-1Mo	Plate
3	A/SA-487	Gr. 4, Cl. A	J13047	90 (620)	3	3	0.5Ni-0.5Cr-0.25Mo-V	Castings
	A/SA-487	Gr. 4, Cl. B	J13047	105 (725)	11A	3	0.5Ni-0.5Cr-0.25Mo-V	Castings
	A/SA-487	Gr. 4, Cl. E	J13047	115 (795)	11A	3	0.5Ni-0.5Cr-0.25Mo-V	Castings
4	A/SA-508	5, Cl. 1	K42365	105 (725)	11A	5	3.5Ni-1.75Cr-0.5Mo-V	Forgings
	A/SA-508	5, Cl. 2	K42365	115 (795)	11B	10	3.5Ni-1.75Cr-0.5Mo-V	Forgings
5	A/SA-533	Type A, Cl. 1	K12521	80 (550)	3	3	Mn-0.5Mo	Plate
	A/SA-533	Type A, Cl. 2	K12521	90 (620)	3	3	Mn-0.5Mo	Plate
	A/SA-533	Type A, Cl. 3	K12521	100 (690)	11A	4	Mn-0.5Mo	Plate
	A/SA-672	J100	K12521	100 (690)	11A	4	Mn-0.5Mo	Fusion welded pipe
6	A/SA-533	Type D, Cl. 1	K12529	80 (550)	3	3	Mn-0.5Mo-0.25Ni	Plate
	A/SA-533	Type D, Cl. 2	K12529	90 (620)	3	3	Mn-0.5Mo-0.25Ni	Plate
	A/SA-533	Type D, Cl. 3	K12529	100 (690)	11A	4	Mn-0.5Mo-0.25Ni	Plate
7	A/SA-533	Type C, Cl. 1	K12554	80 (550)	3	3	Mn-0.5Mo-0.75Ni	Plate
	A/SA-533	Type C, Cl. 2	K12554	90 (620)	3	3	Mn-0.5Mo-0.75Ni	Plate
	A/SA-533	Type C, Cl. 3	K12554	100 (690)	11A	4	Mn-0.5Mo-0.75Ni	Plate
	A/SA-533	Type E, Cl. 1	K12554	80 (550)	3	3	Mn-0.5Mo-0.75Ni	Plate
	A/SA-533	Type E, Cl. 2	K12554	90 (620)	3	3	Mn-0.5Mo-0.75Ni	Plate
8	A/SA-541	22, Cl. 3	K21390	85 (585)	5C	1	2.25Cr-1Mo	Forgings
	A/SA-541	22, Cl. 4	K21390	105 (725)	5C	4	2.25Cr-1Mo	Forgings
	A/SA-541	22, Cl. 5	K21390	115 (795)	5C	5	2.25Cr-1Mo	Forgings
	A/SA-541	3VCb	K21390	85 (585)	5C	1	2.25Cr-1Mo	Forgings
	A/SA-739	B22	K21390	75 (515)	5A	1	2.25Cr-1Mo	Bar
9	A/SA-543	B, Cl. 1	K42339	105 (725)	11A	5	3Ni-1.75Cr-0.5Mo	Plate
	A/SA-543	B, Cl. 2	K42339	115 (795)	11B	10	3Ni-1.75Cr-0.5Mo	Plate
	A/SA-543	B, Cl. 3	K42339	90 (620)	3	3	3Ni-1.75Cr-0.5Mo	Plate

تصویر ۱۳۷ : UNS No. برای متریال های مختلف

توجه:

دسته بندی متریال ها در چهار استاندارد متداول بصورت زیر است:

دسته بندی متریال در استانداردهای مختلف			
ASME	P-No.	Group No.	Section IX-Table QW-422
ASTM	S-No.	Group No.	
AWS	M-No.	Group No.	AWS B2.1/B2.1M-BMG
API-650	P-No. 1	Group No. 1, 2 & 3	Para. 9.2.1.3

تصویر ۱۳۸: دسته بندی متریال در استانداردهای مختلف

☀ دسته بندی متریال ها در استاندارد API

در استاندارد API، متریال ها بر اساس مقدار **حداقل استحکام کششی**، Minimum Specified Tensile Strength یا **حداقل استحکام تسلیم** Minimum Specified Yield Strength تقسیم بندی شده اند، بر همین اساس دسته بندی متریال ها در استانداردهای API 650, API 620 براساس حداقل استحکام کششی (MSTS) و در استانداردهای API 1104, API 5L براساس حداقل استحکام تسلیم (MSYS) تقسیم بندی شده اند. این نوع دسته بندی در استاندارد API مرسوم است به موارد زیر دقت فرمایید.

■ دسته بندی متریال ها در استاندارد API 650-2020

در استاندارد API 650 متریال ها مجموعاً به سه دسته تقسیم می شوند و ملاک تقسیم آنها **حداقل استحکام کششی** متریال ها می باشد. همه ی متریال ها با مشخصه ی P1 و با دسته بندی (Group) مطابق زیر انجام شده است:

Group-1: متریال هایی که حداقل استحکام کششی آنها کمتر یا برابر 485 MPa (70Ksi) باشد.

Group-2: متریال هایی که حداقل استحکام کششی آنها $550 \text{ MPa (80Ksi)} > 485 \text{ MPa (70Ksi)}$ باشد.

Group-3: متریال هایی که حداقل استحکام کششی آنها بیشتر یا برابر 550 MPa (80Ksi) باشد.

9.2.1.3 Material specifications listed in Section 4 of this standard but not included in Table QW-422 of Section IX of the ASME Code shall be considered as P-No. 1 material with group numbers assigned as follows according to the minimum tensile strength specified: 14

- a) less than 485 MPa (70 ksi)—Group 1; ←
- b) equal to or greater than 485 MPa (70 ksi) but less than 550 MPa (80 ksi)—Group 2; ←
- c) equal to or greater than 550 MPa (80 ksi)—Group 3. ←

API STANDARD 650

تصویر ۱۳۹: دسته بندی متریال ها در استاندارد API-650-2020

■ دسته بندی متریال ها در استاندارد API 620-2018

6.7.2 Carbon steel materials not listed in Table QW-422 of Section IX of the ASME Code shall be considered as P-Number 1 material with group numbers assigned as follows, according to the minimum tensile strength specified:

- a) $< 70 \text{ kips/in.}^2$ (Group 1);
- b) $\geq 70 \text{ kips/in.}^2$ but $< 80 \text{ kips/in.}^2$ (Group 2);
- c) $\geq 80 \text{ kips/in.}^2$ (Group 3).

API STANDARD 620

تصویر ۱۴۰: دسته بندی متریال ها در استاندارد API-620-2018

دسته بندی متریال ها در استاندارد API 620 با اندک تفاوتی همانند استاندارد API 650 است.

در استاندارد API 620 متریال ها مجموعاً به سه دسته تقسیم می شوند و ملاک تقسیم آنها **حداقل استحکام کششی**

متریال است. همه ی متریال ها با مشخصه ی P1 و دسته بندی (Group) مطابق زیر انجام شده است:

P-1 (Group-1): متریال هایی که حداقل استحکام کششی آنها کمتر یا برابر 70 Kips/in.^2 باشد.

P-1 (Group-2): متریال هایی که حداقل استحکام کششی آنها $70 \text{ Kips/in.}^2 < 80 \text{ Kips/in.}^2$ باشد.

P-1 (Group-3): متریال هایی که حداقل استحکام کششی آنها بیشتر یا برابر 80 Kips/in.^2 باشد.

توجه: استاندارد API 650-2010 واحد حداقل استحکام کششی را (Ksi) قرار داده در صورتی که استاندارد

API 620-2018 واحد حداقل استحکام کششی را (Kips/in.^2) قرار داده حال بررسی کنیم این دو واحد اندازه گیری را

مطابق زیر:

■ - دسته بندی متریال ها در استاندارد API 1104-2018

در استاندارد API 1104 متریال ها مجموعاً به سه دسته تقسیم می شوند و ملاک تقسیم آنها **حداقل استحکام تسلیم**

(SMYS) متریال ها است.

(a) - متریال هایی که حداقل استحکام تسلیم (SMYS) آنها کمتر یا برابر $42,000 \text{ Psi}$ باشد.

(b) - متریال هایی که حداقل استحکام تسلیم (SMYS) آنها بیشتر از $42,000 \text{ Psi}$ اما کمتر از $65,000 \text{ Psi}$ باشد.

(c) - متریال هایی که حداقل استحکام تسلیم (SMYS) آنها بیشتر یا برابر $65,000 \text{ Psi}$ باشد.

5.4.2.2 Base Material

API STANDARD 1104

A change in base material constitutes an essential variable. When welding materials of two separate material groups, the procedure for the higher strength group shall be used. For the purposes of this standard, all materials shall be grouped as follows.

-----> SMYS specified minimum yield strength

- SMYS less than or equal to that of the material specified as API 5L Grade X42;
- SMYS greater than that of the material specified as API 5L Grade X42 but less than that of the material specified as API 5L Grade X65;
- for materials with a SMYS greater than or equal to that of the material specified as API 5L Grade X65, each grade shall receive a separate qualification test.

تصویر ۱۴۱ : دسته بندی متریال ها در API 1104-2018 Para. 5.4.2.2

■ - دسته بندی متریال ها در مشخصات API 5L-2018

SPECIFICATION FOR LINE PIPE

Annex D (normative) Repair welding procedure

API SPECIFICATION 5L

D.2.2 Essential variables

b) pipe material:

- a change in pipe grade category; if different alloying systems are used within one pipe grade category, each alloying composition shall be separately qualified, wherein pipe grade categories are as follows:
 - pipe grade $\leq$ L290 or X42,
 - pipe grade $>$ L290 or X42, and pipe grade $<$ L450 or X65,
 - each pipe grade $\geq$ Grade L450 or X65,

تصویر ۱۴۲ : دسته بندی متریال ها در API 5L-2018-Annex D

در مشخصات API 5L-2018-Annex D متریال ها مجموعاً به سه دسته تقسیم می شوند و ملاک تقسیم آنها **حداقل استحکام تسلیم** متریال ها است.

دسته ی اول: متریال هایی که حداقل استحکام تسلیم آنها کمتر یا برابر (42Ksi) باشد.

دسته ی دوم: متریال هایی که حداقل استحکام تسلیم آنها بیشتر از (42Ksi) اما کمتر از (65 ksi) باشد.

دسته ی سوم: متریال هایی که حداقل استحکام تسلیم آنها بیشتر یا برابر (65 ksi) باشد.

در استاندارد API 5L-2018 همه متریال ها با مشخصاتی همچون L290 یا L450 و یا X42 یا X65 دسته بندی شده اند. بنابراین اعدادی که با حرف L مشخص شده اند نامگذاری آنها بر اساس استاندارد ISO 3183 می باشد که بر اساس حداقل استحکام تسلیم (Yield Strength) دسته بندی شده اند و اعدادی که با حرف X همراه هستند نامگذاری آنها بر اساس استاندارد API 5L می باشد که بر اساس استحکام تسلیم لوله ها مشخص شده اند. لیست کامل گرید لوله های API 5L با حداقل استحکام کششی و حداقل استحکام تسلیم در جدول زیر:

Steel grad API 5L	Yield strength MPa (psi) min.	Tensile strength MPa (psi) min.	Steel grad API 5L	Yield strength MPa (psi) min.	Tensile strength MPa (psi) min.
A25	175 (25 400)	310 (45 000)	X60	415 (60 200)	520 (75 400)
A25P	175 (25 400)	310 (45 000)	X65	450 (65 300)	535 (77 600)
A	210 (30 500)	335 (48 600)	X70	485 (70 300)	570 (82 700)
B	245 (35 500)	415 (60 200)	X80	555 (80 500)	625 (90 600)
X42	290 (42 100)	415 (60 200)	X90	625 (90 600)	695 (100 800)
X46	320 (46 400)	435 (63 100)	X100	690 (100 100)	760 (110 200)
X52	360 (52 200)	460 (66 700)	X120	830 (120 400)	915 (132 700)
X56	390 (56 600)	490 (71 100)			

Source: API 5L

تصویر ۴۳: مشخصات متریال ها در API 5L Annex L, Table L.1-2018

لیست کامل گرید لوله های API 5L-2018 همراه با نامگذاری آنها بر اساس استاندارد ISO 3183 و استاندارد EN 10027-2

Annex L (informative)											
Steel designations											
Table L.1 — List of corresponding additional steel designations (steel numbers) for use in Europe											
API *** Spec 5L	Steel name in accordance with API Spec 5L	Steel name in accordance with EN 10027-2	API *** Spec 5L	Steel name in accordance with API Spec 5L	Steel name in accordance with EN 10027-2	API *** Spec 5L	Steel name in accordance with API Spec 5L	Steel name in accordance with EN 10027-2	API *** Spec 5L	Steel name in accordance with API Spec 5L	Steel name in accordance with EN 10027-2
Steel grades for PSL 1 pipe in Table 4			Steel grades for PSL 2 pipe in Table 5								
A25	L175	1.8700	BR	L245R	1.8788	X52Q	L360Q	1.8741	X52M	L360M	1.8749
A25P	L175P	1.8707	X42R	L290R	1.8789	X56Q	L390Q	1.8740	X56M	L390M	1.8971
A	L210	1.8713	BN	L245N	1.8790	X60Q	L415Q	1.8742	X60M	L415M	1.8752
B	L245	1.8723	X42N	L290N	1.8791	X65Q	L450Q	1.8743	X65M	L450M	1.8754
X42	L290	1.8728	X46N	L320N	1.8792	X70Q	L485Q	1.8744	X70M	L485M	1.8756
X46	L320	1.8729	X52N	L360N	1.8793	X80Q	L555Q	1.8745	X80M	L555M	1.8758
X52	L360	1.8730	X56N	L390N	1.8970	X90Q	L625Q	1.8764	X90M	L625M	1.8753
X56	L390	1.8724	X60N	L415N	1.8736	X100Q	L690Q	1.8765	X100M	L690M	1.8979
X60	L415	1.8725	BQ	L245Q	1.8737	BM	L245M	1.8746	X120M	L830M	1.8755
X65	L450	1.8726	X42Q	L290Q	1.8738	X42M	L290M	1.8747			
X70	L485	1.8727	X46Q	L320Q	1.8739	X46M	L320M	1.8748			

SOURCE: API 5L- Notes *** - addede to this Tsble

تصویر ۴۴: مشخصات متریال ها در API 5L Annex L, Table L.1-2018

Annex L (informative)											
Steel designations											
Table L.1 — List of corresponding additional steel designations (steel numbers) for use in Europe											
API *** Spec 5L	Steel name in accordance with API Spec 5L	Steel name in accordance with EN 10027-2	API *** Spec 5L	Steel name in accordance with API Spec 5L	Steel name in accordance with EN 10027-2	API *** Spec 5L	Steel name in accordance with API Spec 5L	Steel name in accordance with EN 10027-2	API *** Spec 5L	Steel name in accordance with API Spec 5L	Steel name in accordance with EN 10027-2
Steel grades for PSL 2 pipe for sour service in Table H.1						Steel grades for PSL 2 pipe for offshore service in Table J.1					
BNS	L245NS	1.1020	BMS	L245MS	1.8730	BNO	L245NO	1.1040	X80QO	L555QO	1.8776
X42NS	L290NS	1.1021	X42MS	L290MS	1.8731	X42NO	L290NO	1.1041	BMO	L245MO	1.1050
X46NS	L320NS	1.1022	X46MS	L320MS	1.8732	X46NO	L320NO	1.1042	X42MO	L290MO	1.1051
X52NS	L360NS	1.8757	X52MS	L360MS	1.1033	X52NO	L360NO	1.8778	X46MO	L320MO	1.1052
BQS	L245QS	1.1025	X56MS	L390MS	1.1034	BQO	L245QO	1.1045	X52MO	L360MO	1.8781
X42QS	L290QS	1.1026	X60MS	L415MS	1.8766	X42QO	L290QO	1.1046	X56MO	L390MO	1.8782
X46QS	L320QS	1.1027	X65MS	L450MS	1.8767	X46QO	L320QO	1.1047	X60MO	L415MO	1.8783
X52QS	L360QS	1.8759	X70MS	L485MS	1.8768	X52QO	L360QO	1.8771	X65MO	L450MO	1.8784
X56QS	L390QS	1.8760				X56QO	L390QO	1.8772	X70MO	L485MO	1.8785
X60QS	L415QS	1.8761				X60QO	L415QO	1.8773	X80MO	L555MO	1.8786
X65QS	L450QS	1.8762				X65QO	L450QO	1.8774	X90QO	L625QO	1.8777
X70QS	L485QS	1.8763				X70QO	L485QO	1.8775	X100QO	L690QO	1.8779

SOURCE: API 5L- Notes *** - added to this Table

تصویر ۱۴۵: مشخصات متریال ها در API 5L Annex L, Table L.1-2018

☀ دسته بندی متریال ها در استاندارد AWS

دسته بندی متریال ها در استاندارد AWS همانند دسته بندی در استاندارد ASME Section IX می باشد با این تفاوت که متریال ها در استاندارد ASME Section IX تحت عنوان P-No & Gr.No. دسته بندی شده اند اما در استاندارد AWS تحت عنوان M-No. & Gr.No. دسته بندی شده اند.

AWS B2.1 Base Metal Grouping for Welding Procedure and Performance Qualification

Base Metal Grouping

This annex is part of AWS B2.1/B2.1M-BMG:2014, *Base Metal Grouping for Welding Procedure and Performance Qualification*, and includes mandatory elements for use with this standard.

C1. Base Metal Specifications

Table C.1 indexes ASTM, ABS, API, AS, AS/NZS, CSA, AMS, ISO, NACE, and MSS base metals in numerical order to provide ease of reference when determining into what grouping a particular base metal specification falls.

C2. Material Number (M-Number) Groupings

Base metal has been divided into general categories, e.g., Material Numbers (M-Numbers) 1, 1A, 3, 3A, 4, 4A, etc., and further divided into groups within each general category.

The category grouping does not imply that base metals may be substituted for other base metals within the same Material Number (M-Number) without consideration for weldability.

تصویر ۱۴۶: دسته بندی متریال ها در استاندارد AWS B2.1/B2.1M-BMG:2014

مطابق پاراگراف C1 از استاندارد AWS B2.1/B2.1M-BMG:2014 مشخص می شود که در استاندارد AWS از متریال های استانداردهای مختلف از جمله استانداردهای زیر استفاده کرده است.

AAR, ABS, AMS, API, AS, AS/NZS, ASME, ASTM, CSA, ISO, MSS & NACE

AAR: Association of American Railroads

ABS: American Bureau of Shipping

AMS: Aerospace Material Specifications

Table C.1 (Continued) List of Base Metal Specifications – Ferrous Alloys							
Standard	Base Metal Specification	Material Number	Group Number	ISO 15608 Group	Type, Grade, or Alloy Designation	UNS Number	Product Form
Steel and Steel Alloys							
ASTM/ASME	A/SA-841	1	2	1.2	A, Cl. 1	—	Plate
ASTM/ASME	A/SA-841	1	2	1.2	A, Cl. 1	—	Plate
ASTM/ASME	A/SA-841	1	3	1.3	B, Cl. 2	—	Plate
ASTM/ASME	A/SA-841	1	3	1.3	B, Cl. 2	—	Plate
ASTM	A844	11A	1	9.3	—	K81340	Plate
ASTM	A852	11B	11	4.2	—	K12043	Plate
ASTM	A857	1	1	1.1	25	—	Sheet & Strip
ASTM	A857	1	1	1.1	30	—	Sheet & Strip
ASTM	A857	1	1	1.1	33	—	Sheet & Strip
ASTM	A857	1	1	1.1	36	—	Sheet & Strip
ASTM/ASME	A/SA-859	11C	1	3.3	A, Cl. 1	K20747	Forgings
ASTM/ASME	A/SA-859	11C	1	3.3	A, Cl. 2	K20747	Forgings
ASTM	A871	3	2	4.2	60	—	Plate
ASTM	A871	3	3	4.2	65	—	Plate
ASTM	A890	10H	1	10.2	1A	J93370	Castings
ASTM	A890	10H	1	10.2	1B	J93372	Castings
ASTM	A890	10H	1	10.2	1C	J93373	Castings
ASTM	A890	10H	1	10.2	2A	J93345	Castings
ASTM	A890	10H	1	10.2	3A	J93371	Castings
ASTM	A890	10H	1	10.1	4A	J92205	Castings
ASTM	A890	10H	1	10.2	5A	J93404	Castings
ASTM	A890	10H	1	10.2	6A	J93380	Castings
ASTM	A913	1	2	1.2	50	—	Shapes
ASTM	A913	1	3	3.1	60	—	Shapes
ASTM	A913	1	3	3.1	65	—	Shapes
ASTM	A913	1	3	3.1	70	—	Shapes
ASTM	A928	10H	1	10.2	—	S32760	Welded Pipe
ASTM	A928	10H	1	10.1	2205	S32205	Welded Pipe
ASTM	A928	10H	1	10.2	255	S32550	Welded Pipe
ASTM	A935	1	1	1.2	45, Cl. 1	—	Sheet & Strip
ASTM	A935	1	1	1.2	45, Cl. 2	—	Sheet & Strip
ASTM	A935	1	1	1.2	50, Cl. 1	—	Sheet & Strip
ASTM	A935	1	1	1.2	50, Cl. 2	—	Sheet & Strip
ASTM	A935	1	2	1.3	55, Cl. 1	—	Sheet & Strip
ASTM	A935	1	1	1.3	55, Cl. 2	—	Sheet & Strip
ASTM	A935	1	2	11.1	60, Cl. 1	—	Sheet & Strip
ASTM	A935	1	2	1.3	60, Cl. 2	—	Sheet & Strip
ASTM	A935	1	3	11.1	65, Cl. 1	—	Sheet & Strip
ASTM	A935	1	2	1.3	65, Cl. 2	—	Sheet & Strip
ASTM	A935	1	3	11.1	70, Cl. 1	—	Sheet & Strip
ASTM	A935	1	3	1.3	70, Cl. 2	—	Sheet & Strip
ASTM/ASME	A/SA-965	8	1	8.1	F304	S30400	Forgings

تصویر ۱۴۷: دسته بندی متریال های آهنی در استاندارد AWS B2.1/B2.1M-BMG:2014

API: American Petroleum Institute

AS: Australian Standards

AS/NZS: Australian Standards/ New Zealand

ASME: American Society of Mechanical Engineers

Standard	Base Metal Specification	Type, Grade, or Alloy Designation	Material Number	UNS Number	ISO 15608 Group	Product Form
AMS	4914	—	53	R58153	54	Sheet
AMS	4915	—	54	R54810	52	Plate
AMS	4915	—	54	R54810	52	Plate
AMS	4915	—	54	R54810	52	Plate
AMS	4915	—	54	R54810	52	Plate
AMS	4915	—	54	R54810	52	Sheet & Strip
AMS	4919	—	54	R54620	52	Sheet
AMS	4973	—	54	R54810	52	Forgings
AMS	4973	—	54	R54810	52	Forgings
AMS	4975	—	54	R54620	52	Bar
AMS	4976	—	54	R54620	52	Forgings
AMS	5711	—	44	N06635	43	Sheet
ASTM	B21	—	32	C46400	32.2	Rod & Bar
ASTM	B21	—	32	C46400	32.2	Rod & Bar
ASTM	B21	—	32	C46400	32.2	Rod & Bar
ASTM	B21	—	32	C46400	32.2	Shapes
ASTM/ASME	B/SB-26	208.0	26	A02080	25	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	222.0, O	26	A02220	—	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	222.0, T61	26	A02220	—	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	319.0, F	26	A03190	25	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	319.0, T5	26	A03190	25	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	319.0, T6	26	A03190	25	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	328.0, F	26	A03280	25	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	328.0, T6	26	A03280	25	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	356.0, F	26	A03560	24.2	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	356.0, T51	26	A03560	24.2	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	356.0, T6	26	A03560	24.2	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	356.0, T7	26	A03560	24.2	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	356.0, T71	26	A03560	24.2	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	443.0	26	A04430	24.1	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	512.0	26	A05120	23.1	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	514.0	26	A05140	23.1	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	535.0	26	A05350	—	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	705.0, T5	26	A07050	23.2	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	710.0, T5	26	A07100	23.2	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	A356.0, T6	26	A13560	24.2	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	A356.0, T61	26	A13560	24.2	Castings
ASTM/ASME	B/SB-26	B443.0	26	A24430	24.1	Castings
ASTM/ASME	B/SB-42	—	31	C10200	31	Seamless Pipe
ASTM/ASME	B/SB-42	—	31	C10300	31	Seamless Pipe
ASTM/ASME	B/SB-42	—	31	C10800	31	Seamless Pipe
ASTM/ASME	B/SB-42	—	31	C12000	31	Seamless Pipe
ASTM/ASME	B/SB-42	—	31	C12200	31	Seamless Pipe
ASTM/ASME	B/SB-43	—	32	C23000	32.1	Seamless Pipe

تصویر ۱۴۸: دسته بندی متريال های غير آهنی در استاندارد AWS B2.1/B2.1M-BMG:2014

ASTM: American Society for Testing Materials

CSA: Canadian Standards Association

ISO: International Standards Organization or International Organization for Standardization

MSS: Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry

NACE: National Association of Corrosion Engineers

Table C.2
M-Number Listing of Base Metals—Ferrous Alloys (see C.1, I2.2.1, and I3)

Material Number	Group Number	ISO 15608 Group	Standard	Base Metal Specification	Type, Grade, or Alloy Designation	UNS Number	Thickness or Diameter Limitations, in [mm]	Minimum Tensile/Yield Strength, ksi [MPa]	Product Form	Nominal Composition
Steel and Steel Alloys										
1	1	11.1	AAR	M201	A	—		60/30 [415/205]	Castings	C-Mn-Si
1	1	1.1	ASTM	A1018	SS 40	—		55/40 [380/275]	Sheet & Strip	C
1	1	1.1	ABS	ABS	A	K02300		58/34 [400/235]	Plate, Bar, & Shapes	C
1	1	1.2	ABS	ABS	AH32	K11846		64/46 [440/315]	Plate, Bar, & Shapes	C-Mn-Si
1	1	1.1	ABS	ABS	B	K02102		58/34 [400/235]	Plate, Bar, & Shapes	C
1	1	1.1	ABS	ABS	D	K02101		58/34 [400/235]	Plate, Bar, & Shapes	C-Si
1	1	1.2	ABS	ABS	DH32	K11846		64/46 [440/315]	Plate, Bar, & Shapes	C-Mn-Si
1	1	1.1	ABS	ABS	E	K01801		58/34 [400/235]	Plate, Bar, & Shapes	C-Si
1	1	1.2	ABS	ABS	EH32	K11846		64/46 [440/315]	Plate, Bar, & Shapes	C-Mn-Si
1	1	1.2	ABS	ABS	FH32	K11846		64/46 [440/315]	Plate, Bar, & Shapes	C-Mn-Si
1	1	1.2	API	2H	42	—		62/42 [425/290]	Plate	C-Mn
1	1	1.2	API	2MT1	50	—		65/50 [450/345]	Plate	C-Mn
1	1	1.2	API	2W	50	—		65/50 [450/345]	Plate	C-Mn
1	1	1.2	API	2Y	42	—		62/42 [425/290]	Plate	C-Mn
1	1	1.2	API	2Y	50	—		65/50 [450/345]	Plate	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	A	—		49/30 [340/205]	Seamless & Welded Pipe	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	A25	—		45/25 [310/175]	Seamless & Welded Pipe	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	A25, Cl. I	—		45/25 [310/170]	Seamless & Wld. Pipe & Tube	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	A25, Cl. II	—		45/25 [310/170]	Seamless & Wld. Pipe & Tube	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	A25P	—		45/25 [310/175]	Seamless & Welded Pipe	C-Mn
1	1	11.1	API	5L	B	—		60/35 [415/240]	Seamless & Welded Pipe	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	BM	—		60/35 [415/240]	Welded Pipe	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	BMO	—		60/35 [415/240]	Welded Pipe	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	BMS	—		60/35 [415/240]	Welded Pipe	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	BN	—		60/35 [415/240]	Seamless & Welded Pipe	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	BNO	—		60/35 [415/240]	Seamless & Welded Pipe	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	BNS	—		60/35 [415/240]	Seamless & Welded Pipe	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	BQ	—		60/35 [415/240]	Seamless & Welded Pipe	C-Mn
1	1	1.1	API	5L	BQO	—		60/35 [415/240]	Seamless & Welded Pipe	C-Mn

Table C.2 (Continued)
M-Number Listing of Base Metals—Nonferrous Alloys (see C.1, I2.2.1, and I3)

Material Number	Group Number	ISO 15608 Group	Standard	Base Metal Specification	Type, Grade, or Alloy Designation	UNS Number	Thickness or Diameter Limitations, in [mm]	Minimum Tensile/Yield Strength, ksi [MPa]	Product Form	Nominal Composition
Aluminum and Aluminum Base Alloys										
21	21		ASTM	B491	1050	A91050		8/2.5 [55/17]	Extruded Tube	99.5Al-Fe
21	21		ASTM	B491	1100	A91100		11/3 [76/21]	Extruded Tube	99.0Al-Cu
21	21		ASTM	B491	1200	A91200		11/9.5 [76/66]	Extruded Tube	99.0Al-Si-Fe
21	21		ASTM	B491	1235	A91235		9/3 [62/21]	Extruded Tube	99.5Al-Fe
21	22.1		ASTM	B491	3003	A93003		14/5 [97/34]	Extruded Tube	Al-Mn-Cu
21	22.1		ASTM	B491	3102	A93102		11/3.5 [76/24]	Extruded Tube	Al-0.3Mg
21	21		ASTM	B547	1100	A91100		11/3.5 [76/24]	Welded Tube	99.0Al-Cu
21	22.1		ASTM	B547	3003	A93003		14/5 [97/34]	Welded Tube	Al-Mn-Cu
21	22.2		ASTM	B547	5050	A95050		18/6 [125/41]	Welded Tube	Al-1.5Mg
21	—		ASTM	B547	Alclad 3003	A83003		13/4.5 [90/31]	Welded Tube	Al-Mn-Cu
21	21		ASTM	B609	1350	A91350		8.5/- [59/-]	Wire	99.50Al
22	22.2		ASTM/ASME	B/SB-209	3004	A93004		22/8.5 [150/59]	Plate & Sheet	Al-Mn-Mg
22	22.2		ASTM/ASME	B/SB-209	3005	A93005		17/6.5 [115/45]	Plate & Sheet	Al-Mn-Mg
22	22.2		ASTM/ASME	B/SB-209	3105	A93105		14/5 [97/34]	Plate & Sheet	Al-Mn-Mg
22	22.2		ASTM/ASME	B/SB-209	5005	A95005		15/5 [105/34]	Plate & Sheet	Al-1.5Mg
22	22.2		ASTM/ASME	B/SB-209	5010	A95010		15/5 [105/34]	Plate & Sheet	Al-0.4Mg-0.2Mn
22	22.3		ASTM/ASME	B/SB-209	5052	A95052		25/9.5 [170/66]	Plate & Sheet	Al-2.5Mg
22	22.4		ASTM/ASME	B/SB-209	5154	A95154		30/11 [205/76]	Plate & Sheet	Al-3.5Mg
22	22.3		ASTM/ASME	B/SB-209	5252	A95252		25/9.5 [170/66]	Plate & Sheet	Al-2.5Mg
22	22.4		ASTM/ASME	B/SB-209	5254	A95254		30/11 [205/76]	Plate & Sheet	Al-3.5Mg
22	22.3		ASTM/ASME	B/SB-209	5454	A95454		31/12 [215/83]	Plate & Sheet	Al-2.7Mg-Mn
22	22.2		ASTM/ASME	B/SB-209	5457	A95457		16/- [110/-]	Plate & Sheet	Al-1Mg-0.3Mn
22	22.3		ASTM/ASME	B/SB-209	5652	A95652		25/9.5 [170/66]	Plate & Sheet	Al-2.5Mg
22	—		ASTM/ASME	B/SB-209	Alclad 3004	—	≥0.5 [≥13]	22/8.5 [150/59]	Plate & Sheet	Al-Mn-Mg
22	—		ASTM/ASME	B/SB-209	Alclad 3004	—	<0.5 [≤13]	21/8 [145/55]	Plate & Sheet	Al-Mn-Mg
22	—		ASTM/ASME	B/SB-209	Alclad 3004	—	>0.05 and <0.5 [≥1.3 and <13]	21/8 [145/55]	Plate & Sheet	Al-Mn-Mg
22	—		ASTM/ASME	B/SB-209	Alclad 3004	—	≥0.5 and ≤3 [≥13 and ≤76]	22/8.5 [150/59]	Plate & Sheet	Al-Mn-Mg

تصویر ۱۴۹: گزیده ای از مشخصات متريال های آهنی و غیر آهنی در AWS B2.1/B2.1M-BMG:2014

(۱۱) - وضعیت گاز محافظ پشت بند (Back Purging)

■ - چگونگی نیاز متریال های (Cr,Mo) به گاز محافظ پاس ریشه (پرچ) در هنگام جوشکاری این سوالی است که برای بسیاری از افراد پیش می آید. برای جواب این پرسش به استاندارد AWS D10.8 Para. 4.2 رجوع می کنیم:

***- پاراگراف 4.2- در چنین حالت هایی پاس ریشه را با استفاده از فرآیند GTAW یا GMAW و بدون رینگ پشت بند می توان جوشکاری نمود.

برای جوشکاری پاس ریشه فولادهای (Cr-Mo) دو راهکار وجود دارد که عبارتند از:

(1)- پرچ کردن گاز محافظ در درون لوله برای پیشگیری از اکسیداسیون اتصالات فولاد های (Cr-Mo) در حین جوشکاری

با وجودی که قاعده‌ی ثابتی وجود ندارد عملیات زیر که براساس ترکیب شیمیایی فلز پرکننده می باشند انتخاب می گردد.

فیلر با کمتر از 4 % کروم به پرچ درون لوله نیازی نیست.

فیلر با 4 - 6 % کروم برخی مواقع (برحسب الزامات سرویس) نیاز است پرچ شود.

فیلر با بیشتر از 6 % کروم همیشه باید پرچ گردد.

(2)- برای جوشکاری اتصالات فولادهایی که تا $2\frac{1}{4}$ Cr-Mo دارند بعضی سازندگان اروپایی از الکترودهای روکش دار روتیلی برای پاس ریشه بطور موفقیت آمیزی استفاده نموده اند. از آنجا که این الکترودها کم هیدروژن نیستند پیشگرمی کافی اهمیت زیادی پیدا می کند چنین الکترودهایی در طی دهه‌ی 1950 در ایالت متحده از نظر اقتصادی قابل تهیه بوده اند و بوسیله AWS با نام E8013-B2 و E9013-B3 تقسیم بندی شده اند.

■ - محدوده‌ی درصد کروم هر فولادی که نیاز به گاز محافظ پشت بند دارد مطابق با API-RP-582 در استاندارد API-RP-582 مطابق پاراگراف 7.3 چنانچه درصد کروم متریالی از $2\frac{1}{4}$ بیشتر باشد جوشکاری آن متریال با روش GTAW یا GMAW نیاز به گاز محافظ پشت بند دارد.

7 Shielding and Purging Gases

API RECOMMENDED PRACTICE 582

7.3 Back purging is required for the GTAW and GMAW processes for welding materials having a nominal chromium content greater than $2\frac{1}{4}$ %, unless the joint is ground or back gouged to sound metal. For GMAW-S variations, see 5.2.3 e).

تصویر ۱۵۰: معرفی درصد کروم که به گاز محافظ پشت بند نیاز دارد در استاندارد API RP 582-2016

محافظت از پاس ریشه در جوشهایی که به گاز پرچ نیاز دارند در صنعت بسیار حائز اهمیت است پاس ریشه در متریال استنلس استیل حتماً باید با گاز محافظ پشتی (Backing gas) محافظت شود در غیر این صورت سطح داخلی پاس ریشه اکسید می شود.

بنابراین جنس متریال های استنلس استیل (فولادهای زنگ نزن) و متریال های نیکلی و آلیاژهای کبالت، و همچنین متریال های تیتانیوم، زیرکونیوم، هافنیوم، تانتالیوم و کولومبیوم به گاز محافظ پشتی برای محافظت از پاس ریشه احتیاج دارند.

نکته‌ی مهم:

طرح یک سؤال ضروری، در اینجا مطرح می شود. چرا در متریال های استنلس استیل حذف گاز محافظ پشتی (Back Gas) جزء متغیرات غیر اساسی است اما در متریال های تیتانیوم و زیرکونیوم جزء متغیرات اساسی است در حالی که عدم وجود گاز محافظ پشتی (Back Gas) در هر دو مورد باعث اکسیداسیون پاس ریشه می شود؟

جواب: دلیل اینکه گاز محافظ پشتی (Back Gas) برای متریال های تیتانیوم و زیرکونیوم و P-No.10I, J & K و جوشهای شیری در متریال های P-No.4X جزء متغیرات اساسی می باشد اینست که این متریال ها در اثر قرار گرفتن در معرض اکسیژن و نیتروژن موجود در اتمسفر، و نفوذ آنها و اکسید شدن داخلی این عناصر، آنها به شدت تُرد می شوند، حتی چنانچه سطح ریشه‌ی جوش این متریال ها بوسیله سنگ زنی بر طرف شوند، مجدداً فلز جوش و فلز مبنا تُرد و بلا مصرف خواهد بود.

اما در متریال های P-No.8 این طور نیست. شما می توانید ریشه‌ی جوش را با سنگ زدن بردارید و دوباره جوشکاری نمایید حتی چنانچه سطح ریشه‌ی جوش به شدت اکسید شده باشد زیرا فولاد هنوز داکتیل (انعطاف پذیر) خواهد بود.

لطفأً به پاس ریشه یک جوش استنلس استیل که عملیات پرچینگ و گاز محافظ برای پاس ریشه‌ی آن در نظر گرفته نشده است یا بطور نامناسب انجام شده است، دقت فرمایید:



تصویر ۱۵۱: وضعیت جوش پاس ریشه بدون عملیات پرچینگ

آماده سازی لوله برای پرچ گاز محافظ داخل لوله با روشهای معمول در پروژه های صنعتی بسیار وقت گیر است و برخی مواقع از کاغذهای نامناسب استفاده می شود که در آب حل نمی شوند (مثل کاغذهای الگو در خیاطی) و ممکن است در هنگام تست هیدرو استاتیک با مشکلاتی مواجه شوند اما در صنایع پیشرفته از کاغذ های پرچ آماده شده برای سائزهای مختلف استفاده می شود که از مزایای آنها این است که هم در آب حل می شوند (Absorb) هم نصب آنها هنگام استفاده بسیار راحت و ساده است که از نظر زمانی بسیار با صرفه است .

امیدواریم ما هم در صنایع کشورمان از این نوع کاغذ های پرچ استفاده نماییم که مطمئناً در کیفیت جوشها مؤثر می باشند. لطفأً به تصویر ۱۵۲ دقت فرمایید:

E-Z PURGE

Sizes: 2" - 72" (51-1829mm)

Pre-Formed, Self Adhesive Water Soluble Purge Dams
Revolutionizing the Way TIG Purging is Done

*Don't waste labour hours
on preparation:*

- Gathering supplies
- Constructing
- Measuring
- Fitting
- Cutting

When you can:

- Peel, Insert & Press
- Start welding faster
- Save time on labor
- Get ahead of schedule
- Maximize your savings



How it works



1 Peel liner to
expose adhesive



2 Insert E-Z Purge
dam inside pipe



3 Press tape along
circumference of pipe wall

Your purge dam is complete in less than a minute!

تصویر ۱۵۲: نمونه‌ی کاغذ پرچ برای سایزهای مختلف لوله

(۱۲) - شرایط بازرسی و بازرسی در استانداردهای مختلف

☀ - بازرسی در استاندارد ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

■ - بازرسی و آزمایشات UG-90-INSPECTION AND TESTS

*** - پاراگراف UG-90 : کلیات

(a) - بازرسی و آزمایشات مخازن تحت فشار که با علامت و نشانه‌ی U مشخص شده اند و آزمایش مخازنی که با علامت و نشانه‌ی UM مشخص شده اند بایستی مطابق با الزامات کلی پاراگراف های زیر و نیز الزامات مشخص شده مربوط به بازرسی و آزمایش در بخش های قابل کاربرد در زیر مجموعه B و C انجام گیرد.

(b) - سازنده، مسئولیت ایجاد تضمین مبنی بر اینکه کنترل کیفیت، آزمایشات کامل و تست های مورد نیاز گد در این بخش انجام شده است را بر عهده دارد. سازنده باید وظایف مشخص شده خود را انجام دهد. UG-92 و 10-15 را ببینید. برخی از این مسئولیتها (البته همه‌ی مسئولیت ها ذکر نشده اند) بعنوان مقررات قابل کاربرد بصورت خلاصه بشرح ذیل بیان می گردند.

(1)- گواهی معتبر از کمیته‌ی مخازن تحت فشار و بویلر ASME BPVC مبنی بر اجازه‌ی سازنده برای ساخت انواع مخازنی که قرار است ساخته شوند. [UG-117(a)]

(2)- نقشه ها و محاسبات طراحی برای مخازن یا اجزاء آنها; [10-5 and 10-15(d)]

(3)- شناسایی کلیه‌ی متریال های مورد استفاده در ساخت مخزن یا اجزاء آنها; (UG-93)

(4)- تأمین داده ها و اطلاعات جزئی; [UG-120(c)]

(5)- امکان دسترسی برای بازرسی مطابق با; UG-92 and 10-15

(6)- آزمایش کلیه‌ی متریال ها قبل از ساخت برای اطمینان از اینکه آنها ضخامت طراحی مورد نیاز را دارند و نیز برای اطمینان از مشخص شدن عیوب [UG-93(d)] و نیز اینکه کلیه‌ی متریال ها مطابق با این بخش (UG-4) مجاز باشند و همچنین متریال هایی که نگهداری (UG-93) می شوند، جهت شناسایی آنها قابل ردیابی باشند (UG-77).

(7)- مستند سازی آزمایشات ضربه وقتی که چنین آزمایشی مورد نیاز است.

(UF-5, UCS-66, UHA-51, UHT-6, and ULT-5);

(8)- موافقت بازرسی قبل از انجام هرگونه تعمیر بر روی فلز پایه; (UG-78 and UF-37)

(9)- آزمایش قسمت‌های بدنه Shell و کلگی Head برای تایید اینکه شکل دهی آنها مطابق شکل های مشخص شده در تلورانس های مجاز، انجام شده باشد. (UG-79, UG-80, UG-81, UF-27, and UF-29)

(10)- تایید دستورالعمل جوشکاری و یا لحیم کاری قبل از اینکه در ساخت مورد استفاده قرار گیرند.

[UG-84(h), UW-28(b), and UB-31];

(11)- تایید جوشکار یا اپراتور جوشکاری و لحیم کار قبل از اینکه جوشکار یا لحیم کار، کار تولیدی را شروع نماید.

(UW-29, UW-48, UB-32, and UB-43);

(12)- قبل از متصل کردن قسمت‌ها (به همدیگر)، آزمایش و بازرسی کلیه‌ی قسمت‌ها انجام گردد تا اطمینان حاصل شود که همه‌ی قسمت ها برای جوشکاری یا لحیم کاری بطور مناسب مونتاژ شده اند و نیز سطوحی که باید متصل گردند تمیز شده اند و تلورانس های هم تراز نیز رعایت شده اند. (UW-31, UW-32, UW-33, and UB-17)

(13)- آزمایش قسمت های مختلف هنگام فرآیند ساخت و نیز هنگام علامت گذاری متریال (UG-94) مبنی بر اینکه هیچگونه عیبی (UG-95) مشاهده نگردید و نیز ابعاد هندسی رعایت شده. (UG-96 and UF-30)

(14)- الزام کنترل برای اطمینان از اینکه همه‌ی عملیات های حرارتی مورد نیاز انجام شده است.

(UW-2, UW-10, UG-85, UF-31, and 10-11);

(15) - الزام ثبت آزمایشهای غیر مخرب انجام شده بر روی مخزن و قسمتهای مختلف آن، این الزام چنانچه رادیوگرافی

انجام شده است بایستی شامل حفظ و نگهداری فیلم های رادیوگرافی نیز می گردد. (UW-51, UW-52, and 10-10)

(16) - انجام دادن تستهای هیدرواستاتیک و نیوماتیک مورد نیاز و در طول انجام این تستها بازرسی مورد نیاز بایستی

انجام گردد. (UG-99, UG-100, UG-101, and UW-50)

(17) - بکار بردن استامپینگ (Stamping) (نشان زدن مثل شکل زیر) و یا پلاک مشخصات (Nameplate) مورد

نیاز برای مخزن و نیز ایجاد اطمینان از اینکه آنها برای مخزن مناسب مورد استفاده قرار گرفته اند.

(UG-116, UG-118, and UG-119);

(18) - تهیه گزارش اطلاعات و داده های سازنده که بوسیله بازرس تایید شده است. (UG-120)

(19) - الزام به نگهداری گزارشات آزمایش رادیوگرافی (UW-51) و التراسونیک (4-12) و گزارشات داده های سازنده

(UG-120) و دیگر مستندات که بوسیله این بخش (10-13) مورد نیاز است.

(c) - زیر را ببینید:

(1) بازرس باید همه ی بازرسی های مشخص شده و مورد نیاز خود را بعلاوه بازرسی های دیگری که او معتقد است

برای تاییدیه ضروری می باشند را انجام دهد تا همه ی مخازنی را که طراحی و ساخت آنها مطابق با الزامات این بخش

هستند او اجازه داشته باشد با علامت تعریف شده استامپ و تایید نماید. برخی از بازرسی ها (البته همه ذکر نشده اند) که

به عنوان مقررات کار مشخص شده اند به شرح ذیل بیان می گردند:

(a) بررسی شود که سازنده مجوز معتبر دارد [UG-117(a)] و مطابق با سیستم کنترل کیفیت کار می کند. [UG-117(e)]

(b) بررسی شود که محاسبات طراحی قابل کاربرد در دسترس می باشد. [U-2(b), U-2(c), 10-5, and 10-15(d)]

(c) بررسی شود که متریال های مورد استفاده در ساخت مخزن با الزامات (UG-4) تا (UG-93) مطابقت دارد.

(d) بررسی شود که همه ی دستورالعمل های جوشکاری و لحیم کاری تایید شده اند. (UW-28, UW-47, and UB-42)

(e) بررسی شود که همه ی جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و لحیم کاری تایید شده اند.

(UW-29, UW-48, and UB-43);

(f) بررسی شود که عملیات حرارتی شامل PWHT انجام شده است. (UG-85, UW-10, UW-40, UW-49, and UF-52)

(g) بررسی شود که عیوب متریال بوسیله ی جوشکاری تعمیر شده اند و تعمیر انجام شده قابل قبول است.

[UG-78, UW-52(d)(2)(-c), UF-37, and UF-47(c)];

(h) بررسی شود که عیوب جوش بطور قابل قبول تعمیر شده اند. [UW-51(a) and UW-52(c)]

(i) بررسی شود که آزمایشات غیر مخرب مورد نیاز، آزمایش ضربه و دیگر آزمایشات انجام شده است و نتایج آنها

قابل قبول می باشد. (UG-84, UG-93, UW-50, UW-51, UW-52, and UB-44)

(j) بازرسی چشمی از مخزن انجام گردد تا مشخص شود اعداد شناسایی متریال بطور مناسب انتقال یافته اند.

(UG-77 and UG-94);

(k) بازرسی چشمی از مخزن انجام گردد تا مشخص شود هیچگونه عیوب ابعادی در متریال وجود ندارد.

(UG-95, UG-96, and UG-97);

(l) بازرسی های درونی و بیرونی انجام شود و آزمایش های هیدرواستاتیک و نیوماتیک بررسی شوند.

(UG-96, UG-97, UG-99, UG-100, and UG-101);

(m) بررسی شود که علامت گذاری مورد نیاز انجام شده است (UG-115) و هر پلاک اسم (Nameplate) به

مخزن مناسب خود متصل شده است.

(n) وقتی مخزن بطور مناسب مطابق با کلیه الزامات این بخش ساخته شده است گواهی بازرسی مربوط به گزارشات داده های سازنده امضاء شود. وقتی بازرس، گزارشات سازنده را تایید نماید این به منزله ای است که بازرس آنها را قبول و تایید نموده است. این تاییدیه بمنزله ای تایید همه ی مسئولیت های سازنده نمی باشد.

(2) چنانچه مخازن تحت فشار بصورت تولید انبوه ساخته شوند، برای بازرس مقدور نمی باشد که همه ی وظایف مورد نیاز خود را انجام دهد در این صورت سازنده بایستی با همکاری بازرس یک دستورالعمل کنترل کیفیت جامع که الزامات این بخش را برآورده می نماید تهیه کند. این دستورالعمل باید تایید شود و مطابق با Mandatory Appendix 35 انجام شود.

■ - بازرس UG-91 - THE INSPECTOR

***- پاراگراف UG-91 (THE INSPECTOR) : بازرس

(a) - تمام اشاره ها به کلمه بازرس ها در سرتاسر این قسمت یعنی بازرس مجاز، همانگونه که در این پاراگراف مشخص شده است. همه ی بازرسی های مورد نیاز این قسمت از بخش VIII بایستی:

(1) بازرسی باید بوسیله ی یک بازرس که در استخدام سازمان بازرسی مجاز و معتبر باشد و توسط ASME اعتبار گذاری شده است،³⁵ انجام گیرد.

(Note-35) هر کجا در این کد از نماینده (سازمان) مجاز بازرسی (AIA-Authorized Inspection Agency) استفاده شده است، آن بایستی به معنی نماینده (سازمان) معتبری که توسط ASME مطابق با آخرین ویرایش الزامات ASME QAI-1 برای انجام بازرسی مجاز و معتبر شناخته شده است، باشد. بطور مثال سازمان بازرسی یک ایالت یا یک شهر از ایالت متحده ی امریکا، یا ایالت کانادایی یا یک شرکت بیمه که مجاز به ثبت بیمه مخازن تحت فشار و بویلر است مگر اینکه :

(2) در صورتی که سازنده، کالا را بطور مستقیم به خریدار تحویل می دهد ممکن است بازرسی بوسیله بازرس خریدار انجام گردد. منظور از تحویل مخزن در واقع خرید مستقیم خریدار از سازنده می باشد و شرکت یا سازمان واسطه ای بعنوان فروش مجدد وجود ندارد.

به استثنای آنچه که در شماره (2) بالا مجاز می باشد، بازرس نباید در استخدام سازنده باشد. همه ی بازرسان باید بوسیله ی یک آزمون مدون تحت قوانین هر ایالت از امریکا یا ایالت کانادا که با کد مطابقت دارد تایید شوند.

(b) - بعلاوه وظایف مشخص شده، بازرس موظف است سیستم کنترل کیفیت سازندگان را همانگونه که در ضمیمه الزامی (اجباری) Mandatory Appendix 10 مورد نیاز می باشد را پایش نماید.

■ - UG-92 - ACCESS FOR INSPECTOR

***- پاراگراف UG-92 امکان دسترسی برای بازرس

وقتی از طرف بازرسی درخواست می شود، سازنده مخزن باید دسترسی آزاد به بخشهای مختلف تجهیزات که مربوط به تهیه و ساخت مخزن می باشد را برای بازرس فراهم نماید. بازرس باید در تمام زمانها (هر زمان) به کلیه بخشهای کارگاه ساخت مخزن و نیز نصب و مونتاژ مخزن در سایت و نیز تست ها و آزمایشات مخزن دسترسی آزاد داشته باشد. سازنده باید هر زمانی که مخزن برای هرگونه تست یا بازرسی مورد نیاز آماده است، بازرس را فوراً مطلع نماید. همچنین بایستی پیشرفت کار را به اطلاع بازرس برساند.

■ - UG-93 - INSPECTION OF MATERIALS

(a) - مگر اینکه در پاراگراف های UG-4(b), UG-10, UG-11, or UG-15 بطور دیگری مشخص شده باشد، الزامات پذیرش متریال های تهیه شده توسط سازندگان یا تهیه کنندگان متریال بایستی بطور کامل مطابق با مشخصات متریال ها در بخش II و بشرح ذیل باشد:

(1) برای ورق ها، سازنده‌ی مخزن باید تضمین نماید که کلیه‌ی الزامات مشخصات متریال و نیز کلیه‌ی الزامات اساسی این قسمت که بوسیله سازندگان متریال ها انجام گرفته اند مطابقت دارد. سازندگان این کار را بایستی با بدست آوردن گواهی تطبیق یا گواهی تست متریال (MTR-Material Test Reports) انجام دهند. بازرسی بایستی مطابقت مستندات ارائه شده با الزامات مشخصات متریال را مشخص نماید.

(a-) این مستندات بایستی شامل نتایج کلیه‌ی آزمایشات و تست های مورد نیاز، گواهی تطبیق با مشخصات متریال ها و نیز الزامات مورد نیاز همانگونه که کاربرد دارند، باشند. وقتی الزامات خاص مشخصات با تأخیر تکمیل می شوند بایستی موارد ناقص را در مستندات متریال ذکر نمود. وقتی این الزامات خاص بوسیله شخص دیگری بغیر از سازنده متریال تکمیل می شوند، بایستی آنها را مستند سازی و به مدارک متریال پیوست نمود.

(b-) سازنده‌ی مخزن بایستی یک کپی از گزارشات تست یا گزارشاتی که توسط سازنده‌ی متریال آماده می شود یا بوسیله سازنده متریال یا هر پردازشگر بعدی که مسئول اطلاعات است، آماده می گردد را دریافت نماید و آنرا بعنوان بخشی از مدارک ساخت نگهدارد.

(2) برای انواع دیگر فرمهای تولید،

(a-) متریال باید هنگامی که با مشخصات متریال مطابقت دارد، بوسیله سازنده تایید شود. چنانچه مشخصات متریال برای علامت گذاری هر قطعه با مشخصه های تعیین شده شامل گرید، تایپ، کلاس تهیه شده اند باید آنها را خوب مارک نمود.

(b-) اگر گزارش تست یک متریال بوسیله سازنده متریال تهیه شود، سازنده ممکن است اطلاعات متریال های تولید شده را توسط ارگانی دیگر منتقل کند به شرطی که او (سازنده) مسئولیت صحت و اعتبار و سندیت آن اطلاعات را قبول کند و بپذیرد.

(3) اگر مشخصات متریال برای علامت گذاری هر قطعه همانگونه که در بالا (2) تعریف شده است، بکار برده نمی شود متریال هنگامی که با مشخصات متریال مطابقت دارد باید تایید شود بشرطی که الزامات زیر رعایت شوند:

(a-) هر مجموعه، بار یا کانتینرهای بارگیری توسط سازنده‌ی متریال یا تهیه کننده متریال با علائم مشخص شده شامل گرید، تایپ، کلاس علامت گذاری شوند.

(b-) جابجایی یا انبارش (نگهداری) متریال باید توسط سازنده‌ی مخزن در سیستم کنترل کیفیت مستند سازی شود بطوریکه بازرسی بتواند تشخیص دهد که آن همان متریال مشخص شده در بالا (a-) می باشد. ردیابی دسته بندی خاص، بار یا سفارش مورد نیاز نمی باشد. ردیابی فقط برای مشخصات متریال و گرید، تایپ، کلاس مورد نیاز می باشد. چنانچه کاربردی داشته باشد.

(4) برای لوله یا تیوب که طول آن برای علامت گذاری کامل مطابق با مشخصات متریال مناسب نمی باشد، یا مطابق با بالا تهیه نشده است، متریال چنانچه مطابق با مشخصات متریال باشد باید تایید گردد بشرطی که شرایط زیر رعایت گردد.

(a-) برای هر قطعه از لوله یا تیوب توسط سازنده متریال یا تهیه کننده متریال علامت گذاری رمزی بکار برده شود. و:

(b-) توسط سازنده متریال یا تهیه کننده متریال علامت گذاری رمزی بکار برده شود که قابل ردیابی برای تعیین مشخصات مشتمل بر گرید، تایپ، کلاس باشد. اگر قابل کاربرد باشد.

(b) - مگر اینکه بطور دیگری در UG-4(b), UG-10, UG-11, or UG-15 مشخص شده باشد، وقتی برخی الزامات

مشخصات متریال بخش II بوسیله شخص دیگری بغیر از سازنده متریال تکمیل شده باشد. نگاه کنید به UG-84(d), UG-

پس سازنده مخزن باید گزارش های تکمیلی تست متریال یا گواهی تطبیق را بدست آورد و بازرسی بایستی این مستندات را بررسی نماید و باید مشخص نماید که مستندات متریال ارائه شده با الزامات مشخصات متریال مطابقت دارد.

(c) - وقتی الزامات یا مقررات این قسمت برای متریال های بیشتری یا برای تکمیل الزامات مشخصات متریال بخش II قابل استفاده می باشد، پس سازنده مخزن باید گزارش های تکمیلی تست متریال یا گواهی تطبیق را بدست آورد و بازرسی بایستی این مستندات را بررسی نماید و باید مشخص نماید که مستندات متریال ارائه شده با الزامات مشخصات متریال مطابقت دارد.

(d) - همه ی متریال های مورد استفاده در ساخت مخازن تحت فشار بایستی قبل از ساخت آزمایش شوند تا بتوان تا جایی که امکان دارد نواقص و عیوبی که بر روی ایمنی مخزن تأثیر دارند را آشکار نمود.

(1) باید به لبه های برش و قسمت های دیگر ورق نورد شده توجه خاصی نمود که وجود دولایگی های (Laminations) خطرناک، ترک های ناشی از تنش برشی و دیگر عیوب را آشکار خواهد نمود.

(2) همه ی متریال هایی که مطابق با الزامات UG-84 تست شده اند بایستی برای ترک های سطحی بازرسی شوند.

(3) وقتی یک بخش تحت فشار به یک ورق مسطح ضخیم تر از $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) اتصال گوشه ای تحت مقررات

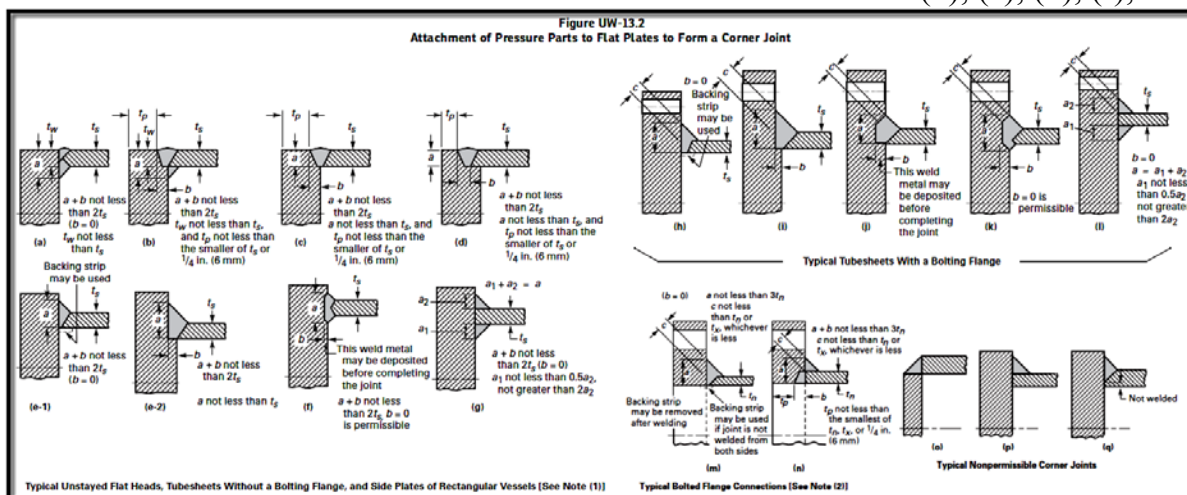
UW-13(e)، جوشکاری شده است، بایستی اتصال جوشها در ورق مسطح را قبل از جوشکاری بوسیله یکی از روشهای MT یا PT که در زیر در پاراگراف (4)(d) مشخص شده است، آزمایش نمود. بعد از جوشکاری بایستی هر دو لبه جانبی ورق مسطح و هر گونه علائم ظاهر شده بر روی سطح اتصال جوش را مجدداً آزمایش نمود. وقتی که پلیت (Plate) مغناطیسی نشود فقط باید از روش PT استفاده شود.

(4) در تصویر Figure UW-13.2 اتصال جوش و لبه های جانبی ورق مسطح که بصورت اتصال گوشه ای می باشد،

بایستی بصورت زیر آزمایش شوند.

(a) - آماده سازی لبه ی جوش مشابه آماده سازی اتصال جوش در ورق مسطح مطابق

Sketches (b), (c), (d), (f), and (n)



تصویر ۱۵۳: اتصالات تحت فشار به پلیت های تخت و شکل جوش گوشه ای آنها

(b) - لبه های جانبی بیرونی ورق مسطح پس از جوشکاری چنانچه در Sketches (a), (b), (c), and (d) نشان

داده شده است.

(c) - اگر فاصله ی لبه ی جوش کامل شده تا لبه ی جانبی ورق مسطح کمتر از ضخامت ورق مسطح باشد همانطوری که

در UG-34(b) مشخص شده است، لبه ی جانبی بیرونی ورق مسطح پس از جوشکاری، همچون Sketches (e), (f), (g) بازرسی شوند.

(d) - سطح جانبی داخلی ورق مسطح پس از جوشکاری چنانچه در (n) and (m) Sketches نشان داده شده است.
(e) - همانطور که در (l), (k), (j), (i), and (h) Sketches نشان داده شده است هیچ آزمایشی بر روی ورق مسطح نیاز نمی باشد.

(e) - بازرس باید اطمینان داشته باشد که ضخامت و دیگر ابعاد متریکال با الزامات این قسمت مطابقت دارد.
(f) - بازرس باید قانع شود که بازرسی و الزامات علامت گذاری UG-24 با آن دسته از متریکال های ریخته گری مشخص شده مطابقت دارد و فاکتور کیفیت ریخته گری آنها بیشتر از 80% درصد است.

☀ - بازرس در استاندارد ASME B31.3-2016

■ - بازرسی (Paragraph-340 INSPECTION)

* - پاراگراف 340.1 (General) : کلیات

این کُد میان آزمایش (پاراگراف 341 را ببینید) و بازرسی وجه تمایز قائل شده است. کاربرد بازرسی تابع کار انجام شده بوسیله ی بازرس یا نماینده ی بازرسی برای کارفرما است. همه اشاره هایی که در این کُد به بازرس می شود منظور همان بازرس کارفرما یا نماینده ی بازرسی کارفرما می باشد.

* - پاراگراف 340.2 (Responsibility for Inspection) : مسئولیت بازرسی

این در حیطه ی مسئولیت کارفرماست که از طریق بازرس کارفرما بررسی نماید که همه ی آزمایشات و تست های مورد نیاز بطور کامل انجام شده اند و نیز بررسی نماید که بازرسی لوله کشی به اندازه ی لازم رضایت بخش و مناسب می باشد و با همه الزامات آزمایش های قابل اجرا این کُد و طراحی مهندسی مطابقت دارد.

* - پاراگراف 340.3 (Rights of the Owner's Inspector) : حقوق بازرس کارفرما

بازرس و نمایندگان بازرس کارفرما بایستی به همه ی فضاهای کاری مرتبط با تاسیسات لوله کشی که در حال انجام می باشد، دسترسی داشته باشد. این دسترسی شامل کلیه مراحل ساخت، تولید، عملیات حرارتی، نصب و مونتاژ، آزمایش و تست کردن سیستم لوله کشی می باشد. بازرسان کارفرما باید حق بازبینی هرگونه آزمایش برای بازرسی سیستم لوله کشی با استفاده از هر گونه روش آزمایشی که توسط طراحی مهندسی مشخص شده است را داشته باشد همچنین آنها باید حق بررسی همه ی مدارک و مستندات مورد نیاز را داشته باشند تا مسئولیت های خود را در قبال کارفرما که در پاراگراف 340.2 بیان شده است را به نحو رضایت بخشی انجام داده باشند.

* - پاراگراف 340.4 (Qualifications of the Owner's Inspector) : صلاحیت های بازرس کارفرما

(a) - بازرس کارفرما باید توسط کارفرما تعیین شود. کسی که در استخدام کارفرما است، یا در یک شرکت مهندسی یا سازمان علمی یا یک شرکت بیمه رسمی یا شرکت بازرسی بعنوان نماینده کارفرما فعالیت می کند بایستی تحت عنوان کارفرما شناخته شود. بازرس کارفرما نباید بعنوان نماینده یا در استخدام سازنده سیستم لوله کشی، تولید کننده سیستم لوله کشی یا نصب کننده سیستم لوله کشی باشد مگر اینکه کارفرما خود بعنوان سازنده، تولید کننده و نصب کننده سیستم لوله کشی باشد.

(b) - بازرس کارفرما باید یکی از شرایط زیر را دارا باشد:

(1) - حداقل ۱۰ سال تجربه در زمینه‌ی طراحی، ساخت یا آزمایش سیستم لوله کشی صنعتی تحت فشار داشته باشد. هر ۲۰ درصد از کار تکمیل شده بطور موفقیت آمیز با رتبه مهندسی معتبر بایستی معادل یک سال تجربه کاری در نظر گرفته شود تا جمعاً ۵ سال.

(2) - داشتن یک تخصص مهندسی ثبت شده (پروژه یا اختراع مهندسی ثبت شده) یا تخصصی که در سطح ملی شناخته شده باشد معادل حداقل ۵ سال تجربه در طراحی، ساخت یا تجربه در آزمایش سیستم لوله کشی صنعتی تحت فشار می باشد.

(3) - بازرس جوش یا بازرس ارشد جوش مطابق الزامات و شرایط AWSQC1 که در استاندارد AWS برای تعیین صلاحیت بازرسان جوش، مشخص شده است تایید شوند یا مطابق با مقررات ملی با حداقل ۵ سال تجربه در طراحی، ساخت یا تجربه در آزمایش سیستم لوله کشی صنعتی تحت فشار که برابر (معادل) باشد، تایید گردند.

(4) - برای بازرسی سیستم لوله کشی بازرس مجاز باشد همانطور که در API 570 کُد بازرسی سیستم لوله کشی مشخص شده است، بازرسی در سرویس، دسته بندی (Rating)، تعمیر و جایگزین سیستم لوله کشی و حداقل ۵ سال تجربه در طراحی، ساخت یا تجربه در آزمایش سیستم لوله کشی صنعتی تحت فشار نیز داشته باشد.

(c) - برای مجاز بودن انجام بازرسی، بازرس کارفرما مسئولیت دارد که تعیین نماید، شخصی که فعالیت بازرسی را انجام می دهد برای انجام دادن آن فعالیت مجاز و معتبر می باشد و در این زمینه تایید صلاحیت شده است.

☀ - بازرس در استاندارد AWS QC1-2016

■ Paragraph-2. Levels of Certification and Endorsements

● - تعریف واژه ی Endorsement مطابق تعریفی که در همین استاندارد قید شده است:

●●- **Endorsement.** Indication of an additional knowledge, skill, or ability documented in writing and added to an individual's certification credential(s).

●●- تعریف واژه ی Endorsement : امضاء و صحه گذاری: نشان دهنده‌ی دانش اضافی، مهارت یا قابلیت است که بصورت مدرک کتبی به گواهینامه های تایید افراد اضافه شده است.

***- پاراگراف 2- سطوح تایید صلاحیت ها و صحه گذاری بر گواهینامه های اضافی مکتوب.

برای تایید صلاحیت پرسنل بازرسی جوش ۳ سطح وجود دارد و در این استاندارد (AWS QC1) تاییدیه ها مشخص شده اند. ممکن است تایید گواهینامه به تایید صلاحیت ها اضافه شوند. این ۳ سطح به شرح زیر می باشند:

*- پاراگراف 2.1- بازرس ارشد جوش تایید شده (SCWI) Senior Certified Welding Inspector .

چنانچه یک شخص الزامات تعیین صلاحیت 6.1, 5.3 و 6.2 از استاندارد AWS B5.1 (مشخصات تعیین صلاحیت بازرسان جوش) و الزامات 5.2 از این استاندارد را داشته باشد توسط AWS تایید می شود.

*- پاراگراف 2.2- بازرس جوش تایید شده (CWI) Certified Welding Inspector

چنانچه یک شخص الزامات تعیین صلاحیت 6.1, 5.2 و 6.2 از استاندارد AWS B5.1 (مشخصات تعیین صلاحیت بازرسان جوش) و الزامات 5.2 از این استاندارد را داشته باشد توسط AWS تایید می شود.

*- پاراگراف 2.3- دستیار بازرس جوش تایید شده (CAWI) Certified Associate Welding Inspector

چنانچه یک شخص الزامات تعیین صلاحیت 6.1, 5.1 و 6.2 از استاندارد AWS B5.1 (مشخصات تعیین صلاحیت بازرسان جوش) و الزامات 5.2 از این استاندارد را داشته باشد توسط AWS تایید می شود.

●●- (یعنی دستیار بازرس جوش: بازرسی است که بطور مستقیم تحت نظارت بازرس جوش یا بازرس ارشد جوش فعالیت می کند.)

*- پاراگراف 2.4- گواهینامه های مکتوب Endorsements

همانگونه که در مدارک گواهینامه های مشخص بطور خلاصه ارائه شده است. ممکن است گواهینامه های مکتوب و ثبت شده دیگری که بیانگر یک مهارت اضافی می باشد به گواهینامه های تایید صلاحیت بازرس و بازرس ارشد جوش اضافه گردد.

☀- بازرس جوش در استاندارد AWS B5.1-2013

●- AWS B5.1, Specification for the Qualification of Welding Inspectors

***- پاراگراف 5- الزامات و شرایط آموزش و تجربه

*- پاراگراف 5.1- دستیار بازرس جوش (Associate Welding Inspector) یک دستیار بازرس جوش (AWI) :

*- پاراگراف 5.1.1- باید دارای مدرک دیپلم باشد یا یک مدرک از مدارس نظامی یا ایالتی دریافت کرده باشد که بعنوان مدرک معادل دیپلم تایید شده باشد. (همچون GED)

*- پاراگراف 5.1.2- حداقل ۲ سال تجربه در یک فعالیت حرفه ای داشته باشد که با استانداردهای ملی یا بین المللی و نیز با قطعات ساخته شدهی جوشی ارتباط مستقیم داشته باشد. همچنین بایستی بطور مستقیم شامل یک یا بیشتر از یک از موارد لیست شده تحت پاراگراف 5.5 نیز باشد.

*- پاراگراف 5.1.3- ممکن است راهکارهایی همچون شرایط زیر با مستندات تایید شده جایگزین شرایط پاراگراف های 5.1.1 و 5.1.2 شوند. (همچون کپی از رونوشت یا کپی از اسناد و مدارک معتبر مبنی بر گذراندن ساعات آموزش)

*- پاراگراف 5.1.3.1- داشتن مدرک تحصیلی سوم راهنمایی با حداقل ۴ سال تجربهی کاری در خصوص فعالیت های جوشکاری همانطور که تحت شرایط پاراگراف 5.5 مشخص شده است.

*- پاراگراف 5.1.3.2- داشتن مدرک تحصیلی کمتر از سوم راهنمایی با حداقل ۶ سال تجربهی کاری در خصوص فعالیت های جوشکاری همانطور که تحت شرایط پاراگراف 5.5 مشخص شده است.

*- پاراگراف 5.1.3.3- داشتن مدرک تحصیلی سوم راهنمایی با حداقل ۱ سال کارآموزی و آموزش حرفه ای در یک مؤسسهی آموزشی جوشکاری و نیز داشتن حداقل ۳ سال تجربهی کاری در خصوص فعالیت های جوشکاری همانطور که تحت شرایط پاراگراف 5.5 مشخص شده است.

*- پاراگراف 5.1.3.4- ۲ سال تحصیلات بعد از دبیرستان (فوق دیپلم) (فنی حرفه ای) در یک مؤسسه آموزشی جوشکاری یا در مهندسی تکنولوژی، مهندسی یا در علوم فیزیک داشته باشد و حداقل ۶ ماه تجربه در خصوص فعالیت های جوشکاری همانطور که تحت شرایط پاراگراف 5.5 مشخص شده است.

*- پاراگراف 5.2- بازرس جوش Welding Inspector. یک بازرس جوش (WI)

*- پاراگراف 5.2.1- باید دارای مدرک دیپلم باشد یا یک مدرک از مدارس نظامی یا ایالتی دریافت کرده باشد که بعنوان مدرک معادل دیپلم تایید شده باشد. (همچون GED)

*- پاراگراف 5.2.2- حداقل ۵ سال در یک فعالیت حرفه ای تجربه داشته باشد که بطور مستقیم با استانداردهای ملی یا بین المللی و نیز با قطعات ساخته شدهی جوشی ارتباط مستقیم داشته باشد. همچنین بایستی بطور مستقیم شامل یک یا بیشتر از یک از موارد لیست شده تحت پاراگراف 5.5 نیز باشد.

*- پاراگراف 5.2.3- ممکن است راهکارهایی همچون شرایط زیر با مستندات تایید شده جایگزین شرایط پاراگراف های 5.2.1 و 5.2.2 شوند. (همچون کپی از رونوشت یا کپی از اسناد و مدارک معتبر مبنی بر گذراندن ساعات آموزش)

*- پاراگراف 5.2.3.1- داشتن مدرک تحصیلی سوم راهنمایی با حداقل ۹ سال تجربهی کاری در خصوص فعالیت های جوشکاری همانطور که تحت شرایط پاراگراف 5.5 مشخص شده است.

- *- پاراگراف 5.2.3.2 – داشتن مدرک تحصیلی کمتر از سوم راهنمایی با حداقل ۱۲ سال تجربه‌ی کاری در خصوص فعالیت‌های جوشکاری همانطور که تحت شرایط پاراگراف 5.5 مشخص شده است.
- *- پاراگراف 5.2.3.3 – ممکن است حداکثر ۴ سال از تحصیلات پس از دبیرستان (پس از دیپلم) برابر با همین تعداد سال از ۵ سال تجربه کاری مورد نیاز جایگزین گردد. چنانچه تحصیلات بدست آمده با یکی از فعالیت‌هایی که در 5.5 مشخص شده است، مرتبط باشد شرایط داده شده در زیر مجاز می باشد:
- (یعنی با توجه به اینکه ۵ سال تجربه‌ی کاری مورد نیاز می باشد، حال چنانچه کسی دارای تحصیلات لیسانس مرتبط باشد این تعداد سالهای تحصیل وی از ۵ سال تجربه کاری کسر می گردد و در این حالت یک شخص با تحصیلات لیسانس مرتبط فقط به یک سال تجربه کاری نیاز دارد چون ۴ سال تحصیل او معادل ۴ سال تجربه کاری وی می باشد).
- (1)- (تحصیلات) لیسانس یا درجه‌ی بالاتر در جوشکاری (Bachelor or Higher Degree in Welding) :
- حداکثر ۴ سال می باشد و می تواند لیسانس در مهندسی جوش یا لیسانس در تکنولوژی جوش باشد.
- (2)- دستیار جوش یا درجه‌ی بالاتر (Associate or Higher Degree) : حداکثر ۳ سال می باشد و می تواند پایه تحصیلی مرتبط با جوشکاری باشد یا پایه تحصیل در رشته‌های مهندسی تکنولوژی، مهندسی یا علوم فیزیک و غیر مرتبط با جوشکاری باشد.
- (3)- دوره‌های آموزشی تخصصی/ مهندسی (Engineering/Technical School Courses) ، حداکثر ۲ سال می باشد و صرفاً برای دوره‌هایی است که با موفقیت در یک برنامه آموزشی به اتمام رسیده باشد که می تواند برای موضوع ذکر شده در بالا (1) بکار رود.
- (4)- دوره‌های حرفه‌ای (Trade/Vocational Courses) . حداکثر ۱ سال می باشد و صرفاً برای دوره‌هایی است که با موفقیت در یک برنامه آموزشی به اتمام رسیده باشد که می تواند برای موضوع ذکر شده در بالا (1) بکار رود.
- نکته: "دوره‌ها در یک برنامه آموزشی" یعنی دوره‌هایی که مطابق یک برنامه آموزشی برای یک پایه تحصیلی، دیپلم یا گواهینامه برای موضوع ذکر شده‌ی فوق (1) بکار برده می شوند. دوره‌هایی که با موفقیت به اتمام رسیده است یعنی اینکه ۱/۴ یا یک نیم سال مجاز در آن دوره‌ی آموزشی به اتمام رسیده باشد. قبل از اعلام مجاز بودن اتمام دوره‌های آموزشی، ارائه مدارک و مستندات مبنی بر تعداد ساعات دوره آموزشی تکمیل شده ضروری می باشد.
- *- پاراگراف 5.3 – بازرس جوش Senior Welding Inspector . یک بازرس ارشد جوش (SWI)
- *- پاراگراف 5.3.1 – باید دارای مدرک دیپلم باشد یا یک مدرک از مدارس نظامی یا ایالتی دریافت کرده باشد که بعنوان مدرک معادل دیپلم تایید شده باشد. (همچون GED)
- *- پاراگراف 5.3.2 – حداقل ۱۵ سال در یک فعالیت حرفه‌ای تجربه داشته باشد که بطور مستقیم با استانداردهای ملی یا بین‌المللی و نیز با قطعات ساخته شده‌ی جوشی ارتباط مستقیم داشته باشد. همچنین بایستی بطور مستقیم شامل سه بیشتر از سه از موارد لیست شده تحت پاراگراف 5.5 نیز باشد.
- *- پاراگراف 5.3.3 – بایستی بعنوان یک بازرس جوش تایید شده باشد.
- *- پاراگراف 5.3.4 – ممکن است راهکارهایی همچون شرایط زیر با مستندات تایید شده جایگزین شرایط پاراگراف‌های 5.3.1 و 5.3.2 شوند. (همچون کپی از رونوشت یا کپی از اسناد و مدارک معتبر مبنی بر گذراندن ساعات آموزش)
- *- پاراگراف 5.3.4.1 – ممکن است حداکثر ۴ سال از تحصیلات پس از دبیرستان (پس از دیپلم) برابر با همین تعداد سال از ۱۵ سال تجربه کاری مورد نیاز جایگزین گردد. چنانچه تحصیلات بدست آمده با یکی از فعالیت‌هایی که در 5.5 مشخص شده است، مرتبط باشد شرایط داده شده در زیر مجاز می باشد:

(1) - (تحصیلات) لیسانس یا درجه‌ی بالاتر در جوشکاری (Bachelor or Higher Degree in Welding) :

حداکثر ۴ سال می باشد و می تواند لیسانس در مهندسی جوش یا لیسانس در تکنولوژی جوش باشد.

(2) - دستیار جوش یا درجه‌ی بالاتر (Associate or Higher Degree) : حداکثر ۳ سال می باشد و می تواند در

زمینه مهندسی تکنولوژی، مهندسی یا علوم فیزیک و غیر مرتبط با جوشکاری باشد.

(3) - دوره های آموزشی تخصصی/ مهندسی (Engineering/Technical School Courses) ، حداکثر ۲ سال

می باشد و صرفاً برای دوره هایی است که با موفقیت در یک برنامه آموزشی به اتمام رسیده باشد که می تواند برای موضوع ذکر شده در بالا (1) بکار رود.

(4) - دوره های حرفه ای (Trade/Vocational Courses) . حداکثر ۱ سال می باشد و صرفاً برای دوره هایی است که

با موفقیت در یک برنامه آموزشی به اتمام رسیده باشد که می تواند برای موضوع ذکر شده در بالا (1) بکار رود.

نکته: "دوره ها در یک برنامه آموزشی" یعنی دوره هایی که مطابق یک برنامه آموزشی برای یک پایه تحصیلی، دیپلم یا گواهینامه برای موضوع ذکر شده‌ی فوق (1) بکار برده می شوند. دوره هایی که با موفقیت به اتمام رسیده است یعنی اینکه ۱/۴ یا یک نیم سال مجاز در آن دوره‌ی آموزشی به اتمام رسیده باشد. قبل از اعلام مجاز بودن اتمام دوره های آموزشی، ارائه مدارک و مستندات مبنی بر تعداد ساعات دوره آموزشی تکمیل شده ضروری می باشد.

***- پاراگراف 6 (Examination Requirements) : الزامات آزمایش

دستیار بازرس جوش (AWI)، بازرس جوش (WI) یا بازرس ارشد جوش (SWI) باید شرایط و الزامات آزمایش بشرح ذیل را داشته باشند:

***- پاراگراف 6.1 (Visual Requirements) : الزامات و شرایط بازرسی چشمی ، بازرس جوش (WI)، دستیار بازرس

جوش (AWI) یا بازرس ارشد جوش (SWI) بایستی حداقل با یک چشم توانایی خواندن حروف Jaeger Number 2 یا کوچکتر را حداقل در فاصله ۱۲ اینچی (یا آزمایش معادل) داشته باشد. *** بازرس جوش، دستیار بازرس جوش یا بازرس ارشد جوش بایستی آزمایش تشخیص رنگ و نیز آزمایش تمایز کنتراست انواع رنگها با زمینه‌ی خاکستری را انجام دهد.

نکته: انجام آزمایش نزدیک بینی برای انجام بازرسی های جوشکاری ضروری می باشد. وجود مغایرت در شرایط مربوط به دقت نزدیک بینی که در بالا ذکر شده است بایستی به عنوان مغایرت با الزامات این استاندارد در نظر گرفته شود. تست تشخیص رنگ و تست تشخیص کنتراست در زمینه های رنگ خاکستری برای برخی کاربردهای خاص ضروری می باشند ولی برای بازرسی های دیگر الزامی نمی باشد. کارفرما برای انجام دادن الزامات و شرایط بازرسی مربوط به بازرسان جوش، دستیاران بازرسان جوش و بازرسان ارشد جوش که در استخدام آنها می باشد بایستی مسئولیت داشته باشند.

***- تست تشخیص رنگ و تست تشخیص کنتراست در زمینه های رنگ خاکستری

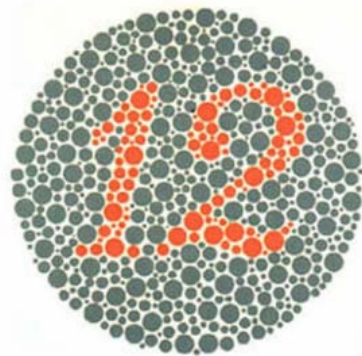
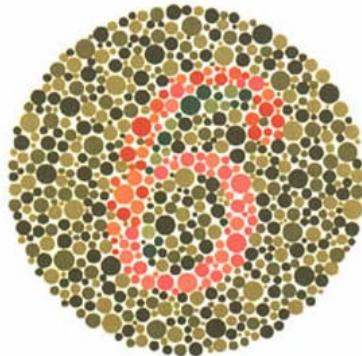
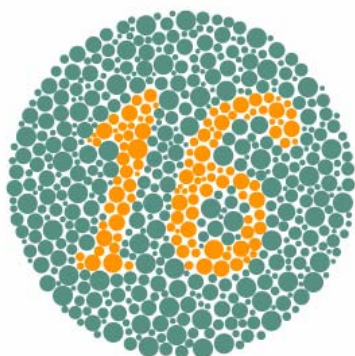
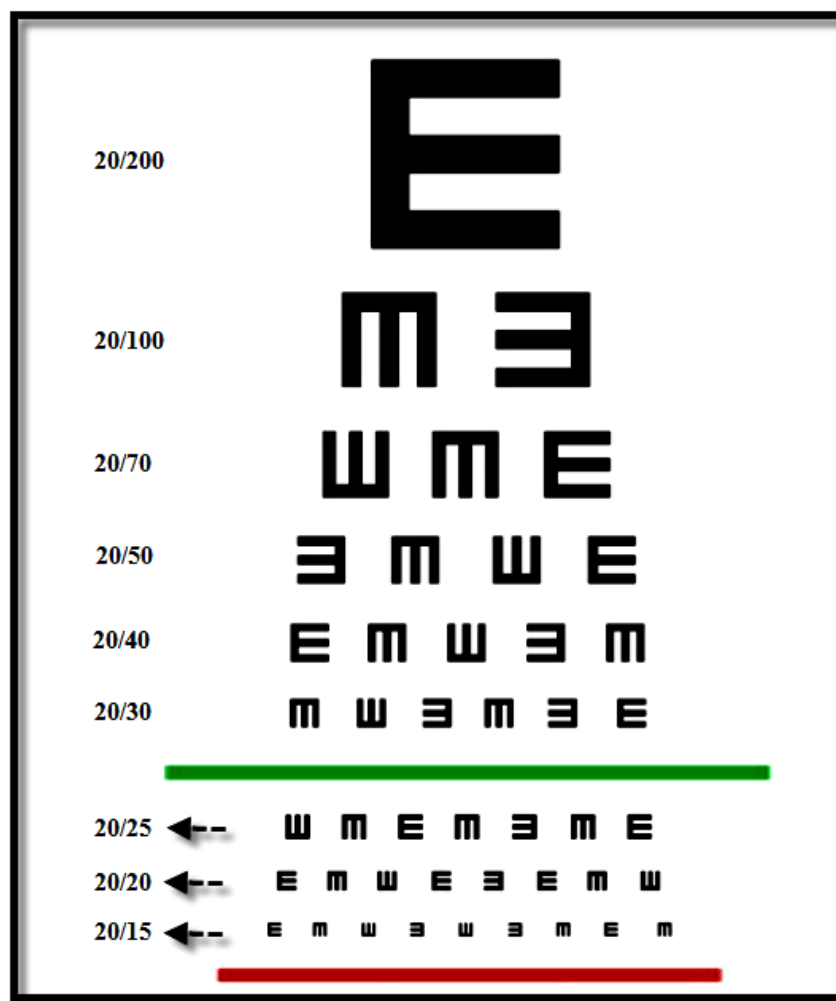


TABLE 6 – Ranges of Visual Acuity Loss

RANGES of Vision Loss (ICD-9-CM)		VISUAL ACUITY			STATISTICAL ESTIMATES OF READING ABILITY
		Decimal notation	US notation	1 m notation	
(Near-) Normal Vision	Range of Normal Vision	1.6 1.25 1.0 0.8	20/12.5 20/16 20/20 20/25	1/0.63 1/0.8 1/1 1/1.25	Normal reading speed Normal reading distance <i>Reserve capacity for small print</i>
	Near-Normal Vision	0.63 0.5 0.4 0.32	20/32 20/40 20/50 20/63	1/1.6 1/2 1/2.5 1/3.2	Normal reading speed Reduced reading distance <i>No reserve for small print</i>

Source: Colenbrander - Measuring Vision and Vision Loss

تصویر ۱۵۴: قسمتی از جدول مربوط به محدوده‌ی کاهش تیزی بینایی



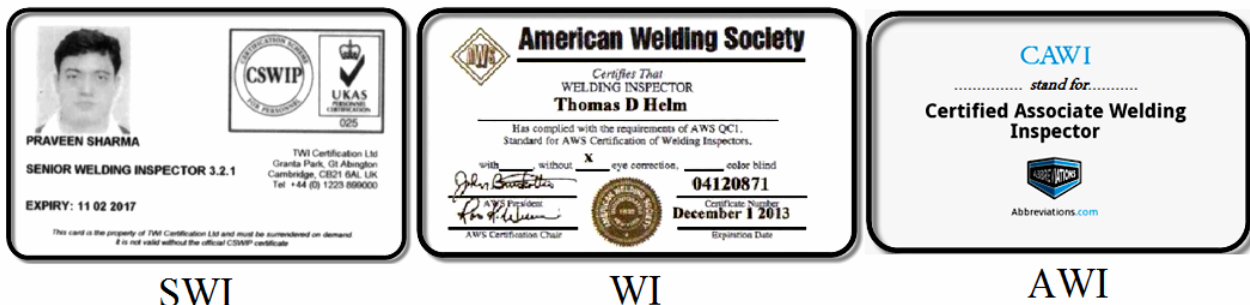
تصویر ۱۵۵: جدول حروف برای بینایی سنجی

- *- پاراگراف 6.2 – الزامات و شرایط آزمون کتبی (Written Test Requirements): باید هر قسمت از آزمونهای کاربردی مربوط به آزمون دستیار بازرسی جوش (AWI)، بازرسی جوش (WI) یا بازرسی ارشد جوش (SWI) گذرانده شوند. آزمونها شامل قسمت های شرح داده شده در زیر می باشد:
- *- پاراگراف 6.2.1 – آزمون از الزامات و شرایط گد، استاندارد یا مشخصات فنی.

*- پاراگراف 6.2.2 - آزمون از اصول اساسی همچون فرآیندهای جوشکاری، آزمونهای غیر مخرب، ایمنی، تضمین کیفیت، وظایف بازرس، عیوب جوش، علائم جوش، طراحی اتصال، خواص مکانیکی فلزات و ریاضیات. البته آزمون صرفاً محدود به موارد ذکر شده نمی باشد.

*- پاراگراف 6.2.3 - آزمون از کاربردهای علمی دانش بازرسی جوش شامل تایید دستورالعمل جوشکاری، تایید صلاحیت جوشکار، آزمایشهای مکانیکی، نقشه و تطبیق مشخصات فنی آزمونهای جوش و فرآیند آزمایش های غیر مخرب. البته آزمون فقط محدود به موارد ذکر شده فوق نمی باشد.

♣♣♣ : - توجه شود در استاندارد ASME Sec. V-Article 9-Visual Examination Paragraph T-923 ویرایش 2015 به صراحت قید شده است که پرسنل در (بازرسی چشمی) باید توانایی خواندن حروف Standard J-1 Letters از استاندارد Standard Jaeger test type charts for near vision را داشته باشند.



تصویر ۱۵۶: نمونه هایی از مدارک دستیار بازرس جوش (AWI)، بازرس جوش (WI) یا بازرس ارشد جوش (SWI)

☀ - بازرس در استاندارد API 570-2016

پیوست A (صرفاً جهت اطلاع Informative)

■ - تایید صلاحیت بازرس (Inspector Certification)

*- پاراگراف A.1 (Examination): آزمایش تایید صلاحیت بازرس مطابق با API 570 بایستی بر اساس الزامات و شرایط مربوط به تایید صلاحیت بازرس در استاندارد فعلی (آخرین چاپ) که توسط API (مؤسسه نفت امریکا) منتشر شده است، انجام گیرد.

*- پاراگراف A.2 (Certification): گواهی، تصدیق وقتی یک بازرس امتحان تایید صلاحیت API 570 را با موفقیت بگذراند و دارای تجربه و آموزش (تحصیل) مناسب نیز باشد، مجوز تایید صلاحیت بازرسی لوله کشی بر اساس API 570 برای او صادر می شود. وقتی دانش، علم و تجربه در کنار هم قرار می گیرند بایستی حداقل همانند یک از شرایط زیر باشند:

(a) - درجه لیسانس (Bachelor): درجه لیسانس در یکی از علوم مهندسی یا تکنولوژی بعلاوه ۱ سال تجربه در نظارت بر فعالیت های بازرسی یا انجام فعالیت های بازرسی همانطور که در استاندارد API 570 شرح داده شده است.

(b) - فوق دیپلم (two-year degree): فوق دیپلم یا گواهی تحصیلی در مهندسی تکنولوژی بعلاوه ۲ سال تجربه در طراحی، ساخت، تعمیر، بازرسی یا انجام بازرسی در سیستم لوله کشی داشته باشد که ۱ سال آن باید شامل نظارت بر فعالیت های بازرسی یا انجام فعالیت های بازرسی همانطور که در استاندارد API 570 شرح داده شده است.

(c) - دیپلم (high school diploma): دیپلم یا مدرک معادل دیپلم، بعلاوه ۳ سال تجربه در طراحی، ساخت، تعمیر، بازرسی یا انجام بازرسی در سیستم لوله کشی داشته باشد که ۱ سال آن باید شامل نظارت بر فعالیت های بازرسی یا انجام فعالیت های بازرسی همانطور که در استاندارد API 570 شرح داده شده است.

(d) – حداقل ۵ سال تجربه (minimum of five years of experience): حداقل ۵ سال تجربه در طراحی، ساخت، تعمیر، بازرسی یا انجام بازرسی در سیستم لوله کشی داشته باشد که ۱ سال آن باید شامل نظارت بر فعالیت های بازرسی یا انجام فعالیت های بازرسی همانطور که در استاندارد API 570 شرح داده شده است.

(۱۳) - اتصال ضخامت های غیر یکسان

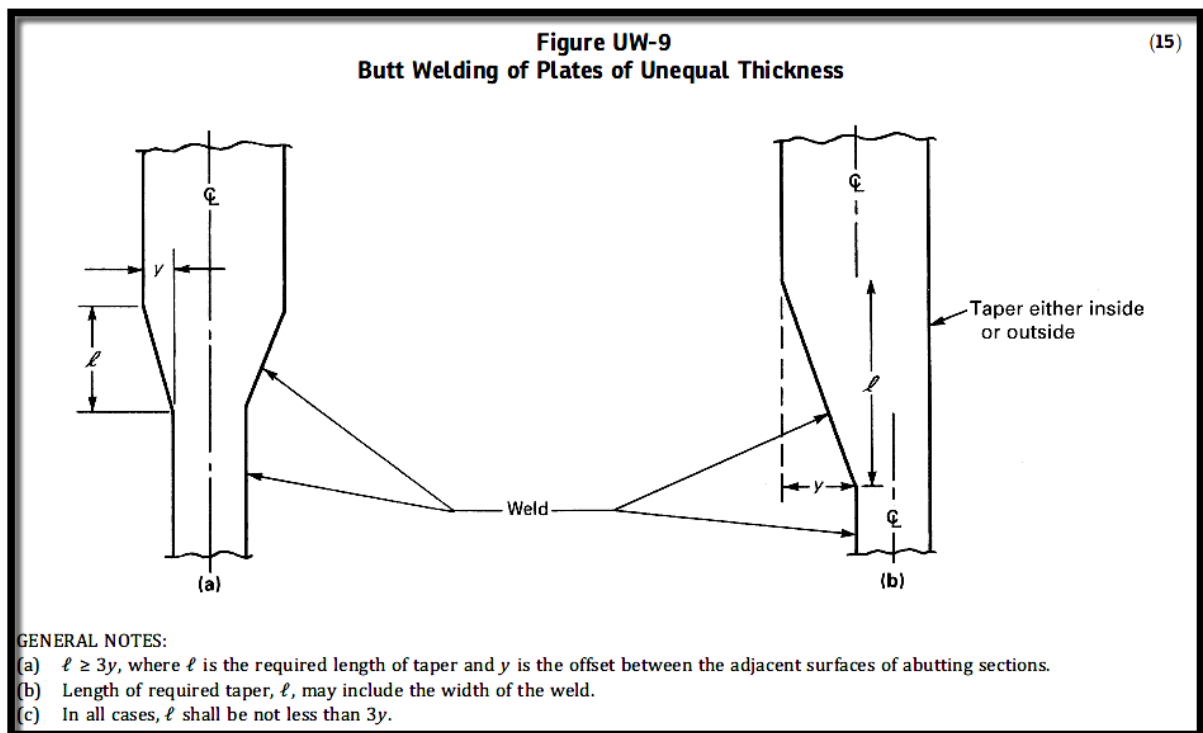
☀ - اتصال ضخامت های غیر یکسان در استاندارد ASME Sec. VIII Div.1-2019

از نظر استاندارد ASME Sec. VIII Div.1 به چه اتصالی، اتصال نابرابر گفته می شود؟ در این باره داریم:
 ***- پاراگراف (c) UW-9 (*Tapered Transitions*): در این پاراگراف به صراحت قید شده که وقتی مقدار اختلاف ضخامت بیشتر از $\frac{1}{4}$ ضخامت جزء نازکتر یا ۳ میلیمتر هر کدام که کوچکتر است می بایست اختلاف ضخامت به نسبت 1:3 مطابق تصویر ۱۵۷ - Figure UW-9 لبه سازی (Taper) شود.

UW-9 DESIGN OF WELDED JOINTS

(c) *Tapered Transitions*. A tapered transition having a length not less than *three* times the offset between the adjacent surfaces of abutting sections, as shown in Figure UW-9, shall be provided at joints between sections that differ in thickness by more than one-fourth of the thickness of the thinner section, or by more than $\frac{1}{8}$ in. (3 mm), whichever is less.

تصویر ۱۵۷: نحوه لبه سازی در اتصال ضخامت های نابرابر ASME Sec. VIII-Div. 1-2019



تصویر ۱۵۸: نحوه لبه سازی در اتصال ضخامت های نابرابر ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

در صورتیکه اتصال Unequal Thickness، از نوع لب به لب (Butt-Weld) باشد و شامل اتصال کلگی (Head) به بدنه (Shell) باشد، ملاک تعیین ضخامت مورد نظر برای عملیات تنش زدایی (PWHT)، ضخامت جزء نازکتر است. در موارد دیگر بایستی مطابق با پاراگراف UW-40 عمل کرد.

UW-40 PROCEDURES FOR POSTWELD HEAT TREATMENT

(f) (5) When a welded joint connects parts of unequal thicknesses, the nominal thickness shall be the following:

(-a) the thinner of two adjacent butt-welded parts including head to shell connections

(-b) the thickness of the shell or the fillet weld, whichever is greater, in connections to intermediate heads of the type shown in Figure UW-13.1 sketch (e);

(-c) the thickness of the shell in connections to tubesheets, flat heads, covers, flanges (except for welded parts depicted in Figure 2-4 sketch (7), where the thickness of the weld shall govern), or similar constructions;

(-d) in Figures UW-16.1 and UW-16.2, the thickness of the weld across the nozzle neck or shell or head or reinforcing pad or attachment fillet weld, whichever is the greater;

(-e) the thickness of the nozzle neck at the joint in nozzle neck to flange connections;

(-f) the thickness of the weld at the point of attachment when a nonpressure part is welded to a pressure part;

(-g) the thickness of the weld in tube-to-tubesheet connections.

(-h) the thickness of the weld metal overlay when weld metal overlay is the only welding applied

The thickness of the head, shell, nozzle neck, or other parts as used above shall be the wall thickness of the part at the welded joint under consideration. For plate material, the thickness as shown on the Material Test Report or material Certificate of Compliance before forming may be used, at the Manufacturer's option, in lieu of measuring the wall thickness at the welded joint.

تصویر ۱۵۹: دستورالعمل تعیین ملاک ضخامت، جهت PWHT طبق UW40 در ASME Sec. VIII-Div. 1-2019
* - پاراگراف (f)(5)-UW-40:

(5) - وقتی که اتصالات با ضخامت های غیر همسان بهم متصل و جوشکاری شوند، ضخامت اسمی به شرح زیر خواهد بود:

(a) - در دو جزیی که بطور لب به لب بهم جوش شده اند منجمله اتصالات کلگی (کلگی) به بدنه، ضخامت جزء نازکتر.

(b) - در اتصالات به کلگیهای میانی (head) از نوع نشان داده شده در تصویر UW-13.1 نمای (F): ضخامت بدنه یا جوش گوشه ای (Fillet) (هر کدام که بزرگتر هستند).

(c) - در اتصالات به تیوب شیتها (Tube Sheet)، کلگیهای (heads) تخت، کاورها، فلنجهای یا سازه های مشابه، ضخامت بدنه.

(d) - در تصاویر UW-16.1 و UW-16.2: ضخامت جوش در اطراف جوش نازل بر روی بدنه یا کلگی (head) یا ورق تقویتی یا جوش گوشه ای (Fillet) متعلقات (هر کدام که بزرگتر هستند).

(e) - در محل اتصال گلوبی نازل به فلنچ: ضخامت گلوبی فلنچ.

(f) - زمانی که یک جزء که تحت فشار نیست به جزیی که تحت فشار است جوش می شود: ضخامت جوش در نقطه اتصال.

(g) - در اتصال تیوبها به تیوب شیت (Tube sheet) ها: ضخامت جوش.

(h) - ضخامت فلز جوش (Overlay)، وقتی که ضخامت فلز جوش (Overlay) صرفاً بعنوان جوشکاری بکار می رود ضخامت کلگی (Head)، بدنه (Shell) لوله نازل (Nozzel neck) یا دیگر قسمتهایی که همچون موارد ذکر شده ی بالا مورد استفاده قرار گیرند، باید هم ضخامت یک بخش از اتصال جوش مطرح شده باشد. برای متریال ورق، با صلاحدید و انتخاب سازنده ممکن است اندازه ضخامت را که قبل از شکل دهی در گواهی تطبیق متریال (MTR) ذکر شده است، جایگزین اندازه ضخامت اتصال جوش نماید.

☼ - اتصال ضخامت های غیر یکسان در API 620-2018

* - پاراگراف 6.16 (Matching Plates of Unequal Thickness): برای ورق های (Plate) دارای ضخامت بالاتر از 12.7mm در ورقهای بدنه، سقف، کف مخزن اگر ضخامت دو ورقی که به همدیگر متصل میشوند و بصورت لب به لب (Butt-Weld) جوش میشوند، بیشتر از 3mm با همدیگر تفاوت ضخامت داشته باشند ورق ضخیم تر باید بصورت Taper به نسبت 1:4 مطابق Fig 6.3 تراشیده (Trimmed) شود.

6.16 Matching Plates of Unequal Thickness

API STANDARD 620

For plates over $\frac{1}{2}$ -in. thick in the sidewalls, roof, or bottom of a tank, if the thickness of two adjacent plates that are to be butt-welded together differ by more than $\frac{1}{8}$ in., the thicker plate shall be trimmed to a smooth taper that extends for a distance at least four times the offset between the abutting surfaces so that the adjoining edges will be of approximately the same thickness. The length of the required taper may include the width of the weld (see Figure 6-3).

تصویر ۱۶۰: نحوه‌ی پرداخت کاری (تراشیدن) در اتصال ضخامت های نابرابر API 620-2018

See 6.16  **6.16 Matching Plates of Unequal Thickness**

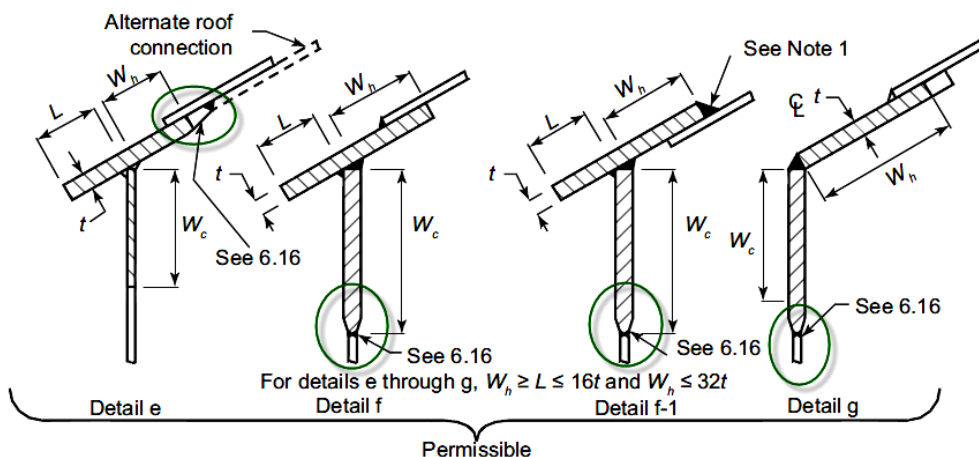


Figure 5-6—Permissible and Non-permissible Details of Construction for a Compression-ring Juncture

تصویر ۱۶۱: چند نمونه از اینگونه طرح اتصالها در استاندارد API 620-2018

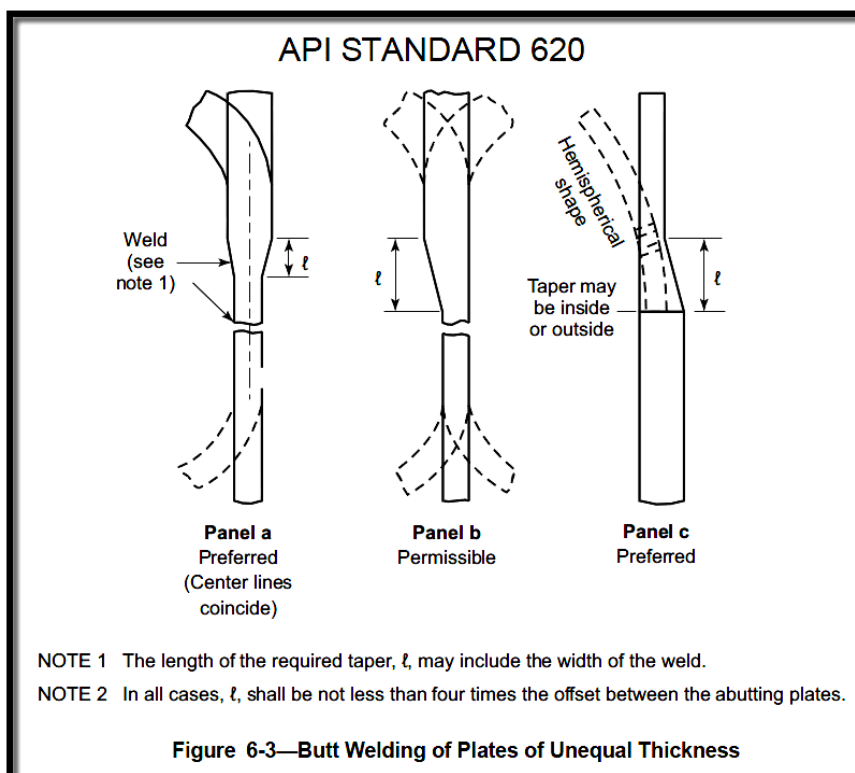


Figure 6-3—Butt Welding of Plates of Unequal Thickness

تصویر ۱۶۲: نحوه‌ی پرداخت کاری (تراشیدن) در اتصال ضخامت های نابرابر API 620-2018

Figure 6-3—Butt Welding of Plates of Unequal Thickness یادداشتهای

- ۱- طولی (L) که لازم است (Taper) شود، ممکن است شامل پهنای جوش هم شود.
- ۲- در همه‌ی حالات، طول (L) نباید از چهار برابر اختلاف (ضخامت) ورقهای مجاور کمتر باشد.
- ☼ - اتصال ضخامت های غیر یکسان در ASME B31.3-2016

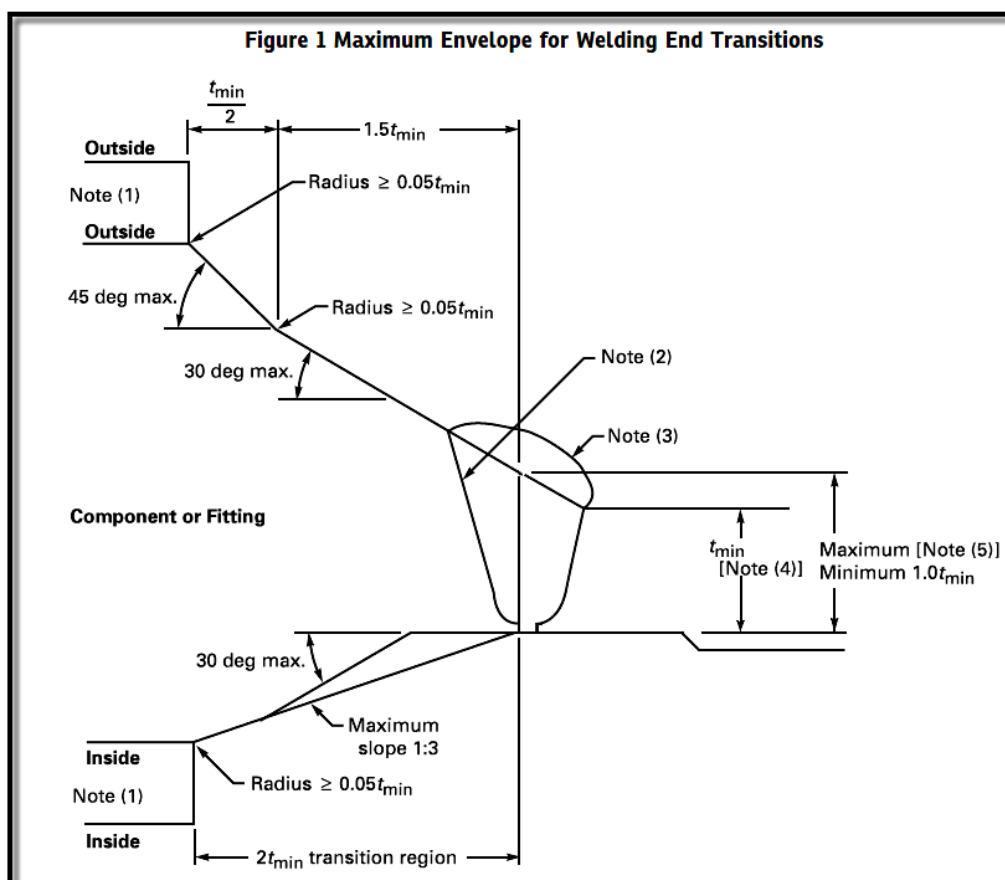
328.4.2 End Preparation

ASME B31.3

(b) Circumferential Welds

(5) When a girth or miter groove weld joins components of unequal wall thickness and one is more than $1\frac{1}{2}$ times the thickness of the other, end preparation and geometry shall be in accordance with acceptable designs for unequal wall thickness in ASME B16.25.

تصویر ۱۶۳: نحوه‌ی پرداخت کاری (تراشیدن) در اتصال ضخامت های نابرابر ASME B31.3-2016- 328.4.2 (b)(5) در استاندارد ASME B31.3، وضعیت اتصال دو ضخامت نابرابر (Unequal thickness) در پاراگراف (b)(5) 328.4 قید شده است. در این پاراگراف وقتی محل اتصال یک جوش محیطی (Girth Groove) یا در زانوهای دست ساز (Miter Groove) ترکیبی از دو ضخامت نابرابر باشد و یکی از آنها بیشتر از $(1\frac{1}{2})$ برابر دیگری باشد، اتصال ضخامت های نابرابر مجاز بایستی مطابق با استاندارد ASME B16.25 و با نسبت Taper 1:3 شوند: مطابق زیر:

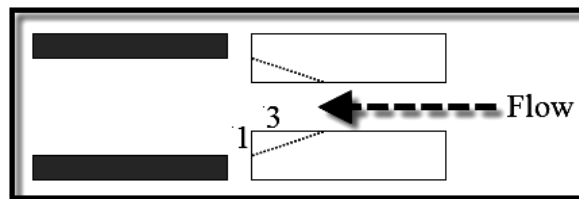


تصویر ۱۶۴: نحوه‌ی پرداخت کاری (تراشیدن) در اتصال ضخامت های نابرابر ASME B16.25-2017

نکته: در Piping در صورتیکه اختلاف ضخامت در داخل لوله باشد، بهتر است مطابق تصویر ۱۶۵ - Taper انجام شود. باید در نظر داشت که جهت سیال از سایز کوچکتر به سایز بزرگتر جریان گردابی کمتری ایجاد می کند در نتیجه عامل خوردگی کمتر می شود.

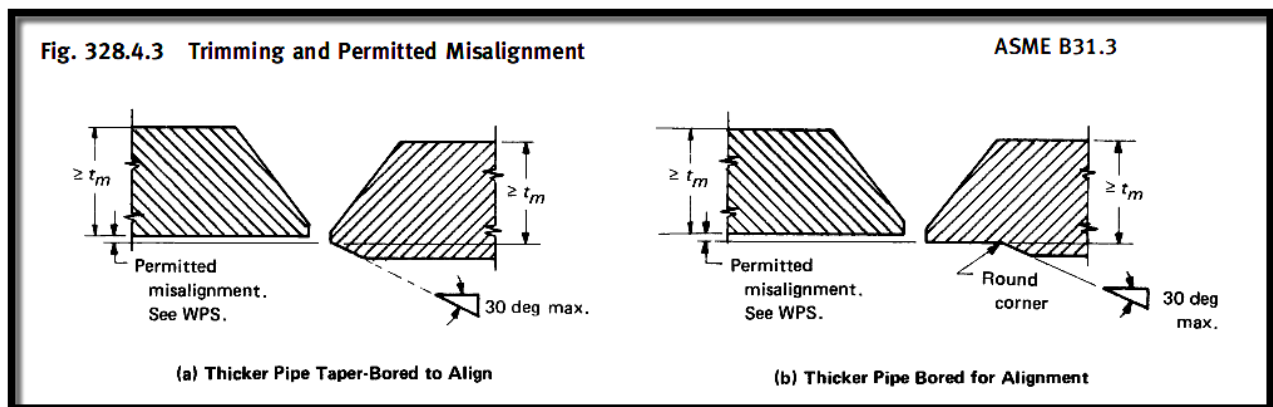
Be advised however, the flow should travel from the smaller size to the larger. If the flow were reversed, severe turbulence could develop.

Source: Pipe Drafting and Design handbook



تصویر ۱۶۵: نحوه Taper کردن داخل لوله

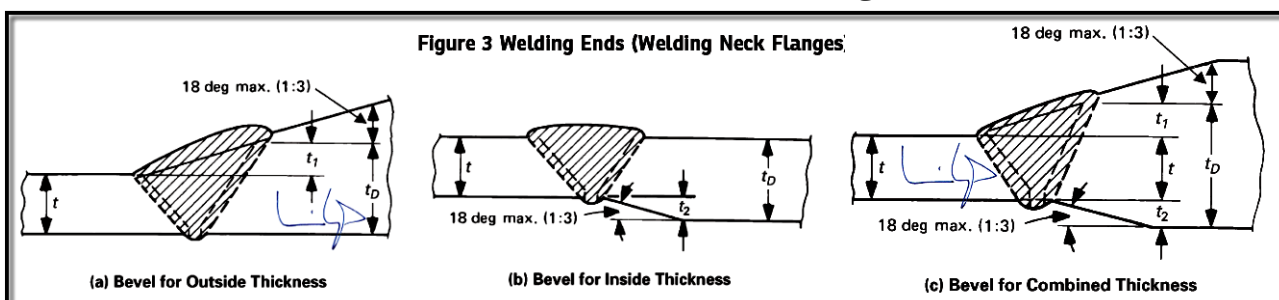
ولی چنانچه اختلاف ضخامت در بیرون لوله باشد، تراشکاری Taper باید مطابق تصاویر زیر انجام شود:



تصویر ۱۶۶: پرداخت کاری (تراشیدن) در اتصالاتی که اختلاف ضخامت در Outside دارند ASME B31.3-2016

☀ - اتصال ضخامت های غیر یکسان در استاندارد ASME B16.47-2011

در استاندارد ASME B16.47 که مربوط به فلنجهای سایز بالا از 26 in. تا 60 in. می باشد پرداخت کاری اتصالات ضخامت های نابرابر (Unequal) بایستی مطابق (Fig. 3) به نسبت 1:3 تراشکاری (Taper) شوند.



تصویر ۱۶۷: نحوه پرداخت کاری (تراشیدن) براساس ASME B16.47-2020

☀ - محدوده Qualify ضخامت غیر یکسان در PQR مطابق با ASME Sec. IX-2019

*- پاراگراف QW 202.4 - WPS هایی که برای جوشهای شیار مورد ارزیابی کیفی قرار می گیرند باید برای جوشهای فلزات پایه غیر یکسان بکار برده شوند مشروط بر آنکه:

(a) - ضخامت عضو نازکتر باید در محدوده مجاز در جدول QW-451 باشد.

(b) - ضخامت عضو ضخیم تر باید به شرح زیر باشد:

(1) - در فلزات P No. 8, P No. 41 ~ 46, P No. 49, P No. 51 ~ 53, P No. 61, P No. 62 چنانچه

ارزیابی کیفی بر روی ضخامت ۶ میلیمتر یا بیشتر انجام شده باشد، محدودیتی در مورد حداکثر ضخامت عضو ضخیم تر در اتصالاتی که بین فلزات با P No مشابه ایجاد می شوند نباید وجود داشته باشد.

(2) - برای سایر فلزات، ضخامت عضو ضخیم تر باید مطابق محدوده‌ی مجاز در جدول QW-451 باشد. چنانچه ارزیابی

کیفی بر روی فلز با ضخامت ۳۸ میلیمتر انجام شده باشد محدودیتی در مورد ضخامت عضو ضخیم تر برای جوشکاری وجود ندارد. برای ارزیابی کیفی برخی مجموعه ها با ضخامت های غیر هم اندازه ممکن است بیشتر از یک PQR تهیه گردد.

ASME BPVC.IX

QW-202.4 Dissimilar Base Metal Thicknesses. WPS qualified on groove welds shall be applicable for production welds between dissimilar base metal thicknesses provided:

(a) the thickness of the thinner member shall be within the range permitted by **QW-451**

(b) the thickness of the thicker member shall be as follows:

(1) For P-No. 8, P-No. 41, P-No. 42, P-No. 43, P-No. 44, P-No. 45, P-No. 46, P-No. 49, P-No. 51, P-No. 52, P-No. 53, P-No. 61, and P-No. 62 metal, there shall be no

limitation on the maximum thickness of the thicker production member in joints of similar P-Number materials provided qualification was made on base metal having a thickness of $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) or greater.

(2) For all other metal, the thickness of the thicker member shall be within the range permitted by **QW-451**, except there need be no limitation on the maximum thickness of the thicker production member provided qualification was made on base metal having a thickness of $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) or more.

More than one procedure qualification may be required to qualify for some dissimilar thickness combinations.

تصویر ۱۶۸: محدوده‌ی کاربردی PQR از نظر ضخامت مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-450 SPECIMENS

ASME BPVC.IX

QW-451 PROCEDURE QUALIFICATION THICKNESS LIMITS AND TEST SPECIMENS

Table QW-451.1
Groove-Weld Tension Tests and Transverse-Bend Tests

Thickness <i>T</i> of Test Coupon, Welded, in. (mm)	Range of Thickness <i>T</i> of Base Metal, Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]		Maximum Thickness <i>t</i> of Deposited Weld Metal, Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]	Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (2)]			
	Min.	Max.		Tension, QW-150	Side Bend, QW-160	Face	Root
						Bend, QW-160	Bend, QW-160
Less than 1/16 (1.5)	<i>T</i>	2 <i>T</i>	2 <i>t</i>	2	...	2	2
1/16 to 3/8 (1.5 to 10), incl.	1/16 (1.5)	2 <i>T</i>	2 <i>t</i>	2	[Note (5)]	2	2
Over 3/8 (10), but less than 3/4 (19)	3/16 (5)	2 <i>T</i>	2 <i>t</i>	2	[Note (5)]	2	2
3/4 (19) to less than 1 1/2 (38)	3/16 (5)	2 <i>T</i>	2 <i>t</i> when <i>t</i> < 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
3/4 (19) to less than 1 1/2 (38)	3/16 (5)	2 <i>T</i>	2 <i>T</i> when <i>t</i> ≥ 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
1 1/2 (38) to 6 (150), incl.	3/16 (5)	8 (200) [Note (3)]	2 <i>t</i> when <i>t</i> < 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
1 1/2 (38) to 6 (150), incl.	3/16 (5)	8 (200) [Note (3)]	8 (200) [Note (3)] when <i>t</i> ≥ 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
Over 6 (150) [Note (6)]	3/16 (5)	1.33 <i>T</i>	2 <i>t</i> when <i>t</i> < 3/4(19)	2 [Note (4)]	4	...	...
Over 6 (150) [Note (6)]	3/16 (5)	1.33 <i>T</i>	1.33 <i>T</i> when <i>t</i> ≥ 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	...	...

تصویر ۱۶۹: محدوده‌ی ضخامت مجاز تأیید شده بوسیله PQR مطابق ASME Sec. IX-2019

توجه مهم: در جدول QW-451 از حرف T به دو صورت استفاده شده است هر دو معرف ضخامت هستند اما:

T نماینده‌ی ضخامت فلز مبنا می باشد و t نماینده‌ی ضخامت فلز جوش می باشد.

ASME BPVC.IX

NOTES:

- (1) The following variables further restrict the limits shown in this table when they are referenced in QW-250 for the process under consideration: QW-403.9, QW-403.10, QW-404.32, and QW-407.4. Also, QW-202.2, QW-202.3, and QW-202.4 provide exemptions that supersede the limits of this table.
- (2) For combination of welding procedures, see QW-200.4.
- (3) For the SMAW, SAW, GMAW, PAW, and GTAW welding processes only; otherwise per Note (1) or $2T$, or $2t$, whichever is applicable.
- (4) see QW-151.1, QW-151.2, and QW-151.3 for details on multiple specimens when coupon thicknesses are over 1 in. (25 mm).
- (5) Four side-bend tests may be substituted for the required face- and root-bend tests, when thickness T is $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) and over.
- (6) For test coupons over 6 in. (150 mm) thick, the full thickness of the test coupon shall be welded.

تصویر ۱۷۰: یادداشتهای جدول QW-451.1 در ASME Sec. IX-2019

یادداشتهای جدول QW-451.1 :

- ۱- محدودیتهای اضافی (بیشتر) متغیرات ذکر شده زیر وقتی برای فرآیند جوشکاری مورد نظری به QW-250 رجوع داده می شوند، در پاراگراف های QW-403.9, QW-403.10, QW-404.32, and QW-407.4 استثناء هایی برای محدودیت های نشان داده شده در این جدول ایجاد می کنند که محدودیت های این جدول را لغو می کند.
- ۲- برای ترکیب دستورالعمل های جوشکاری، QW-200.4 را ببینید.
- ۳- فقط برای فرآیند های جوشکاری SMAW, SAW, GMAW, PAW, LLBW and GTAW در غیر اینصورت مطابق یادداشت (۱) یا $2T$ ، یا $2t$ عمل شود، هر کدام که کاربرد دارد.
- ۴- وقتی ضخامت قطعات بیشتر از یک اینچ (25 mm) باشد برای جزئیات قطعات مختلف، پاراگراف های QW-151.1, QW-151.2, and QW-151.3 را ببینید.
- ۵- وقتی ضخامت T برابر یا بیشتر از $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) است ممکن است ۴ قطعه تست side-bend با تست های face- and root-bend مورد نیاز جایگزین گردند.
- ۶- برای قطعات تست با ضخامت بیشتر از 6 in. (150 mm) تمام ضخامت قطعه تست باید جوشکاری گردد.

(۱۴) - چگونگی شکل گیری استاندارد ASME B31.3

استاندارد ASME Sec VIII در سال ۱۹۲۵ تدوین گردید و یک سال پس از آن انجمن استانداردهای آمریکا (ASA (American Standards Association) پروژه استاندارد B31 را طرح ریزی نمود. کمیته B31 که شامل ۴۰ سازمان مهندسی مختلف می باشد، اولین چاپ و ویرایش B31 را در سال ۱۹۳۵ بطور آزمایشی برای (PressurePiping) ارائه کردند.

اولین ویرایش استاندارد B31.3 با نام (Petroleum Refinery Piping Code) در سال ۱۹۵۹ منتشر گردید. در سال ۱۹۶۷ انجمن استانداردهای آمریکا (ASA) تشکیلات مجددی یافت و نام آن به USASI (United States of American Standards Institute) تغییر یافت. اما در سال ۱۹۶۹ یعنی دو سال بعد نام این انجمن مجدداً بنام جدید ANSI (American National Standards Institute) تغییر یافت. در سال ۱۹۷۳ کد جدیدی تحت نام ANSI B31.3 طراحی گردید و در همان سال چاپ شد.

همچنین یک کد برای سیستمهای لوله کشی سایت شیمیایی تحت عنوان ANSI-B31.6 طراحی شد. اما در سال ۱۹۷۴ آماده ارائه نشد. در واکنش به این مسئله، استعلامی از کمیته ASME Code Piping مبنی بر آموزش طراحان برای ایجاد مقررات سیستمهای لوله کشی سایتهای شیمیایی گردید که در نهایت ASME Code Piping موافقت نمود و

اولین استاندارد مخصوص سیستمهای لوله کشی سایتهای شیمیایی را در سال ۱۹۷۶ تحت نام Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping ارائه کرد.

۲ سال بعد یعنی در سال ۱۹۷۸ مجدداً تغییر نام داد و تحت نام جدید ASME Code for Pressure Piping منتشر گردید. در سال ۱۹۸۰ استاندارد مشترک ANSI/ASME B31.3 تشکیل شد.

اما در سال ۱۹۹۶ یک کُد جدید تحت عنوان ASME B31.3 Process Piping منتشر گردید که در این چاپ روش اندازه گیری بر اساس متریک شروع شد و در چاپ سال ۱۹۹۹ بصورت کامل واحد اندازه گیری در استاندارد B31.3 بر اساس متریک قرار گرفت.

استاندارد ASME B31 برای Pressure Piping در موضوعات ذیل منتشر شده است:

ASME CODE FOR PRESSURE PIPING, B31

Power Piping	B31.1-2016
Process Piping	B31.3-2016
Tuberías de Proceso	B31.3-2010
Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries	B31.4-2016
Refrigeration Piping and Heat Transfer Components	B31.5-2016
Gas Transmission and Distribution Piping Systems	B31.8-2016
Managing System Integrity of Gas Pipelines	B31.8S-2016
Gestión de Integridad de Sistemas de Gasoductos	B31.8S-2010
Building Services Piping	B31.9-2014
Hydrogen Piping and Pipelines	B31.12-2014
Standard for the Seismic Design and Retrofit of Above-Ground Piping Systems	B31E-2008
Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines: Supplement to ASME B31 Code for Pressure Piping.	B31G-2012
Manual para la determinación de la resistencia remanente de tuberías corroídas	B31G-2012
Standard Test Method for Determining Stress Intensification Factors (<i>i</i> -Factors) for Metallic Piping Components	B31J-2008 (R2013)
Método de prueba estándar para determinar factores de intensificación de esfuerzo (Factores <i>i</i>) para componentes de tuberías metálicas	B31J-2008 (R2013)
Pipeline Personnel Qualification	B31Q-2016
Calificación del personal de líneas de tuberías	B31Q-2010
Standard Toughness Requirements for Piping	B31T-2015

تصویر ۱۷۱: مباحث ASME B31

ASME B31.3: سیستمهای لوله کشی صنعتی (فرآیند)

ASME B31.4: خطوط لوله‌ای انتقال مایعات مثل نفت

ASME B31.8: خطوط لوله‌ای انتقال سیالات گازی

☼ - خلاصه ای از استاندارد ASME B31.3

این استاندارد در ۱۰ فصل (Chapter) تهیه شده است. استاندارد B31.3 درباره سیستمهای لوله کشی فلزی (Metallic) و غیر فلزی (Nonmetallic) بحث میکند. در این استاندارد سیالات در قسمت‌های لوله کشی فلزی به شش Category تقسیم بندی شده است. این تقسیم بندی ها به شرح ذیل است:

- 1- Category D Fluid Service -
- 2- Category M Fluid Service - Chapter VIII
- 3- Elevated Temperature Fluid Service
- 4- Category High Pressure Piping - Chapter IX
- 5- Category Normal Fluid Service
- 6- High Purity Fluid Service - Chapter X

در فصل ۱ (Chapter I) که مربوط به تعاریف (Scope and Definitions) می شوند، تمام دسته ها ی (Category) فوق تعریف شده اند که در ذیل آمده است:

fluid service:

ASME B31.3

(a) *Category D Fluid Service:* a fluid service in which all of the following apply:

(1) the fluid handled is nonflammable, nontoxic, and not damaging to human tissues as defined in para. 300.2

(2) the design gage pressure does not exceed 1 035 kPa (150 psi)

(3) the design temperature is not greater than 186°C (366°F)

(4) the fluid temperature caused by anything other than atmospheric conditions is not less than -29°C (-20°F)

(b) *Category M Fluid Service:* a fluid service in which both of the following apply:

(1) the fluid is so highly toxic that a single exposure to a very small quantity of the fluid, caused by leakage, can produce serious irreversible harm to persons on breathing or bodily contact, even when prompt restorative measures are taken

(2) after consideration of piping design, experience, service conditions, and location, the owner determines that the requirements for Normal Fluid Service do not

sufficiently provide the leak tightness required to protect personnel from exposure

(c) *Elevated Temperature Fluid Service:* a fluid service in which the piping metal temperature is sustained equal to or greater than T_{cr} as defined in Table 302.3.5, General Note (b).

(d) *High Pressure Fluid Service:* a fluid service for which the owner specifies the use of Chapter IX for piping design and construction; see also para. K300.

(e) *High Purity Fluid Service:* a fluid service that requires alternative methods of fabrication, inspection, examination, and testing not covered elsewhere in the Code, with the intent to produce a controlled level of cleanliness. The term thus applies to piping systems defined for other purposes as high purity, ultra high purity, hygienic, or aseptic.

(f) *Normal Fluid Service:* a fluid service pertaining to most piping covered by this Code, i.e., not subject to the rules for Category D, Category M, Elevated Temperature, High Pressure, or High Purity Fluid Service.

تصویر ۱۷۲: تعریف Category های مختلف B31.3-2016 در پاراگراف 300.2

Category D Fluid Service

(a) - سرویس سیال Category D: سرویس سیالی است که در بر دارنده موارد ذیل است:

(1) - سیالی است که غیر قابل اشتعال و غیر سمی بوده و آنطور که در پاراگراف 300.2 تعریف شده است به بافتهای

بدن انسان صدمه ای وارد نمی کند.

(2) - فشار طراحی آن از 1035 KPa (150 psi) تجاوز نمی نماید.

(3) - درجه حرارت طراحی آن -29°C (-20°F) تا دمای 186°C (366°F) می باشد.

Category M Fluid Service

(b) - سرویس سیال Category M: سرویس سیالی است که مقدار بسیار کمی از آن به علت نشتی کشنده می باشد

و حتی در صورت عدم تمهیدات لازم نیز میتواند از طریق تنفس یا تماس بدنی صدمات جبران ناپذیری بر روی سلامتی انسان ایجاد نماید.

Elevated Temperature Fluid Service

(c) - سرویس سیال Elevated Temperature Fluid Service: سرویس سیالی است که دمای طراحی فلز لوله

یا دمای دائمی عملیاتی (Operation) آن برابر یا بیشتر از دمای بحرانی (T_{cr}) است که این دما در یادداشت کلی (b) از جدول 302.3.5 مشخص شده است.

Category High Pressure Piping

(d) - سرویس سیال Category High Pressure Piping: سرویس سیالی است که کارفرما استفاده از فصل ۹

(IX) این استاندارد را برای طراحی و ساخت لوله کشی آن مشخص می نماید. به پاراگراف K300 نگاه کنید.

Chapter IX High Pressure Piping

K300 GENERAL STATEMENTS

(a) *Applicability.* This Chapter pertains to piping designated by the owner as being in High Pressure Fluid Service. Its requirements are to be applied in full to

piping so designated. High pressure is considered herein to be pressure in excess of that allowed by the ASME B16.5 Class 2500 rating for the specified design temperature and material group. However, there are no specified pressure limitations for the application of these rules.

تصویر ۱۷۳: محدوده‌ی ASME B31.3-2016-High Pressure Piping

***- پاراگراف K300

این فصل، مربوط به سیستم های لوله کشی می باشد که توسط کارفرما به عنوان سرویس سیال با فشار بالا تشخیص داده شده است. الزامات این فصل باید در مورد چنین سیستم هایی به اجراء در آید. در این جا منظور از فشار بالا فشاری است که از فشار مجاز در استاندارد ASME B16.5 Class 2500 برای دما و مترتال مشخص بیشتر باشد.

با اینحال، برای بکار بردن مقررات این فصل محدودیت ویژه ای در مورد فشار وجود ندارد.

(e) - سرویس سیال Category Normal: سرویس سیالی است که مربوط به اکثر سیستم های لوله کشی می باشد که بوسیله این کُد پوشش داده شده اند و مقررات سرویس های دسته (D) و (M) و دسته فشار بالا (High Pressure) شامل آنها نمی شود.

(f) - سرویس سیال Category High Purity Fluid Service: سرویس سیالی است که روشهای جایگزینی ساخت، بازرسی، آزمایش و تستهایی که در جاهای دیگر کُد پوشش داده نشده است، برای آن الزامی می باشد با این هدف که میزان تمیزی و خلوص کنترل شده ای تولید شود. این اصطلاح برای سیستم های لوله کشی که برای اهداف دیگری همچون خلوص بالا، خلوص بسیار بالا، بهداشتی یا ضد عفونی مشخص شده اند نیز کاربرد دارد.

Severe Cyclic Condition

***- شرایط سیکلی شدید (Severe Cyclic Condition)

*- تعریف این شرایط: شرایط سیکلی شدید، شرایطی است که برای قسمتهای مشخصی از سیستم لوله کشی یا اتصالاتی بکار برده می شود که کارفرما یا طراح آنرا برای مقاومت بهتر در مقابل خستگی ناشی از بارگذاری های سیکلی الزام می نمایند. ضمیمه F، پاراگراف F301.10.3 که نحوه ی راهنمایی برای طراحی سیستم لوله کشی تحت شرایط سیکلی شدید است، را ببینید.

ASME B31.3

severe cyclic conditions: conditions applying to specific piping components or joints for which the owner or the designer determines that construction to better resist fatigue loading is warranted. See Appendix F, para. F301.10.3 for guidance on designating piping as being under severe cyclic conditions.

تصویر ۱۷۴: تعریف شرایط ASME B31.3-2016-Severe Cyclic Condition

		ASME B31.3
(16) F301.10.3 Severe Cyclic Conditions.	Designating piping as being under severe cyclic conditions should be considered when piping is subjected to both a high stress range and many cycles. The phrase <i>many cycles</i> can be taken as when the stress range factor, f , is less than the maximum, f_m . The phrase <i>high stress range</i> is normally taken as when the calculated stress range approaches the allowable stress range. Examples include piping associated with batch chemical reactors that cycle more frequently than once a day and piping that has a reasonable likelihood of vibrating. Frequently, failures occur at small branch connections attached to main piping runs that do not have a high	stress range. When experience shows that these small branch connections might be vulnerable to fatigue failure, consideration should be given to designating such piping as being under severe cyclic conditions. See the following references for guidance on the design of small branch connections to avoid fatigue failure: (a) Guidelines for the Avoidance of Vibration Induced Fatigue Failure in Process Pipework, published by Energy Institute (b) Design Guideline for Small Diameter Branch Connections, published jointly by Gas Machinery Research Council, Pipeline Research Council International, and Southwest Research Institute

تصویر ۱۷۵: توضیحی در باره شرایط ASME B31.3-2016-Severe Cyclic Condition

***- پاراگراف F301.10.3 (Severe Cyclic Conditions) (طراحی شرایط بسیار سخت در بارگذاری های سیکلی زیاد) وقتی سیستم لوله کشی در معرض تنش های بالا و سیکل های زیاد تنشی می باشد، باید توجه نمود که سیستم لوله کشی را تحت عنوان شرایط سیکلی شدید طراحی نمود. وقتی فاکتور میزان تنش f کمتر از حداکثر f_m می باشد می توان عبارت سیکل های زیاد (*many cycles*) را بکار برد. وقتی تنش مجاز محاسبه شده نزدیک به (در حدود) میزان تنش های مجاز می باشد معمولاً عبارت میزان تنش بالا (*high stress range*) بکار برده می شود. نمونه هایی از سیستم های لوله کشی وجود دارد که در کنار مقداری واکنش شیمیایی در هر روز دارای سیکل تنش بیشتر از یکبار می باشد و در آنها احتمال ایجاد ارتعاش وجود دارد. بیشتر اوقات شکست در اتصال انشعاب به خط اصلی لوله (هدر) که میزان تنش بالایی ندارد اتفاق می افتد. تجربه نشان داده است که اتصال انشعابات کوچک در برابر شکست ناشی از خستگی آسیب پذیر می باشند، پس بایستی این موضوع را هنگام طراحی سیستم لوله کشی تحت شرایط سیکلی شدید مورد توجه قرار داد. موارد زیر که راهنمایی های لازم برای طراحی اتصال انشعابات کوچک برای اجتناب از شکست ناشی از خستگی می باشد را ببیند.

(a) راهنمای اجتناب از ارتعاشات که در فرآیند لوله کشی منجر به شکست ناشی از خستگی می شود، توسط مؤسسه انرژی (Energy Institute) منتشر شده است.

(b) راهنمای طراحی اتصال انشعابات با قطر کوچک که مشترکاً توسط هیأت پژوهش ماشین آلات گازی و هیأت تحقیقات بین المللی خط لوله و مؤسسه تحقیقات جنوب غرب منتشر شده است.

وقتی سیال مورد استفاده سمی، اشتعال پذیر یا آسیب رسان به بافتهای بدن انسان می باشد، یا وقتی شکست سیستم لوله کشی بسیار پر هزینه می باشد و یا وقتی آزمایش نمودن سیستم لوله کشی به هنگام سرویس عملیاتی یا بهنگام

ASME B31.3		Units [Note (1)]		Reference		
Symbol	Definition	SI	U.S.	Paragraph	Table/Fig./App.	Equation
f	Stress range factor	...	...	302.3.5 S301.1 S301.7 S303.1	302.3.5	(1a) (1b) (1c)
f_m	Maximum value of stress range factor	...	...	302.3.5	...	(1c)
	$S_A = f(1.25S_c + 0.25S_h)$	(1a)	For eqs. (1a) and (1b)			
Equation	$S_A = f[1.25(S_c + S_h) - S_L]$	(1b)	f = stress range factor, ³ calculated by eq. (1c) ⁴			
	f (see Fig. 302.3.5) = $6.0(N)^{-0.2} \leq f_m$	(1c)	⁴ The minimum value for f is 0.15, which results in an allowable displacement stress range, S_A , for an indefinitely large number of cycles.			
f_m	f_m = maximum value of stress range factor; 1.2 for ferrous materials with specified minimum tensile strengths ≤ 517 MPa (75 ksi) and at metal temperatures $\leq 371^\circ\text{C}$ (700°F); otherwise $f_m = 1.0$					

برای اطلاعات بیشتر به پاراگراف زیر مراجعه فرمایید.

(16) 302.3.5 Limits of Calculated Stresses Due to Sustained Loads and Displacement Strains
(d) Allowable Displacement Stress Range, S_A .

تصویر ۱۷۶: فرمول های مربوط به محاسبه شرایط ASME B31.3-2016-Severe Cyclic Condition

توقف های کوتاه عملیاتی امکان پذیر نمی باشد، بایستی به هنگام طراحی سیستم لوله کشی تحت شرایط سیکلی شدید، دقت بیشتری صورت گیرد.

***- پاراگراف 302.3.5 : محدوده ی تنش های محاسبه شده بعلت بارگذاری های ثابت (مداوم و پیوسته) و کرنش های ناشی از جابجایی.

(a) تنش های ناشی از فشار داخلی (*Internal Pressure Stresses*) : وقتی ضخامت قسمتهای مختلف لوله کشی شامل هر گونه تقویتی که مطابق با پاراگراف 304 باشد، بایستی تنش های ناشی از فشار داخلی را بطور صحیح و مطمئن مد نظر قرار داد.

(b) تنش های ناشی از فشار بیرونی (*External Pressure Stresses*) : وقتی ضخامت قسمتهای مختلف لوله کشی و لوازم تقویت کننده مطابق با پاراگراف 304 باشد، بایستی تنش های ناشی از فشار بیرونی را بطور صحیح و مطمئن مد نظر قرار داد.

(c) تنش های ناشی از بارگذاری های ثابت (مداوم و پیوسته) (*Stresses Due to Sustained Loads, S_L*) : مجموع تنش های طولی ناشی از بارگذاری های ثابت (مداوم و پیوسته) (*S_L*) همچون فشار و وزن در قسمت های مختلف سیستم لوله کشی (پاراگراف 320 را ببینید) نباید بیشتر از (*S_h*) باشد. (*S_h*) از جدول های Table A-1 or Table A-1M که شرایط دمایی کاری فلز را ارائه می دهد، اقتباس می شود.

(d) میزان تنش مجاز ناشی از جابجایی (*Allowable Displacement Stress Range S_A*) : محاسبه ی میزان تنش مجاز ناشی از جابجایی در سیستم لوله کشی (پاراگراف 319.4.4 را ببینید) نباید بیشتر از میزان تنش ناشی از جابجایی مجاز (*S_A*) باشد. (پاراگراف 319.2.3 و 319.3.4 را ببینید) بوسیله معادله ی (1a) محاسبه شده است.

$$S_A = f(1.25S_c + 0.25S_h) \quad (1a)$$

***- پاراگراف 302.3.6 : محدودیت های تنش های محاسبه شده ی ناشی از بارگذاری های نامنظم یا اتفاقی:

(a) عملیات کاری (*Operation*) : مجموع تنش های طولی (*S_L*) ناشی از بارگذاری های ثابت همچون فشار و وزن و تنش های ایجاد شده ناشی از بارگذاری های نامنظم یا اتفاقی همچون زلزله یا باد ممکن است به اندازه ی 1.33 برابر تنش های مجاز اولیه که در ضمیمه ی A به آنها اشاره شده است، باشد. نیازی نمی باشد که نیروی زلزله و باد همزمان با هم در نظر گرفته شوند. وقتی آنالیز طراحی تفصیلی انجام می شود باید تنش ها بصورت ترکیبی با استفاده از معادله های (23a) تا (23d) با بارگذاری های قابل کاربرد برای شرایط ارزیابی شده محاسبه گردند. برای سرویس سیال های دمایی بالا (تعریف در پاراگراف 300.2 را ببینید) وقتی استفاده از 1.33 برابر تنش های مجاز اولیه که در ضمیمه ی A ارائه شده اند، پیشنهاد می گردد. برای بارگذاری های نامنظم یا اتفاقی کوتاه مدت همچون ضربه، باد شدید یا زلزله در مترتال هایی بغیر از مترتال های انعطاف ناپذیر ممکن است بعنوان یک فاکتور کاهش استحکام، تنش های مجاز را به اندازه 90% درصد استحکام تسلیم در دما در نظر گرفت. این استحکام تسلیم باید در گُذ BPV بخش II قسمت D در جدول Table Y-1 لیست شده باشد یا مطابق با پاراگراف 302.2.3 مشخص گردند. فاکتور کاهش استحکام نشان دهنده ی کاهش استحکام تسلیم در مترتال هایی است که مدت زمان زیادی در معرض دمایی بالا می باشند و در صورت فقدان اطلاعات مورد نیاز باید برای مترتال های استنلس استیل فاکتور 1 و برای مترتال های دیگر فاکتور 0.8 در نظر گرفت.

برای مترتال های ریخته گری، تنش مجاز اولیه باید بوسیله ی فاکتور کیفیت ریخته گری (*E_c*) افزایش یابد. چنانچه میزان تنش مجاز تا $\frac{2}{3}$ استحکام تسلیم در دما افزایش یابد بایستی میزان تنش مجاز همان طوریکه در پاراگراف 302.3.2(e) مشخص شده است، کاهش یابد.

(b) تست *Test*: تنش های ناشی از شرایط تست تابع محدودیت های پاراگراف 302.3 نمی باشند. نیازی نمی باشد که بارگذاری اتفاقی دیگر همچون باد و زلزله را بصورت همزمان در بارگذاری های تست محاسبه یا مد نظر قرار داد. ***- پاراگراف 319.2.3: میزان تنش ناشی از جابجایی (Displacement Stress Range):

(a) در مقایسه با تنش های ناشی از بارگذاری های ثابت همچون فشار درونی یا وزن، تنش های ناشی از جابجایی ممکن است به اندازه کافی باعث ایجاد تنش تسلیم موضعی در قسمتهای مختلف سیستم لوله کشی گردند. چنانچه سیستم لوله کشی در عملیات کاری اولیه خود (بیشترین یا کمترین دما یا بیشترین جابجایی ایجاد شده) از محل ثابت و اولیه خود بیشترین جابجایی را داشته باشد در این حالت هر گونه تنش تسلیم یا خزش موجب کاهش یا از بین رفتن تنش ها می شود. وقتی سیستم لوله کشی مجدداً به مکان اولیه خود باز می گردد (بر خلاف جابجایی) در واقع تنش ها مجدداً توزیع و یا از بین می روند و این بیانگر فتری بودن (حالت الاستیک) آن می باشد. این حالت شبیه تغییر شکل عمدی (Cold spring) می باشد.

(b) وقتی تنش های ناشی از کرنش های جابجایی به مرور زمان بعثت تسلیم شدن یا خزش کاهش می یابند، در واقع اختلاف جبری میان کرنش های ناشی از جابجایی زیاد با شرایط مکان ثابت و اولیه آن در طول هر سیکل از عملیات کاری ثابت خواهد ماند. این اختلاف در کرنش های ایجاد شده متناظر است با تفاضل تنش، میزان تنش ناشی از جابجایی که بعنوان ملاک و معیار در طراحی سیستم لوله کشی برای انعطاف پذیری (تغییر شکل یا خاصیت خمشی پذیری) مورد استفاده قرار می گیرند. در ارزیابی نمودن سیستم هایی که ساپورت ها ممکن است در برخی شرایط مؤثر و در برخی شرایط دیگر همچون ساپورت هایی که لوله ها بر روی آنها قرار می گیرند، مؤثر نباشند این اختلاف در کرنش ها ممکن است بوسیله تغییر در توزیع بار ثابت شده، تحت تأثیر قرار گیرند. در چنین حالتی، مقدار کرنش های ناشی از جابجایی براساس اختلاف جبری میان شرایط محاسبه شده لوله مشخص می شود. بعلاوه اینکه برای کرنش های ناشی از جابجایی باید شرایط محاسبه شده شامل بارهای ثابت موجود کمتر از میزان واقعی ارزیابی گردند. پاراگراف 302.3.5(d) برای مقدار تنش های مجاز (S_A) و پاراگراف 319.4.4(a) برای مقدار تنش های محاسبه شده ناشی از جابجایی (S_E) را ببینید. ***- پاراگراف 319.3.4: تنش های مجاز: (Allowable Stresses):

(a) برای سیستم هایی که اصولاً تحت تنش های خمشی و یا گشتاور پیچشی می باشند مقدار تنش های مجاز ناشی از جابجایی (S_A) و تنش های افزایشی (اضافی) مجاز باید همانگونه که در پاراگراف 302.3.5(d) ذکر شده است، مشخص گردند.

(b) فاکتور تشدید تنش در ضمیمه D برای تست های شکست مربوط به قسمت های مختلف لوله کشی و متریال های آهنی که از قطعات انعطاف پذیر (ductile) ساخته شده اند، ارایه شده است. مقدار تنش های مجاز ناشی از جابجایی بر اساس تست های کربن و استنلس استیل های آستنیتی می باشد. وقتی برای مقدار تنش های ناشی از جابجایی از معادلات (1a) و (1b) (پاراگراف 302.3.5) برای برخی متریال های غیر آهنی (همچون مس خالص و آلیاژ آلومینیوم) و نیز برای مواردی بغیر از سیکل کم استفاده می کنیم باید دقت و احتیاط لازم بکار رود. مطالب Category M با پیشوند M شروع می شوند.

و مطالب Category High Pressure Piping با پیشوند K شروع می شوند.

قسمت غیرفلزی (Nonmetallic) با پیشوند A در این استاندارد قید شده است.

در برخی از قسمتهای Appendix ها، مثالهای بسیار جالبی از نمونه های محاسباتی بیان شده است که می تواند راهنمای بسیار خوبی برای طریقه محاسبات باشد، برای نمونه به Appendix -H و Appendix -S اشاره می شود.

Appendix -H

Appendix -H-Sample calculations for Branch Reinforcement: این ضمیمه نمونه های مختلفی از
 طریقه های محاسبه ی ورقهای تقویتی (Reinforcement) برای انشعابات است.

Appendix -S

Appendix -S-Piping System Stress Analysis Examples

در این ضمیمه نمونه های محاسباتی حداقل ضخامت مورد نیاز قید شده است.

Appendix Z

Appendix - Z-Preparation of Technical Inquiries

در این ضمیمه روش تهیه ی سئوالات فنی را توضیح داده است.

محدوده ی کاربردی این استاندارد در پاراگراف 300.1 قید شده است .

*- پاراگراف 300.1 - حیطه عمل:

مقررات Process Piping Code Section B31.3 برای لوله کشی هایی که عمدتاً در پالایشگاه های نفت، صنایع
 شیمیایی، تولید مواد دارویی، نساجی، کاغذ سازی، نیمه هادی ها، برودتی و کارخانه های فراوری و پایانه بکار برده می
 شوند، وضع شده اند.

*- پاراگراف 300.1.1 - محتویات و فراگیری:

(a) - این کد الزاماتی را برای متریال و اجزاء تشکیل دهنده، طراحی، ساخت، مونتاژ، نصب، آزمایشات بازرسی و تست
 سیستم های لوله کشی شرح می دهد.

(b) - این کد برای لوله کشی های تمامی سیالات از جمله:

(1)- مواد شیمیایی خام، نیمه خام و تمام شده

(2)- محصولات نفتی

(3)- گاز، بخار، هوا و آب

(4)- جامدات سیال شده

(5)- سرما سازها

(6)- سیالات برودتی

بکار برده می شود.

(c) - تصویر (Fig. 300.1.1) دیاگرام کاربرد B31.3-2016 را در مورد لوله کشی ها نشان می دهد. نقطه ی اتصال
 لوله کشی به تجهیزات در محدوده ی کاربردی B31.3 قرار دارد.

*- پاراگراف 300.1.2 - لوله کشی های تجهیزات یکپارچه (Packaged): لوله کشی هایی که قطعات یا طبقاتی را که
 در یک تجهیز بصورت یکپارچه (Packaged) می باشند را به هم وصل می کند نیز در محدوده ی کاربردی این کد قرار
 دارند.

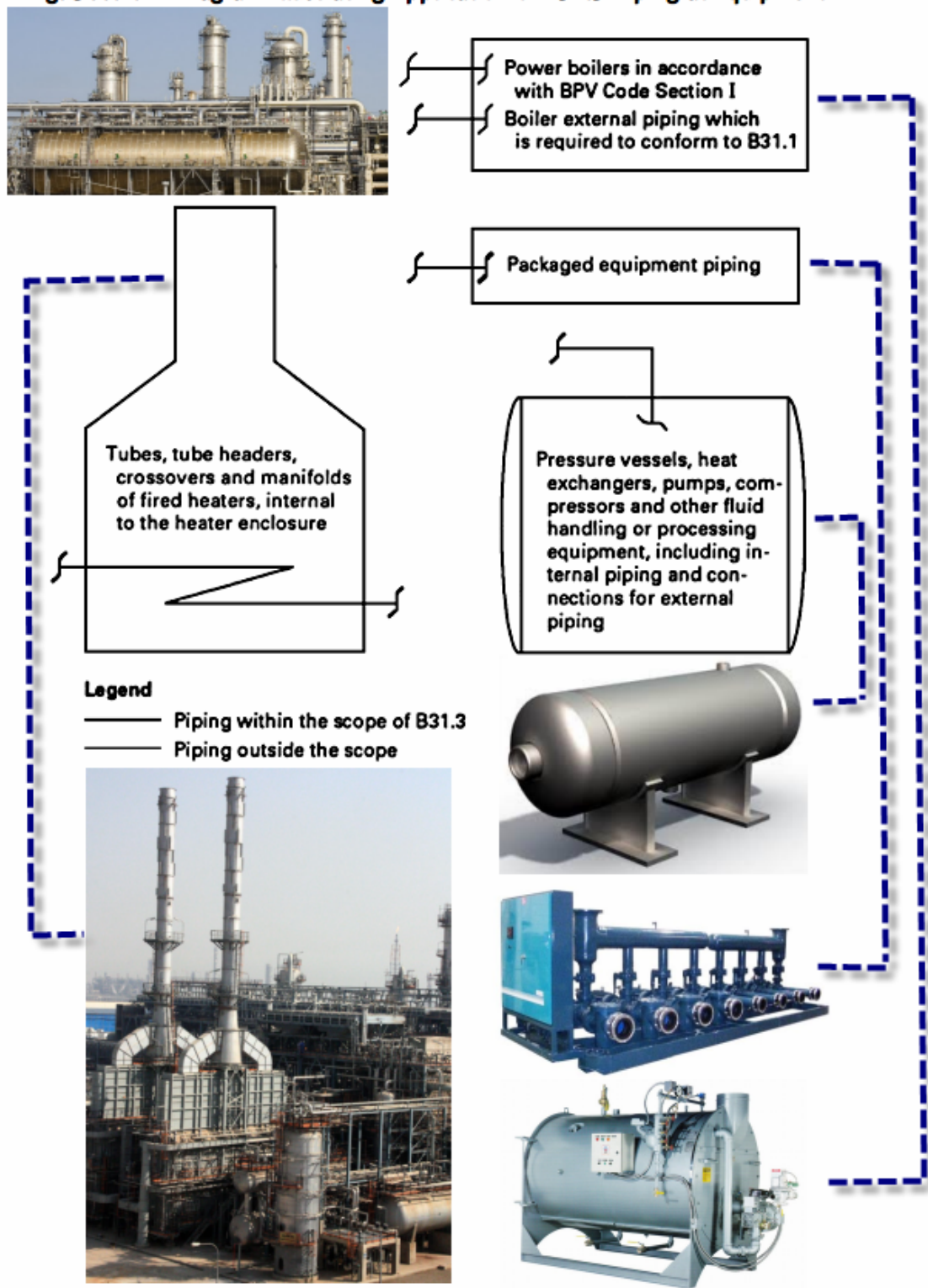
پاراگراف 300.1.3 - موارد زیر از محدوده ی کاربردی این کد خارج می باشند:

(a) - سیستم های لوله کشی که برای فشارهای صفر یا کمتر از 105KPa (15 psi) طراحی شده اند. مشروط بر اینکه
 سیالی که انتقال می یابد غیر اشتعال، غیر سمی و همانطور که در پاراگراف 300.2 تعریف شده برای بافت های انسانی مضر
 نباشد و درجه حرارت طراحی آن از -29°C تا 186°C باشد.

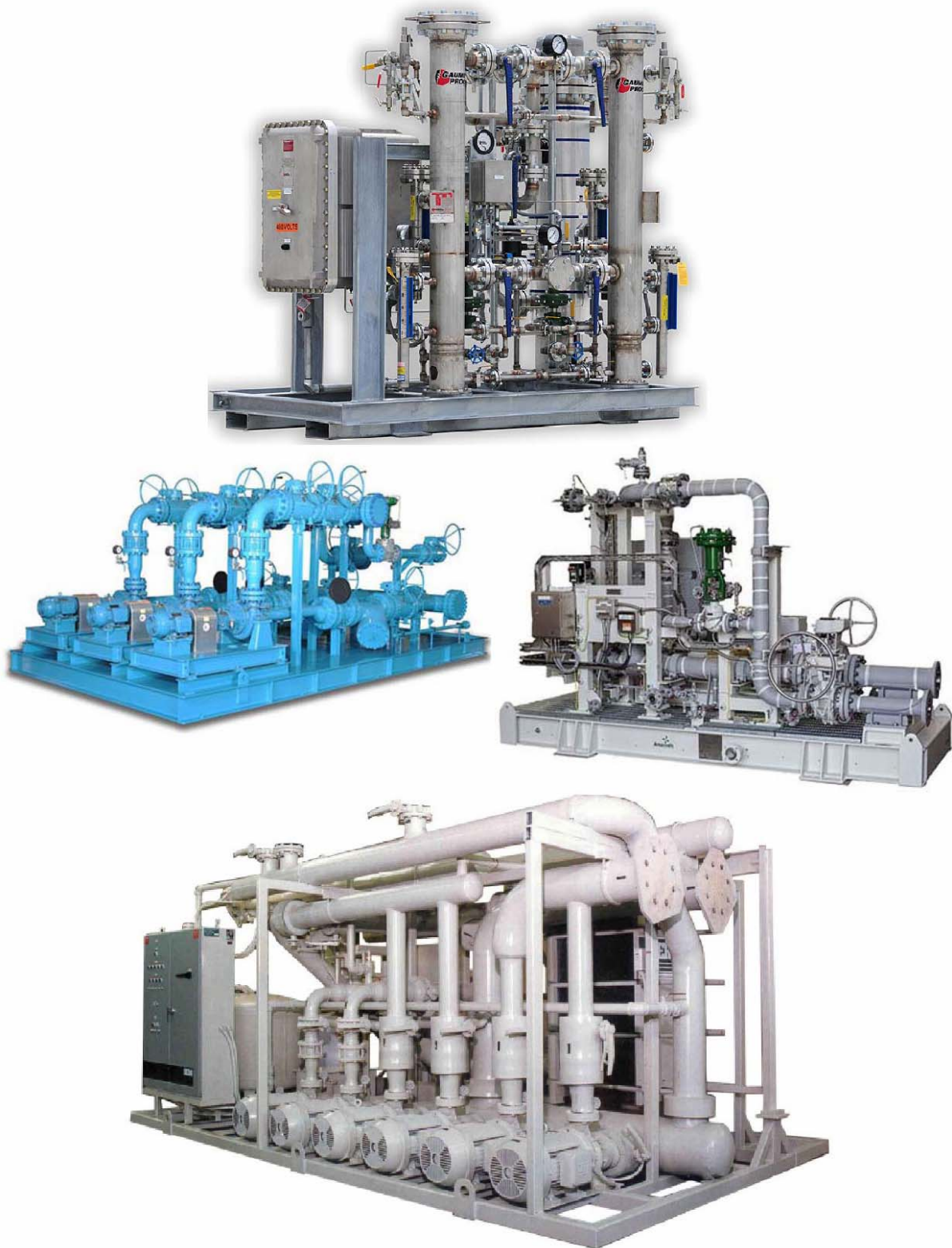
(b) - بویلر های نیروگاهی مطابق با BPV Section I و لوله کشی های قسمت خارجی بویلر که لازم است با استاندارد
 B31.1 مطابقت داشته باشد.

- (c) - تیوب ها، تیوب هدر ها، Crossovers ها و مانیفولد های هیتر های احتراقی که اجزاء داخلی هیتر هستند.
- (d) - مخازن تحت فشار، مبدل های حرارتی، پمپ ها، کمپرسورها و سایر انتقال دهنده های سیالات یا تجهیزات فراوری از جمله لوله کشی های داخلی آنها و اتصالات آنها به لوله کشی های خارجی.

Fig. 300.1.1 Diagram Illustrating Application of B31.3 Piping at Equipment

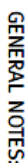


تصویر ۱۷۷: دامنه کاربرد استاندارد ASME B31.3-2016- (Pressure Piping)



تصویر ۱۷۸: نمونه هایی از لوله کشی های تجهیزات یکپارچه (Packaged)

Col. 5



(a) See paras. 300(b)(1), 300(d)(4) and (5), and 300(e) for decisions the owner must make. Other decisions are the designer's responsibility; see para. 300(b)(2).

(b) The term "fluid service" is defined in para. 300.2.

NOTE:

(1) Severe cyclic conditions are defined in para. 300.2. Requirements are found in Chapter II, Parts 3 and 4, and in paras. 323.4.2 and 241.4.3.

(۱۵) - مرجع تهیه‌ی مدارک WPS, PQR و WQT در استانداردهای مختلف

☼ WPS, PQR و WQT در استاندارد ASME Sec. VIII Div.1-2019

در مخازن تحت فشار مطابق با UW-28 کلیه‌ی مقررات WPS و مطابق با UW-29 کلیه‌ی مقررات WQT می‌بایست بر اساس استاندارد ASME Sec. IX تهیه شوند.

***- پاراگراف UW-28- ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری:

(a) - هر روش جوشکاری که قرار است در ساخت یک پروژه مورد استفاده قرار گیرد باید با جزئیات کامل توسط سازنده گزارش شود.

(b) - روشهای جوشکاری اجزایی که تحت فشار هستند، همچنین اتصالات بین اجزایی که تحت فشار نیستند. ولی بارهایی را تحمل می‌کنند مانند (Clip) ها و (Lug) های دائم و اضطراری به اجزاء تحت فشار بایستی مطابق با ASME Sec. IX مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند.

UW-28 QUALIFICATION OF WELDING PROCEDURE

(a) Each procedure of welding that is to be followed in construction shall be recorded in detail by the manufacturer.

(b) The procedure used in welding pressure parts and in joining load-carrying nonpressure parts, such as all permanent or temporary clips and lugs, to pressure parts shall be qualified in accordance with Section IX.

(c) The procedure used in welding nonpressure-bearing attachments which have essentially no load-carrying function (such as extended heat transfer surfaces, insulation support pins, etc.), to pressure parts shall meet the following requirements.

(1) When the welding process is manual, machine, or semiautomatic, procedure qualification is required in accordance with Section IX.

(2) When the welding is any automatic welding process performed in accordance with a Welding Procedure Specification (in compliance with Section IX as far as applicable), procedure qualification testing is not required.

UW-29 TESTS OF WELDERS AND WELDING OPERATORS

(a) The welders and welding operators used in welding pressure parts and in joining load-carrying nonpressure parts (attachments) to pressure parts shall be qualified in accordance with Section IX.

تصویر ۱۸۰: وضعیت WPS & WQT در ASME Sec. VIII-2019

(c) - روشهای جوشکاری متعلقاتی که تحت فشار نیستند یا بارهایی را تحمل نمی‌کنند و اساساً وظیفه‌ی تحمل بار را به عهده ندارند مانند (Support Pins) های عایق ها یا سطوح مازادی که برای انتقال حرارت بیشتر پیش بینی شده اند به اجزاء تحت فشار، بایستی الزامات زیر را بر آورده نمایند:

(1) - وقتی که فرآیند جوشکاری بوسیله دست، ماشین یا نیمه اتوماتیک انجام می‌شود ارزیابی کیفی روش جوشکاری باید مطابق با ASME Sec. IX انجام شود.

(2) - وقتی جوشکاری بوسیله هر یک از فرآیندهای اتوماتیک و مطابق با WPS انجام شود، ارزیابی کیفی فرآیند جوشکاری لازم نمی‌باشد.

(d) - جوشکاری تمامی تست کوپن ها باید توسط سازنده انجام شود. تست تمامی تست کوپن ها در مسئولیت سازنده خواهد بود. WPS های استاندارد AWS که بوسیله استاندارد ASME Sec. IX پذیرفته شده اند می‌توانند بکار برده شوند مشروط بر اینکه سایر الزامات این بخش را بر آورده نمایند. ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری توسط یک سازنده نمی‌تواند برای ارزیابی کیفی روشهای مشابه توسط سایر سازندگان مورد استفاده قرار گیرد. به استثناء مواردی که در پاراگراف QG-106 از ASME Sec. IX قید گردیده است.

***- پاراگراف UW-47: بازرس باید اطمینان پیدا کند که WPS مطابق با استاندارد ASME Sec. IX تهیه شده است و سازنده باید مدارکی دال بر رعایت شرایط ASME Sec. IX به بازرس ارائه نماید.

UW-47 CHECK OF WELDING PROCEDURE

The Inspector shall assure himself that the welding procedure employed in the construction of a vessel has been qualified under the provisions of Section IX. The Manufacturer shall submit evidence to the Inspector that the requirements have been met.

تصویر ۱۸۱: وضعیت WPS در ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

☼ WPS , PQR و WQT در ASME B31.4-2019

434.8.3 Welder and Welding Procedure Qualifications

(a) Welder and welding procedure qualifications for cross-country pipelines shall be performed in accordance with API 1104. Welder and welding procedure qualifications for alloy steel and for shop-fabricated piping assemblies, and welding at stations and terminals shall be performed in accordance with API 1104 or Section IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code.

تصویر ۱۸۲: قوانین جوش خطوط انتقال، طبق ASME B31.4-2019

*- پاراگراف 434.8.3 (Welder and Welding Procedure Qualifications):

ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری و جوشکاران:

(a) - ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری و جوشکاران در خطوط لوله باید مطابق با استاندارد API 1104 انجام شود. ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری و جوشکاران در فولادهای آلیاژی و بخشهایی از لوله کشی ها که در کارگاه ساخت انجام شده اند و جوشکاری در ایستگاهها و پایانه ها باید مطابق با استاندارد API 1104 یا استاندارد ASME Sec. IX انجام شود.

☼ WPS , PQR و WQT در ASME B31.8-2018

823.2 Requirements for Qualifying Procedures and Welders on Piping Systems Operating at Hoop Stresses of 20% or More of the Specified Minimum Yield Strength

823.2.1 Qualifying Standards. Welding procedures and welders performing work for new construction and out-of-service pipelines shall be qualified under Section IX of the BPV Code or API 1104. For in-service welding, welding procedures and welders shall be quali-

fied under Appendix B of API 1104. Procedures qualified under Appendix B are suitable for weld deposition repair, provided the procedure is appropriate for the remaining wall thickness to which it is being applied.

823.2.2 Compressor Station Piping. When welders qualified under API 1104 are employed on compressor station piping, their qualification shall have been based on the destructive mechanical test requirements of API 1104.

تصویر ۱۸۳: قوانین جوش خطوط انتقال، طبق ASME B31.8-2018

*- پاراگراف 823.2 - الزامات ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری و فعالیتهای جوشکاران در سیستم های لوله کشی که تنشهای حلقوی حین کار آنها در حدود ۲۰ درصد یا بیشتر از حداقل استحکام تسلیم متریال لوله باشد.

*- پاراگراف 823.2.1 - روشهای جوشکاری و فعالیتهای جوشکاران در خطوط لوله ای که خارج از سرویس هستند یا جدید ساخته شده اند باید طبق استاندارد ASME Section IX یا استاندارد API 1104 مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند.

روشهای جوشکاری و جوشکاران در خطوط لوله ای که در سرویس هستند باید مطابق با Appendix B از استاندارد API 1104 ارزیابی کیفی شوند. دستورالعمل تایید شده تحت Appendix B مناسب برای تعمیرات نیز می باشد به شرطی که این دستورالعمل برای ضخامت باقی مانده که قرار است بکار برده شود، مناسب باشد.

*- پاراگراف 823.2.2- وقتیکه جوشکارانی که طبق استاندارد API 1104 ارزیابی کیفی شده اند و در جوشکاری لوله های ایستگاههای کمپرسورها بکار گرفته میشوند ارزیابی کیفی آنها باید بر اساس الزامات تستهای مخرب مکانیکی در استاندارد API 1104 انجام گیرد.

☼ - WPS, PQR و WQT در مخازن ذخیره ای براساس API 650-2020 مطابق با پاراگراف 9.2.1.1 تمام مقررات WPS ها و پاراگراف 9.3.2 تمامی شرایط تست جوشکار بایستی براساس استاندارد ASE Sec. IX انجام شود.

9.2 Qualification of Welding Procedures

9.2.1 General Requirements

- 9.2.1.1 The erection Manufacturer and the fabrication Manufacturer if other than the erection Manufacturer, shall prepare welding procedure specifications and shall perform tests documented by procedure qualification records to support the specifications, as required by Section IX of the ASME Code and any additional provisions of this standard. If the Manufacturer is part of an organization that has, to the Purchaser's satisfaction, established effective operational control of the qualification of welding procedures and of welder performance for two or more companies of different names, then separate welding procedure qualifications are not required, provided all other requirements of 9.2, 9.3, and Section IX of the ASME Code are met. Welding procedures for ladder and platform assemblies, handrails, stairways, and other miscellaneous assemblies, but not their attachments to the tank, shall comply with either AWS D1.1, AWS D1.6, or Section IX of the ASME Code, including the use of standard WPSs.

تصویر ۱۸۴: وضعیت WPS & PQR در API 650-2020

***- پاراگراف 9.2- ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری:

*- پاراگراف 9.2.1- الزامات کلی:

*- پاراگراف 9.2.1.1- پیمانکار ساخت و پیمانکار نصب (چنانچه هر دو یک شرکت نباشند) بایستی WPS ها را تهیه نموده و PQR های مورد نیاز آنها را طبق ASME Sec. IX فراهم نماید. اگر سازنده بخشی از سازمانی است که با رضایت کارفرما برای کنترل WPS ها و ارزیابی عملکرد جوشکاران دو یا چند شرکت با نامهای متفاوت تعیین شده است، تهیه PQR و دستورالعمل های (WPS) جداگانه برای هر شرکت الزامی نمی باشد مشروط بر آنکه تمامی سایر الزامات پاراگراف های 9.2 & 9.3 و گد ASME Sec. IX برآورده شده باشد. WPS هایی که مربوط به جوشکاری ساخت پله ها (Ladders) و ایستگاهها (Platforms) و دستگیره ها (Handrails) و راه پله ها (Stairways) و سایر تجهیزات کمکی می باشند باید مطابق با استانداردهای AWS D1.1, D1.6 و ASME Sec. IX باشد. استفاده از WPSs استاندارد (منظور WPS های تهیه شده توسط استاندارد AWS می باشد) نیز شامل می شود. البته جوشکاری موارد فوق به بدنه مخازن از استانداردهای مذکور مستثنی می باشند.

9.3 Qualification of Welders

9.3.2 The welders and welding operators who weld pressure parts and join nonpressure parts, such as all permanent and temporary clips and lugs, to pressure parts shall be qualified in accordance with Section IX of the ASME Code.

تصویر ۱۸۵: وضعیت WQT در API 650-2020

***- پاراگراف 9.3 - ارزیابی کیفی جوشکاران:

❖ - پاراگراف 9.3.2 - جوشکاران و اپراتورهایی که جوش اجزاء تحت فشار و اجزایی همچون (Clip) ها و (Lug) های دائمی و موقت که تحت فشار نیستند را جوشکاری میکنند باید مطابق با ASME Sec. IX مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند.

☀ - WPS , PQR و WQT در API 620-2018

6.7 Qualification of Welding Procedure

6.7.1 Each Welding Procedure Specification (WPS) shall be qualified in accordance with the latest practice as given in Section IX of the ASME Code.

6.8 Qualification of Welders

6.8.1 All welders assigned to manual or semi-automatic arc welding, and welding operators assigned to machine welding, shall have successfully passed the tests conducted by the fabricator, or Manufacturer, as prescribed for welder qualification in Section IX of the ASME Code. Tests conducted by one Manufacturer shall not qualify a welder or welding operator to do work for any other Manufacturer.

تصویر ۱۸۶: وضعیت WPS & WQT در API 620-2018

❖❖❖ - پاراگراف 6.7 - ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری:

❖ - پاراگراف 6.7.1 - هر WPS باید مطابق با آخرین رویه در ASME Sec. IX مورد ارزیابی کیفی قرار گیرد.

❖❖❖ - پاراگراف 6.8 - ارزیابی کیفی جوشکاران:

❖ - پاراگراف 6.8.1 - تمامی جوشکارانی که بطور دستی و یا نیمه اتوماتیک جوشکاری می نمایند و همچنین اپراتورهای جوشکاری که با دستگاههای جوشکاری کار می کنند باید تستهای ارزیابی کیفی جوشکاران را مطابق با استاندارد ASME Sec. IX که توسط تولیدکنندگان و سازندگان اجرا می گردد با موفقیت پشت سر بگذارند. تستهایی که بوسیله یک سازنده انجام شده است نباید برای ارزیابی کیفی جوشکار یا اپراتور جوشکاری که برای سازنده دیگری کار می کند مورد استفاده قرار گیرند.

☀ - WPS , PQR و WQT در API 1104-2018

5 Qualification of Welding Procedures with Filler Metal Additions

5.1 Procedure Qualification

Before production welding is started, a detailed welding procedure specification shall be established and qualified to demonstrate that welds with suitable mechanical properties (such as strength, ductility, and hardness) and soundness can be made by the procedure. The quality of the welds shall be determined by destructive testing. These procedures shall be adhered to except where a change is specifically authorized by the company, as provided for in 5.4.

6 Qualification of Welders

6.1 General

The purpose of the welder qualification test is to determine the ability of welders to make sound butt or fillet welds using previously qualified procedures. Before any production welding is performed, welders shall be qualified according to the applicable requirements of 6.2 through 6.8.

تصویر ۱۸۷: وضعیت WPS & WQT در API 1104-2018

❖❖❖ - پاراگراف 5 - ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری برای جوشهایی که با اضافه کردن فیلر متال تولید می شوند:

❖ - پاراگراف 5.1 - قبل از شروع عملیات جوشکاری روشهای جوشکاری باید به تفصیل تهیه و مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند تا ثابت گردد که جوشهای انجام شده بوسیله این روشها، خواص مکانیکی مناسب (مانند استحکام، قابلیت چکش

خواری و سختی) را دارا بوده و سالم می باشند. کیفیت جوشها باید بوسیله تستهای مخرب تعیین گردند. این روشها باید منشور کار قرار گیرند مگر اینکه مطابق با پاراگراف 5.4 تغییرات خاصی توسط شرکت در آنها اعمال گردد.

***- پاراگراف 6.1- ارزیابی کیفی جوشکاران:

*- پاراگراف 6.1.1- کلیات:

منظور از تست ارزیابی کیفی جوشکاران اینست که توانایی جوشکاران در تولید جوشهای لب به لب (Butt weled) و گوشه ای (Fillet) با استفاده از روشهایی که قبلاً مورد تأیید قرار گرفته اند، تعیین گردد.

قبل از اینکه هر گونه عملیات جوشکاری انجام شود جوشکاران باید مطابق با الزامات 6.2 تا 6.8 مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند. هدف استاندارد این است که، جوشکاری که تست ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری را با موفقیت پشت سر می گذارد جوشکار مورد تأیید است مشروط بر اینکه مطابق با پاراگراف 6.5 تعداد نمونه های تست لازم از کار او انجام شده باشد و ضوابط پذیرش مندرج در پاراگراف 5.6 را برای هر جوشکار دارا باشد.

قبل از شروع تستهای ارزیابی کیفی باید برای تنظیم تجهیزات جوشکاری مورد استفاده به جوشکار فرصت مناسبی داده شود. جوشکار در صورت تأیید شدن بایستی جوش تولیدی در ساخت (Production) را با همان تکنیک و سرعتی که در حین تست انجام داده است جوشکاری نماید. ارزیابی کیفی جوشکاران باید در حضور نماینده ای قابل قبول شرکت باشد.

در استاندارد API 1104 برای تعمیرات (Repair)، مطابق پاراگراف 10.2 بایستی WPS و PQR جداگانه تهیه شود.

10 Repair and Removal of Weld Defects

10.1 General

Weld defects may be identified during visual or nondestructive testing, or during the company's review of nondestructive testing results.

10.2 Authorization for Repair

10.2.1 Company Authorization

Company authorization is required for crack repairs, back weld repairs, and double repairs and as otherwise noted in 10.2. Company authorization is not required for any repairs that do not involve the application of heat or weld metal, such as grinding, filing, etc.

تصویر ۱۸۸: وضعیت WPS در تعمیرات API 1104-2018

***- پاراگراف 10 (Repair and Removal of Weld Defects) - تعمیر و برطرف نمودن عیوب جوش

*- پاراگراف 10.1 (General) - کلیات

عیوب جوش ممکن است در خلال جوشکاری بطور چشمی یا بوسیله ی آزمایشات غیر مخرب (مثل رادیوگرافی یا التراسونیک) یا در خلال بازبینی نتایج آزمایشات غیر مخرب توسط کارفرما مشخص شوند.

*- پاراگراف 10.2 (Authorization for Repair) - اجازه انجام تعمیر

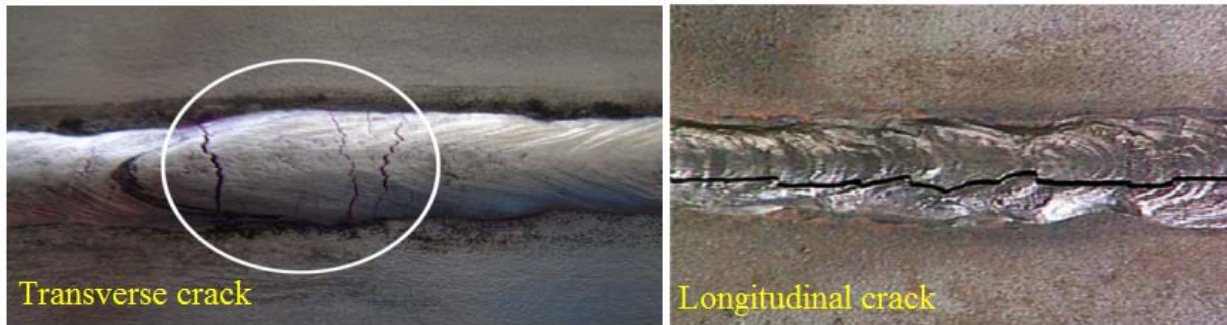
*- پاراگراف 10.2.1 (Company Authorization) - مجوز اجازه کارفرما

مجوز کارفرما برای انجام تعمیرات ترک، تعمیرات پاس پشت بند (back weld) و تعمیرات دوباره (در یک محل) و موارد دیگری که در پاراگراف 10.2 قید شده است، لازم است. برای انجام هر گونه تعمیری که شامل قسمت HAZ و جوش آن نباشند مجوز کارفرما لازم نمی باشد مانند سنگ زنی، سوهان زنی و غیره.

*- پاراگراف 10.2.2 (Crack Repairs) - تعمیرات ترک

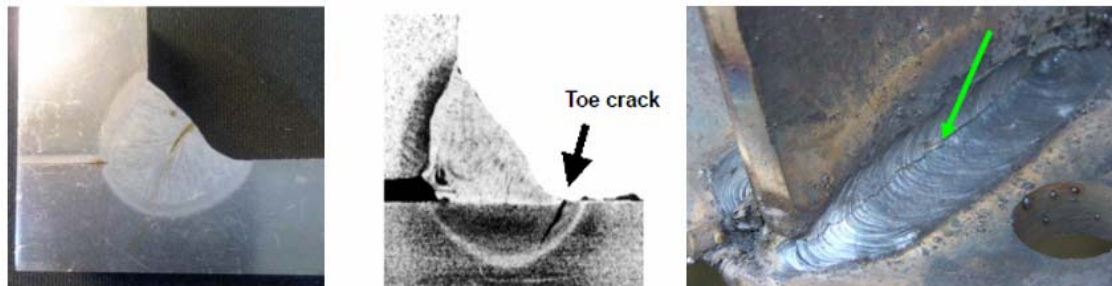
جوشهای دارای ترک باید بریده شوند (Cut out) مگر اینکه طبق پاراگراف 9.3.10 آن ترکها مجاز باشند یا زمانیکه تعمیر کردن آن توسط کارفرما مجاز باشد. وقتی که تعمیر یک ترک مجاز شناخته می شود:

(a) - ترکهای موجود در جوشهای لب به لب یا جوشهای انشعابات ممکن است بصورت کامل (Complete) یا جزئی (Partial) برداشته شوند مشروط بر آنکه طول یک ترک تکی یا طول مجموع بیش از یک ترک در یک منطقه‌ی تعمیری کمتر از 8% طول جوش باشد و از روش جوشکاری تأیید شده برای عملیات تعمیری استفاده گردد.



تصویر ۱۸۹: نمونه‌هایی از ترکها در جوشهای لب به لب

(b) - ترکی که در جوش گوشه ای (Fillet) باشد، ممکن است بوسیله‌ی برداشتن کامل جوش یا بخشی از جوش گوشه ای (Fillet) تعمیر شود و می‌بایست از روش جوشکاری تأیید شده برای عملیات تعمیری استفاده گردد.

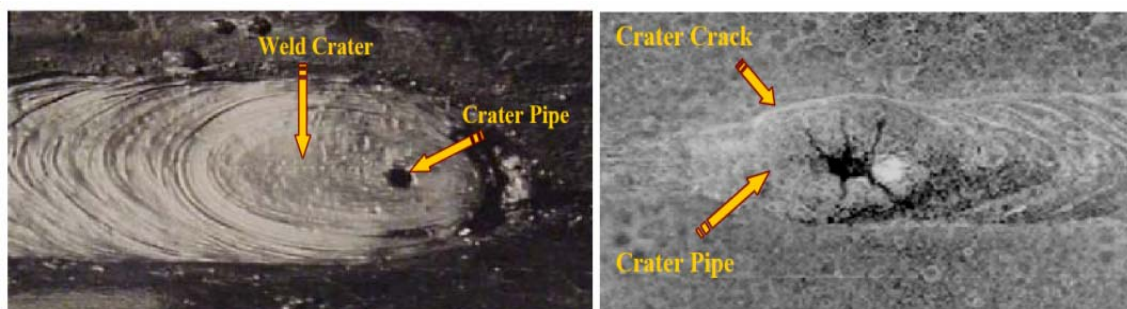


تصویر ۱۹۰: نمونه‌هایی از ترکها در جوشهای گوشه ای

(c) - در یک جوش لب به لب یا جوش مربوط به جوش انشعاب که شامل چندین منطقه‌ی تعمیری با ترکها باشد تعمیر آن ممنوع است مگر اینکه مجموع تجمع طول تعمیر کمتر از 8% طول جوش باشد و از روش جوشکاری تأیید شده برای عملیات تعمیری استفاده گردد.

(d) - تعمیر مجدد ترک مجاز نمی‌باشد. در هر جوش بعد از تعمیر چنانچه ترک اضافی باشد لازم است آن جوش بریده شود.

(e) - چنانچه ترکهای دهانه آتشفشانی کم عمق یا ترکهای ستاره ای از داخل یا بیرون روی سطح گرده‌ی تکمیل شده‌ی جوش دیده شوند، ممکن است بدون استفاده از روش جوشکاری تأیید شده و بوسیله‌ی سنگ زنی (گاهی با سایش یا تراشیدن) تعمیر شوند. اگر سنگ زنی گرده تقویتی جوش (Cap) چه از داخل و چه از بیرون (از مقدار مجازی که معمولاً تا سطح لوله می‌باشد) تجاوز کند، بایستی گرده تقویتی جوش مجدداً جوشکاری شود.



تصویر ۱۹۱: نمونه‌هایی از ترکهای آتشفشانی

* - پاراگراف 10.2.3 (Repairs of Defects Other Than Cracks) - تعمیرات عیوب غیر از ترکها

بخش ترک ها هر گونه عیبی در مهره های جوش پاس ریشه و پاس آخر (پاس رو) را می توان با مجوز قبلی از کارفرما تعمیر نمود. یک دستورالعمل تایید شده جوشکاری (PQR) برای هر زمانی که قرار است از طریق جوشکاری تعمیرات انجام شود، لازم است وقتی که:

(a) - استفاده از فرآیند جوشکاری، یا ترکیبی از چند فرآیند جوشکاری یا روش کاربردی، یا استفاده از فیلر متالی که با فیلر متال جوش اصلی متفاوت باشد. یا

(b) - یا زمانیکه تعمیر بر روی جوشی انجام می شود که قبلاً آن منطقه تعمیر شده، یا

(c) - یا اینکه تعمیر بوسیله کارفرما لازم شده باشد.

توضیح: برای روشن شدن مطلب فوق به دو مثال دقت فرمایید:

الف) در خط لوله گاهی برای جوشکاری جوشهای محیطی لوله ها از روش جوشکاری زیر پودری (SAW) استفاده می شود. حال در چنین شرایطی WPS و PQR بر اساس جوش اتوماتیک زیر پودری (SAW) تهیه و تنظیم شده است در چنین جوشهایی چنانچه پس از رادیوگرافی، عیوبی در جوش مشخص شود که نیاز به تعمیر داشته باشند و برای تعمیر از فرآیند جوشکاری دستی (SMAW) استفاده شود باید WPS و PQR جدیدی با فرآیند جوشکاری دستی (SMAW) برای این منظور تهیه شود.

ب) حال ممکن است جوشکاری اولیه با فرآیند جوشکاری دستی (SMAW) باشد در نتیجه برای تعمیر چنین جوشهایی از همان فرآیند جوشکاری دستی (SMAW) استفاده می شود اما چنانچه محل تعمیر شده برای بار دوم نیاز به تعمیر داشته باشد برای این جوش تعمیری نیز می بایست WPS و PQR جدیدی با شرایط مساوی با حالت واقعی کار تهیه و تنظیم گردد و پس از تأیید چنین روشی انجام تعمیر مجدد در محلی که قبلاً تعمیر شده است مجاز می باشد.

* - پاراگراف 10.2.4 (Grinding Repairs) - تعمیرات سنگ زنی



تصویر ۱۹۲: نمونه ای از سنگ زنی جرقه های کنار جوش

از تعمیرات سنگ زنی ممکن است برای برداشتن عیوبی که در گردهای جوش (Reinforcement)، یا مهره های ریشه جوش و همچنین در پاس پوششی استفاده شود به شرطی که:

- جاییکه بین سطح جوش سنگ زده شده و سطح جوش اصلی و همچنین سطح لوله، سطح یکنواختی وجود داشته باشد که فاقد برش سوختگی کناری (Undercutting) و سایر نقایص باشد.

- حد فاصل سطح لوله و الزامات حداقل ضخامت جوش و جداره لوله نقض نشده باشد.

سنگ زنی به نفوذ اضافی مهره های پاس ریشه یا گردهای بیرونی جوش (Reinforcement) محدود می شود. محدودیتی برای طول تعمیر سنگ زنی و همچنین تعداد مناطقی که با سنگ زنی تعمیر می شوند وجود ندارد. تعمیراتی که بوسیله سنگ زنی انجام می شوند نیاز به دستورالعمل تایید شده ندارند.

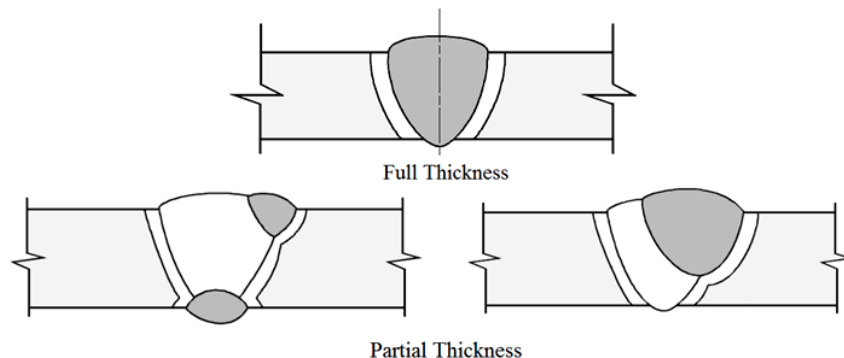
*- پاراگراف 10.2.5 (Back Weld Repairs) - تعمیرات جوش پشتی

وقتی بوسیله کارفرما تعمیر جوش پشتی (Back Weld) مجاز می شود، یک دستورالعمل تعمیر مطابق با پاراگراف 10.3 باید تایید شود.

*- پاراگراف 10.2.6 (Welded Double Repairs) - تعمیرات دوباره ای (تعمیرات بار دوم در یک محل)

قبل از انجام تعمیر دوم (تعمیر جوشی که قبلاً در همان محل تعمیرات انجام شده) اجازه کارفرما لازم است. هدف از تایید دستورالعمل تعمیر این است که بخشی از ضخامت یا تمام ضخامت تعمیری که سه بار سیکل کامل حرارتی از جوش را دریافت کرده است، بر روی منطقه HAZ (منطقه متأثر از حرارت جوش) آن آزمایشات لازم انجام شود. باید در نظر گرفت که تعمیر بوسیله سنگ زنی، نباید بعنوان یک سیکل حرارتی در نظر گرفته شود.

یادداشت: تعمیر بعد از تعمیر دوم (منظور تعمیر بار سوم است) مجاز نمی باشد، مگر اینکه بصورت خاص بوسیله کارفرما مجاز شمرده شود و از یک دستورالعمل تایید شده مناسبی که تعداد سیکلهای حرارتی به خوبی اعمال شده باشد، استفاده شود. ممکن است از یک دستورالعمل تایید شده برای تعمیر بار دوم برای (پشتیبانی از) تعمیر بار اول استفاده شود که لازم است این مورد قبلاً بوسیله کارفرما تایید شده باشد.



*- پاراگراف 10.2.7 (Repair Area Length) - طول منطقه تعمیر

*- پاراگراف 10.2.7.1 (Large Diameter Pipe) - لوله ی قطر بالا

برای لوله با قطر خارجی مشخص شده ی بیشتر از 2.375 in. یا 60.3 mm طول یک منطقه ی تعمیری بصورت تکی (individual) یا مجموع طول مناطق تعمیر شده در یک جوش کامل شده برای تعمیر بخشی از ضخامت جوش (partial thickness repair) یا تعمیر تمام ضخامت جوش (full thickness repair) آن نباید از درصد طول جوشی که بوسیله کارفرما تعیین شده تجاوز نماید.

طول یک منطقه ی تعمیری تکی (individual) یا مجموع طول مناطق تعمیر شده که بوسیله کارفرما تعیین شده است را باید بوسیله یک جوش سالم یا تحلیل های مهندسی در زمینه ی تنشهای نصب (مثل، ترکیبی از نیروهای محوری و خمشی) و ترتیب و توالی تعمیر برای بخشهای تعمیراتی انجام داد و برای این کار بایستی رویه ای وجود داشته باشد.

*- پاراگراف 10.2.7.2 (Small Diameter Pipe) - لوله ی قطر کوچک

برای تعمیر تمامی لوله های با قطر خارجی مشخص شده ی کوچکتر از 2.375 in. یا 60.3 mm اجازه کارفرما لازم است.

※- پاراگراف 10.2.7.3 (Limit Increases) - افزایش محدوده تعمیر

با صلاحدید کارفرما موضوع محدوده ی مشخص شده برای طول منطقه ی تعمیرات بصورت تجمیعی یا تکی ممکن است افزایش یابد.

※- پاراگراف 10.2.8 (Minimum Deposited Repair Weld Length)

حداقل طول رسوب داده شده ی جوش تعمیری: حداقل طول تمامی جوشهای تعمیری تکی باید 2 in. (50 mm) باشد یا طور دیگری که توسط کارفرما تعیین می شود.

☼ - WPS , PQR و WQT در AWS B2.1-2014

4. Procedure Qualification

4.1 General

The purpose of a welding procedure qualification is to demonstrate the capabilities of a weld to meet required properties.

4.1.1 Each welding procedure shall be qualified.

4.1.2 This standard establishes two categories of qualified welding procedures:

(1) *Category 1*. Standard Welding Procedure Specifications (SWPSs) in accordance with 4.2 supported by PQRs reviewed and validated at the Welding Research Council. The basis for establishment of an SWPS is described in Annex E.

(2) *Category 2*. Welding Procedure Specifications (WPSs) qualified by the Employer in accordance with 4.3.

To determine if SWPSs or WPSs qualified by the Employer are appropriate, the flow chart in Figure 4.1 may be utilized.

تصویر ۱۹۳: وضعیت WPS در AWS B2.1-2014

***- پاراگراف 4.1- کلیات:

هدف از تایید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری این است که توانایی مناسب خواص جوش اثبات شود.

※- پاراگراف 4.1.1 - هر روش جوشکاری باید مورد ارزیابی کیفی قرار گیرد.

※- پاراگراف 4.1.2 - این استاندارد دو گروه از روشهای جوشکاری را تأیید شده می داند.

(1) - گروه ۱- WPS های استandar دی مطابق با پاراگراف 4.2 که بوسیله PQR های انجام شده در هیات تحقیقات جوشکاری Welding Research Council (WRC) مورد تأیید قرار گرفته اند. اساس ایجاد WPS های استاندارد در Annex E شرح داده شده است.

: ***- Annex E

یک WPS استاندارد باید مقررات مندرج در AWS B2.1 را برآورده نماید و روشهای جوشکاری و عملکرد جوشکاران توسط کمیته ارزیابی کیفی مورد تأیید قرار گیرد. تمام WPS های استاندارد بایستی بوسیله PQR هایی پشتیبانی شوند که مقررات مندرج در استاندارد AWS B2.1 را برآورده نمایند، علاوه بر آن بایستی مقررات مندرج در اکثر کدها مانند کدهای اسکلت فلزی (AWS D1.1 & D1.3 & AWS D1.2), کد جوشکاری ورقهای فلزی (AWS D9.1) و کد مخازن تحت فشار (ASME Section IX) را نیز برآورده نمایند.

(2) - گروه ۲- روشهای جوشکاری که مطابق با پاراگراف 4.3 توسط کارفرما مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته اند.

※- پاراگراف 4.3.4- هر WPS باید بوسیله یک یا چند PQR پشتیبانی (Support) گردد و باید برای هر متغیر جوشکاری در فرآیند مربوطه که در پاراگراف 4.13 آمده است، رقم یا محدوده ای از ارقام را مشخص نماید. علاوه بر آن یک WPS باید در ارزیابی کیفی جوش PQR در پاراگراف 4.14 برای هر متغیر، رقم یا محدوده ای از ارقام را مشخص نماید.

❖- پاراگراف 4.3.5 - به استثناء مواردی که در بند 1 مجاز شمرده شده اند کلیه WPS هایی که توسط یک پیمانکار مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته اند نمی توانند توسط پیمانکار دیگری مورد استفاده قرار بگیرد.

پاراگراف 4.3.12 - فلزات پایه که در Annex C یا ASME Section IX لیست شده اند باید به عنوان متریکال های لیست شده مورد ملاحظه قرار بگیرند. اگر یک متریکال لیست نشده دارای یک UNS No. یکسان با هر یک از متریکال های لیست شده در جدول C.1 و جدول C.2 داشته باشند، این متریکال لیست نشده را نیز باید معادل همان متریکال لیست شده با همان M-Number یا M-Number بعلاوه ی Group Number در نظر گرفت. بهر حال، در این مورد فقط متریکال های لیست شده در جدول C.2 ممکن است برای تست کوپن استفاده شوند.

PQRs های متریکال های لیست نشده، نباید برای ساپورت و پشتیبانی یک WPS که برای متریکال های لیست شده و دیگر متریکال های لیست نشده استفاده شوند.

☼ - WPS, PQR و WQT در IPS-C-PI-290

در پاراگراف 6. استاندارد (IPS (IRANIAN PETROLEUM STANDARDS که در زیر آمده است، عملیات جوشکاری قبل از تهیه WPS & PQR و WPQ بر اساس استاندارد ASME Sec. IX ممنوع شده است.

IPS-C-PI-290(1)	Oct 2009	No production welding shall be carried out before Welding Procedure Specification (WPS), and welder performance are qualified in accordance with requirements of ASME, Section IX. and this standard
6. QUALIFICATION OF WELDING PROCEDURE AND WELDER PERFORMANCE AND TEST RECORDS		

تصویر ۱۹۴: وضعیت WPS & WQT در استاندارد IPS-C-PI-290

***- پاراگراف 6. قبل از آنکه مشخصات روش جوشکاری (WPS) و عملکرد جوشکار بر طبق الزامات استاندارد ASME Section IX و این استاندارد تعیین صلاحیت نشده باشند هیچ عملیات جوشکاری (جوشکاری تولیدی) نباید انجام پذیرد.

☼ - WPS, PQR و WQT در استاندارد API 5L-2018

وضعیت WPS & WQT در استاندارد API 5L بستگی به موقعیت کاربرد آن دارد که در زیر قید شده است.

الف) وقتی که در کارخانه ساخت لوله بخواهند با استفاده از روش جوشکاری و با متصل کردن چند قطعه لوله به همدیگر یک لوله با طول مشخصی را تهیه کنند، WPS & WQT, PQR ها بایستی طبق Annex A مطابق استاندارد که مورد تأیید مشتری است تهیه و تنظیم شوند.

Annex A (normative) Specification for welded jointers	
A.1 Method	
A.1.1	Welding of any type that uses deposited filler metal and is generally considered to be sound practice shall be permitted unless the purchaser specifies a particular method.
A.1.2	Welding procedures, welders and welding machine operators (hereafter called operators) shall be qualified in accordance with a standard approved by the purchaser.

تصویر ۱۹۵: وضعیت WPS & WQT در استاندارد API 5L-2018

8.11 Joints

8.11.1 Joints may be furnished if agreed.

8.11.2 Welded joints shall be made in accordance with the requirements of Annex A.

8.11.3 No pipe used in making a joint shall be less than 1,5 m (5.0 ft) long.

تصویر ۱۹۶: وضعیت طول لوله در استاندارد API 5L-2018

نکته مهم:

باید توجه داشت که مطابق توضیحات فوق ما نمی توانیم هر قطعه ای از لوله را با هر ابعادی انتخاب کنیم و سپس با جوش آنها به همدیگر، یک لوله با ابعاد بزرگتر را بسازیم. مطابق پاراگراف 8.11.3. نباید برای ساخت یک لوله ای چند تکه از لوله ای بطول کمتر از 5 فوت یا 1.5m استفاده شود. عبارتی دیگر ما نمی توانیم دو لوله با طول 1 متر را به همدیگر متصل کنیم.

(ب) - تهیه و تنظیم PQR, WPS & WQT برای تعمیر جوش لوله های درز دار:

توجه برخی لوله های API 5L یک خط جوش و برخی دو خط جوش دارند، لوله های 36" و بزرگتر از 36" دارای دو خط جوش هستند.

PIPING EQUIPMENT 2001 – TROUVAY & CAUVIN



- (1) PSL 1 is limited to sizes from 0.405 through 80 inches (10,3 to 2032 mm)
- (2) PSL 2 is limited to sizes from 4 1/2 to 80 inches (114,3 to 2032 mm)
- (3) Double seam pipe is limited to sizes 36 inches (914 mm) and larger
- (4) Helical seam pipe is limited to sizes 4 1/2 inches (114,3 mm) and larger.

تصویر ۱۹۷: وضعیت تعداد خط جوش ها در لوله های استاندارد API 5L بر اساس TC Handbook

برای تعمیرات می بایست مطابق Annex D از استاندارد API 5L عمل کرد.

مطابق با Annex D برای تهیه و تنظیم WPS می توان بر اساس مقررات این Annex عمل کرد همچنین می توان قوانین استاندارد ASME Section IX را جایگزین مقررات Annex D از استاندارد API 5L نمود.

D.2 Repair welding procedure qualification**D.2.1 General**

D.2.1.1 Welding procedures shall be qualified by preparing and testing welds in accordance with this annex, except as allowed by D.2.1.2.

D.2.1.2 At the option of the manufacturer, the welding procedure qualification mechanical tests specified in ISO 15614-1^[24], API Spec 5L, 43rd Edition^[17] or ASME Section IX^[26] may be substituted for those specified in D.2.3.

تصویر ۱۹۸: وضعیت WPS در استاندارد API 5L-2018

***- پاراگراف D.2 (Repair welding procedure qualification): تایید صلاحیت دستورالعمل جوشکار تعمیر

- پاراگراف D.2.1 (General): کلیات

*- پاراگراف D.2.1.1: دستورالعملهای جوشکاری می بایست بوسیله آماده سازی و آزمایشات جوش مطابق این Annex ارزیابی کیفی شوند به استثناء آنچه که در پاراگراف D.2.1.2 مجاز شناخته شده است.

*- پاراگراف D.2.1.2: بنا به انتخاب سازنده، تستهای مکانیکی تایید صلاحیت دستورالعملهای جوشکاری مشخص شده در ISO 15614-1, API Spec 5L, 43rd Edition یا ASME Section IX ممکن است جایگزین آنهایی (مطالبی) شود که در پاراگراف D.2.3 مشخص شده اند.

(پ) مراحل WQT برای تایید جوشکاری که تعمیرات را انجام می دهد می بایست مطابق شرایط Annex D در پاراگراف D.3 باشد.

D.3 Welding personnel performance qualification

D.3.1 Qualification

D.3.1.1 General

Each repair welder and operator shall be qualified according to the requirements of this Clause. Alternatively, at the option of the manufacturer, welders and operators may be qualified to ISO 9606-1^[25], ASME Section IX^[26], API Spec 5L, 43rd Edition^[17], Appendix C, or EN 287-1^[24]. A repair welder or operator qualified on one pipe grade category [see D.2.2 b)] is qualified for any lower pipe grade category, provided that the same welding process is used.

D.3.1.2 Inspection

To qualify, a repair welder or operator shall produce welds that are acceptable by inspection as follows:

- film radiographic inspection in accordance with Annex E;
- two transverse guided-bend tests (see D.2.3.3).

D.3.1.3 Inspection failures

If one or more of the inspections in D.3.1.2 fail to meet the specified requirements, the welder or operator may make one additional qualification weld. If that weld fails one or more of the inspections in D.3.1.2, the welder or operator is disqualified. No further retests shall be permitted until the welder has completed additional training.

تصویر ۱۹۹: وضعیت WQT مربوط به تعمیرات جوش در استاندارد API 5L-2018

***- پاراگراف D.3- ارزیابی کیفی جوشکاری های انجام شده توسط پرسنل:

*- پاراگراف D.3.1 - ارزیابی کیفی

*- پاراگراف D.3.1.1 - کلیات :

هر جوشکار یا اپراتوری که جوش معیوبی را تعمیر می نماید، باید مطابق الزامات این بند مورد ارزیابی قرار گیرد. بعنوان یک قانون جایگزین، بنا به انتخاب سازنده، جوشکاران و اپراتورهای جوش ممکن است مطابق استاندارد ISO 9606-1, API Spec 5L, ASME Section IX چاپ 43 ضمیمه C یا EN 287-1 می بایست مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند.

یک جوشکار یا اپراتوری که برای تعمیر یک گرید لوله صلاحیت دارد برای هر لوله ای با گرید پایین تر نیز صلاحیت دارد مشروط بر آنکه از همان فرآیند جوشکاری استفاده نماید.

پاراگراف D.3.1.2 (Inspection) - بازرسی

جوشهایی که برای تعیین صلاحیت جوشکار یا اپراتور تعمیر کننده انجام می شود بوسیله بازرسی همچون زیر قابل قبول هستند:

(a) - بازرسی فیلم رادیوگرافی مطابق با Annex E

(b) - دو مورد آزمایش خمش (Transverse Guided Bend)

*- پاراگراف D.3.1.3 (Inspection failures) - موارد مردود در بازرسی :

اگر یکی یا هر دو مورد بازرسی های انجام شده در D.3.1.2 مطابق با الزامات مشخص شده نباشند، جوشکار یا اپراتور می تواند یک بار دیگر مورد ارزیابی کیفی قرار گیرد، اگر مجدداً مطابق با یک یا هر دو بازرسی مشخص شده در D.3.1.2 نباشند، آن جوشکار یا اپراتور دارای صلاحیت نمی باشد و تا زمانیکه جوشکار یا اپراتور آموزش کامل ندیده است انجام تستهای بیشتر از آنها مجاز نمی باشد.
مطابق استاندارد API 5L-2018 برای تأیید مجدد یک جوشکار شرایط زیر باید در نظر گرفته شود.

D.3.2 Re-qualification

Re-qualification in accordance with D.3.1 shall be required if one or more of the following applies.

- a) One year has elapsed since the last prior applicable qualification.
- b) The welder or operator has not been welding using qualified procedures for a period of three months or more.
- c) There is reason to question the welder's or operator's ability.

تصویر ۲۰۰: وضعیت WQT مربوط به تست مجدد جوشکار در استاندارد API 5L-2018

*- پاراگراف D.3.2 (Re-qualification) - تأیید صلاحیت مجدد :

- اگر یک یا چند مورد از موارد زیر بکار برده شود تأیید صلاحیت مجدد جوشکار یا اپراتور مطابق با D.3.1 الزامی می باشد.
- (a) - یک سال از آخرین تأیید صلاحیت قبلی سپری شده باشد.
 - (b) - جوشکار یا اپراتور برای یک دوره ی سه ماهه یا بیشتر طبق روش جوشکاری تأیید شده جوشکاری نکرده باشد.
 - (c) - دلایلی وجود داشته باشد که قابلیت جوشکار یا اپراتور مورد سوال قرار گیرد.

☼ - WPS , PQR و WQT در ASME B31.3-2016

■ - WPS , PQR و WQT برای سرویسها بجز سرویس High Pressure Piping

در استاندارد ASME B31.3-2016 مطابق با پاراگراف 328.2 ، تهیه WPS و WQT می بایست مطابق با استاندارد ASME Section IX انجام شود، بجز اصلاحاتی که در پاراگراف 333 برای لحیم کاری جهت استفاده در سرویس Category D لحاظ شده است.

Chapter V Fabrication, Assembly, and Erection

328 WELDING AND BRAZING

328.2 Welding and Brazing Qualification

Welding and brazing procedure specifications (WPSs and BPSs) to be followed in production welding shall be prepared and qualified, and welders, brazers, and operators shall be qualified as required by the ASME BPV Code, Section IX except as modified by para. 333 for brazing of Category D Fluid Service piping and by the following subparagraphs.

328.2.1 Standard Welding Procedure Specifications. Standard welding procedure specifications published by the American Welding Society and listed in Mandatory Appendix E of Section IX are permitted for Code construction within the limitations established by Article V of Section IX.

تصویر ۲۰۱: وضعیت WPS و PQR در ASME B31.3-2016

*- پاراگراف 328.2 - ارزیابی کیفی جوشکاری و لحیم کاری

دستورالعمل مشخصات جوشکاری و لحیم کاری (BPS, WPS) باید در پروسه جوشکاری یا لحیم کاری در هنگام تولید باید به آنها عمل گردند و نیز جوشکاران، لحیم کاران و اپراتورهای مربوطه باید بر طبق استاندارد ASME BPV Sec.IX آماده و تایید گردند مگر در مواردی مانند آنچه در پاراگراف 333 برای شرایط سرویس سیال های گروه "D" لوله کشی آمده است بعلاوه‌ی مواردی که در بندهای بعدی توسط کُد مشخص می شود.

*- پاراگراف 328.2.1 - مشخصات فنی دستورالعمل جوشکاری استاندارد (SWPSs) :

مشخصه های دستورالعمل های استاندارد جوشکاری که توسط انجمن جوشکاری امریکا انتشار یافته اند و در ضمیمه ضروری ASME Sec.IX از استاندارد لیست شده اند برای کُد ساخت مورد قبول هستند و اجازه استفاده از آنها زمانی داده می شود که در محدوده‌ی موارد گفته شده در بخش V از استاندارد ASME Sec.IX باشند.

■ WPS , PQR و WQT برای سرویس High Pressure Piping

وقتی که سرویس خط، High Pressure Piping است، تهیه WPS و WQT مطابق با پاراگراف K328.2 براساس استاندارد ASME Sec.IX می باشد به استثنای مواردی که در پاراگراف K328.2.1 قید شده است. این استثنائات نسبت به مواردی که در پاراگراف 328.2.1 قید شده است به مراتب سختگیرانه تر است.

Chapter IX High Pressure Piping

PART 9

FABRICATION, ASSEMBLY, AND ERECTION

K328.2 Welding Qualifications

K328.2.1 Qualification Requirements. Qualification of the welding procedures to be used and of the performance of welders and welding operators shall comply with the requirements of the BPV Code, Section IX, except as modified herein.

(a) Impact tests shall be performed for all procedure qualifications in accordance with para. K323.3.

(b) Test weldments shall be made using the same specification and type or grade of base metal(s), and the same specification and classification of filler metal(s) as will be used in production welding.

(c) Test weldments shall be subjected to essentially the same heat treatment, including cooling rate and cumulative time at temperature, as the production welds.

(d) When tensile specimens are required by Section IX, the yield strength shall also be determined, using the method required for the base metal. The yield strength of each test specimen shall be not less than the specified minimum yield strength at room temperature (S_Y) for the base metals joined. Where two base metals having different S_Y values are joined by welding, the yield strength of each test specimen shall be not less than the lower of the two S_Y values.

(e) Mechanical testing is required for all performance qualification tests.

(f) Qualification on pipe or tubing shall also qualify for plate, but qualification on plate does not qualify for pipe or tubing.

(g) For thickness greater than 51 mm (2 in.), the procedure test coupon shall be at least 75% as thick as the thickest joint to be welded in production.

تصویر ۲۰۲: وضعیت WPS و PQR و استثنائات در ASME B31.3-2016-High Pressure Piping

*- پاراگراف K328.2: ارزیابی های کیفی جوشکاری

*- پاراگراف K328.2.1 - الزامات ارزیابی کیفی: ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری باید بکار برده شوند و عملکرد جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری باید مطابق با الزامات BPV Code Section IX باشد به استثناء موارد اصلاح شده زیر:

(a) - برای همه PQR ها بایستی تست ضربه (Impact) مطابق با پاراگراف K323.3 انجام شود.

(b) - برای همه PQR ها بایستی تست PQR با همان متریکال و با همان الکتروود قید شده در WPS انجام شود.

- (c) - وقتی که تنش زدایی (PWHT) الزامی می باشد جوشهای تولیدی در حین ساخت (Production) بایستی در شرایط یکسان و مطابق با WPS با همان سرعت سرد شدن (Cooling Rate)، همچنین با همان مجموع زمان و دما که در تست PQR انجام گردید تنش زدایی (PWHT) شوند.
- (d) - وقتی مطابق با استاندارد ASME Sec:IX مشخص شدن استحکام کششی (Tensile) برای همه PQR ها الزامی می باشد، بایستی استحکام تسلیم (Yield) آن نیز مشخص شود.
- (e) - انجام تستهای مخرب مکانیکی (Mechanical Testing) برای قطعه تست همه جوشکاران الزامی است.
- (f) - تست PQR بر روی لوله یا تیوب، WPS مربوط به ورق (Plate) را تأیید (Qualify) میکند اما برعکس یعنی تست PQR بر روی ورق (Plate) نمی تواند WPS مربوط به لوله یا تیوب را تأیید (Qualify) کند.
- (g) - وقتی ضخامت بیشتر از ۵۱ میلیمتر می شود، ضخامت قطعه تست PQR باید حداقل 75% ضخیم ترین اتصال جوشکاری شده را دارا باشد.
- مطابق سوالی که در استاندارد ASME B31.3 و در Interpretation-17-10 آمده است در WQT ها بایستی بر روی قطعه تست همه جوشکاران و اپراتوران جوشکاری آزمایش ضربه (Impact Test) انجام شود.

Interpretation: 17-27

Subject: ASME B31.3-1999 Edition, Para. K328.2.1 (a), Welding Qualification Requirements

Date Issued: November 16, 1999

File: B31-99-024

Question: In accordance with ASME B31.3-1999 Edition, Para. K328.2.1 (a), must the performance qualification test coupons for each welder and welding operator be impact tested?

Reply: Yes.

تصویر ۲۰۳: نیاز تست ضربه برای همه جوشکاران B31.3 Interpretation of

۱۶- استفاده از PQR دیگران

☀ - استفاده از PQR دیگران در ASME B31.3-2016

■ - استفاده از (PQR) دیگران برای همه سرویسها بجز High Pressure Piping

Chapter V

Fabrication, Assembly, and Erection

328.2 Welding and Brazing Qualification

328.2.2 Procedure Qualification by Others. In order to avoid duplication of effort and subject to the approval of the owner, WPSs and BPSs qualified by a technically competent group or agency may be used provided the following are met:

(a) The procedures meet the requirements of Section IX and any additional qualification requirements of this Code.

(b) The employer has qualified at least one welder, brazer, or operator following each WPS or BPS.

(c) The employer's business name shall be shown on each WPS and BPS, and on each qualification record. In addition, qualification records shall be signed and dated by the employer, thereby accepting responsibility for the qualifications performed by others.

تصویر ۲۰۴: استفاده از PQR دیگران ASME B31.3-2016

در صورتیکه بخواهیم از PQR پروژه دیگری استفاده کنیم، باید به ASME B31.3 Para. 328.2.2 رجوع کنیم: چنانچه شرایط زیر برقرار باشد، در صورت استفاده از PQR دیگران، نیاز به PQR مجدد نمی باشد:

*- پاراگراف 328.2.2 Procedure Qualification by Others.

تایید صلاحیت دستورالعمل که بوسیله دیگران (تهیه شده) : برای جلوگیری از دوباره کاری و اتلاف تلاشهای انجام شده در صورت موافقت کارفرما، WPS و BPS که توسط گروه فنی صلاحیت دار یا نماینده اش تایید شده اند، می توانند مورد استفاده قرار گیرند در صورتی که شرایط زیر مهیا باشد:

(a) - دستورالعمل مورد نظر، الزامات گفته شده در بخش ۹ کد (ASME Section IX) و هر گونه الزامات اضافی را دیگر که بوسیله این کد (B31.3) لازم باشد را در نظر گرفته شود.

(b) - کارفرما حداقل یک جوشکار، لحیم کار یا اپراتور را بر طبق هر WPS و BPS تایید کرده باشد.

(c) - نام تجاری کارفرما باید بر روی هر WPS و BPS و روی تاییدیه ها باشد. علاوه بر این، تمامی تاییدیه ها باید توسط کارفرما تاریخ گذاری و امضاء گردند که بدین وسیله کارفرما مسئولیت تاییدیه هایی که توسط دیگران انجام شده را تقبل می نماید.

■ - استفاده از PQR دیگران برای سرویس High Pressure Piping

استفاده از PQR دیگران برای سرویس High Pressure Piping و همچنین استفاده از گواهی تایید صلاحیت جوشکاران توسط دیگران طبق پاراگراف های K328.2.2 & K328.2.3 مجاز نمی باشد.

PART 9 FABRICATION, ASSEMBLY, AND ERECTION

K328.2.2 Procedure Qualification by Others. Qualification of welding procedures by others is not permitted.

K328.2.3 Performance Qualification by Others. Welding performance qualification by others is not permitted.

تصویر ۲۰۵: وضعیت استفاده از PQR دیگران در ASME B31.3-2016-High Pressure Piping

☀ - استفاده از PQR دیگران در ASME Sec. IX-2019

*** - پاراگراف QG-107 (OWNERSHIP TRANSFERS): واگذاری (حق) مالکیت

سازمانها ممکن است شرایط مؤثر و قابل اجرای PQR ها، دستورالعملها و ثبت کیفیت را که تحت مالکیت سازمان های مختلف می باشند را نسبت به آنچه در PQR های اصلی وجود دارد حفظ کنند. (بپذیرند).
وقتی که یک سازمان یا بخشی از یک سازمان بوسیله کارفرمای جدید تعیین می شود ممکن است PQR ها و دستورالعملها و ثبت کیفیت کار بوسیله کارفرمای جدید قابل اعتبار شناخته شوند بدون آنکه PQR جدیدی (Requalification) انجام شود و PQR ها و دستورالعملها و ثبت کیفیت کار مربوط به کارفرمای جدید جهت استفاده برای سازمان وابسته معتبر و قابل اجرا می باشد بشرطی که شرایط زیر رعایت گردند.

QG-107 OWNERSHIP TRANSFERS

Organizations may maintain effective operational control of PQRs, procedure specifications, and performance qualification records under different ownership than existed during the original procedure qualification. When an organization or some part thereof is acquired by a new owner(s), the PQRs, procedure specifications, and performance qualification records may remain valid for use by the new owner(s) without requalification; and the new owner(s) PQRs, procedure specifications, and performance qualification records become valid for use by the acquired organization, provided all of the following requirements have been met:

(a) The new owner(s) takes responsibility for the procedure specifications and performance qualification records.

(b) The procedure specifications and performance qualification records have been revised to reflect the name of the new owner(s).

(c) The Quality Control System or Quality Assurance Program documents the original source of the PQRs, procedure specifications, and performance qualification records as being from the original qualifying organization.

تصویر ۲۰۶: وضعیت استفاده از PQR دیگران در ASME Section IX-2019

- (a) - کارفرمای جدید کلیه مسئولیتهای مربوط به PQR ها و دستورالعملها را بپذیرد.
- (b) - PQR ها و دستورالعملها برای تغییر به نام کارفرمای جدید بازبینی شده باشند.
- (c) - سیستم کنترل کیفیت یا تضمین کیفیت مدارک مربوط به منابع اصلی PQR ها و دستورالعملها را همانگونه که در سازمان تایید کننده اصلی وجود داشته است را تهیه و برنامه ریزی نمایند.
- ***- پاراگراف QG-106 (ORGANIZATIONAL RESPONSIBILITY): مسئولیتهای سازمانی

QG-106 ORGANIZATIONAL RESPONSIBILITY

QG-106.1 Procedure Qualifications. Each organization is responsible for conducting the tests required by this Section to qualify the procedures that are used in the construction of components under the rules of the Codes, standards, and specifications that reference this Section.

(a) The personnel who produce test joints for procedure qualification shall be under the full supervision and control of the qualifying organization during the production of these test joints. The persons producing test joints for the qualification of procedures shall be either direct employees or shall be personally engaged by contract for material-joining services.

(b) Production of qualification test joints under the supervision and control of another organization is not permitted. However, it is permitted to subcontract any or all of the work necessary for preparing the materials to be joined, the subsequent work for preparing test specimens from the completed test joint, and the performance of nondestructive examination and mechanical tests, provided the organization accepts full responsibility for any such work.

(c) If the effective operational control of procedure qualifications for two or more companies of different names exists under the same corporate ownership, the companies involved shall describe in their Quality Control System/Quality Assurance Program the operational control of procedure qualifications. In this case, separate procedure qualifications are not required, provided all other requirements of this Section are met.

تصویر ۲۰۷: مسئولیتهای سازمانی در ASME Section IX-2019

*- پاراگراف QG-106.1 (Procedure Qualifications): تایید دستورالعملها

هر سازمان برای انجام دادن تست های مورد نیاز در این بخش و نیز جهت تایید دستورالعمل هایی که در ساخت مورد استفاده قرار می گیرند و تابع قوانین گد و استانداردها و مشخصات فنی که مرجع این بخش می باشند، مسئولیت دارد.

(a) - هر شخصی که برای تایید دستورالعمل، آزمایش اتصال متریال انجام می دهد، هنگام انجام این آزمایشات بایستی تحت نظارت و کنترل کامل سازمان تایید کننده باشد. شخصی که برای تایید دستورالعملها، آزمایش اتصالات انجام می دهد یا بایستی بطور مستقیم در استخدام سازمان تایید کننده باشد و یا اصولاً بوسیله قرار داد صرفاً برای خدمات اتصال دادن متریال بکار گرفته شده باشند.

(b) - انجام دادن آزمایش تایید صلاحیت برای اتصالات تحت نظارت یا کنترل سازمان دیگری مجاز نمی باشد. بهر حال صرفاً مجاز است که پیمانکار جزء (Subcontractor) بخشی یا همه ی کار مورد نیاز برای اتصال دادن متریال را انجام دهد. مابقی کارهای مربوط به انجام آزمایش کامل اتصال دادن و انجام تست های غیر مخرب و تستهای مکانیکی بشرطی که سازمان تایید کننده اصلی همه ی مسئولیتهای آنها بپذیرد، می توان صرفاً انجام دادن آنها به پیمانکار جزء محول شود.

(c) - چنانچه دستورالعمل های تایید صلاحیت قابل اجرا برای دو یا چند شرکت با نامهای مختلف که تحت مالکیت متحد (بطور مثال کنسرسیوم) قرار دارند، وجود داشته باشد شرکت های مشمول باید کنترل عملیاتی (اجزاء) دستورالعملها را در سیستم کنترل کیفیت و برنامه تضمین کیفیت خود توضیح دهند. در این زمینه، یک دستورالعمل مجزا مورد نیاز نمی باشد، بشرطی که همه ی الزامات دیگر این بخش رعایت شده باشد.

☼ - استفاده از PQR دیگران در AWS B2.1-2014

استاندارد AWS-B2.1 مربوط به تهیه و تنظیم WPS و PQR است. استفاده از WPS تهیه شده توسط دیگران در پاراگراف 4.3.5 ذکر شده است:

- *- پاراگراف 4.3.5 - به استثناء مواردی که در پاراگراف بند ۱، Scope مجاز شمرده شده اند WPS هایی که توسط یک کارفرما مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته اند نمی تواند توسط کارفرمای دیگری مورد استفاده قرار بگیرد.
- *- پاراگراف بند ۱، Scope 1.1- این مشخصات (AWS B2.1/B2.1M) الزامات مربوط به دستورالعمل جوشکاری و انجام صلاحیت جوشکاری را ارائه می دهد. هدف این است که این مشخصات به مدارک دیگر همچون کدها، مشخصات فنی، قراردادهای و دستورالعمل های کنترل کیفیت یا تضمین کیفیت رجوع داده شوند.

4.3 Welding Procedures Qualified by Employer

4.3.5 Except as permitted in Clause 1, Scope, a WPS qualified by one Employer is not transferable to another Employer.

تصویر ۲۰۸: وضعیت استفاده از PQR دیگران در AWS B2.1-2014

الزاماتی که بوسیله مدارک مرجع فوق اجباری می باشند جایگزین الزامات این مشخصات می گردند. (در واقع الزامات این مشخصات را لغو می نمایند). کارفرمایان باید در قبال انجام عملیتهای جوشکاری شامل تایید دستورالعمل جوشکاری، تایید صلاحیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری که توسط سازمانهای متبوعشان انجام می گردند مسئولیت داشته باشند. دستورالعمل جوشکاری (WPS) ممکن است بر اساس یک دستورالعمل جوشکاری استاندارد (SWPS) که بوسیله انجمن جوشکاری امریکا (AWS) منتشر شده است، باشد، یا بایستی بوسیله کارفرما تایید گردد بطوریکه تحت قوانین بند ۴ باشند که این شرایط مربوط به دستورالعمل جوشکاری باشد. اطمینان از اینکه مشخصات دستورالعمل جوشکاری با همه ی الزامات مدارک مرجع (که در بالا ذکر شده است) مطابقت دارد در حیطه ی مسئولیت کارفرما می باشد.

(۱۷) - پیشگرم (Preheat)

☀ - پیشگرم در مخازن تحت فشار در استاندارد ASME Sec. VIII Div.1-2019

■ ASME Sec. VIII Div.1 Appendix R

پیشگرم در جوشکاری برای تکمیل عملیات جوشکاری بکار برده می شود. حرارت ناشی از جوشکاری میتواند به نگهداری دمای پیشگرم بعد از شروع جوشکاری کمک کند و برای مقاصد بازرسی از جمله کنترل درجه حرارت نزدیک جوش استفاده می شود.

لزوم پیشگرم و درجه حرارت پیشگرم به فاکتورهایی مانند آنالیز شیمیایی، درجه مهار قطعاتی که به هم متصل می شوند، خواص فیزیکی و ضخامت بالا بستگی دارد. روش و دامنه ی پیشگرم بطور مشخص ارائه نشده است.

قوانین اجباری برای پیش گرم در این بخش از استاندارد (ASME Section VIII Div. 1) پیش بینی نشده است مگر در زیرنویسهای کلی که بعنوان استثنای در جدول های UCS-56-1 ~ UCS-56-11 و UCS-56-1 ~ UCS-56-11 که مربوط به تنش زدایی هستند قید شده است.

پاره ای از عملیاتها که برای پیشگرم کردن مورد استفاده قرار می گیرند بعنوان یک قاعده کلی برای متریهایی که بوسیله P No. ۶ در استاندارد ASME Section IX فهرست شده اند در زیر آورده شده است.

لازم به ذکر است، درجه حرارتهای پیشگرم که بر اساس P No. ۶ فهرست شده اند لزوماً موفقیت قطعی اتصال جوشکاری

شده را تضمین نمی نمایند و ممکن است الزاماتی برای پیشگرم متریهایی که به تنهایی در لیست P No. ۶ ها آمده است وجود داشته باشد که محدودیتهایی بیشتر یا کمتر از آنچه در قاعده کلی بیان شده است داشته باشند. برای مثال: 17

متریال با مشخصه P No. ۶ در استاندارد ASME Section IX (Appendix.D) وجود دارد که در Appendix R

همین استاندارد برای پیشگرم کردن آن (P No. 6 Gr. 1, 2 & 3) بطور کلی دمای 400°F (204°C) پیشنهاد شده است و ممکن است عملاً این دما برای بعضی از این متریالها تغییر کند و کم یا زیاد شود.

بطور معمول وقتی که دو فلز با مشخصه P No. های متفاوت بوسیله جوشکاری بهم متصل می شوند دمای لازم برای پیشگرم، دمای متریالی است که نیاز به دمای پیشگرم بیشتر داشته باشد.

مطابق با استاندارد ASME Section IX در WPS حداقل دمای پیشگرم برای متریالهایی که شرایط لازم برای داشتن این دما را دارند باید تعیین گردد و این حداقل دما قبل از شروع عملیات جوشکاری و حین عملیات جوشکاری باید اعمال شود.

البته باید توجه کرد که در بعضی از متریالهای خاص این حداقل دما حتی بعد از اتمام جوشکاری بایستی برای مدت معینی که در WPS مشخص می شود اعمال شود. دمای پیشنهادی پیشگرم در مورد جوش مخازن، به تفکیک متریال در ASME Sec. VIII Div.1 (Appendix R) بیان شده است.

توجه فرمایید:

مطابق ضمیمه (R) از استاندارد ASME Sec. VIII Div.1-2019:

عوامل مهم در الزام پیشگرم متریال های مختلف با P No. های مختلف:

*- پاراگراف R-1 - در متریال های P No. 1 Gr. 1, 2 & 3 عوامل مهم در الزام پیشگرم عبارتند از:

۱- میزان درصد کربن بیشتر از 0.3% باشد.

۲- ضخامت بیشتر از ۱ in. (۲۵ میلیمتر) باشد.

با داشتن همزمان این شرایط نیاز به پیشگرم تا درجه حرارت 175°F (79°C) الزامی است در غیر اینصورت درجه حرارت 50°F (10°C) کافی است.

*- پاراگراف R-2 - در متریال های P No. 3 Gr. 1, 2 & 3 عوامل مهم در الزام پیشگرم عبارتند از:

۱- حداقل استحکام کششی بیشتر از 70000 Psi (480Mpa) باشد.

۲- ضخامت بیشتر از ۱۶ میلیمتر باشد.

با داشتن هر کدام از این شرایط نیاز به پیشگرم تا درجه حرارت 175°F (79°C) الزامی می باشد در غیر اینصورت درجه حرارت 50°F (10°C) کافی است.

*- پاراگراف R-3 - در متریال های P No. 4 Gr. 1 & 2 عوامل مهم در الزام پیشگرم عبارتند از:

۱- حداقل استحکام کششی بیشتر از 60000 Psi (410Mpa) باشد.

۲- ضخامت بیشتر از ۱۳ میلیمتر باشد.

با داشتن هر کدام از این شرایط نیاز به پیشگرم تا درجه حرارت 250°F (121°C) الزامی می باشد در غیر اینصورت درجه حرارت 50°F (10°C) کافی است.

*- پاراگراف R-4 - در متریال های P No. 5A & 5B Gr. 1 عوامل مهم در الزام پیشگرم عبارتند از:

۱- حداقل استحکام کششی بیشتر از 60000 Psi (410Mpa) باشد.

۲- میزان درصد کروم بیشتر از 6% باشد.

۳- ضخامت در محل اتصال بیشتر از ۱۳ میلیمتر باشد.

با داشتن هر کدام از این شرایط نیاز به پیشگرم تا درجه حرارت 400°F (204°C) الزامی می باشد بشرطی که میزان درصد کروم و ضخامت بیشتر از ۱۳ میلیمتر باید همزمان با هم وجود داشته باشند در غیر اینصورت برای همه‌ی متریال های این دو گروه درجه حرارت 300°F (149°C) کافی است.

*- پاراگراف R-5 - در متریال های دارای مشخصه‌ی P No.6 Gr.1, 2&3 نیاز به پیشگرم تا درجه حرارت 400°F (204°C) الزامی است.

*- پاراگراف R-6 - متریال های دارای مشخصه‌ی P No.7 Gr.1, 2 نیاز به پیشگرم ندارند.

*- پاراگراف R-7 - متریال های دارای مشخصه‌ی P No.8 Gr.1, 2 نیاز به پیشگرم ندارند.

*- پاراگراف R-8 - متریال های دارای مشخصه‌ی P No.9:

متریال های دارای مشخصه‌ی P No.9A Gr.1 نیاز به پیشگرم تا درجه حرارت 250°F (121°C) دارند.

متریال های دارای مشخصه‌ی P No.9B Gr.1 نیاز به پیشگرم تا درجه حرارت 300°F (149°C) دارند.

*- پاراگراف R-9 - متریال های دارای مشخصه‌ی P No.10:

متریال های دارای مشخصه‌ی P No.10 A Gr.1 به پیشگرم تا درجه حرارت 175°F (79°C) نیاز دارند.

متریال های دارای مشخصه‌ی P No.10 B Gr.2 به پیشگرم تا درجه حرارت 250°F (121°C) نیاز دارند.

متریال های دارای مشخصه‌ی P No.10 C Gr.3 به پیشگرم تا درجه حرارت 175°F (79°C) نیاز دارند.

متریال های دارای مشخصه‌ی P No.10 F Gr.6 به پیشگرم تا درجه حرارت 250°F (121°C) نیاز دارند.

پیشگرم متریال های دارای مشخصه‌ی P No.10 C Gr.3 نه الزامی است و نه ممنوع شده است و باید حدود درجه حرارت بین پاسی برای ضخامت های مختلف را مورد ملاحظه قرار داد تا از تاثیرات مخرب بر خواص مکانیکی متریال جلوگیری گردد.

متریال های دارای مشخصه‌ی P No.10D Gr.4 و P No.10I Gr.1 به پیشگرم تا درجه حرارت

300°F (149°C) نیاز دارند و دمای بین پاسی (Interpass Temperature) این متریال ها در محدوده‌ی دمایی

350°F - 450°F (177°C - 232°C) می باشد.

*- پاراگراف R-10 - متریال های دارای مشخصه‌ی P No.11:

(a)- وضعیت پیشگرم در Group های مختلف متریال های دارای مشخصه‌ی P No.11A:

Gr.1 نیاز به پیشگرم ندارد به یادداشت* توجه شود.

Gr.2&3 پیشگرم آنها مانند پیشگرم در متریال های دارای P No.5 می باشد. به یادداشت* توجه شود.

Gr.4 به پیشگرم تا درجه حرارت 250°F (121°C) نیاز دارند.

(b)- وضعیت پیشگرم در Group های مختلف متریال های دارای مشخصه‌ی P No.11B:

Gr.1 پیشگرم آنها مانند پیشگرم متریال های دارای P No.3 می باشد. به یادداشت* توجه شود.

Gr.2 پیشگرم آنها مانند پیشگرم متریال های دارای P No.3 می باشد. به یادداشت* توجه شود.

Gr.3 پیشگرم آنها مانند پیشگرم متریال های دارای P No.3 می باشد. به یادداشت* توجه شود.

Gr.4 پیشگرم آنها مانند پیشگرم متریال های دارای P No.3 می باشد. به یادداشت* توجه شود.

Gr.5 پیشگرم آنها مانند پیشگرم متریال های دارای P No.3 می باشد. به یادداشت* توجه شود.

Gr.6 پیشگرم آنها مانند پیشگرم متریال های دارای P No.5 می باشد. به یادداشت* توجه شود.

Gr.7 پیشگرم آنها مانند پیشگرم متریال های دارای P No.5 می باشد. به یادداشت* توجه شود.

یادداشت* محدوده‌ی درجه حرارت بین پاسی باید مورد ملاحظه قرار گیرد تا از تاثیرات مخرب بر خواص مکانیکی متریال جلوگیری شود.

NONMANDATORY APPENDIX R PREHEATING

R-1 P-NO. 1 GROUP NOS. 1, 2, AND 3

(a) 175°F (79°C) for material which has both a specified maximum carbon content in excess of 0.30% and a thickness at the joint in excess of 1 in. (25 mm);

(b) 50°F (10°C) for all other materials in this P-Number.

R-2 P-NO. 3 GROUP NOS. 1, 2, AND 3

(a) 175°F (79°C) for material which has either a specified minimum tensile strength in excess of 70,000 psi (480 MPa) or a thickness at the joint in excess of $\frac{5}{8}$ in. (16 mm);

(b) 50°F (10°C) for all other materials in this P-Number.

R-3 P-NO. 4 GROUP NOS. 1 AND 2

(a) 250°F (121°C) for material which has either a specified minimum tensile strength in excess of 60,000 psi (410 MPa) or a thickness at the joint in excess of $\frac{1}{2}$ in. (13 mm);

(b) 50°F (10°C) for all other materials in this P-Number.

R-4 P-NOS. 5A AND 5B GROUP NO. 1

(a) 400°F (204°C) for material which has either a specified minimum tensile strength in excess of 60,000 psi (410 MPa), or has both a specified minimum chromium content above 6.0% and a thickness at the joint in excess of $\frac{1}{2}$ in. (13 mm);

(b) 300°F (149°C) for all other materials in these P-Numbers.

R-5 P-NO. 6 GROUP NOS. 1, 2, AND 3

400°F (204°C)

R-6 P-NO. 7 GROUP NOS. 1 AND 2

None

R-7 P-NO. 8 GROUP NOS. 1 AND 2

None

R-8 P-NO. 9 GROUPS

250°F (121°C) for P-No. 9A Group No. 1 materials

300°F (149°C) for P-No. 9B Group No. 1 materials

R-9 P-NO. 10 GROUPS

175°F (79°C) for P-No. 10A Group No. 1 materials

250°F (121°C) for P-No. 10B Group No. 2 materials

175°F (79°C) for P-No. 10C Group No. 3 materials

250°F (121°C) for P-No. 10F Group No. 6 materials

For P-No. 10C Group No. 3 materials, preheat is neither required nor prohibited, and consideration shall be given to the limitation of interpass temperature for various thicknesses to avoid detrimental effects on the mechanical properties of heat treated material.

For P-No. 10D Group No. 4 and P-No. 10I Group No. 1 materials, 300°F (149°C) with interpass temperature maintained between 350°F and 450°F (177°C and 232°C)

R-10 P-NO. 11 GROUPS

(a) P-No. 11A Group

Group No. 1 — None (see Note)

Group No. 2 — Same as for P-No. 5 (see Note)

Group No. 3 — Same as for P-No. 5 (see Note)

Group No. 4 — 250°F (121°C)

(b) P-No. 11B Group

Group No. 1 — Same as for P-No. 3 (see Note)

Group No. 2 — Same as for P-No. 3 (see Note)

Group No. 3 — Same as for P-No. 3 (see Note)

Group No. 4 — Same as for P-No. 3 (see Note)

Group No. 5 — Same as for P-No. 3 (see Note)

Group No. 6 — Same as for P-No. 5 (see Note)

Group No. 7 — Same as for P-No. 5 (see Note)

NOTE: Consideration shall be given to the limitation of interpass temperature for various thicknesses to avoid detrimental effects on the mechanical properties of heat treated materials.

R-11 P-NO. 15E GROUP NO. 1

(a) 400°F (205°C) for material that has either a specified minimum tensile strength in excess of 60,000 psi (410 MPa) or has both a specified minimum chromium content above 6.0% and a thickness at the joint in excess of $\frac{1}{2}$ in. (13 mm).

(b) 300°F (150°C) for all other materials in this grouping.

تصویر ۲۰۹: Preheat برای جوشکاری مخازن طبق ASME Sec. VIII Div.1-2019-Appendix R

Volume 4 - CASTI Guidebook to ASME Section VIII Div. 1 - Pressure Vessels
Appendix R also contains precautionary information on interpass temperatures. The quenched and tempered materials in P-Number 10C Group 3, and P-Number 11, all groups, may experience deterioration of strength and toughness at elevated temperatures. In such cases, a maximum interpass temperature should also be adhered to. This is particularly important in thinner materials. The maximum interpass temperature is not suggested. Generally, the Code user would be advised to weld as close to the preheat temperature as possible and to avoid temperatures in excess of 600°F (315°C). For the quenched and tempered P-Number 10D Group 4 and P-Number 10E Group 5 materials, a maximum interpass temperature of 450°F (230°C) is suggested in the appendix.

تصویر ۲۱۰: وضعیت پیشگرم در متریال های متفاوت

ضمیمه (R) همچنین شامل اطلاعات پیشگیرانه ای در مورد درجه حرارت بین پاسی می باشد. فلزات کوئینچ و تمپر شده با مشخصه P No.10C Gr.3 و P No.11 All Gr. ممکن است در درجه حرارتهای بالا از نظر استحکام و چقرمگی (Toughness) متحمل آسیب هایی گردند. در چنین حالتی حداکثر درجه حرارت بین پاسی باید تعیین گردد. این موضوع به خصوص در فلزات نازکتر اهمیت دارد. حداکثر درجه حرارت بین پاسی پیشنهاد نمی گردد. بطور کلی به استفاده کننده از گد باید توصیه گردد که درجه حرارت بین پاسی تا حد امکان به درجه حرارت پیشگرم نزدیک باشد و این درجه حرارت از 600°F (315°C) تجاوز ننماید.

در ضمیمه R برای فلزات کوئینچ و تمپر شده با مشخصه P No. 10D Gr.4 و P No. 10I Gr.1 حداکثر درجه حرارت بین پاسی 350°F - 450°F (177°C - 232°C) پیشنهاد شده است.

براساس پاراگراف UW-30 در استاندارد ASME Sec. VIII Div.1-2019 حداقل دمایی که باید جوشکاری انجام شود قید شده است.

UW-30 LOWEST PERMISSIBLE TEMPERATURES FOR WELDING

It is recommended that no welding of any kind be done when the temperature of the base metal is lower than 0°F (-20°C). At temperatures between 32°F (0°C) and 0°F (-20°C), the surface of all areas within 3 in. (75 mm) of the point where a weld is to be started should be heated

to a temperature at least warm to the hand [estimated to be above 60°F (15°C)] before welding is started. It is recommended also that no welding be done when surfaces are wet or covered with ice, when snow is falling on the surfaces to be welded, or during periods of high wind, unless the welders or welding operators and the work are properly protected.

تصویر ۲۱۱: حداقل دمای پیشگرم در مخازن تحت فشار بر اساس ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

***- پاراگراف UW-30- کمترین دمای مجاز برای جوشکاری:

توصیه می شود هیچگاه عملیات جوشکاری در مواقعی که دمای فلز پایه کمتر از 0°F (-20°C) می باشد انجام نگردد. در دماهای مابین 32°F (0°C) و 0°F (-20°C) باید تمام سطوح قسمتهای فلز پایه در حدود 3 in. (75mm) نسبت به محل شروع جوش تا دمایی که حداقل گرمای آن بوسیله دست قابل حس می باشد گرم شود. (بصورت تخمینی باید بیشتر از 60°F (15°C) باشد سپس جوشکاری شروع شود. همچنین توصیه می شود در مواردی که سطوح مورد جوشکاری خیس یا پوشیده از یخ می باشد و یا زمانی که برف در حال بارش روی سطوح جوشکاری می باشد یا در حین جوشکاری وزش شدید باد صورت می گیرد عملیات جوشکاری انجام نگردد مگر در مواردی که جوشکار یا اپراتور جوشکاری و محل جوشکاری بطور مناسب از موارد فوق محافظت شود.

Piping Handbook Seventh Edition

Preheat and Interpass Temperature. Ferritic materials undergo metallurgical phase changes when cooling from welding to ambient temperature. Mild steels which contain no more than 0.20 percent carbon and 1 percent manganese can be welded without preheat when the thickness is 1 in (25 mm) or less. However, as the chemical composition changes by increases of carbon, manganese, and silicon or the addition of chromium and certain other alloying elements, preheating becomes increasingly important since the higher carbon and chrome molybdenum steels can develop more crack-sensitive martensitic, bainitic, and other mixed phase structures when cooled rapidly from welding temperatures.

There is also a potential for hydrogen from SMAW electrode coatings or from moisture on the base metal surface to be dissolved in the weld. Also as the weld cools, stresses caused by shrinkage are imposed on the parts and distortion can result; and as thickness increases, thermal shock from the heat of welding can induce cracking more readily.

تصویر ۲۱۲: Preheat برای Piping از کتاب Piping Handbook ص- (A.283)

پیشگرم و درجه حرارت بین پاسی:

فولادهای فریتی وقتی از دمای جوشکاری تا دمای محیط سرد می شوند ممکن است دچار تغییرات فازی متالورژیکی شوند. وقتی که فولادهای نرم که حاوی بیشتر از 0.2% کربن و 1% منگنز نیستند دارای ضخامت یک اینچ (۲۵ میلیمتر) و کمتر هستند می توانند بدون نیاز به پیشگرم جوشکاری شوند. با این حال چنانچه با زیاد شدن کربن، منگنز، سیلیسیم و یا افزودن کروم و سایر عناصر آلیاژی آنالیز شیمیایی فولاد تغییر کند، پیشگرم بطور فزاینده ای اهمیت می یابد زیرا فولادهای با کربن بالا و فولادهای کروم مولیبدن زمانیکه از درجه حرارت جوشکاری تا درجه حرارت محیط به سرعت سرد می شوند می توانند باعث تشکیل ساختارهای مارتنزیتی - بینیتی (Martensitic-Bainitic) و سایر ساختارهای فازی دیگر که به ترک حساس هستند. گردند. همچنین این فرصت برای هیدروژن فراهم است تا از پوشش الکترودها در فرآیند جوشکاری SMAW یا از طریق رطوبت موجود در سطح فلز به درون فلز جوش نفوذ نماید و وقتی که جوش سرد می شود تنش های ناشی از انقباض به قطعات مورد جوشکاری وارد شده و باعث پیچیدگی در آنها می گردد و چنانچه ضخامت افزایش یابد شوک حرارتی ناشی از حرارت جوشکاری می تواند آسانتر باعث ایجاد ترک گردد.

پیشگرم قبل از جوشکاری راه حلی مناسب برای رفع این مشکلات است. پیشگرم، سرعت سرد شدن اتصال جوش را کاهش می دهد و باعث می شود ساختار متالورژیکی فلز جوش و ناحیه متأثر از آن (HAZ) داکتیل (انعطاف پذیرتر) شود. پیشگرم اجازه می دهد اتمهای هیدروژن محلول در فلز راحت تر به سطح فلز آمده و از فلز خارج شوند همچنین کمک می نماید تا انقباض، پیچیدگی و ترکهای احتمالی ناشی از تنش های پس ماند کاهش یابند. پیشگرم همچنین درجه حرارت را در بیشتر فلزات به اندازه کافی بالا می برد تا درجه حرارت انتقال شکست نرم نسبت به شکست ترد بیشتر باشد.

کدها بسته به الزامات پیشگرم متفاوت هستند بعضی از کدها دارای الزامات اجباری هستند و برخی از کدها ممکن است پیشنهادی باشند. برای مثال مطابق با کد B31.1 برای جوشکاری فولاد کربنی زمانیکه در صد کربن آن از 0.3% و ضخامت آن نیز از یک اینچ (1 in.) تجاوز نماید باید درجه حرارت پیشگرم آن 175°F (80°C) باشد.

طبق کدهای B31.4 و B31.8 لزوم پیشگرم بر اساس کربن معادل تعیین می گردد. بنابراین چنانچه مقدار کربن طبق آنالیز نمونه های گرفته شده از پاتیل ریخته گری از 0.32% تجاوز نماید و یا کربن معادل $(C + \frac{1}{2}\text{Mn})$ از 0.65% تجاوز نماید پیشگرم الزامی می باشد.

به فراگیران توصیه می گردد در مورد الزامات پیشگرم به کدهای خاصی مراجعه نمایند. باید خاطر نشان نمود، برخی سازندگان برای فلز 9Cr-1Mn-V P No.5B Gr.2 در فرآیند GTAW برای پیشگرم دمای 350°F (177°C) و در فرآیندهای دیگر بدون در نظر گرفتن ضخامت دمای $400-450^{\circ}\text{F}$ ($204-232^{\circ}\text{C}$) را پیشنهاد می نمایند.



تصویر ۲۱۳: نمونه هایی برای انجام Preheat

PIPING FUNDAMENTALS

Piping Handbook Seventh Edition

Preheating prior to welding is a solution to most of these problems. Preheating slows the cooling rate of the weld joint and results in a more ductile metallurgical structure in the weld metal and HAZ. It permits dissolved hydrogen to diffuse more readily and helps to reduce shrinkage, distortion, and possible cracking caused by the resultant residual stresses. It raises the temperature of the material sufficiently high to be above the brittle fracture transition zone for most materials.

The codes vary regarding preheat requirements. Some have mandatory requirements while others give suggested levels. For example, for carbon steel welding, the B31.1 Code *requires* preheating to a temperature of 175°F (80°C) when the carbon content exceeds 0.30 percent *and* the thickness of the joint exceeds 1 in. B31.3 *recommends* preheating to 175°F (80°C) when the base metal specified strength exceeds 71 ksi *or* the wall thickness is equal to or greater than 1 in (25 mm). ASME III Section *suggests* a preheat of 200°F (95°C) when the maximum carbon content is 0.30 percent or less *and* the wall thickness exceeds 1½ in for P No. 1 Gr. No. 1, or 1 in (25 mm) for P No. 1 Gr. No. 2. It also suggests a 250°F (120°C) preheat for materials with carbon in excess of 0.30 percent and wall thicknesses exceeding 1 in (25 mm). The ASME B31.4 and B31.8 Codes require preheat based on carbon equivalents. When the carbon content (by ladle analysis) exceeds 0.32 percent, or the carbon equivalent ($C + \frac{1}{4} Mn$) exceeds 0.65 percent, preheating is required. The reader is advised to consult the specific codes for preheating requirements. See Table A6.4 for some typical preheat requirements.

It should be noted that for the 9Cr-1Mo-V (P No. 5B Gr. 2) material some manufacturers suggest a preheat of 350°F (177°C) for GTAW and 400 to 450°F (204 to 232°C) for other types of welding regardless of thickness.

تصویر ۲۱۴: Preheat برای Piping از کتاب Piping Handbook ص- (A.283/284)

☀ - پیشگرم (Preheat) در استاندارد Piping-B31.1-2016

دمای Preheat طبق ASME B31.1 Table 131.4.1-2016

یادداشتهای جدول 131.4.1 (Preheat Temperatures):

یادداشت کلی: SMTS مخفف حداقل استحکام کششی مشخص شده است.

یادداشتهای:

(۱) - P-No. ها و Gr. No. ها مطابق QW/QB-422 از استاندارد ASME Section IX باشد.

(۲) - ترکیب شیمیایی ممکن است بر اساس آنالیز بدست آمده از نمونه‌ی برداشته شده از پاتیل (قبل از ریختن مذاب در

قالب) یا محصول نهایی (بعد از ریخته گری) یا مطابق با محدوده های مشخصات فنی باشد.

(۳) - حداکثر درجه حرارت بین پاسی 600°F (315°C) است.

(۴) - درجه حرارت نگهداری بین پاسی بین 300°F and 450°F (150°C and 230°C)

Table 131.4.1 Preheat Temperatures

Base Metal P-No. [Note (1)]	Base Metal Group	Greater Material Thickness		Additional Limits	Required Minimum Temperature	
		in.	mm		°F	°C
1	Carbon steel	≤1	≤25	%C > 0.30 [Note (2)]	50	10
		>1	>25	%C ≤ 0.30 [Note (2)]	50	10
		>1	>25	%C > 0.30 [Note (2)]	200	95
3	Alloy steel Cr ≤ 1/2%	≤1/2	≤13	SMTS ≤ 65 ksi (450 MPa)	50	10
		>1/2	>13	SMTS ≤ 65 ksi (450 MPa)	200	95
		All	All	SMTS > 65 ksi (450 MPa)	200	95
4	Alloy steel 1/2% < Cr ≤ 2%	All	All	None	250	120
5A	Alloy steel	All	All	SMTS ≤ 60 ksi (414 MPa)	300	150
				SMTS > 60 ksi (414 MPa)	400	200
5B	Alloy steel	All	All	SMTS ≤ 60 ksi (414 MPa)	300	150
		All	All	SMTS > 60 ksi (414 MPa)	400	200
		>1/2	>13	%Cr > 6.0 [Note (2)]	400	200
6	Martensitic stainless steel	All	All	None	400 [Note (3)]	200 [Note (3)]
9A	Nickel alloy steel	All	All	None	250	120
9B	Nickel alloy steel	All	All	None	300	150
10I	27Cr steel	All	All	None	300 [Note (4)]	150 [Note (4)]
15E	9Cr-1Mo-V CSEF steel	All	All	None	400	200
All other materials		...	...	None	50	10

GENERAL NOTE: SMTS = specified minimum tensile strength.

NOTES:

(1) P-Nos. and Group nos. from ASME BPV Code, Section IX, QW/QB-422.

(2) Composition may be based on ladle or product analysis or per specification limits.

(3) Maximum interpass temperature 600°F (315°C).

(4) Maintain interpass temperature between 300°F and 450°F (150°C and 230°C).

ASME B31.1 Table 131.4.1-2016 Preheat دمایی تصویر ۲۱۵:

☀ - پیشگرم (Preheat) در استاندارد ASME B31.3-2016-Process Piping

*** - پاراگراف 330 - پیشگرم (Preheat)

330 PREHEATING

330.1 General

The preheat requirements herein apply to all types of welding, including tack welds, repair welds, and seal welds on threaded joints.

330.1.1 Requirements. Unless specified otherwise in the engineering design, the minimum preheat temper-

atures for materials of various P-Numbers are given in Table 330.1.1. The thickness intended in Table 330.1.1 is that of the nominal thickness of the thicker component [as defined in para. 331.1.3(c)]. Higher minimum preheat temperatures may be required by the WPS or by the engineering design.

تصویر ۲۱۶: وضعیت الزام و پیشنهاد پیشگرم در استاندارد ASME B31.3-2016

* - پاراگراف 330.1 (General): کلیات

در این مورد پیشگرمی در مورد همه‌ی انواع جوشکاری از جمله Tack Weld ها، جوشهای تعمیری، جوشهای آب بندی (Seal Welds) در اتصالات رزوه ای الزامی است.

※- پاراگراف 330.1.1 (Requirements): الزامات

به جزء در مواردی که طراحی مهندسی مشخص کرده است، حداقل درجه حرارت پیشگرمی برای متریال های با P-No. های مختلف در جدول 330.1.1 ذکر شده است. منظور از ضخامت در جدول 330.1.1 عبارتست از ضخامت اسمی جزء ضخیم تر [مطابق آنچه در پاراگراف (c) 330.1.1.3 تعریف شده]. حداقل درجه حرارت پیشگرمی بالاتر می تواند در WPS یا توسط طراحی مهندسی مشخص گردد.

※- پاراگراف 330.1.2 (Unlisted Materials): متریالهای که در لیست نمی باشند

الزامات پیشگرمی برای متریالی که در لیست وجود ندارد باید در WPS مشخص گردد.

(منظور از لیست، لیست مشخصات فنی متریال هایی است که در جدول 326.1 ذکر شده است، به پاراگراف 326.1.1 مراجعه شود)

※- پاراگراف 330.1.3 (Preheat Temperature Verification): بررسی درجه حرارت پیشگرمی

(a) - درجه حرارت پیشگرمی باید بوسیله قلمهای نشان دهنده‌ی درجه حرارت (گچ حرارتی)، حرارت سنج (Pyrometer) یا سایر ابزارهای مناسب، اندازه گیری و کنترل گردد تا اطمینان حاصل شود، درجه حرارت پیشگرمی مشخص شده در WPS چه قبل از جوشکاری و چه در حین جوشکاری رعایت می گردد.

(b) - ترموکوپل ها می توانند با استفاده از روش جوشکاری (Low energy capacitor discharge) مطابق با پاراگراف 328.7 مستقیماً به اجزای تحت فشار تجهیز متصل گردند.

یادداشتهای جدول 330.1.1 (Preheat Temperatures):

(۱) - P-No. ها و Gr. No. ها مطابق Qw/QB-422 از استاندارد ASME Section IX باشد.

(۲) - SMTS مخفف حداقل استحکام کششی مشخص شده است.

(۳) - ترکیب شیمیایی ممکن است بر اساس آنالیز بدست آمده از نمونه‌ی برداشته شده از پاتیل (قبل از ریختن مذاب در

قالب) یا

محصول نهائی (بعد از ریخته گری) یا مطابق با محدوده های مشخصات فنی باشد.

(۴) - حداکثر درجه حرارت بین پاسی 315°C (600°F) است.

(۵) - درجه حرارت نگهداری بین پاسی بین 150°C and 230°C (300°F and 450°F)



تصویر ۲۱۷: نمونه هایی از گچ حرارتی برای سنجش دمای قطعه قبل از جوشکاری

Table 330.1.1 Preheat Temperatures

(16)

Base Metal P-No. [Note (1)]	Base Metal Group	Greater Material Thickness		Additional Limits [Note (2)]	Required Minimum Temperature	
		mm	in.		°C	°F
1	Carbon steel	≤25	≤1	None	10	50
		>25	>1	%C ≤ 0.30 [Note (3)]	10	50
		>25	>1	%C > 0.30 [Note (3)]	95	200
3	Alloy steel, Cr ≤ 1/2%	≤13	≤1/2	SMTS ≤ 450 MPa (65 ksi)	10	50
		>13	>1/2	SMTS ≤ 450 MPa (65 ksi)	95	200
		All	All	SMTS > 450 MPa (65 ksi)	95	200
4	Alloy steel, 1/2% < Cr ≤ 2%	All	All	None	120	250
5A	Alloy steel	All	All	SMTS ≤ 414 MPa (60 ksi)	150	300
		All	All	SMTS > 414 MPa (60 ksi)	200	400
5B	Alloy steel	All	All	SMTS ≤ 414 MPa (60 ksi)	150	300
		All	All	SMTS > 414 MPa (60 ksi)	200	400
		≤13	≤1/2	%Cr > 6.0 [Note (3)]	200	400
6	Martensitic stainless steel	All	All	None	200 [Note (4)]	400 [Note (4)]
9A	Nickel alloy steel	All	All	None	120	250
9B	Nickel alloy steel	All	All	None	150	300
10I	27Cr steel	All	All	None	150 [Note (5)]	300 [Note (5)]
15E	9Cr-1Mo-V CSEF steel	All	All	None	200	400
...	All other materials	...	...	None	10	50

NOTES:

(1) P-Nos. and Group Nos. from BPV Code, Section IX, QW/QB-422.

(2) SMTS = Specified Minimum Tensile Strength.

(3) Composition may be based on ladle or product analysis or in accordance with specification limits.

(4) Maximum interpass temperature 315°C (600°F).

(5) Maintain interpass temperature between 150°C and 230°C (300°F and 450°F).

ASME B31.3-2016- Table 330.1.1 دمای Preheat طبق تصویر ۲۱۸:

*- پاراگراف 328.7 (Attachment Welds): جوشهای اتصالات

اتصالات (Structural) ممکن است بصورت جوشهای نفوذی کامل (Complete penetration)، جوشهای نفوذی جزئی (partial penetration) و جوشهای گوشه ای (Fillet) باشند. برای جوشکاری اتصالات موقتی (بطور مثال ترموکوبل ها) و اتصالات دائمی غیر ساختمانی بر روی فولادهای P-No.1 تا P-No.5B و همچنین P-No.15E بدون پیشگرمی تا بیشتر از 10°C (50°F) یا تنش زدائی (PostWeld Heat Treatment) می توان از جوشکاری (Low energy capacitor discharge) استفاده کرد مشروط بر آنکه:

- (a) - یک WPS تهیه شود که در آن دستگاه (Low energy capacitor discharge)، ترکیب متریال های که باید به هم متصل گردند و تکنیک بکار بردن آن شرح داده شود. تهیه PQR برای این WPS لازم نیست.
- (b) - خروجی انرژی فرآیند جوشکاری تا ۱۲۵ وات- ثانیه (125 W-sec) محدود باشد.
- (c) - برای متریال های P-No. 15E و P-No. 5A, P-No. 5B حداکثر میزان کربن 0.15% درصد باشد.
- (d) - بعد از اینکه ترموکوپل ها برداشته شدند سطح محل اتصال آنها باید بطور چشمی بررسی و عیوب آشکار تعمیر گردند.

*- پاراگراف 330.1.4 (Preheat Zone): منطقه‌ی پیشگرم

منطقه‌ی پیشگرم عبارتست از ناحیه ای به پهنای 75 میلیمتر یا 1.5 برابر ضخامت اسمی جزء بزرگتر اتصال از هر طرف جوش، و درجه حرارت آن باید برابر یا بالاتر از حداقل درجه حرارت مشخص شده باشد. درجه حرارت پیشگرمی فلز مبنا

برای جوشهای Tack باید برابر یا بالاتر از حداقل درجه حرارت مشخص شده بوده و پهنای آن نباید کمتر از 25 mm (1 in.) از هر طرف نقطه‌ی جوشکاری باشد.

❖ - پاراگراف 330.2 (Specific Requirements): الزامات خاص

❖ - پاراگراف 330.2.1 (Different P-No. Materials): متریال‌های با P-No. های مختلف

به هنگام جوشکاری متریال‌ها با P-No. و درجه حرارت پیشگرمی متفاوت، که در جدول 330.1.1 نشان داده شده است، درجه حرارت بیشتر باید به عنوان درجه حرارت پیشگرمی انتخاب شود.

❖ - پاراگراف 330.2.2 (Interruption of Welding): انقطاع در عملیات جوشکاری

بعد از اینکه جوشکاری شروع شد، جوش باید تا حداقل درجه حرارت پیشگرمی گرم نگه داشته شود تا تنش زدایی (PWHT) های لازم برای متریال‌های با P-Nos. 3, 4, 5A, 5B, 6, and 15E انجام شود به استثناء زمانی که تمامی شرایط زیر فراهم باشد:

(a) - حداقل 10 mm ($\frac{3}{8}$ in.) یا 25% درصد ضخامت جوش شیاری، هر کدام که کوچکتر است، رسوب داده شده باشد (اگر قطعه‌ی جوشکاری شده باید جابجا شود، یا متحمل باری گردد، جوش باید به اندازه‌ی کافی ساپورت شود تا از اعمال تنش اضافه بر آن ممانعت به عمل آید). توصیه می گردد احتیاط شود که شرایط سطحی جوش قبل از سرد شدن صاف و عاری از ناپیوستگی‌های تیز باشد.

(b) - برای متریال‌های P-Nos. 3, 4, and 5A، جوش می تواند تا درجه حرارت محیط به آهستگی سرد گردد.

(c) - برای متریال‌های P-Nos. 5B, 6, and 15E، جوش در معرض یک تنش زدائی میانی مناسب با سرعت سرد شدن کنترل شده قرار گرفته و به منظور بررسی و آزمایش جوش، درجه حرارت پیشگرمی می تواند تا حداقل 95°C (200°F) کاهش یابد بدون اینکه عملیات حرارتی میانی انجام شود.

(d) - بعد از سرد شدن و قبل از شروع مجدد جوشکاری، بازرسی چشمی جوش باید انجام شود تا اطمینان حاصل شود که هیچ ترکی تشکیل نشده است.

(e) - پیشگرمی لازم باید قبل از شروع جوشکاری صورت بگیرد.

☀ - پیشگرم در استاندارد IPS-C-PI-290

❖ - پاراگراف 12.2 - الزامات پیشگرم:

❖ - پاراگراف 12.2.1: ممکن است پیشگرمی فلز پایه بوسیله حرارت قبل از عملیات جوشکاری، خال جوش زدن (Tack welding) و برشکاری نیاز باشد تا از ترک سرد در ناحیه‌ی متأثر از حرارت (HAZ) در فولاد‌های فریتی بطور مشخصی جلوگیری بعمل آید. همچنین ممکن است در جوشکاری متریال‌های غیر آهنی برای بر طرف نمودن رطوبت یا پیش گیری از ترک گرم پیشگرمی لازم باشد.

❖ - پاراگراف 12.2.2 - پیشگرمی در درجه حرارتهای زیر ۲۰۰ درجه سانتیگراد، ممکن است بوسیله مشعل‌های سوخت گاز/ هوا یا مشعل‌های سوخت گاز/ روغن با سرعت بالا یا اجاق‌های مادون قرمز بطور موضعی یا در کوره انجام گیرند.

❖ - پاراگراف 12.2.3 - پیشگرمی در درجه حرارتهای بالاتر از ۲۰۰ درجه سانتیگراد بوسیله مقاومت الکتریکی یا القائی ترجیح داده می شود هرچند رادیاتورهای مادون قرمز نیز قابل قبول هستند.

- *- پاراگراف 12.2.4- لازم است توزیع درجه حرارت بصورت یکنواخت باشد.
- *- پاراگراف 12.2.5- درجه حرارت می تواند بوسیله گچ حرارتی (Tempil Stick)، حرارت سنج های دیجیتالی (Digital Pyrometers)، یا ترمومترهای تماسی (Contact Thermometer) کنترل گردد.
- *- پاراگراف 12.2.6- جوشهایی که در کارگاه لوله کشی (Piping shop welds) انجام می شوند گرم کردن بوسیله الکتریسیته ارجعیت دارد ولی مشعل های مدور زمانی مجاز هستند که از سوخته های فاقد گوگرد استفاده شود.
- *- پاراگراف 12.2.7- وقتیکه لازم باشد، بایستی روشهای زیر برای پیشگرم جوشهایی که در سایت انجام می شوند بکار برده شوند:
- (a) - برای قطر اسمی کمتر از 250mm (NPS<10") پیشگرم بوسیله مشعل های مناسب مجاز می باشد.
- (b) - برای قطر اسمی بیشتر از 250mm (NPS<10") پیشگرم الکتریکی یا گرم کردن بوسیله اجاقهای مادون قرمز یا مشعل های مدور لازم می باشد.
- پاراگراف 12.2.8- الزامات زیر باید در مورد ناحیه مورد پیشگرم رعایت گردد:
- (a) - پهنای ناحیه گرم شده دو برابر ضخامت دیواره بعلاوه ی حداقل ۱۰۰ میلیمتر در هر سمت از طرفین جوش باشد. پهنای منطقه ای که عایق می گردد برابر است با پهنای ناحیه گرم شده بعلاوه ی ۱۵۰ میلیمتر.
- (b) - برای جوشهای لب به لب لوله ها، پهنای ناحیه گرم شده در هر طرف جوش ۲/۵ برابر ضخامت لوله بعلاوه حداقل ۷۵ میلیمتر است
- (c) - به حدود پهنای نواحی گرم شده بایستی توجه خاصی مبذول داشت که بیش از حد نباشد تا مشکلات مربوط به توزیع تنش های پسماند مانند ترک، تاول و پیچش بوجود نیاید.
- *- پاراگراف 12.2.9- وقتیکه برای جوش پیشگرم در نظر گرفته شده، جوشکاری باید بدون وقفه ادامه یابد.
- *- پاراگراف 12.2.10- برای فولادهای کروم - مولیبدن با ضخامت 25 mm پیشگرم فوق باید همیشه بکار برده شود.
- *- پاراگراف 12.2.11- برای سایر فولادهای فریتی، درجه حرارت پیشگرم را می توان کمتر در نظر گرفت صرفاً به شرط اینکه حداقل ۵۰ درصد از جوش کامل شده باشد. اتصال باید در حالتی که عایق شده است سرد شود. پیشگرم بایستی قبل از شروع مجدد جوشکاری تا درجه حرارت مشخصی انجام شود و برای مدت ۳۰ دقیقه در این درجه حرارت نگه داشته شود.
- *- پاراگراف 12.2.12- حداقل درجه حرارت پیشگرم توصیه شده و ضروری برای متریال ها با P-Numbers های مختلف در جدول 330.1.1 از استاندارد ASME B31.3 آورده شده است.

IPS	مهر ۱۳۸۸ / Oct 2009	IPS-C-PI-290(1)
12.2 Preheat Requirements	۱۲-۲ الزامات پیشگرمی	
12.2.12 Minimum preheat temperature required and recommended for materials of various P-numbers are given in Table 330.1.1 of ASME B.31.3.	۱۲-۲-۱۲ حداقل دمای مورد نیاز و توصیه شده برای پیشگرمی موادی با P.NO های مختلف در جدول 330.1.1 از استاندارد ASME B 31.3 داده شده است.	
12.2.13 Preheat requirements for an unlisted material shall be specified in the WPS.	۱۲-۲-۱۳ الزامات پیشگرمی برای موادی که لیست نشده اند باید در WPS مشخص شوند.	

تصویر ۲۱۹: دمای پیشگرم برای متریال های مختلف در استاندارد IPS-C-PI-290

- *- پاراگراف 12.2.13- متریالی که در لیست قرار ندارد، بایستی الزامات پیشگرم آن در WPS مشخص گردد.

☀ - پیشگرم در API 650-2020

*- پاراگراف 7.2.1.2: وقتی که سطوحی که باید جوشکاری شوند در اثر باران، برف یا یخ زدگی خیس باشند، در حین بارش باران یا برف بر روی چنین سطوحی یا در هنگام وزش بادهای شدید، هیچ نوع عملیات جوشکاری نباید انجام شود مگر اینکه جوشکار و منطقه‌ی جوشکاری بطور مناسبی محافظت گردند. همچنین وقتی که درجه حرارت فلز از درجه حرارت لازم مطابق جدول 7-1a کمتر باشد انجام پیشگرمی ضروری است. در چنین حالتی فلز پایه باید تا درجه حرارتی که در

7.2 Details of Welding**7.2.1 General**

7.2.1.3 No welding of any kind shall be performed when the surfaces to be welded are wet from rain, snow, or ice; when rain or snow is falling on such surfaces; or during periods of high winds unless the welder and the work are properly shielded. Also, preheat shall be applied when metal temperature is below the temperature required by Table 7.1a and Table 7.1b. In that case the base metal shall be heated to at least the temperature indicated in Table 7.1a and Table 7.1b within 75 mm (3 in.) of the place where welding is to be started and maintained 75 mm (3 in.) ahead of the arc.

تصویر ۲۲۰: وضعیت پیشگرم بر اساس API 650-2020

جدول 7-1a نشان داده شده در محدوده‌ای به اندازه 75mm (3 in.) از محلی که جوشکاری شروع می‌شود، گرم شود و در حد 75mm (3 in.) جلوتر از قوس این درجه حرارت نگه داشته شود.

Table 7.1a—Minimum Preheat Temperatures (SI)

Material Group per Table 4.4a	Thickness (t) of Thicker Plate (mm)	Minimum Preheat Temperature
Groups I, II, III & IIIA	$t \leq 32$	0 °C
	$32 < t \leq 40$	10 °C
	$t > 40$	93 °C
Groups IV, IVA, V & VI	$t \leq 32$	10 °C
	$32 < t \leq 40$	40 °C
	$t > 40$	93 °C

تصویر ۲۲۱: دمای پیشگرم برای متریال‌های مختلف بر اساس API 650 - 2016

☀ - پیشگرم در API 620-2018

***- پاراگراف H-4 از Appendix-H: عملیات پیشگرمی

**Annex H
(informative)****Recommended Practice for Use of Preheat, Post-heat, and Stress Relief****H.1 Introduction****H.4 Preheat Treatment**

Preheating should be performed by heating and maintaining this heat in appreciable lengths of the joint to be welded, preferably using a strip burner with a mild flame rather than a harsh flame such as that from a cutting torch. Electrical strip heaters are available and have been found to be satisfactory. The preheat of 300 °F should be checked with a thermometer. Preheating should be performed by heating and maintaining this heat in appreciable lengths of the joint to be welded, preferably using a strip burner with a mild flame rather than a harsh flame such as that from a cutting torch. Electrical strip heaters are available and have been found to be satisfactory. The preheat of 300 °F should be checked with a thermometer.

تصویر ۲۲۲: پیشگرم در استاندارد API 620 - 2018

بسیاری از تست های آزمایشگاهی نشان داده اند وقتی خواص فیزیکی قطعه جوشکاری شده مطرح است، پیشگرمی کربن استیل در دمای (300 °F - 400 °F) باید معادل تنش زدایی در درجه حرارتی بیشتر از (1100 °F) باشد. برخی تستها مزایای جزیی تنش زدایی را نشان داده اند، بیشتر تستها بر روی ورقهایی با ضخامت ۱۹ میلیمتر تا ۲۵ میلیمتر انجام شده است.

اگر پیشگرمی بطور قابل ملاحظه ای بیشتر از این محدوده ی ضخامتی انجام شده باشد نتایج باید با احتیاط بررسی شود. با این حال، برای تمام مقاصد عملی، بهبود حاصل از پیشگرمی بایستی به اندازه ی کافی، آثار مثبت داشته باشد بطوریکه برای ساخت ورقهای با ضخامت بیشتر از ۱۹ میلیمتر، وقتی چقرمگی مخزن از اهمیت بالایی برخوردار است و تنش زدایی بوسیله عملیات حرارتی عملی نمی باشد پیشگرمی باید مورد ملاحظه قرار گیرد.

زمان و دمای نگهداری پیشگرمی بر روی اتصالی که جوشکاری می گردد بایستی بطور مناسبی انجام گیرد و ترجیحاً بهتر است پیشگرمی بوسیله مشعل نواری و شعله متوسط به جای شعله شدید مانند شعله برشکاری انجام گردد. همچنین هیتر های برقی نواری نیز مناسب تشخیص داده شده اند.

پیشگرمی 300 °F باید بوسیله مداد های شمعی (Crayon) حساس به درجه حرارت یا ادوات دقیق مشابه، کنترل گردد بطوریکه اتصال به اندازه 4 in. یا ۴ برابر ضخامت فلز (هر کدام بزرگتر است) از هر طرف در اتصال در حداقل درجه حرارت پیشگرمی نگاه داشته شود. مشعل ها یا هیتر های رینگی برای جوشهای نازل ها و منهول ها توصیه شده است .

هیچ گاه در خلال جوشکاری، درجه حرارت فلز پایه نباید کمتر از 300 °F گردد.

***- پاراگراف 6.11 : شرایط جوی برای جوشکاری: هیچگونه عملیات جوشکاری نباید انجام شود (a)- وقتی سطوحی که باید جوشکاری شوند از باران، برف یا یخ خیس باشد (b)- وقتی که بر روی این سطوح بارش باران و برف باشد یا (c)- در خلال وزش شدید باد باشد مگر اینکه جوشکار و کار محافظت شوند. عملیات پیشگرم باید وقتی بکار برده شود که دمای فلز پایه کمتر از دمای مشخص شده در جدول 6.2 باشد. در این زمینه فلز پایه باید حداقل در دمای مشخص شده در جدول 6.2 گرم شود و از محلی که جوشکاری آغاز شده است ۳ اینچ در جلوتر از قوس باید پیشگرمی حفظ شود. P-No. ها و Gr. No. ها باید مطابق با استاندارد ASME Sec. IX جدول QW-422 یا چنانچه در جدول QW-422 وجود ندارند باید مطابق با استاندارد API-620 پاراگراف 6.7.2 باشد.

6.11 Weather Conditions for Welding

No welding of any kind shall be done (a) when the surfaces to be welded are wet from rain, snow, or ice, (b) when rain or snow is falling on such surfaces, or (c) during periods of high winds, unless the welder and work are properly shielded. Preheat shall be applied when the metal temperature is below the temperature required by Table 6-2. In that case the base metal shall be heated to at least the temperature indicated in Table 6-2 within 3 in. of the place where welding is to be started and maintained 3 in. ahead of the arc. Material P-Numbers and Groups shall be as designated in ASME IX, Table QW-422 or in API 620, 6.7.2 for materials not listed in Table QW-422.

Table 6-2—Minimum Preheat Temperatures

Material P-No. and Group	Thickness (t) of Thicker Plate (inches)	Minimum Preheat Temperature	
P-No. 1 Group 1	$t \leq 1.25$	32 °F	→ 0 °C
	$1.25 < t \leq 1.50$	50 °F	→ 10 °C
	$t > 1.50$	200 °F	→ 95 °C
P-No. 1 Groups 2 & 3	$t \leq 1.25$	50 °F	→ 10 °C
	$1.25 < t \leq 1.50$	100 °F	→ 38 °C
	$t > 1.50$	200 °F	→ 95 °C

تصویر ۲۲۳: دمای پیشگرم در استاندارد API 620 - 2018

(۱۸) - تنش زدایی (PWHT)

☀ - تنش زدایی در استاندارد ASME Sec. VIII Div.1-2019

■ - تنش زدایی (PWHT) برای مخازن تحت فشار

چندین عامل، تعیین کننده عملیات تنش زدایی در مخازن تحت فشار می باشند از جمله:

(۱) - سرویس مخزن مطابق با UW2 و UCS-68

(۲) - جنس متریال مخزن مطابق با UCS-56 P-No. 3 Gr.3

(۳) - ضخامت بر اساس جنس متریال مخزن مطابق با UCS-56, UHA-32, UNF-56

(۴) - عملیات فرمینگ سرد (شکل دهی سرد) مطابق با UCS-79

(۵) - فرآیند جوشکاری مطابق با UCS 56

۱- سرویس:

■ پاراگراف ASME Sec. VIII Div.1-2019-UW-2(a)

الف) مطابق با پاراگراف UW2(a) : در صورتیکه سرویس مخزن حاوی مواد کشنده باشد، تنش زدایی (PWHT) برای متریال های (Carbon Steel) و متریال های کم آلیاژ (Low Alloy) الزامی و اجباری (Mandatory) می باشد. لوله یا تیوب درز دار که بصورت ERW (Electric resistance welded) تولید می شود برای استفاده در بدنه (Shell) یا نازل (Nozzle) در سرویس های کشنده (Lethal) مجاز نمی باشد. در چنین مخازنی تمامی جوشهای شیار (All butt welded joints) می بایست مطابق UW-51 بصورت صد در صد رادیوگرافی انجام شود.

UW-2 SERVICE RESTRICTIONS

(a) When vessels are to contain lethal⁶⁵ substances, either liquid or gaseous, all butt-welded joints shall be fully radiographed in accordance with UW-51, except for butt welds subject to the provisions of (2) and (3) below and UW-11(a)(4), and butt welds in stiffening rings designed under the rules of UG-29. ERW pipe or tube is not permitted to be used as a shell or nozzle in lethal service applications. When fabricated of carbon or low alloy steel, such vessels shall be postweld heat treated.

تصویر ۲۲۴: شرط الزام آور تنش زدایی طبق ASME Sec. VIII Div.1-2019-UW-2

تعریف سرویس کشنده (Lethal Service) مطابق با یادداشت شماره 65:

65 By "lethal substances" are meant poisonous gases or liquids of such a nature that a very small amount of the gas or of the vapor of the liquid mixed or unmixed with air is dangerous to life when inhaled. For purposes of this Division, this class includes substances of this nature which are stored under pressure or may generate a pressure if stored in a closed vessel.

تصویر ۲۲۵: تعریف سرویس کشنده طبق پاورقی UW-2

مواد کشنده به گازها و مایعاتی اطلاق می شوند که مقدار بسیار ناچیزی از گاز یا بخار مایع بصورت مخلوط یا غیر مخلوط با هوا، زمانی که تنفس شوند برای زندگی خطرناک میباشند. هدف از این بخش یا این کلاس موادی هستند که با این خواص کشنده، تحت فشار نگه داشته می شوند یا ممکن است چنانچه در مخازن در بسته نگه داشته شوند، تولید فشار نمایند.

■ پاراگراف ASME Sec. VIII Div.1-2019-UCS-68

(a) - وقتی که حداقل درجه حرارت طراحی فلز سردتر از -55°F (-48°C) باشد می بایست مطابق پاراگراف UW-2(b) باشد مگر اینکه نسبت انطباق تعیین شده در تصویر (Fig.UCS-66.1) کمتر از 0.35 باشد.

(b) - وقتی که طبق سایر مقررات این بخش (Division) لازم باشد، اتصالات جوشکاری شده مطابق با الزامات UW-40 بایستی تنش زدایی (PWHT) گردند. وقتی که حداقل درجه حرارت طراحی فلز سردتر از -55°F (-48°C) باشد و نسبت انطباق تعیین شده در تصویر (Fig.UCS-66.1) برابر 0.35 یا بیشتر باشد تنش زدایی (PWHT) نیاز است با این استثناء که این الزامات در مورد اتصالات جوشکاری شده در مخازن و اجزاء آنها که از متریال P No.1 ساخته شده اند و در حداقل درجه حرارت طراحی فلز (MDMT) یا سردتر از آن مطابق با UG-84 مورد تست ضربه قرار گرفته باشند، بکار نمی رود. حداقل میانگین انرژی فلز پایه و اجزاء جوشکاری شده باید بجای اعداد نشان داده شده در Fig. UG-84.1 برابر با 25 ft-lb (34 J) باشد.

(1) - اتصالات طبقه A&B (Category) نوع ۱ که در زمره اتصالات مخروط به بدنه نیستند و بطور ۱۰۰ درصد رادیوگرافی شده اند. در اتصالات طبقه A&B (Category) که قطعاتی با ضخامت های نابرابر را به هم وصل می کنند، ضخامت ورق ضخیم تر باید با شیبی که بیشتر از نسبت 3:1 نباشد همسان با ضخامت ورق نازکتر گردد.

(2) - جوشهایی که در زیر آمده اند:

(a) - جوشهای گوشه ای (Fillet) که ابعاد ساق (Leg) آنها از $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) تجاوز ننماید و متعلقاتی را وصل میکند که بار چندانی را تحمل نمی کنند، مشروط بر اینکه متریال متعلقات و فلز جوش، الزامات UCS-56 و UCS-67 را برآورده نماید. منظور از متعلقاتی که بار چندانی را تحمل نمی کنند در اینجا آنهایی هستند که مقدار تنش در جوش محل اتصال از ۲۵ درصد مجاز تجاوز ننماید.

(b) - جوشهای آب بندی (seal welds) در پاراگراف [UW-20.2(c)] مشخص شده اند.

تمامی اینچنین جوشهایی که در (a) - و (b) - شرح داده شده است، باید بطور کامل مطابق با ضمیمه ۶ یا ۸ مورد آزمایشات PT یا MT قرار گیرند.

UCS-68 DESIGN⁷⁷

(a) Welded joints shall comply with UW-2(b) when the minimum design metal temperature is colder than -55°F (-48°C), unless the coincident ratio defined in Figure UCS-66.1 is less than 0.35.

(b) Welded joints shall be postweld heat treated in accordance with the requirements of UW-40 when required by other rules of this Division. When the minimum design metal temperature is colder than -55°F (-48°C), and the coincident ratio defined in Figure UCS-66.1 is 0.35 or greater, postweld heat treatment is required, except that this requirement does not apply to the following welded joints, in vessels or vessel parts fabricated of P-No. 1 materials that are impact tested at the MDMT or colder in accordance with UG-84. The minimum average energy requirement for base metals and weldments shall be 25 ft-lb (34 J) instead of the values shown in Figure UG-84.1:

(1) Type 1 Category A and B joints, not including cone-to-cylinder junctions, which have been 100% radiographed. Category A and B joints attaching sections of unequal thickness shall have a transition with a slope not exceeding 3:1.

(2) the following welds:

(a) fillet welds having leg dimensions not exceeding $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) attaching lightly loaded attachments, provided the attachment material and the attachment weld meet requirements of UCS-66 and UCS-67. "Lightly loaded attachment," for this application, is defined as an attachment for which the stress in the attachment weld does not exceed 25% of the allowable stress.

(b) seal welds defined in UW-20.2(c).

All such welds as described in (a) and (b) shall be examined by magnetic particle or liquid penetrant examination in accordance with Mandatory Appendix 6 or Mandatory Appendix 8.

⁷⁷ No provisions of this paragraph waive other requirements of this Division, such as UW-2(a), UW-2(d), UW-10, and UCS-56.

تصویر ۲۶: شرط الزام آور تنش زدایی طبق ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UCS-68

یادداشت (79): قوانین این پاراگراف بمنزله ی چشم پوشی از الزامات دیگر این بخش مثل UW-2(a), UW-2(d), UW-10 و UCS-56 نمی باشد.

(۲) جنس متریال مخزن مطابق با UCS-56:

دلیل تنش زدایی (PWHT) برخی از متریال های آهنی صرفاً بخاطر نوع جنس آنها است و میزان ضخامت در این امر تاثیری ندارد. این متریال ها در هر ضخامتی می بایست تنش زدایی (PWHT) شوند. این متریال ها می توانند بصورت یک دسته از متریال ها همچون متریال های با مشخصه P No. 3 Gr.3 و P No. 10B Gr.1 باشند. همچنین می توانند بصورت یک متریال خاص باشند همچون متریال SA-487 Class 1Q با مشخصه P No. 10A-Gr.1 که در تمام ضخامتها می بایست تنش زدایی شود.

دلیل تنش زدایی (PWHT) برخی متریال های غیر آهنی نیز صرفاً بخاطر نوع جنس آنها است و میزان ضخامت در این امر تاثیری ندارد. این متریال ها در هر ضخامتی می بایست تنش زدایی (PWHT) شوند. مطابق پاراگراف (c) UNF-56 متریال SB-148 و آلیاژ Alloy CDA 954 از این دسته هستند. همچنین پاراگراف (d) UNF-56 تنش زدایی را برای تمام محصولات زیرکونیوم دار با مشخصه Grade R6070 الزامی میداند و تنش زدایی (PWHT) آنها بایستی ۱۴ روز پس از جوشکاری انجام شود.

برخی از متریال هایی که دارای Grade R60705 هستند عبارتند از: SB-493, SB-523, SB-550, SB-658.

(۳) - ضخامت:

در زیر نویس جدول های UCS 56 ضخامت هایی که برای متریال های مختلف میبایست تنش زدایی (PWHT) شوند مشخص شده است. بطور مثال وقتی ضخامت متریال های P-No. 1 Gr.No. 1, 2 & 3 بیشتر از ۳۸ میلیمتر باشد می بایست تنش زدایی شوند. همچنین مطابق با پاراگراف (b) در زیر نویس جدول UCS-56-1 متریالهای P-No. 1 Gr. No. 1, 2, 3 که ضخامت آنها بیشتر از ۳۲ میلیمتر و کمتر از ۳۸ میلیمتر باشد چنانچه هنگام جوشکاری عملیات پیشگرم تا دمای ۹۵ درجه سانتیگراد اعمال شده باشد، نیاز به تنش زدایی (PWHT) ندارند. محدوده ضخامت برای متریال های مختلف متفاوت است. محدوده ضخامت، دما، و مدت زمان نگهداری برای متریال های مختلف در جدول های UCS-56-1 ~ 11 بیان شده است.

■ - پاراگراف ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UCS-56

UCS-56: الزامات عملیات حرارتی (PWHT) پس از عملیات جوشکاری :

(a) - قبل از بکار بردن جزئیات الزامات و معافیت های این پاراگراف، باید روشهای جوشکاری، آزمایشات تأیید کیفیت این روشها مطابق با متغیرهای اساسی مندرج در استاندارد ASME Sec. IX از جمله شرایط تنش زدایی (PWHT) یا عدم تنش زدایی و همچنین سایر محدودیت هایی که در زیر لیست شده است بطور موفقیت آمیزی انجام گردد. به جزء مواردیکه بطور اخص در زیرنویس جدول های UCS-56-1~11 و UCS-56.1 قید گردیده است، تمام جوشهای مخازن تحت فشار یا متعلقات آنها باید در درجه حرارتی که کمتر از مقدار مشخص شده در آن جدول ها نیستند مورد تنش زدایی (PWHT) قرار گیرند مشروط براینکه ضخامت اسمی همانگونه که در UW-40(f) تعریف شده از جمله مقدار مجاز خوردگی از محدوده مجاز مندرج در این جدول ها بیشتر باشد.

چنانچه مطابق با UCS-68 الزام انجام تنش زدایی (PWHT) بر اساس سرویس باشد یا زمانیکه فولادهای فریتی با ضخامت بیشتر از $\frac{1}{8}$ in. (۳ میلیمتر) با فرآیند جوشکاری اشعه ی الکترونی جوشکاری گردند یا وقتی فولادهای P No.10, P No. 5A, 5B, 5C, P No.4, P No.3 با هر ضخامتی بوسیله فرآیند جوشکاری اصطکاکی جوشکاری شوند، معافیت های مندرج در جدول های UCS-56 یا UCS-56.1 را نمی توان اعمال نمود.

فولادهای فریتی که ضخامت آنها در محل اتصال بیشتر از ۳۸ میلیمتر است و بوسیله فرآیند Electro Slag Welding جوشکاری شده اند باید تحت عملیات حرارتی آستنیتی شدن (Austenitizing) قرار گیرند. فولادهای فریتی که با فرآیند

ESW جوشکاری شده اند چنانچه ضخامت هر پاس بیشتر از ۳۸ میلیمتر باشد باید تحت عملیات حرارتی آستنیتی شدن (Austenitizing) قرار گیرند. فقط در فولادهای P No.1 و قتیکه عملیات حرارتی بعد از جوشکاری در محدوده آستنیتی شدن (Austenitizing) قرار دارد محدودیتهای در نظر گرفته شده در (d)(2) و (d)(5) در زیر در مورد سرعت سرد شدن و گرم شدن نباید بکار برده شوند. متریال هایی که در جدول های UCS-56-1~11 آورده شده اند طبق گروه بندی متریال مطابق با Section IX, Table QW/QB-422 و همچنین جدول UCS-23 لیست شده اند.

(b) - به جزء مواردی که در جدول های UCS-56 منع گردیده است، درجه حرارت و زمان نگهداری می تواند بیشتر از حداقل تعیین شده در جدول UCS-56 باشد. نیازی نیست تنش زدایی های بینابینی (میانی) با الزامات جدول UCS-56 مطابقت داشته باشند. زمان نگهداری در درجه حرارت تنش زدایی که در جدول UCS-56 مشخص شده است نیازی نیست که بطور پیوسته باشد این زمان می تواند جمع زمانهای نگهداری در این درجه حرارت طی چند عملیات تنش زدایی انجام شده، باشد.

(c) - چنانچه دو جزء از مخزن تحت فشار که دارای P No. های متفاوتی میباشند، بوسیله جوشکاری به هم متصل گردند تنش زدایی (PWHT) آنها بایستی مطابق با UCS-56-1~11 یا UHA-32-1~7 و زیر نویس های مربوطه باشد و درجه حرارت تنش زدایی (PWHT) نیز باید مطابق با درجه حرارت تنش زدایی (PWHT) فولادی باشد که درجه حرارت تنش زدایی آن بیشتر باشد. اگر اجزایی که تحت فشار قرار نمی گیرند به بخشهایی که تحت فشار قرار می گیرند جوشکاری شوند درجه حرارت تنش زدایی (PWHT) قسمتی که تحت فشار قرار می گیرد باید کنترل گردد.

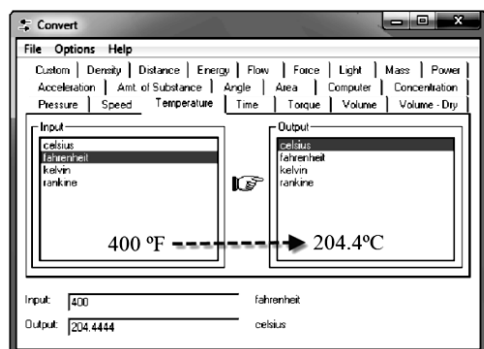
(d) - تنش زدایی (PWHT) باید بوسیله یکی از روشهای ارائه شده در UW-40 و مطابق با الزاماتی که در زیر آورده شده است اجرا گردد:

(۱) درجه حرارت کوره در زمانیکه مخزن یا بخشی هایی از آن در کوره قرار می گیرند نباید بیشتر از $800^{\circ}\text{F}(425^{\circ}\text{C})$ باشد.

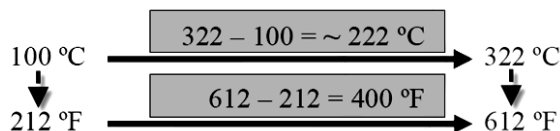
(۲) در دمای بالاتر از $800^{\circ}\text{F}(425^{\circ}\text{C})$ ، سرعت گرم کردن نباید بیشتر از $400^{\circ}\text{F}(222^{\circ}\text{C})^{79}$ بر ساعت تقسیم بر حداکثر ضخامت ورق بدنه یا کلگی بر حسب اینچ باشد. ولی به هیچ عنوان نباید بیشتر از $400^{\circ}\text{F}(222^{\circ}\text{C})$ بر ساعت باشد. در خلال گرم کردن تغییرات درجه حرارت در بخشی از مخزن که در حال گرم شدن است نباید بازی هر ۱۵ فوت یا ۴/۶ متر بیشتر از $250^{\circ}\text{F}(140^{\circ}\text{C})$ باشد.

(زیر نویس ⁷⁹ نیازی نیست که سرعتهای گرم کردن و سرد کردن کمتر از $100^{\circ}\text{F}(56^{\circ}\text{C})$ بر ساعت باشد با اینحال در تمامی موارد برای پرهیز از صدمات ناشی از شیب حرارتی بیش از حد به سازه های پیچیده و محفظه های بهم چسبیده سرعتهای گرم کردن و سرد کردن پایین بهتر است).

توجه: ←←← چرا 400°F معادل (222°C) در نظر گرفته شده است؟ لطفاً به جواب دقت شود.



$400^{\circ}\text{F/hr} (222^{\circ}\text{C/h})???$



توضیح: طبق نرم افزار 400°F برابر است با (204.4°C) اما وقتی در استاندارد به این صورت قید شده که $400^{\circ}\text{F}(222^{\circ}\text{C})$ در اصل معادل سازی شده است نه برابر سازی به اینصورت که $212^{\circ}\text{F}(100^{\circ}\text{C})$ و $612^{\circ}\text{F}(322^{\circ}\text{C})$ حال بین این اعداد که برابر هستند، به عدد $400^{\circ}\text{F}(222^{\circ}\text{C})$ می رسیم که در اصل معادل همدیگر هستند.

(۳) مخزن یا بخشی از آن باید در درجه حرارت مشخص شده در جدول UCS-56-1~11 یا UCS-56.1 و یا بیشتر از آن و به مدت زمانی که در جدول مشخص شده است نگه داشته شود. در خلال زمان نگهداری نباید بین بالاترین و پایین ترین دمای آن بخش از مخزن که در حال گرم شدن است بیش از $150^{\circ}\text{F}(83^{\circ}\text{C})$ اختلاف دما وجود داشته باشد مگر اینکه محدوده دمای ما بیشتر از محدوده های جدول UCS-56-1~11 باشد.

(۴) در خلال گرم کردن و سرد کردن، اتمسفر کوره باید طوری کنترل شود که از اکسیداسیون اضافی سطح مخزن جلوگیری گردد. کوره باید طوری طراحی شده باشد تا شعله بطور مستقیم با سطح مخزن اصابت ننماید.

(۵) در دمای بالاتر از $800^{\circ}\text{F}(425^{\circ}\text{C})$ ، سرد شدن باید در یک کوره در بسته یا محفظه خنک کننده انجام شود و با سرعتی که بیشتر از $500^{\circ}\text{F}(280^{\circ}\text{C})$ بر ساعت تقسیم بر حداکثر ضخامت فلز بدنه یا کلگی بر حسب اینچ نباشد، انجام شود ولی در هیچ شرایطی نباید از $500^{\circ}\text{F}(280^{\circ}\text{C})$ بر ساعت تجاوز نماید. در دمای بالاتر از $800^{\circ}\text{F}(425^{\circ}\text{C})$ نوسانات دمایی در بخش گرم شده در حین فرایند سرد شدن، نباید در هر $15\text{ ft}(4.6\text{ m})$ بیشتر از $250^{\circ}\text{F}(140^{\circ}\text{C})$ شود. از دمای $800^{\circ}\text{F}(425^{\circ}\text{C})$ به بعد مخزن می تواند در هوای آزاد سرد شود.



تصویر ۲۲۷: عملیات حرارتی یک مخزن تحت فشار در کوره

(e) - به جزء مواردی که در (f) اجازه داده شده، مخزن یا اجزایی از مخزن که طبق الزامات این پاراگراف تنش زدایی (PWHT) شده اند باید بعد از تعمیرات و جوشکاری مجدداً تنش زدایی (PWHT) شوند.

(f) - تعمیرات جوشکاری فلزات P-No. 1 Gr.No. 1, 2 & 3 و P-No. 3 Gr.No. 1, 2 & 3 همچنین جوشهایی که این فلزات را بهم وصل می نماید می تواند بعد از تنش زدایی (PWHT) نهایی و قبل از هیدروتست نهایی بدون اینکه نیازی به تنش زدایی (PWHT) اضافی داشته باشد انجام شود مشروط بر اینکه تنش زدایی (PWHT) جزء الزامات سرویس مندرج در UW-2(a) نباشد، باستثناء معافیت های جدول UCS-56-1~11 یا به مثابه ی یک الزام سرویسی مطابق با UCS-68

تعمیرات جوشکاری باید دارای الزامات مندرج در زیر (۱) تا (۶) باشند. وقتی تعمیرات جوشکاری بر روی سطح فلز جزیی می باشند، مانند تعمیراتی که بعد از برداشتن فیکسچرها انجام می گیرد، شرایط الزامات لازم الاجرا نیستند مشروط بر اینکه این سطح با محتویات داخل مخزن تماس نداشته باشد.

(۱) - سازنده باید تعمیر را قبلاً به اطلاع مشتری یا نماینده او برساند و تا زمانیکه موافقت او را بدست نیاورده است نمی تواند عمل تعمیر را شروع نماید. این تعمیر باید گزارش گردد.

(۲) - مجموع عمق تعمیر بر روی فلزات P-No. 1 Gr.No. 1, 2 & 3 نباید بیشتر از (1 1/2 in) یا ۳۸ میلیمتر و بر روی فلزات P-No. 3 Gr.No. 1, 2 & 3 نباید بیشتر از (5/8 in) یا ۱۶ میلیمتر تجاوز نماید. مجموع عمق تعمیر را باید از طریق جمع نمودن عمق های تعمیرات انجام شده در دو طرف جوش در یک موضع معین تعیین نمود.

(۳) - بعد از بر طرف نمودن عیب، شیار باید مطابق با APP. 6 آزمایش MT و مطابق با APP. 8 آزمایش PT شوند.

(۴) - علاوه بر الزامات مندرج در ASME Sec. IX برای ارزیابی کیفی WPS های جوشهای شیبی الزامات زیر باید بکار برده شوند:

(a) - فلز جوش باید بوسیله فرآیند دستی (SMAW) و با بکار بردن الکترودهای کم هیدروژن، رسوب داده شوند. الکترودها باید بطور مناسب و مطابق با ASME Sec. II Part C SFA 5.5 و APP. A6.11 تهیه گردند. پهنای مهره جوش باید حداکثر چهار برابر قطر مغزی الکتروود باشد.

(b) - منطقه ی تعمیر در فلزات P-No. 1 Gr.No. 1, 2 & 3 باید در خلال جوشکاری تا حداقل 200°F(95°C) پیشگرم شوند و در این درجه حرارت نگهداشته شوند.

(c) - روش تعمیر جوش فلزات P-No. 3 Gr.No. 1, 2 & 3 باید با تکنیک Temper-Bead welding انجام شود. بدین معنی که بعد از اجراء هر مهره جوش نیمه ی رویی آن بوسیله سنگ زنی برداشته شده سپس مهره بعدی رسوب داده شود تا در اثر حرارت نیمه باقیمانده مهره جوش قبلی Temper گردد. این عملیات تا خاتمه تعمیر جوش ادامه می یابد، ناحیه تعمیر باید در خلال جوشکاری تا حداقل 350°F(175°C) پیشگرم شود و در این درجه حرارت باقی بماند. درجه حرارت بین پاسی باید حداکثر 450°F(230°C) باشد، لایه ی اول فلز جوش باید بوسیله الکتروودی با قطر حداکثر ۳ میلیمتر و بر روی تمام سطح رسوب داده شود. تقریباً نیمی از ضخامت این لایه باید قبل از رسوب لایه ی بعدی بوسیله سنگ زدن برداشته شود. لایه های بعدی باید با استفاده از الکترودهایی با قطر ۴ میلیمتر و به شیوه ای رسوب داده شود که از تمپر شدن مهره جوشهای قبلی و نواحی مجاور آنها (HAZ) اطمینان حاصل گردد.

مهره جوش نهایی باید در سطحی بالاتر از سطح تعمیر شده رسوب داده شود و باید با فلز پایه تماس نداشته باشد ولی به اندازه کافی به لبه مهره جوش زیری نزدیک باشد تا از تمپر شدن ناحیه متأثر از جوش (HAZ) اطمینان حاصل گردد.

پس از خاتمه عملیات جوشکاری ناحیه تعمیر شده باید حداقل به مدت چهار ساعت در درجه حرارت 400-500°F(205-260°C) نگه داشته شود. گرده جوش لایه نهایی باید بوسیله سنگ زدن برداشته شود تا همسطح فلز پایه گردد.

(۵) - پس از اینکه فلز جوش تعمیر شده در درجه حرارت محیط سرد گردید باید بوسیله روشهای بکار رفته در بالا (3)(f) مورد بازرسی قرار گیرد بجزء در مورد فلزاتی که آزمایش آنها ۴۸ ساعت پس از رسیدن فلز جوش تعمیری به درجه حرارت محیط باید انجام گیرد تا حضور ترکهای تأخیری احتمالی در جوش مشخص گردند. چنانچه آزمایش به روش MT انجام شود فقط استفاده از یوک با جریان متناوب قابل قبول است. علاوه بر این، تعمیرات جوشی که عمق آنها در فلز پایه و فلز جوش بیشتر از (3/8 in.) ۱۰ میلیمتر است و مطابق مقررات این بخش بایستی رادیوگرافی گردند باید مطابق با الزامات UW-51 مورد آزمایشات رادیوگرافی قرار گیرند.

(۶) - بعد از انجام تعمیرات جوشکاری، بایستی مخزن تست هیدرواستاتیک گردد.

■ - جدول های 11~UCS-56 همراه با پاورقی های آنها

Table UCS-56-1 Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-No. 1				
Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 1 Gr. Nos. 1, 2, 3	1,100 (595)	1 hr/in. (25 mm), 15 min minimum	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)
Gr. No. 4	NA	None	None	None

تصویر ۲۲۸: جدول UCS-56-1 مربوط به متریال P-No.1 Gr.1,2,3 & 4

جدول UCS-56-1 تنش زدایی (PWHT) مربوط به متریال با مشخصه P-No.1 Gr. 1, 2 & 3: یادداشتهای کلی (مربوط به P-No.1 Gr.1,2,3 & 4)

(a) - وقتی که تنش زدایی (PWHT) در درجه حرارتی که در این جدول مشخص شده است امکان پذیر نباشد این اجازه داده می شود که تنش زدایی (PWHT) در درجه حرارت کمتر و برای زمان طولانی تری مطابق با جدول UCS-56.1 انجام شود.

(b) - تنش زدایی (PWHT) تحت شرایط زیر الزامی و اجباری (Mandatory) است.

(1) - برای فلز جوشهایی با ضخامت اسمی بزرگتر از (1 1/2 in.) ۳۸ میلیمتر.

(2) - برای اتصالات جوشکاری شده با ضخامت اسمی بین (1 1/4 in.) ۳۲ میلیمتر تا (1 1/2 in.) ۳۸ میلیمتر مگر اینکه در خلال جوشکاری تا دمای حداقل (200°F (95°C) باید پیشگرم شده باشند. این پیشگرم نیاز نیست برای متریال SA-841 Gr. A & B بکار برده شود به شرطی که درصد کربن و کربن معادل (CE) برای متریال ورق بوسیله آنالیز ذوب به ترتیب از 0.14% و 0.40% تجاوز نکند در جاییکه:

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Cu+Ni}{15}$$

(3) - برای اتصالات جوشکاری شده با هر ضخامتی که مطابق UW-2 نیاز به تنش زدایی (PWHT) داشته باشند.

استثنائاً تنش زدایی (PWHT) تحت شرایط زیر الزامی و اجباری (Not Mandatory) نیست.

(a) - برای جوشهای شیاری که اندازهی آنها بیشتر از (1 1/2 in.) ۱۳ میلیمتر نباشد و همچنین جوشهای گوشه ای (Fillet) که اندازه گلویی آنها (Throat) بیشتر از (1 1/2 in.) ۱۳ میلیمتر نمی باشد و نیز جوش هایی که نازل هایی را متصل می کنند که قطر داخلی تمام شدهی آنها بیشتر از ۲ اینچ نیست مشروط براینکه فاصله مرکز تا مرکز این نازلها آن چنان نباشد که از نظر طراحی لازم باشد که ضخامت بدنه یا کلگی مخزن افزایش یابد و همچنین تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) باید پیشگرم شده باشند.

(b) - اتصال تیوب ها با قطر کمتر از ۲ اینچ به Tube sheet ها چنانچه ضخامت جوش شیاری آنها از (1 1/2 in.)

۱۳ میلیمتر بیشتر نباشد نیاز به تنش زدایی (PWHT) ندارند، چنانچه مقدار کربن Tube sheet ها بیشتر از 0.22% درصد باشد تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) باید پیشگرم شده باشد.

(c) - در اتصال اجزایی که تحت فشار نیستند به اجزایی که تحت فشار هستند برای جوشهای شیاری که ضخامت

آنها بیشتر از (1 1/2 in.) ۱۳ میلیمتر نمی باشد یا جوشهای Fillet که اندازهی گلویی آنها (Throat) بیشتر از (1 1/2 in.)

۱۳ میلیمتر نمی باشد نیازی به تنش زدایی ندارند مشروط براینکه، اگر ضخامت جزء تحت فشار بیشتر از $(1 \frac{1}{4} \text{ in.})$ ۳۲ میلیمتر باشد، پیشگرمی باید تا حداقل 200°F (95°C) درجه حرارت بکار برده شود.

(d) - میله هایی (Stud) که به اجزایی که تحت فشار هستند جوش شده اند نیاز به تنش زدایی (PWHT) ندارند مشروط براینکه، چنانچه ضخامت جزء تحت فشار بیشتر از $(1 \frac{1}{4} \text{ in.})$ ۳۲ میلیمتر باشد، پیشگرمی تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) باید بکار برده شود.

(e) - جوشهای مقاوم به خوردگی که بصورت لایه ای روی فلز قرار می گیرند (Cladding) یا جوشهایی که جوشهای لایه های مقاوم به خوردگی را به هم متصل می نمایند (به پاراگراف UCL-34 مراجعه کنید) نیاز به تنش زدایی (PWHT) ندارند مشروط براینکه، چنانچه ضخامت جزء تحت فشار بیشتر از $(1 \frac{1}{4} \text{ in.})$ ۳۲ میلیمتر باشد پیشگرمی باید تا حداقل 200°F (95°C) درجه حرارت بکار برده شود.

(c) - (NA) یعنی: کاربردی ندارد.

Table UCS-56-2 Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-No. 3				
Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 3 Gr. Nos. 1, 2, 3	1,100 (595)	1 hr/in. (25 mm), 15 min minimum	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)

تصویر ۲۲۹: جدول UCS-56-2 مربوط به P-No.3 Gr. Nos. 1,2,3

یادداشتهای کلی (مربوط به P-No.3 Gr. Nos. 1,2,3)

(a) - وقتیکه تنش زدایی (PWHT) در درجه حرارتی که در این جدول مشخص شده است امکان پذیر نباشد این اجازه داده می شود که تنش زدایی (PWHT) در درجه حرارت کمتر و برای زمان طولانی تری مطابق با جدول UCS-56.1 انجام شود.

(b) - تنش زدایی (PWHT) برای فلزات P-No.3 Gr. 3 در تمام ضخامت ها الزامی است.

(c) - به جزء معافیتهای اعلام شده در یادداشت کلی (d) تنش زدایی (PWHT) تحت شرایط زیر الزامی است:

(1) - فلزات P-No.3 Gr. 1 و P-No.3 Gr. 2 با ضخامت بیشتر از $(\frac{5}{8} \text{ in.})$ ۱۶ میلیمتر باید تنش زدایی (PWHT) شوند. تنش زدایی (PWHT) این فلزات در ضخامت های $(\frac{5}{8} \text{ in.})$ ۱۶ میلیمتر و کمتر الزامی است مگر اینکه ضخامت تست کوپن (PQR) انجام شده در یک دستورالعمل شرح داده شده در پاراگراف UCS-56(a) برابر یا بیشتر از ضخامت جوش تولیدی در حین ساخت (Production Weld) مخزن باشد.

(2) - برای اتصالات جوشکاری شده با هر ضخامتی که مطابق با پاراگراف UW-2، نیاز به تنش زدایی (PWHT) داشته باشد.

(d) - جوشها و اتصالات و متعلقاتی که به اجزاء تحت فشار جوش می شوند تحت شرایط مشخص شدهی زیر نیازی به تنش زدایی (PWHT) ندارند:

(1) - برای اتصال به اجزاء تحت فشار که مقدار درصد کربن مشخص شده برای آنها بیشتر از 0.25% درصد نباشد یا اجزایی که تحت فشار نیستند و دارای جوش شیاری با ضخامت $(\frac{1}{2} \text{ in.})$ ۱۳ میلیمتر یا کمتر میباشند یا جوشهای Fillet

که اندازه‌ی گلوبی (Throat) آنها ($1/2$ in.) ۱۳ میلیمتر یا کمتر هستند نیاز به تنش زدایی (PWHT) ندارند مشروط براینکه پیشگرمایش تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) باید بکار برده شود.

(2) - جوشهای لب به لب محیطی در لوله یا تیوب، وقتیکه ضخامت لوله یا تیوب دارای ضخامت اسمی ($1/2$ in.) ۱۳ میلیمتر و یا کمتر باشد و مقدار درصد کربن مشخص شده برای آنها بیشتر از ۰.۲۵٪ درصد نباشد. (بجز مقدار کربن مربوط به مشخصه‌ی متریال SA وقتی که توسط خریدار در مقدارهای مشخص شده ایی بیشتر محدود شده باشند)

(3) - میله‌هایی (Stud) که به اجزایی که تحت فشار هستند جوش شده اند و مقدار درصد کربن مشخص شده برای آنها بیشتر از ۰.۲۵٪ درصد نباشند (بجز مقدار کربن مربوط به مشخصه‌ی متریال SA وقتی که توسط خریدار در مقدارهای مشخص شده ای بیشتر محدود شده باشند) مشروط براینکه پیشگرمی تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) باید بکار برده شود.

(4) - جوشهای مقاوم به خوردگی که بصورت لایه ای روی فلز قرار می گیرند (Cladding) یا جوشهایی که جوشهای لایه های مقاوم به خوردگی را به هم متصل می نمایند (به پاراگراف UCL-34 مراجعه کنید) و این جوشها روی اجزاء تحت فشاری که حداکثر کربن مشخص شده برای آنها بیشتر از ۰.۲۵٪ درصد نباشد، (بجز مقدار کربن مربوط به مشخصه‌ی متریال SA وقتی که توسط خریدار در مقدارهای مشخص شده ای بیشتر محدود شده باشند) رسوب داده شده باشند مشروط بر اینکه در خلال جوشکاری اولین لایه جوش در پیشگرمی تا حداقل 200°F (95°C) درجه حرارت نگهداری شود.

(5) - برای تیوبها یا دریچه های نفر رو که فشار درون مخزن را نگه می دارند و درپوش های مخصوص بازرسی یا اتصالاتی که توسط وسایل مکانیکی (مثل تیوبهای انبساطی، Shoulder construction رزوه های ماشینی و غیره...) محکم و سفت شده اند و درز آب بندی (Seal) جوش شده، بشرطی که ضخامت گلوبی جوش آب بندی ۱۰ میلیمتر یا کمتر باشد و نیز چنانچه ضخامت یکی از قطعات (اجزاء) مذکور بیشتر از ۱۶ میلیمتر باشد و پیشگرمی حداقل تا دمای 95°C اعمال شده باشد.

Table UCS-56-3 Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-No. 4				
Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]		
		Up to 2 in. (50 mm)		
		Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)	
P-No. 4 Gr. Nos. 1, 2	1,200 (650)	1 hr/in. (25 mm), 15 min minimum	1 hr/in. (25 mm)	5 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 5 in. (125 mm)

تصویر ۲۳۰: جدول UCS-56-3 مربوط به متریال P-No.4 Gr. Nos. 1,2

یادداشتهای کلی (مربوط به P-No.4 Gr. Nos. 1,2)

(a) - به استثناء معافیت‌های مندرج در یادداشت کلی (b) تنش زدایی تحت شرایط زیر الزامی (Mandatory) میباشد:

(1) - برای اتصالات جوشکاری شده با هر ضخامتی که مطابق با UW-2 نیاز به تنش زدایی (PWHT) داشته باشند.

(2) - تمام متریال های دیگر با مشخصه‌ی P-No.4 Gr.1, 2 (منظور تمام متریال هایی که در معافیت‌های یادداشت b نباشند).

(b) - تنش زدایی (PWHT) تحت شرایط مشخص شده زیر الزامی نمیشود:

(1) - جوشهای لب به لب محیطی لوله ها یا تیوب های متریال P-No.4 که تمام شرایط زیر را داشته باشند:

(a) - حداکثر ضخامت اسمی ($5/8$ in.) ۱۶ میلیمتر باشد.

- (b) - حداکثر مقدار کربن مشخص شده بیشتر از 0.15% درصد نباشد. (بجز مقدار کربن مربوط به مشخصه‌ی متریال SA وقتی که توسط خریدار در مقدارهای مشخص شده ایی بیشتر محدود شده باشند)
- (c) - حداقل دمای پیشگرم در دمای 250°F (120°C) انجام شده باشد.
- (2) - برای لوله ها یا تیوب های متریال P-No.4 که الزامات (a) (1) و (b) (1) بالا را برآورد می نمایند و دارای متعلقاتی که تحت فشار نیستند و بوسیله جوش گوشه ای (Fillet) به آنها متصل شده اند، مشروط بر اینکه :
- (a) - حداکثر ضخامت گلویی جوش Fillet (1/2 in.) ۱۳ میلیمتر باشد.
- (b) - پیشگرم حداقل در درجه حرارت 250°F (120°C) بکار رفته باشد.
- (3) - برای لوله ها یا تیوب های متریال P-No.4 که الزامات (a) (1) و (b) (1) بالا را برآورد می نمایند و دارای میله هایی (Stud) هستند که به آنها جوش شده و با پیشگرم در حداقل درجه حرارت 250°F (120°C) بکار رفته باشند.
- (4) - برای لوله ها یا تیوب های متریال P-No.4 که الزامات (a) (1) و (b) (1) بالا را برآورد می نمایند و دارای پره های جذب کننده حرارت هستند و بوسیله مقاومت الکتریکی به آنها جوش شده اند مشروط بر اینکه :
- (a) - حداکثر ضخامت پره ها (1/8 in.) ۳ میلیمتر باشد.
- (b) - قبل از بکار بردن روش جوشکاری، سازنده باید ثابت کند که ناحیه متأثر از جوش از حداقل ضخامت دیواره لوله یا تیوب تجاوز نمی نماید.
- (5) - برای تیوبها یا دریچه های نفر رو که فشار درون مخزن را نگه می دارند و درپوش های مخصوص بازرسی یا اتصالاتی که توسط وسایل مکانیکی (مثل تیوبهای انبساطی، Shoulder construction رزوه های ماشینی و غیره...) محکم و سفت شده اند و درز آب بندی (Seal) جوش شده، بشرطی که ضخامت گلویی جوش آب بندی ۱۰ میلیمتر یا کمتر باشد و نیز چنانچه ضخامت یکی از قطعات (اجزاء) مذکور بیشتر از ۱۶ میلیمتر باشد و پیشگرمی حداقل تا دمای 95°C اعمال شده باشد.

Table UCS-56-4 Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-Nos. 5A, 5B, and 5C				
Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-Nos. 5A, 5B Gr. No. 1, and 5C Gr. No. 1	1,250 (675)	1 hr/in. (25 mm), 15 min minimum	1 hr/in. (25 mm)	5 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 5 in. (125 mm)

تصویر ۲۳۱: جدول UCS-56-4 مربوط به متریال P-No.5A, 5B Gr. No. 1 and 5C Gr. No. 1

یادداشتهای کلی (مربوط به P-No.5A, 5B Gr. No. 1 and 5C Gr. No. 1)

(a) - به استثناء معافیت‌های مندرج در یادداشتهای کلی (b) و (d) تنش زدایی (PWHT) در تمام شرایط زیر الزامی است.

(b) - تنش زدایی (PWHT) تحت شرایط زیر الزامی نمی باشد:

(1) - جوشهای لب به لب محیطی لوله ها یا تیوب هایی که تمام شرایط زیر را داشته باشند:

(a) - حداکثر مقدار کروم ۳ درصد.

(b) - حداکثر ضخامت اسمی (5/8 in.) ۱۶ میلیمتر باشد.

(c) - حداکثر مقدار کربن مشخص شده بیشتر از 0.15% درصد نباشد. (بجز مقدار کربن مربوط به مشخصه‌ی متریال

SA وقتی که توسط خریدار در مقدارهای مشخص شده ایی بیشتر محدود شده باشند)

- (d) - حداقل دمای پیشگرم در دمای 300°F (150°C) انجام شده باشد.
- (2) - برای لوله و تیوب هایی که الزامات (1) (a), (1) (b), و (1) (c) بالا را برآورد می نمایند و دارای متعلقاتی هستند که تحت فشار نبوده و بوسیله جوش گوشه ای (Fillet) به آنها متصل شده اند، مشروط بر اینکه:
- (a) - حداکثر ضخامت جوش گلویی آنها (Throat) $(1/2 \text{ in.})$ ۱۳ میلیمتر باشد.
- (b) - پیشگرم در حداقل دمای 300°F (150°C) انجام شده باشد.
- (3) - برای لوله و تیوب هایی که الزامات (1) (a), (1) (b), و (1) (c) بالا را برآورد می نمایند و دارای میله هایی (Stud) هستند که به آنها جوش شده و مشروط بر اینکه پیشگرم با درجه حرارت حداقل 300°F (150°C) بکار رفته باشد.
- (4) - برای لوله و تیوب هایی که الزامات [(1) (a) (2)] و [(3) (a) (2)] را برآورد می نمایند و دارای تیغه های (Fins) جاذب حرارتی هستند که بوسیله مقاومت الکتریکی به آنها جوش شده اند، مشروط بر اینکه:
- (a) - حداکثر ضخامت پره ها (Fins) $(1/8 \text{ in.})$ ۳ میلیمتر باشد.
- (b) - قبل از بکار بردن روش جوشکاری، سازنده باید ثابت کند که ناحیه‌ی متأثر از جوش از حداقل ضخامت دیواره‌ی لوله یا تیوب تجاوز نمی نماید.
- (5) - برای تیوبها یا دریچه های نفر رو که فشار درون مخزن را نگه می دارند و درپوش های مخصوص بازرسی یا اتصالاتی که توسط وسایل مکانیکی (مثل تیوبهای انبساطی، Shoulder construction رزوه های ماشینی و غیره...) محکم و سفت شده اند و درز آب بندی (Seal) جوش شده، بشرطی که ضخامت گلویی جوش آب بندی ۱۰ میلیمتر یا کمتر باشد و نیز چنانچه ضخامت یکی از قطعات (اجزاء) مذکور بیشتر از ۱۶ میلیمتر باشد و پیشگرمی حداقل تا دمای 95°C اعمال شده باشد.
- (c) - وقتی انجام عملیات حرارتی (PWHT) برای متریال های P-No.5A, 5B Gr.1 & 5C Gr.1 در دمای مشخص شده در این جدول غیر عملی باشد، انجام عملیات حرارتی (PWHT) در دمای 1200°F (650°C) مجاز می باشد بشرطی که برای متریال های تا ضخامت اسمی 2 in. (50 mm) زمان نگهداری تا حداقل بیشتر از ۴ ساعت یا ۴ ساعت بر اینچ (ضخامت) افزایش یابد. برای ضخامت های بیشتر از 2 in. (50 mm) زمانهای نگهداری مشخص شده در ۴ ضرب شود. الزامات UCS-85 بایستی با اینگونه استحاله در عملیات حرارتی مطابقت داشته باشد.
- (d) - عملیات حرارتی برای جوشکاری اتصال سیم ترموکوپل ها بوسیله‌ی خازن تخلیه یا جوشکاری مقاومت الکتریکی الزامی نمی باشد مشروط به اینکه:
- (1) - الزامات پاراگراف UCS-56(g) رعایت شده باشد.
- (2) - حداکثر مقدار کربن فلز پایه تا 0.15% درصد باشد.
- (3) - حداقل ضخامت دیواره 5 mm باشد.

Table UCS-56-5
Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-No. 9A

Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]
P-No. 9A Gr. No. 1	1,100 (595)	1 hr minimum, plus 15 min/in. (25 mm) for thickness over 1 in. (25 mm)

تصویر ۲۳۲: جدول UCS-56-5 مربوط به متریال P-No.9A Gr. No. 1

یادداشتهای کلی (مربوط به P-No.9A Gr. No.1)

(a) - و قتیکه تنش زدایی (PWHT) در درجه حرارتی که در این جدول مشخص شده است امکان پذیر نباشد این اجازه داده می شود که تنش زدایی (PWHT) در درجه حرارت کمتر $[1000^{\circ}\text{F} (540^{\circ}\text{C}) \text{ minimum}]$ و برای زمان طولانی تری مطابق با جدول UCS-56.1 انجام شود.

(b) - به استثناء معافیتهای مندرج در یادداشت کلی (c) تنش زدایی تحت شرایط زیر الزامی (Mandatory) میباشد:
(1) - متریال های با ضخامت بیشتر از $1/8$ in. (۱۶ میلیمتر. تنش زدایی (PWHT) متریال هایی با ضخامت های $5/8$ in. (۱۶ میلیمتر و کمتر الزامی است مگر اینکه ضخامت تست کوپن (PQR) انجام شده در یک دستورالعمل شرح داده شده در پاراگراف UCS-56(a) برابر یا بیشتر از ضخامت جوش تولیدی در حین ساخت (Production Weld) مخزن باشد.

(2) - برای اتصالات جوشکاری شده با هر ضخامتی که مطابق UW-2 نیاز به تنش زدایی (PWHT) داشته باشند.

(c) - تنش زدایی (PWHT) تحت شرایط زیر الزامی نمی باشد:

(1) - جوشهای لب به لب محیطی لوله ها یا تیوب ها جایی که لوله ها یا تیوب ها کاملاً مطابق با تمام شرایط زیر باشند:

(a) - حداکثر اندازه قطر بیرونی (لوله یا تیوب) ۴ اینچ باشد.

(b) - حداکثر ضخامت اسمی $1/2$ in. (۱۳ میلیمتر باشد.

(c) - حداکثر مقدار کربن مشخص شده بیشتر از ۰.۱۵٪ درصد نباشد. (بجز مقدار کربن مربوط به مشخصه‌ی متریال SA وقتی که توسط خریدار در مقدارهای مشخص شده ایی بیشتر محدود شده باشند)

(d) - حداقل دمای پیشگرم در دمای $250^{\circ}\text{F} (120^{\circ}\text{C})$ انجام شده باشد.

(2) - برای لوله و تیوب هایی که الزامات (a) (1) , (b) (1) و (c) (1) بالا را برآورد می نمایند و دارای متعلقاتی هستند

که تحت فشار نبوده و بوسیله جوش گوشه ای (Fillet) به آنها متصل شده اند، مشروط بر اینکه:

(a) - حداکثر ضخامت جوش گلوئی آنها (Throat) $1/2$ in. (۱۳ میلیمتر باشد.

(b) - متریال تا حداقل $250^{\circ}\text{F} (120^{\circ}\text{C})$ پیشگرم شده باشد، پیشگرم در دمای پایین تر نیز امکان پذیر است مشروط

بر اینکه روشهای کنترل شده خاصی که اتصال جوشکاری شده‌ی سالمی را تولید نماید بکار برده شود چنین روشهایی باید دارای شرایط زیر باشند ولی محدود به شرایط زیر نباشد:

(1-) - ضخامت گلوئی جوش گوشه ای (Fillet) $1/2$ in. (۱۳ میلیمتر یا کمتر باشد.

(2-) - حداکثر طول ممتد جوشهای گوشه ای (Fillet) نباید از ۴ اینچ یا ۱۰۰ میلیمتر بیشتر باشد.

(3-) - ضخامت ورق تست PQR نباید کمتر از ضخامت متریالی باشد که باید در حین ساخت جوشکاری شود.

(3) - برای اتصال اجزایی که تحت فشار نیستند به اجزایی که تحت فشار هستند و در محل اتصال، اندازه جوش شیار

آنها بیشتر از $1/2$ in. (۱۳ میلیمتر نمی باشد یا اندازه گلوئی جوش گوشه ای (Fillet) $1/2$ in. (۱۳ میلیمتر یا کمتر است مشروط بر اینکه پیشگرم تا حداقل $200^{\circ}\text{F} (95^{\circ}\text{C})$ بکار رفته باشد.

(4) - برای جوش میله ها (Studs) به اجزاء تحت فشار مشروط بر اینکه پیشگرم تا حداقل $200^{\circ}\text{F} (95^{\circ}\text{C})$ بکار رفته

باشد.

(5) - برای فلز جوشهای مقاوم به خوردگی که بصورت لایه روی سطوح رسوب داده می شود یا جوشهایی که فلز جوش

رسوب یافته مقاوم به خوردگی را بهم متصل می کند (به UCL-34 نگاه کنید) مشروط بر اینکه در خلال رسوب اولین لایه پیشگرم در درجه حرارت حداقل $200^{\circ}\text{F} (95^{\circ}\text{C})$ نگه داشته شود.

(d) - و قتیکه سرعت گرم کردن در درجه حرارت بین $800^{\circ}\text{F} (425^{\circ}\text{C})$ تا درجه حرارت نگهداری کمتر از $50^{\circ}\text{F} (28^{\circ}\text{C})$

بر ساعت است زمان نگهداری اضافی ۱۵ دقیقه بازاء هر اینچ ضخامت قطعه‌ی مورد نیاز نمی باشد علاوه بر آن اگر تولید

کننده شرایطی را فراهم نماید که قطعه در سراسر ضخامت به حداقل درجه حرارت نگهداری رسیده باشد زمان نگهداری اضافی ۱۵ دقیقه بازاء هر اینچ ضخامت قطعه‌ی مورد نیاز نمی باشد.

Table UCS-56-6
Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-No. 9B

Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]
P-No. 9B Gr. No. 1	1,100 (595)	1 hr minimum, plus 15 min/in. (25 mm) for thickness over 1 in. (25 mm)

تصویر ۲۳۳: جدول UCS-56-6 مربوط به متریال P-No.9B Gr. No. 1

یادداشتهای کلی (مربوط به P-No.9B Gr. No.1)

(a) - وقتی که تنش زدایی (PWHT) در درجه حرارتی که در این جدول مشخص شده امکان پذیر نباشد می توان تنش زدایی (PWHT) را در درجه حرارت کمتر در دمای حداقل 1000°F (540°C) و به مدت زمان طولانی تر مطابق با جدول UCS-56.1 انجام داد.

(b) - درجه حرارت نگهداری برای تنش زدایی (PWHT) نباید از 1175°F (635°C) تجاوز نماید.

(c) - به استثناء معافیتهایی که در یادداشت کلی (d) آورده شده است، تنش زدایی (PWHT) تحت شرایط زیر الزامی است:
(1) - برای متریال با ضخامت اسمی بیشتر از $1/8$ in. ($3/16$ in.) برای متریال با ضخامت اسمی $1/8$ in. ($3/16$ in.) تا $1/2$ in. (12.5 mm) و کمتر تنش زدایی (PWHT) الزامی است مگر اینکه PQR مطابق با UCS-56 (a) بر روی تست کوپنی انجام شده باشد که ضخامت آن معادل یا بیشتر از ضخامت جوش تولید شده در حین ساخت (Production Weld) باشد.

(2) - چنانچه طبق UW-2 تنش زدایی الزامی باشد، متریال در تمام ضخامتها باید تنش زدایی (PWHT) شود.

(d) - تنش زدایی (PWHT) تحت شرایط زیر الزامی نمی باشد:

(1) - برای اتصال اجزایی که تحت فشار نیستند به اجزایی که تحت فشار هستند و در محل اتصال، اندازه جوش شیاری آنها بیشتر از $1/2$ in. (12.5 mm) میلیمتر نمی باشد یا اندازه گلویی جوش گوشه ای (Fillet) $1/2$ in. (12.5 mm) میلیمتر یا کمتر است مشروط بر اینکه پیشگرم تا حداقل 200°F (95°C) بکار رفته باشد.

(2) - برای جوش میله ها (Studs) به اجزاء تحت فشار مشروط بر اینکه پیشگرم تا حداقل 200°F (95°C) بکار رفته

باشد.

(3) - برای فلز جوشهای مقاوم به خوردگی که بصورت لایه روی سطوح رسوب داده می شود یا جوشهایی که فلز جوش رسوب یافته‌ی مقاوم به خوردگی را بهم متصل می کند (به UCL-34 نگاه کنید) مشروط بر اینکه در خلال رسوب اولین لایه پیشگرم در درجه حرارت حداقل 200°F (95°C) نگه داشته شود.

(e) - وقتی که سرعت گرم کردن در درجه حرارت بین 800°F (425°C) تا درجه حرارت نگهداری کمتر از 50°F (28°C) بر ساعت است زمان نگهداری اضافی ۱۵ دقیقه بازاء هر اینچ ضخامت قطعه مورد نیاز نمی باشد علاوه بر آن اگر تولید کننده شرایطی را فراهم نماید که قطعه در سراسر ضخامت به حداقل درجه حرارت نگهداری رسیده باشد زمان نگهداری اضافی ۱۵ دقیقه بازاء هر اینچ ضخامت قطعه مورد نیاز نمی باشد.

Table UCS-56-7
Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-No. 10A

Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]
P-No. 10A Gr. No. 1	1,100 (595)	1 hr minimum, plus 15 min/in. (25 mm) for thickness over 1 in. (25 mm)

تصویر ۲۳۴: جدول UCS-56-7 مربوط به متریال P-No. 10A Gr. No. 1

یادداشتهای کلی (مربوط به متریال P-No. 10A Gr. No. 1)

(a) - به (نکات) زیر نگاه کنید:

(1) - وقتی که تنش زدایی (PWHT) در درجه حرارتی که در این جدول مشخص شده امکان پذیر نباشد می توان تنش زدایی (PWHT) را در درجه حرارت کمتر برای مدت زمان طولانی تر مطابق با جدول UCS-56.1 انجام داد.
 ... (2) - امکان ترد شدن (Embrittlement) متریال هایی که حاوی تا 0.15% درصد وانادیم می باشند در هنگام تنش زدایی (PWHT) در دمای پایین تر و به مدت طولانی تر باید مورد ملاحظه قرار گیرد.

(b) - به استثناء معافیتهایی که در یادداشت (c) آورده شده، تنش زدایی (PWHT) تحت شرایط زیر الزامی است:

(1) - برای متریال SA-487 Class 1Q در تمام ضخامتها.

(2) - برای متریال های با مشخصه P No. 10A که ضخامت اسمی آنها بیشتر از $\frac{5}{8}$ in. (۱۶ میلیمتر) باشد. برای متریال با ضخامت اسمی $\frac{5}{8}$ in. (۱۶ میلیمتر) و کمتر نیز تنش زدایی (PWHT) الزامی است مگر اینکه PQR مطابق با UCS-56 (a) بر روی تست کوپنی انجام شده باشد که ضخامت آن برابر یا بیشتر از ضخامت جوش تولید شده در زمان ساخت (Production Weld) باشد.

(3) - چنانچه طبق UW-2 تنش زدایی الزامی باشد، متریال در تمام ضخامتها باید تنش زدایی (PWHT) شود.

(c) - تنش زدایی (PWHT) تحت شرایط زیر که مشخص شده الزامی نمی باشد:

(1) - برای اتصال اجزایی که تحت فشار هستند و حداکثر مقدار کربن آنها بیشتر از 0.25% درصد نمی باشد یا اجزایی که تحت فشار نیستند و بوسیله جوش شیاری با ضخامت کمتر از $\frac{1}{2}$ in. (۱۳ میلیمتر) یا جوش گوشه ای (Fillet) به اندازه ی گلوبی $\frac{1}{2}$ in. (۱۳ میلیمتر) یا کمتر متصل می گردند مشروط بر اینکه پیشگرم تا حداقل 200°F (95°C) بکار رفته باشد.

(2) - برای جوشهای لب به لب محیطی در لوله یا تیوب، جاییکه ضخامت لوله یا تیوب دارای ضخامت اسمی $\frac{1}{2}$ in. (۱۳ میلیمتر) و یا کمتر بوده و مقدار درصد کربن مشخص شده برای آنها بیشتر از 0.25% درصد نباشد مشروط بر اینکه پیشگرم تا حداقل 200°F (95°C) بکار رفته باشد.

(3) - برای میله هایی (Stud) که به اجزایی که تحت فشار هستند جوش شده اند و مقدار درصد کربن مشخص شده برای آنها بیشتر از 0.25% درصد نباشند مشروط براینکه پیشگرمی تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) باید بکار برده شود.

(4) - برای جوشهای مقاوم به خوردگی که بصورت لایه ای روی سطح فلز رسوب داده می شوند (Cladding) یا جوشهایی که جوشهای لایه های مقاوم به خوردگی را به هم متصل می نمایند (به پاراگراف UCL-34 مراجعه کنید) و این جوشها روی اجزاء تحت فشاری رسوب داده شود که حداکثر کربن مشخص شده برای آنها بیشتر از 0.25% درصد نباشد. مشروط بر اینکه در خلال جوشکاری اولین لایه جوش در دمای پیشگرم حداقل 200°F (95°C) نگهداری شود.

(d) - و قتیکه سرعت گرم کردن در درجه حرارت بین 800°F (425°C) تا درجه حرارت نگهداری کمتر از 50°F (28°C) بر ساعت است زمان نگهداری اضافی ۱۵ دقیقه بازاء هر اینچ (۲۵ میلیمتر) ضخامت قطعه، مورد نیاز نمی باشد علاوه بر آن اگر تولید کننده شرایطی را فراهم نماید که قطعه در سر تا سر ضخامت به حداقل درجه حرارت نگهداری رسیده باشد زمان نگهداری اضافی ۱۵ دقیقه بازاء هر اینچ (۲۵ میلیمتر) ضخامت قطعه‌ی مورد نیاز نمی باشد.

Table UCS-56-8
Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-No. 10B

Material	Normal Holding Temperature, $^{\circ}\text{F}$ ($^{\circ}\text{C}$), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]
P-No. 10B Gr. No. 1	1,100 (595)	1 hr minimum, plus 15 min/in. (25 mm) for thickness over 1 in. (25 mm)

تصویر ۲۳۵: جدول UCS-56-8 مربوط به متریال P-No. 10B Gr. No. 1

یادداشتهای کلی (مربوط به متریال P-No. 10B Gr. No. 1)

(a) - تنش زدایی (PWHT) برای فلزات P-No. 10B Gr. No. 1 در تمام ضخامت ها الزامی است.

(b) - و قتیکه سرعت گرم کردن در درجه حرارت بین 800°F (425°C) تا درجه حرارت نگهداری کمتر از 50°F (28°C) بر ساعت است زمان نگهداری اضافی ۱۵ دقیقه بازاء هر اینچ (۲۵ میلیمتر) ضخامت قطعه، مورد نیاز نمی باشد علاوه بر آن اگر تولید کننده شرایطی را فراهم نماید که قطعه در سر تا سر ضخامت به حداقل درجه حرارت نگهداری رسیده باشد زمان نگهداری اضافی ۱۵ دقیقه بازاء هر اینچ (۲۵ میلیمتر) ضخامت قطعه‌ی مورد نیاز نمی باشد.

Table UCS-56-9
Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-No. 10C

Material	Normal Holding Temperature, $^{\circ}\text{F}$ ($^{\circ}\text{C}$), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]
P-No. 10C Gr. No. 1	1,000 (540)	1 hr minimum, plus 15 min/in. (25 mm) for thickness over 1 in. (25 mm)

تصویر ۲۳۶: جدول UCS-56-9 مربوط به متریال P-No. 10C Gr. No. 1

یادداشتهای کلی (مربوط به متریال P-No. 10C Gr. No. 1)

(a) - وقتی تنش زدایی (PWHT) در درجه حرارتی که در این جدول مشخص شده امکان پذیر نباشد می توان تنش زدایی (PWHT) را در درجه حرارت کمتر و برای مدت زمان طولانی تر مطابق با جدول UCS-56.1 انجام داد.

(b) - به استثناء معافیتهایی که در یادداشت (c) آورده شده، تنش زدایی (PWHT) تحت شرایط زیر الزامی است:

(1) - برای متریال با ضخامت اسمی بزرگتر از $1\frac{1}{2}$ in. (۳۸ میلیمتر) و برای متریال با ضخامت اسمی بیشتر از $1\frac{1}{4}$ in. (۳۲ میلیمتر) تا $1\frac{1}{2}$ in. (۳۸ میلیمتر) تنش زدایی (PWHT) الزامی است مگر اینکه باید در خلال جوشکاری تا دمای حداقل 200°F (95°C) پیشگرم شده باشند.

(2) - چنانچه مطابق با UW-2 تنش زدایی الزامی باشد باید متریال در تمام ضخامتها تنش زدایی شود.

(c) - تنش زدایی (PWHT) تحت شرایط زیر الزامی نمی باشد:

(1) - برای جوشهای شیاری که اندازه آنها از $\frac{1}{2}$ in. (۱۳ میلیمتر) بیشتر نباشد و همچنین جوشهای گوشه ای (Fillet) که اندازه گلویی آنها (Throat) بیشتر از $\frac{1}{2}$ in. (۱۳ میلیمتر) نباشد و نیز جوشهایی که نازلهایی را متصل می کنند که قطر داخلی تمام شده‌ی آنها بیشتر از ۲ اینچ (۵۱ میلیمتر) نباشد مشروط براینکه فاصله مرکز به مرکز این نازلها چنان نباشد که از نظر طراحی لازم باشد ضخامت بدنه یا کنگی مخزن افزایش یابد و همچنین باید تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) پیشگرم شده باشد.

(2)– در جوشهای شیاری که اندازه آنها از $1\frac{1}{2}$ in. (۱۳ میلیمتر) بیشتر نباشد و همچنین جوشهای گوشه ای (Fillet) که اندازه گلویی آنها (Throat) $1\frac{1}{2}$ in. (۱۳ میلیمتر) یا کمتر است و برای اتصال اجزایی که تحت فشار نیستند به اجزایی که تحت فشار هستند بکار برده می شوند و در مواردی که ضخامت اجزاء تحت فشار بیشتر از $1\frac{1}{4}$ in. (۳۲ میلیمتر) باشد تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) باید پیشگرم شده باشند.

(3)– برای میله هایی (Stud) که به اجزایی که تحت فشار هستند جوش شده اند مشروط بر اینکه اگر ضخامت اجزاء تحت فشار بیشتر از $1\frac{1}{4}$ in. (۳۲ میلیمتر) باشد تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) باید پیشگرم شده باشد.

(4)– برای جوشهای مقاوم به خوردگی که بصورت لایه ای روی سطح فلز رسوب داده می شوند (Cladding) یا جوشهایی که جوشهای لایه های مقاوم به خوردگی را به هم متصل می نمایند (به پاراگراف UCL-34 مراجعه کنید) مشروط بر اینکه اگر ضخامت اجزاء تحت فشار بیشتر از $1\frac{1}{4}$ in. (۳۲ میلیمتر) باشد باید در خلال رسوب اولین لایه جوش تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) باید پیشگرم شده باشد.

(d)– و تئیکه سرعت گرم کردن در درجه حرارت بین 800°F (425°C) تا درجه حرارت نگهداری کمتر از 50°F (28°C) بر ساعت است زمان نگهداری اضافی ۱۵ دقیقه بازاء هر اینچ (۲۵ میلیمتر) ضخامت قطعه، مورد نیاز نمی باشد علاوه بر آن اگر تولید کننده شرایطی را فراهم نماید که قطعه در سراسر ضخامت به حداقل درجه حرارت نگهداری رسیده باشد زمان نگهداری اضافی ۱۵ دقیقه بازاء هر اینچ (۲۵ میلیمتر) ضخامت قطعه، مورد نیاز نمی باشد.

Table UCS-56-10
Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-No. 10F
DELETED

تصویر ۲۳۷: جدول UCS-56-10 مربوط به متریال P-No. 10F که حذف شده است.

Table UCS-56-11
Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-No. 15E

Material	Minimum Holding Temperature, °F (°C) [Note (1)] and [Note (2)]	Maximum Holding Temperature, °F (°C) [Note (3)] and [Note (4)]	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Weld Thickness (Nominal)	
			Up to 5 in. (125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 15E Group No. 1	1,300 (705)	1,425 (775)	1 hr/in. (2 min/mm), 30 min minimum	5 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 5 in. (125 mm)

تصویر ۲۳۸: جدول UCS-56-11 مربوط به متریال P-No. 15E Gr. No. 1

یادداشتهای کلی (مربوط به P-No. 15E Gr. No. 1)

(a)– تنش زدایی (PWHT) برای جوشهای مقاومت الکتریکی که برای اتصال پره (Fins) های جذب کننده حرارت به لوله ها و تیوبها بکار برده می شوند الزامی نیست مشروط به اینکه الزامات زیر برآورده شوند:

(1)– حداکثر اندازه لوله یا تیوب ۴ اینچ باشد.

(2)– حداکثر مقدار کربن مشخص (بجز مقدار کربن مربوط به مشخصه متریال SA وقتی که توسط خریدار در مقدارهای مشخص شده ای بیشتر محدود شده باشند) شده بیشتر از 0.15% درصد نباشد.

(3)– حداکثر ضخامت پره ها (Fins) $1\frac{1}{8}$ in. (۳ میلیمتر) باشد.

(4) - قبل از بکار بردن روش جوشکاری، سازنده باید ثابت کند که ناحیه متأثر از جوش از حداقل ضخامت دیواره لوله یا تیوب تجاوز نمی نماید.

(b) - عملیات حرارتی برای جوشکاری اتصال سیم ترموکوپل ها بوسیله‌ی خازن تخلیه یا جوشکاری مقاومت الکتریکی الزامی نمی باشد مشروط به اینکه:

(1) - الزامات پاراگراف UCS-56(g) رعایت شده باشد.

(2) - حداکثر مقدار کربن فلز پایه تا 0.15% درصد باشد.

(3) - حداقل ضخامت دیواره 5 mm باشد.

یادداشتها:

(1) - اگر ضخامت اسمی جوش کمتر یا برابر 0.5 in. (13 mm) باشد حداقل درجه نگهداری باید 1,250°F (675°C) باشد.

(2) - برای فلز جوشهای غیر همنام (Dissimilar) (برای مثال فلز جوش بین متریال با مشخصه‌ی P No. 15E Gr. 1 و فولادهای کم کربن فريتی، آستنیتی یا فولادهای نیکلی) اگر مقدار کربن در فلز پر کننده (Filler Metal) کمتر از 3% درصد باشد یا اگر (Filler Metal) نیکلی یا آستنیتی باشد حداقل درجه حرارت نگهداری باید 1300°F (705°C) باشد.

(3) - حداکثر دمای نگهداری در بالا زمانی بکار برده می شود که آنالیز شیمیایی واقعی Filler Metal بکار رفته ناشناخته باشد. اگر آنالیز شیمیایی Filler Metal بکار رفته مشخص باشد حداکثر درجه نگهداری می تواند به شرح زیر افزایش یابد:

(a) - اگر $(1.0\% \leq \text{Ni} + \text{Mn} < 1.5\%)$ نیکل بعلاوه‌ی منگنز برابر یا بیشتر از یک درصد باشد ولی از مقدار ۱/۵ درصد کمتر باشد حداکثر درجه حرارت تنش زدایی (PWHT) برابر با 1450°F (790°C) باشد.

(b) - اگر $(\text{Ni} + \text{Mn} < 1.0\%)$ نیکل بعلاوه منگنز کمتر از مقدار ۱ درصد باشد حداکثر درجه حرارت تنش زدایی (PWHT) برابر با 1470°F (800°C) باشد.

درجه حرارت استحاله پایینی (در تصویر دیاگرام آهن - کربن همان مرز A1 است) متأثر از مقدار آلیاژ، در درجه‌ی اول مجموع $(\text{Ni} + \text{Mn})$ نیکل و منگنز می باشد. برای اجتناب از انجام شدن عملیات حرارتی، حداکثر درجه نگهداری عملیات تنش زدایی را در منطقه‌ی بحرانی میانی (مرز بین A1 و A3) در نظر می گیرند.

(4) - اگر بخشی از تجهیز بیشتر از درجه حرارت مجاز گرم شده باشد باید یکی از اقدامات زیر انجام شود:

(a) - کل تجهیز باید مجدداً نرمالیز و تمپر گردد.

(b) - اگر درجه حرارت از حداکثر درجه حرارت نگهداری در جدول یا زیر نوشت (a) (3) بالا بیشتر شود ولی بیشتر از 1470°F (800°C) نگردد، فلز جوش باید سنگ زده شود و مجدداً جوشکاری شود.

(c) - بخشی از تجهیز که بیشتر از 1470°F (800°C) گرم شده است به علاوه ۳ اینچ از طرفین ناحیه ای که بیشتر گرم شده است باید برداشته شده و مجدداً نرمالیز و تمپر گردد یا اینکه جایگزین گردد.

(d) - تنش مجاز باید به اندازه، تنش مجاز متریال Gr.9 (به عنوان مثال SA-213-T9 و SA-335-P و یا محصولاتی با مشخصات فنی معادل) در درجه حرارت طراحی باشد مشروط براینکه آن بخش از تجهیز که بیشتر از مقدار مجاز در بالا گرم شده است مجدداً در محدوده‌ی مشخص شده در بالا عملیات حرارتی گردد.

■ جدول 1-2019-UCS-56.1-ASME Sec. VIII-Div.1

در جاهایی که انبساط خطرناک است و افزایش دما به اندازه ذکر شده ممکن نیست، می توانیم مطابق با UCS-56.1 زمان Holding Time را افزایش و دمای Holding Temperature را کاهش دهیم.

Table UCS-56.1 Alternative Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels		
Decrease in Temperature Below Minimum Specified Temperature, °F (°C)	Minimum Holding Time [Note (1)] at Decreased Temperature, hr	Notes
50 (28)	2	...
100 (56)	4	...
150 (83)	10	(2)
200 (111)	20	(2)

GENERAL NOTE: Applicable only when permitted in Tables UCS-56-1 through UCS-56-11.

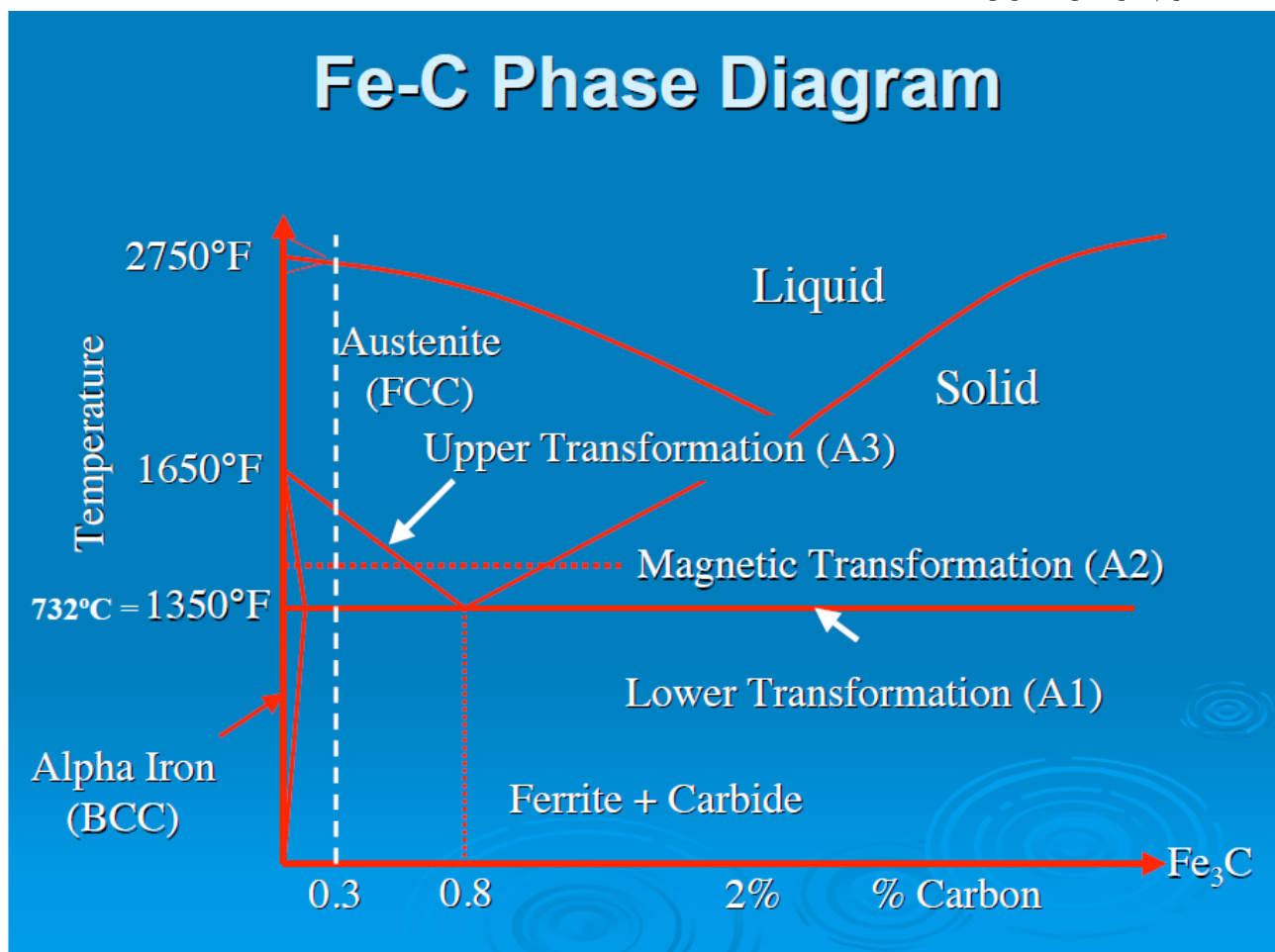
NOTES:

- (1) Minimum holding time for 1 in. (25 mm) thickness or less. Add 15 min per inch (25 mm) of thickness for thicknesses greater than 1 in. (25 mm).
- (2) These lower postweld heat treatment temperatures permitted only for P-No. 1 Gr. Nos. 1 and 2 materials.

تصویر ۲۳۹: کاهش دمای Holding Temperature در شرایطی که محدودیت انبساط وجود دارد، بر اساس UCS-56.1 یادداشت کلی: (قوانین این جدول) فقط زمانی کاربرد دارد که در جدول های UCS-56-1~11 مجاز شناخته شده باشد. یادداشتها:

- (1) - حداقل زمان نگهداری برای ضخامت 1 in. (25 mm) یا کمتر، به ازای هر اینچ ضخامت اضافه تر از یک اینچ ضخامت (زمان نگهداری) ۱۵ دقیقه اضافه شود.
- (2) - این دماهای پایین تر فقط برای متریال های P-No. 1 Gr. Nos. 1 and 2 مجاز است.

■ - دیاگرام فاز آهن - کربن



تصویر ۲۴۰: دیاگرام فاز آهن - کربن

■ پاراگراف ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UHA-32

(a) - قبل از بکار بردن جزئیات الزامات و معافیت‌های این پاراگراف، PQR و روش‌های جوشکاری (WPS) که بکار برده خواهند شد باید مطابق با متغیرهای اساسی استاندارد ASME Section IX از جمله شرایط تنش زدایی (PWHT) یا عدم لزوم تنش زدایی و همچنین سایر محدودیت‌هایی که در زیر خواهند آمد، تهیه گردند. جوشهای مخازن تحت فشار و اجزاء آنها، وقتی که ضخامت اسمی آنها مطابق با UW-40(f) از جمله میزان مجاز خوردگی از محدوده‌های ذکر شده در یادداشتهای جدول های 7~1-32-UHA تجاوز نماید باید در درجه حرارتی که کمتر از مقدار مشخص شده در جدول های 7~1-32-UHA نمی باشد، تنش زدایی (PWHT) گردند. در زمان جوشکاری متریال های فریتی با ضخامت بیشتر از $\frac{1}{8}$ in. (۳ میلیمتر بوسیله فرآیند جوشکاری اشعه‌ی الکترونی (EBW) یا جوشکاری متریال های P No. 6 و P No. 7 (باستثناء نوع 405 و 410S) با هر ضخامتی بوسیله فرآیند جوشکاری اصطکاکی چرخشی مداوم، چنانچه تنش زدایی مطابق با پاراگراف های 51-UHA و 2-UW بر اساس سرویس الزامی باشد، معافیت‌های ذکر شده در یادداشتهای جدول 32-UHA مجاز نمی باشد. متریال های جدول 7~1-32-UHA بر اساس P No. های ذکر شده در جدول QW-422 از استاندارد ASME Sec. IX و همچنین جدول 32-UHA لیست شده اند.

(b) - نگهداری درجه حرارت و یا زمان نگهداری بیشتر از حداقل دمایی که در جدول 7~1-32-UHA آورده شده است را می توان استفاده نمود. نیازی نیست که زمان نگهداری در درجه حرارت مشخص شده در جدول 7~1-32-UHA بطور مداوم باشد بلکه این زمان می تواند مجموعه‌ای از زمانهای نگهداری چند تنش زدایی باشد. قرار گرفتن به مدت طولانی در درجه حرارت تنش زدایی ممکن است باعث تشکیل فاز سیگما شود. [نگاه کنید به (UHA-104)]

(c) - وقتی دو جزء تحت فشار با دو P No. متفاوت به هم جوش می شوند تنش زدایی (PWHT) باید مطابق با الزامات جدول های 7~1-32-UHA یا 11~1-56-UCS و یادداشتهای آنها برای متریالی که نیاز به درجه حرارت تنش زدایی (PWHT) بیشتری دارد انجام شود. وقتی اجزایی که تحت فشار نیستند به اجزایی که تحت فشار هستند جوش داده شوند درجه حرارت تنش زدایی (PWHT) اجزاء تحت فشار باید کنترل شوند. وقتی فولادهای فریتی به فولادهای آستنیتی زنگ نزن کروم نیکل متصل می شوند یا فولادهای دوفازی فریتی- آستنیتی (Duplex) نباید در معرض عملیات حرارتی انحلالی (Solution heat treatment) آنگونه که در UHA-105 شرح داده شده است قرار گیرند.

(d) - تنش زدایی (PWHT) باید بوسیله یکی از روشهای ارائه شده در UW-40 مطابق با الزامات UCS-56(d) انجام شود باستثناء مواردی که مطابق با یادداشتهای جدول 7~1-32-UHA مورد اصلاح قرار گرفته اند.

(e) - مخازن یا اجزایی از آنها که مطابق با الزامات این پاراگراف تنش زدایی (PWHT) شده اند باید بعد از تعمیرات جوشکاری مجدداً تنش زدایی (PWHT) گردند.

Table UHA-32-1
Postweld Heat Treatment Requirements for High Alloy Steels — P-No. 6

Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 6 Gr. Nos. 1, 2, 3	1,400 (760)	1 hr/in. (25 mm), 15 min minimum	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)

تصویر ۲۴۱: جدول 7~1-32-UHA مربوط به متریال 1; 2, 3 Gr. Nos. 6 P-No.

یادداشتهای مربوط به متریال 1, 2, 3 Gr. Nos. 6 P-No.:

(a) - مخازن ساخته شده از متریال نوع 410 در فولادهای SA-479 و SA-268, SA-240, SA-182 Gr. F6a مقدار کربن آنها از 0.08% درصد تجاوز ننماید و با الکترودهایی جوشکاری شده اند که فلز جوش آستنیتی کروم-نیکل یا

فلز جوش نیکل-کروم-آهنی تولید می کند و در هوا سخت نمی شود (Non-Air-Hardenable)، مشروط بر اینکه ضخامت ورق در محل اتصال جوش از $\frac{3}{8}$ in. (۱۰ میلیمتر) تجاوز ننماید و نیز برای ضخامتهای بیشتر از $\frac{3}{8}$ in. (۱۰ میلیمتر) تا $1\frac{1}{2}$ in. (۳۸ میلیمتر) مشروط بر اینکه دمای پیشگرم تا درجه حرارت 450°F (230°C) در حین جوشکاری نگه داشته شود و اتصالات انجام شده بطور کامل رادیوگرافی گردند، نیاز به تنش زدایی (PWHT) ندارند.

(b) - تنش زدایی (PWHT) باید مطابق با UW-40 و UCS-56(e) انجام شود.

Table UHA-32-2 Postweld Heat Treatment Requirements for High Alloy Steels — P-No. 7				
Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 7 Gr. Nos. 1, 2	1,350 (730)	1 hr/in. (25 mm), 15 min minimum	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)

تصویر ۲۴۲: جدول UHA-32-2 مربوط به متریال P-No.7 Gr. Nos. 1; 2

یادداشتهای کلی (مربوط به متریال P-No.7 Gr. Nos. 1, 2)

(a) - مخازن ساخته شده از متریال SA-1010 UNS S41003 نوع 405 و یا 410S در فولادهای SA-240, SA-268 که مقدار کربن آنها از 0.08% درصد تجاوز ننماید و با الکترودهایی جوشکاری شده اند که فلز جوش آستنیتی کروم-نیکل یا فلز جوش نیکل-کروم-آهنی تولید می کند و در هوا سخت نمی شود (Non-Air-Hardenable)، مشروط بر اینکه ضخامت ورق در محل اتصال جوش از $\frac{3}{8}$ in. (۱۰ میلیمتر) تجاوز ننماید و نیز برای ضخامتهای بیشتر از $\frac{3}{8}$ in. (۱۰ میلیمتر) تا $1\frac{1}{2}$ in. (۳۸ میلیمتر) مشروط بر اینکه دمای پیشگرم تا درجه حرارت 450°F (230°C) در حین جوشکاری نگه داشته شود و اتصالات انجام شده بطور کامل رادیوگرافی گردند، نیاز به تنش زدایی (PWHT) ندارند.

(b) - تنش زدایی (PWHT) باید مطابق با UW-40 و UCS-56(e) انجام شود. با این استثناء که سرعت سرد کردن باید در محدوده‌ی بالاتر از 1200°F (650°C) حداکثر 100°F (56°C) /hr. باشد و پس از آن سرعت سرد کردن باید به اندازه کافی سریع باشد تا از تردی جلوگیری نماید.

(c) - تنش زدایی (PWHT) مخازن ساخته شده از فولادهای Grade TP XM-8 با SA-268 و SA-479 یا ساخته شده از فولادهای TP 18Cr-2Mo با SA-240 و SA-268 لازم نمی باشد.

Table UHA-32-3 Postweld Heat Treatment Requirements for High Alloy Steels — P-No. 8				
Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 8 Gr. Nos. 1, 2, 3, 4	...	...	...	...

GENERAL NOTE: Postweld heat treatment is neither required nor prohibited for joints between austenitic stainless steels of the P-No. 8 group. See [Nonmandatory Appendix UHA-A](#).

تصویر ۲۴۳: جدول UHA-32-3 مربوط به متریال P-No.8 Gr. Nos. 1; 2, 3, 4

یادداشتهای کلی (مربوط به متریال P-No.8 Gr. Nos. 1, 2, 3 & 4)

تنش زدایی (PWHT) برای اتصالات میان فولادهای زنگ زن آستنیتی با P-No.8 نه لازم است و نه منع شده است. به Appendix HA غیر ضروری و UHA-100 تا UHA-108 مراجعه نمایید.

Table UHA-32-4
Postweld Heat Treatment Requirements for High Alloy Steels — P-No. 10H

Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 10H Gr. No. 1	...	...	...	...

تصویر ۲۴۴: جدول UHA-32-4 مربوط به متریال P-No.10H Gr. No. 1

یادداشتهای کلی (مربوط به متریال P-No.10H Gr. No. 1)

برای فولادهای زنگ نزن کار شدهی آستنیتی- فریتی یا ریختگی دوفازی (Duplex) که در زیر آورده شده است تنش زدایی (PWHT) نه لازم است و نه منع شده است ولی چنانچه عملیات حرارتی انجام شود بایستی همانند لیست زیر انجام شود و در پایان در یک مایع کوئینچ شود و یا بوسیله روشهای دیگر سریعاً سرد گردد.

Alloy	Postweld Heat Treatment Temperature, °F (°C)
J93345	2,050 min. (1 120 min.)
J93380	2,010 min. (1 100 min.)
S31200, S31803, and S32550	1,900 min. (1 040 min.)
S31260	1,870-2,010 (1 020-1 100)
S31500	1,785-1,875 (975-1 025)
S32101	1,870 min. (1 020 min.)
S32202	1,800-1,975 (980-1 080)
S32205	1,870-2,010 (1 020-1 100)
S32304	1,800 min. (980 min.)
S32750	1,880-2,060 (1 025-1 125)
S32760	2,010-2,085 (1 100-1 140)
S32900 (0.08 max. C)	1,725-1,775 (940-970)
S32950	1,825-1,875 (995-1 025)
S39274	1,925-2,100 (1 050-1 150)

تصویر ۲۴۵: جدول آلیاژها (Alloys) مربوط به متریال P-No.10H Gr. No. 1

Table UHA-32-5
Postweld Heat Treatment Requirements for High Alloy Steels — P-No. 10I

Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 10I Gr. No. 1	1,350 (730)	1 hr/in. (25 mm), 15 min minimum	1 hr/in. (25 mm)	1 hr/in. (25 mm)

تصویر ۲۴۶: جدول UHA-32-5 مربوط به متریال P-No.10I Gr. No. 1

یادداشتهای کلی (مربوط به متریال P-No.10I Gr. No. 1)

(a)- تنش زدایی (PWHT) باید آنگونه که در UW-40 و UCS-56(e) شرح داده شده است انجام شود. با این استثناء که سرعت سرد کردن باید در محدودهی بالاتر از 1200°F (650 °C) و حداکثر 100°F (56°C) /hr باشد و پس از آن سرعت سرد کردن باید به اندازهی کافی سریع باشد تا از تردی جلوگیری نماید.

(b)- تنش زدایی (PWHT) برای ضخامت های $1\frac{1}{2}$ in. (۱۳ میلیمتر) و کمتر نه لازم است و نه منع شده است.

(c)- برای آلیاژ S44635 مقررات ذکر شده برای فولادهای زنگ نزن فریتی کروم دار باید اعمال گردد با این استثناء که نه به تنش زدایی (PWHT) نیاز دارد و نه منع شده است. اگر تنش زدایی (PWHT) بعد از شکل دادن یا جوشکاری انجام شود، این عملیات باید در درجه حرارت حداقل 1850°F (1010°C) انجام شود و به دنبال آن تا زیر دمای 800°F (430°C) سریعاً سرد گردد.

Table UHA-32-6
Postweld Heat Treatment Requirements for High Alloy Steels — P-No. 10K

Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 10K Gr. No. 1	...	...	...	...

تصویر ۲۴۷: جدول UHA-32-6 مربوط به متریال P-No.10K Gr. No. 1

یادداشت کلی (مربوط به متریال P-No.10K Gr. No. 1) برای آلیاژ S44660 مقرارت ذکر شده برای فولادهای زنگ نزن فریتی کروم دار باید اعمال گردد با این استثناء که نه به تنش زدایی (PWHT) نیاز دارد و نه منع شده است. اگر تنش زدایی بعد از شکل دادن یا جوشکاری انجام شود، این عملیات باید در درجه حرارت حداقل 1,500°F to 1,950°F (816°C to 1 066°C) انجام شود و به دنبال آن سریعاً سرد گردد.

Table UHA-32-7
Postweld Heat Treatment Requirements for High Alloy Steels — P-No. 45

Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 45	...	...	...	...

GENERAL NOTE: Postweld heat treatment is neither required nor prohibited for joints between austenitic stainless steels of the P-No. 45 group, but any heat treatment applied shall be performed as listed below and followed by liquid quenching or rapid cooling by other means:

Alloy	Postweld Heat Treatment Temperature, °F (°C)
S31266	2,085–2,318 (1 140–1 170)

تصویر ۲۴۸: جدول UHA-32-7 مربوط به متریال P-No.45

یادداشت کلی (مربوط به متریال P-No.45): تنش زدایی (PWHT) برای اتصالات میان فولادهای زنگ نزن آستنیتی با P-No.45 نه لازم است و نه منع شده است ولی چنانچه عملیات حرارتی انجام شود بایستی همانند لیست زیر انجام شود و در پایان در یک مایع کوئینچ شود و یا بوسیله روشهای دیگر سریعاً سرد گردد.

■ پاراگراف ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UHA-44

الزامات مربوط به عملیات حرارتی (PWHT) پس از ساخت بعلت تغییر شکل متریال (کرنش).

(a) علاوه بر شرایط کلی که برای شکل دادن در (UHA-40) آمده است، بایستی شرایط زیر بکار برده شوند،

*** پاراگراف UHA-40: الزامات و قوانین ذکر شده در پاراگراف زیر بطور ویژه برای ساخت قسمت هایی از مخازن و مخازن تحت فشار که از فولاد های پر آلیاژ ساخته شده اند بکار می روند و بایستی در ارتباط با الزامات کلی مربوط به ساخت در قسمت (Subsection A) و نیز الزامات خاص مربوط به ساخت در قسمت (Subsection B) که مربوط به روشهای ساخت می باشد مورد استفاده قرار گیرند.

(1) - چنانچه شرایط زیر مورد استفاده قرار می گیرند بایستی قسمت های فرم داده شده مربوط به قطعات تحت فشار که از آلیاژ های آستنیتی ساخته شده اند در دماهای داده شده در جدول Table UHA-44 بمدت ۲۰ دقیقه بر اینچ یا ۱۰ دقیقه بر اینچ هر کدام که بزرگتر است به روش آنیل انحلالی عملیات حرارتی شوند و سپس سریع سرد شوند.

(a-) دمای شکل دهی نهایی کمتر از حداقل دمای عملیات حرارتی داده شده در جدول Table UHA-44 است. و:

(b-) دمای طراحی فلز و مقدار کرنش ناشی از شکل دادن بیشتر از مقدارهای نشان داده شده در جدول UHA-44

است.

(2) - کرنش ناشی از شکل دادن بایستی بوسیله‌ی معادله‌ی داده شده در جدول Table UG-79-1 تعیین شود.

(b) وقتی کرنش ناشی از شکل دادن نمی تواند مطابق با شرایط بند (a) که در بالا نشان داده شده است محاسبه گردد، سازنده مسئولیت دارد که حداکثر کرنش ناشی از شکل دادن را مشخص نماید. عملیات حرارتی برای قطعاتی که به روش Flares, Swages, or Upsets ساخته می شوند بایستی بدون در نظر گرفتن مقدار کرنش آنها مطابق با جدول Table UG-79-1 انجام گیرد.

یادداشتهای کلی: Table UHA-44

(a) محدودیت های نشان داده شده مربوط به قطعات استوانه ای که از ورق ها ساخته شده اند، قطعات کروی یا کنگی های مقعر که از ورق ساخته شده اند و تیوب و لوله های خمیده می باشند.

(b) وقتی کرنش ناشی از شکل دادن نمی تواند مطابق با شرایط بند UHA-44(a) که در بالا نشان داده شده است محاسبه گردد، مقدار کرنش شکل دهی باید نصف مقدارهای نشان داده شده در این جدول باشد. [UHA-44(b) را ببینید]. یادداشتهای:

(1) - نرخ سرد شدن از دمای عملیات حرارتی تابع محدودیت های کنترلی خاصی نمی باشد.

(2) - در صورتی که حداقل دماهای عملیات حرارتی مشخص شده باشند، پیشنهاد می گردد که میزان دمای عملیات حرارتی به 150°F (85°C) بالاتر و نیز برای (347, 347H, 347LN, 348, and 348H) به حداقل 250°F (140°C) محدود شود.

(3) - این محدودیت برای خمش ساده تیوب ها و لوله ها که قطر خارجی آنها کمتر از 3.5 in. (88 mm) است حدود 20% می باشد.

Table UHA-44 Postfabrication Strain Limits and Required Heat Treatment							
Grade	UNS Number	Limitations in Lower Temperature Range			Limitations in Higher Temperature Range		Minimum Heat-Treatment Temperature, °F (°C), When Design Temperature and Forming Strain Limits Are Exceeded [Note (1)] and [Note (2)]
		For Design Temperature, °F (°C)		And Forming Strains Exceeding, %	For Design Temperature, °F (°C), Exceeding	And Forming Strains Exceeding, %	
		Exceeding	But Less Than or Equal to				
201-1	S20100 heads	All	All	All	All	All	1,950 (1 065)
201-1	S20100 all others	All	All	4	All	4	1,950 (1 065)
201-2	S20100 heads	All	All	All	All	All	1,950 (1 065)
201-2	S20100 all others	All	All	4	All	4	1,950 (1 065)
201LN	S20153 heads	All	All	All	All	All	1,950 (1 065)
201LN	S20153 all others	All	All	4	All	4	1,950 (1 065)
204	S20400 heads	All	All	All	All	All	1,950 (1 065)
204	S20400 all others	All	All	4	All	4	1,950 (1 065)
304	S30400	1,075 (580)	1,250 (675)	20	1,250 (675)	10	1,900 (1 040)
304H	S30409	1,075 (580)	1,250 (675)	20	1,250 (675)	10	1,900 (1 040)
304L	S30403	1,075 (580)	1,250 (675)	20	1,250 (675)	10	1,900 (1 040)
304N	S30451	1,075 (580)	1,250 (675)	15	1,250 (675)	10	1,900 (1 040)
309S	S30908	1,075 (580)	1,250 (675)	20	1,250 (675)	10	2,000 (1 095)
310H	S31009	1,075 (580)	1,250 (675)	20	1,250 (675)	10	2,000 (1 095)
310S	S31008	1,075 (580)	1,250 (675)	20	1,250 (675)	10	2,000 (1 095)
316	S31600	1,075 (580)	1,250 (675)	20	1,250 (675)	10	1,900 (1 040)
316H	S31609	1,075 (580)	1,250 (675)	20	1,250 (675)	10	1,900 (1 040)
316N	S31651	1,075 (580)	1,250 (675)	15	1,250 (675)	10	1,900 (1 040)
321	S32100	1,000 (540)	1,250 (675)	15 [Note (3)]	1,250 (675)	10	1,900 (1 040)
321H	S32109	1,000 (540)	1,250 (675)	15 [Note (3)]	1,250 (675)	10	2,000 (1 095)
347	S34700	1,000 (540)	1,250 (675)	15	1,250 (675)	10	1,900 (1 040)
347H	S34709	1,000 (540)	1,250 (675)	15	1,250 (675)	10	2,000 (1 095)
347LN	S34751	1,000 (540)	1,250 (675)	15	1,250 (675)	10	1,900 (1 040)
348	S34800	1,000 (540)	1,250 (675)	15	1,250 (675)	10	1,900 (1 040)
348H	S34809	1,000 (540)	1,250 (675)	15	1,250 (675)	10	2,000 (1 095)

تصویر ۲۴۹: جدول UHA-44 مربوط

■ - پاراگراف ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UNF-56

- (a) - تنش زدایی (PWHT) متریال های غیر آهنی نه لازم است و نه مطلوب می باشد.
- (b) - به استثناء موارد (c)، (d) و (e) در زیر، هیچگونه تنش زدایی (PWHT) نباید انجام شود مگر با موافقت بین سازنده و استفاده کننده، درجه حرارت، زمان و روش عملیات حرارتی نیز باید طبق توافق باشد.
- (c) - چنانچه متریال ریختگی SB-148 آلیاژ CDA 954 جوشکاری گردد پس از خاتمه جوشکاری بایستی در درجه حرارت (620°C - 650°C) 1150°F - 1200°F برای مدت یک و نیم ساعت برای یک اینچ اول ضخامت قطعه و نیم ساعت برای هر یک اینچ ضخامت اضافی قطعه، تنش زدایی (PWHT) گردد. متریال پس از آن نیز در هوا خنک شود.
- (d) - تا چهارده روز پس از جوشکاری تمام محصول زیرکونیومی Grade R60705 بایستی در درجه حرارت (620°C - 650°C) 1150°F - 1200°F تنش زدایی گردد، برای ضخامت تا یک اینچ (۲۵ میلیمتر) اول به مدت یک ساعت بعلاوه نیم ساعت برای هر اینچ (۲۵ میلیمتر) ضخامت اضافی، انجام گردد. در درجه حرارت بالاتر از 800°F (425°C) سرد شدن باید در کوره در بسته یا محفظه خنک کننده با سرعت کمتر از 500°F/hr (278°C/h) بر ساعت تقسیم بر حداکثر ضخامت ورق بدنه یا کلفتی بر حسب اینچ انجام شود. ولی تحت هیچ شرایطی سرعت سرد شدن نباید بیشتر از 500°F/hr (278°C/h) باشد. از دمای 800°F (425°C) به پایین مخزن می تواند در هوای آزاد خنک شود.
- (e) - تنش زدایی PWHT فلزات شماره ی UNS N08800 و UNS N08810 و آلیاژهای UNS N08811:
- (1) - جوشهای Pressure boundary و جوشهایی که در Pressure boundary های مخازن ساخته شده از متریال UNS No. N08800 (آلیاژ 800) و UNS No. N08810 (آلیاژ 800H) و UNS No. N08810 (آلیاژ 800HT) با دمای طراحی بالاتر از 1000°F انجام می شوند باید تنش زدایی (PWHT) گردند. تنش زدایی (PWHT) باید شامل گرم کردن تا دمای حداقل 1625°F (885°C) برای یک و نیم ساعت برای ضخامت های تا یک اینچ (۲۵ میلیمتر) باشد و برای ضخامت های بیشتر از یک اینچ (۲۵ میلیمتر) باید یک و نیم ساعت بعلاوه یک ساعت به ازای هر یک اینچ (۲۵ میلیمتر) ضخامت اضافی، زمان تنش زدایی (PWHT) در نظر گرفته شود. سرعت سرد شدن و گرم شدن باید با توافق بین سازنده و مشتری باشد. به عنوان جایگزین، آنیلینگ انحلالی (Solution Annealing) مطابق با مشخصات فلز قابل قبول است.
- * - تعریف واژه Pressure boundary: قسمتهایی از یک سیستم بسته شده (مسدود شده)، یا قطعاتی که برای در برداشتن (نگهداشتن) سیال و نیز جلوگیری از نشتی آن در نظر گرفته می شوند.
- تنش زدایی (PWHT) جوشهای تیوب ها به تیوب شیت ها (Tube sheet) و متعلقات انبساطی آکاردئونی (Expansion bellows) نه لازم است و نه منع شده است.
- (2) - به استثناء مواردی که در زیر (۳) اجازه داده شده، مخزن یا اجزایی از مخزن که قبلاً مطابق با الزامات این پاراگراف تنش زدایی (PWHT) شده اند باید پس از تعمیرات جوشکاری مجدداً تنش زدایی (PWHT) گردند.
- (3) - جوشهای تعمیری بر روی فلز جوش و ناحیه متأثر از جوش اتصالاتی که این متریال ها را به هم متصل می کنند می تواند بعد از تنش زدایی (PWHT) نهایی و قبل از تست هیدرواستاتیک انجام شود بدون اینکه تنش زدایی (PWHT) مجدد انجام گردد. تعمیرات جوش باید الزامات (e)(3)(a) تا (e)(3)(d) در زیر را بر آورده نماید.
- (a) - سازنده باید قبل از انجام تعمیر، استفاده کننده یا نماینده او را (خریدار) آگاه نماید و تا خریدار موافقت ننماید مجاز به انجام تعمیر نمی باشد.

(b) - مجموع عمق تعمیر نباید از $1/2$ in. (۱۳ میلیمتر یا ۳۰ درصد ضخامت متریال (هر کدام که کمترند) بیشتر شود. مجموع عمق تعمیر جوش ها باید از جمع نمودن عمق تعمیر های انجام شده در دو طرف یک جوش در یک مکان معین محاسبه گردند.

(c) - بعد از بر طرف نمودن عیب، شیار باید مورد آزمایش قرار گیرد، ناحیه ی تعمیر جوش نیز باید مورد آزمایش قرار گیرد. آزمایش مایع نافذ (PT) مطابق با ضمیمه ی ۸ باید بکار برده شود.

(d) - مخزن باید بعد از انجام تعمیرات جوش تست هیدرواستاتیک شود.

(e) - وقتی در متریال UNS R31233 شعاع خمش در عملیات کار سرد در محل جوش کمتر از چهار برابر ضخامت قطعه باشد، قبل از کار سرد باید تنش زدایی (PWHT) انجام شود. تنش زدایی (PWHT) باید شامل آنلینگ در درجه حرارت 2050°F (1121°C) باشد و پس از آن بلافاصله در آب کوئینچ (Quenching) شود.

■ - پاراگراف ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UCS-79

(۴) - عملیات فرمینگ سرد مطابق با UCS-79:

شکل دادن کَلگی ها و بدنه مخازن:

(a) - برای شکل دادن، علاوه بر مقررات UG-79، باید شرایط زیر نیز بکار برده شوند:

(b) - ورقهای فولاد کربنی و کم آلیاژی نباید بوسیله ضربه تغییر شکل سرد یابند.

(c) - ورقهای فولاد کربنی و کم آلیاژی می توانند در درجه حرارت آهنگری (Forging) بوسیله ضربه تغییر شکل یابند مشروط بر اینکه ضربه ها بطور زبان آوری ورق را تغییر شکل ندهد و متعاقب آن تنش زدایی (PWHT) انجام گیرد.

(d) - بدنه مخازن، کَلگی ها و سایر Pressure boundary parts که از ورقهای فولاد کربنی و کم آلیاژی و بوسیله کار سرد تغییر شکل یافته اند، و قتیکه میزان انبساط نهایی آنها بیشتر از ۵ درصد باشد باید تنش زدایی (PWHT) گردند. برای متریال P No. 1 Gr.1&2 انبساط کششی می تواند تا ۴۰ درصد باشد مشروط بر اینکه هیچ یک از موارد زیر موجود نباشد:

(۱) - مخزن حاوی مواد سمی چه به صورت مایع و چه به صورت گاز باشد. (پاراگراف UW-2)

(۲) - متریال، طبق مقررات این بخش (Division) از تست ضربه معاف نباشد یا اینکه طبق مشخصات متریال، تست ضربه الزامی باشد.

(۳) - ضخامت قطعه قبل از تغییر شکل سرد از $5/8$ in. (۱۶ میلیمتر بیشتر نباشد).

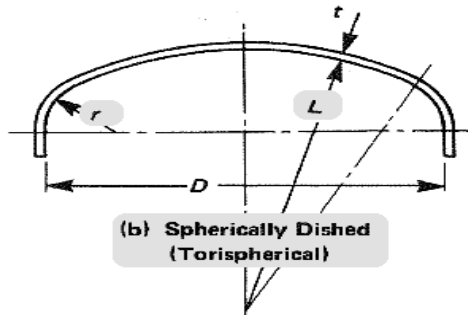
(۴) - در حالی که میزان انبساط نهایی بیشتر از ۵ درصد است، کاهش ضخامت بوسیله تغییر شکل سرد در هر نقطه از ۱۰ درصد ضخامت ورق در حالت رول شده بیشتر باشد.

(۵) - درجه حرارت متریال در خلال شکل دادن بین 250°F - 500°F (120°C - 480°C) باشد.

میزان انبساط نهایی باید توسط فرمولهای زیر تعیین گردند:



برای مواردی که فلز از دو جهت شکل داده می شود (برای مثال کلگی ها)



$$\text{میزان کش آمدگی نهایی} \% = \frac{75t}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_o} \right)$$

برای مواردی که فلز از یک جهت شکل داده می شود (برای مثال بدنه ی مخازن)

$$\text{میزان کش آمدگی نهایی} \% = \frac{50t}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_o} \right)$$

که در اینجا

R_f = شعاع نهایی عدسی یا استوانه است.

R_o = شعاع اولیه ورق است که کلگی از آن ساخته می شود.

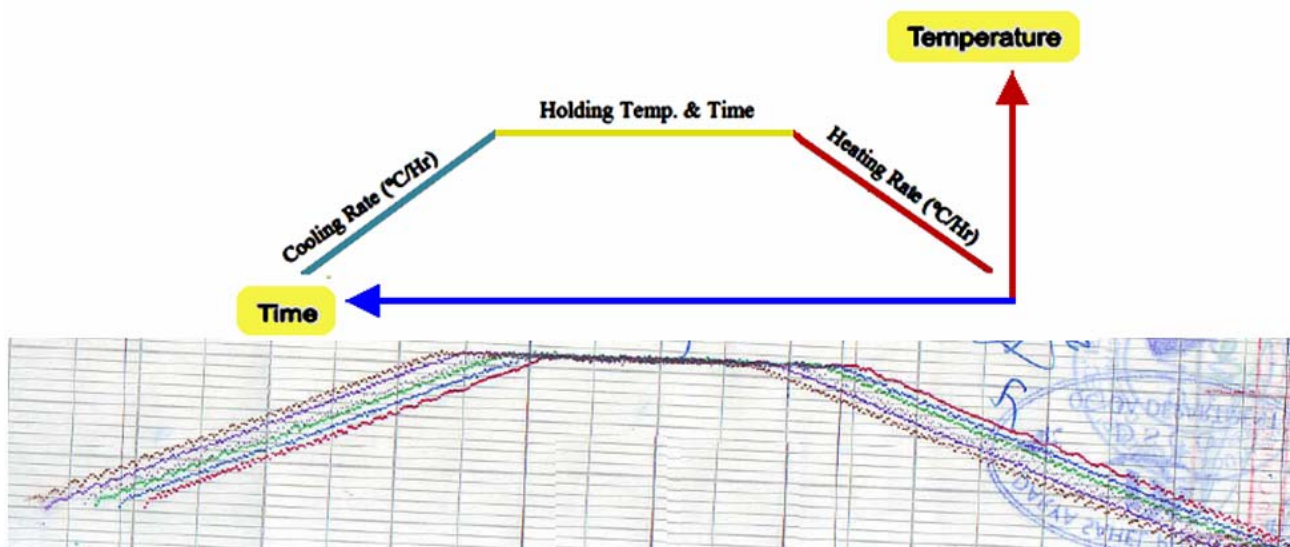
t = ضخامت ورق است.

(۵) - فرآیند عملیات جوشکاری مطابق با UCS-56:

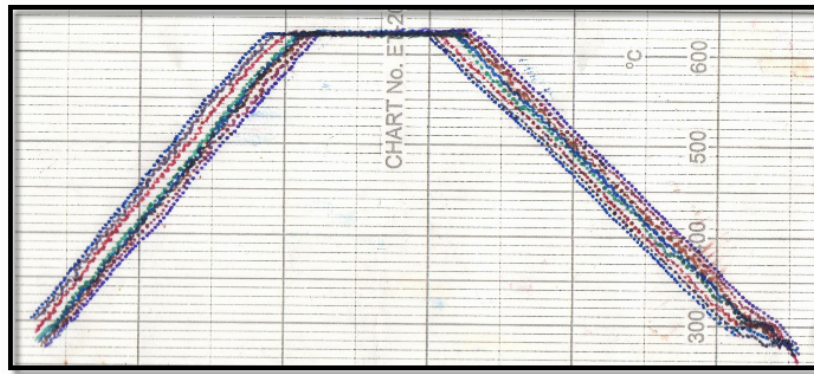
چنانچه مطابق با UCS-68 الزام به تنش زدایی (PWHT) بر اساس سرویس باشد یا وقتی که فولادهای فریتی با ضخامت بیشتر از $\frac{1}{8}$ in. (۳ میلیمتر) با فرآیند جوشکاری اشعه ی الکترونی جوشکاری گردند. یا وقتی که فولادهای P-No.3، P-No.4، P-No.5A، 5B، 5C، P-No.10، P-No.15E و P-No.15E با هر ضخامتی بوسیله فرآیند جوشکاری اصطکاکی جوشکاری می شوند، معافیت های مندرج در جدول های UCS-56 یا UCS-56.1 را نمی تون اعمال نمود.

نمودار گراف تنش زدایی:

روند تنش زدایی (PWHT): طبق نمودار زیر با گرمایش تدریجی (Heating Rate) شروع شده، در دمای Holding Time مدتی ثابت نگه داشته میشود و در نهایت با نرخ مشخصی سرد (Cooling Rate) می شود.



تصویر ۲۵۰: نمودار روند انجام PWHT



تصویر ۲۵۱: نمودار یک گراف PWHT

■ Heating Rate -

طبق UCS-56(d)(2) هنگام انجام تنش زدایی (PWHT) پس از آنکه دما از 425°C بیشتر شد نرخ گرمایش نباید بیشتر از حاصل تقسیم 222°C/h بر حداکثر ضخامت بدنه یا کلگی به اینچ شود. اما به هیچ عنوان نباید نرخ گرمایش بیشتر از 222°C/h شود.

UCS-56 REQUIREMENTS FOR POSTWELD HEAT TREATMENT

(d) (2) Above 800°F (425°C), the rate⁷⁶ of heating shall be not more than 400°F/hr (222°C/h) divided by the maximum metal thickness of the shell or head plate in inches, but in no case more than 400°F/hr (222°C/h).

76 The rates of heating and cooling need not be less than 100°F/hr (56°C/h). However, in all cases consideration of closed chambers and complex structures may indicate reduced rates of heating and cooling to avoid structural damage due to excessive thermal gradients.

تصویر ۲۵۲: نرخ گرمایش طبق UCS-56 (d) (2)-2019

(زیر نویس⁷⁶ نیازی نیست که سرعتهای گرم کردن و سرد کردن کمتر از $100^{\circ}\text{F}(56^{\circ}\text{C})$ بر ساعت باشد با این حال در تمامی موارد برای پرهیز از صدمات ناشی از شیب حرارتی بیش از حد به سازه های پیچیده و محفظه های بهم چسبیده سرعتهای گرم کردن و سرد کردن پایین بهتر است.)

■ Cooling Rate -

همچنین، در دمای بالاتر از 425°C نرخ سرمایش نباید بیشتر از حاصل تقسیم 280°C/h بر حداکثر ضخامت بدنه یا کلگی به اینچ شود. اما به هیچ عنوان نباید نرخ سرمایش بیشتر از 280°C/h شود.

■ - تفسیر گراف تنش زدایی ارائه شده

گراف تنش زدایی: باید هنگام تفسیر یک گراف تنش زدایی به نکات زیر دقت شود:

(۱) - در کوره های تنش زدایی (Furnace) و همچنین وقتی که بصورت موضعی (Local) عملیات تنش زدایی انجام می شود، دمای Heating Rate قابل کنترل از دمای 300 درجه سانتیگراد به بالا است. همچنین دمای Rate Cooling بعد از 300 درجه می تواند در هوای آزاد سرد شود اما تا قبل از 300 درجه باید کنترل شده سرد شود.

(۲) - رنگ گراف هر ترموکوپل با یک رنگ متمایز از دیگر ترموکوپلها مشخص شده باشد تا هنگام تفسیر گراف مشکلی پیش نیاید.

UCS-56 REQUIREMENTS FOR POSTWELD HEAT TREATMENT

(d) (5) Above 800°F (425°C), cooling shall be done in a closed furnace or cooling chamber at a rate⁷⁶ not greater than 500°F/hr (280°C/h) divided by the maximum metal thickness of the shell or head plate in inches, but in no case more than 500°F/hr (280°C/h). From 800°F (425°C) the vessel may be cooled in still air.

تصویر ۲۵۳: نرخ سرمایش طبق UCS-56 (d) (5)-2019

(۳) - دما و زمان هر سه وضعیت یعنی Cooling, Holding, Heating بایستی بدقت کنترل شود.

(۴) - سرعت دستگاه تنش زدایی بر روی گراف تنش زدایی مشخص شود.

(۵) - تعداد ترموکوپلها بایستی مطابق با مشخصات فنی پروژه (Spec) باشند.

■ - تعداد ترموکوپل ها مطابق استاندارد AWS D10.10

AWS D10.10/D1010M:1999 (R2009)

Recommended Practices for Local Heating of Welds in Piping and Tubing

Table 9

Recommended Number of Control Zones and Thermocouple Locations for PWHT of Piping in the Horizontal Position

Piping Size (NPS)	Recommended Number of Control Zones and Thermocouple Locations
Up to 6	One zone, with control thermocouple at 12:00
8 and up to 12	Two zones, with control thermocouples at 12:00 and 6:00
14 and up to 18	Three zones, with control thermocouples at 11:00, 1:00, and 6:00
20 and up to 30	Four zones, with control thermocouples at 12:00, 3:00, 6:00, and 9:00
Over 30	Number of control zones and associated thermocouples as required by circumferential spacing of heaters

Note: Control thermocouples should be placed at the location of highest expected temperature to help avoid exceeding the maximum allowed temperature.

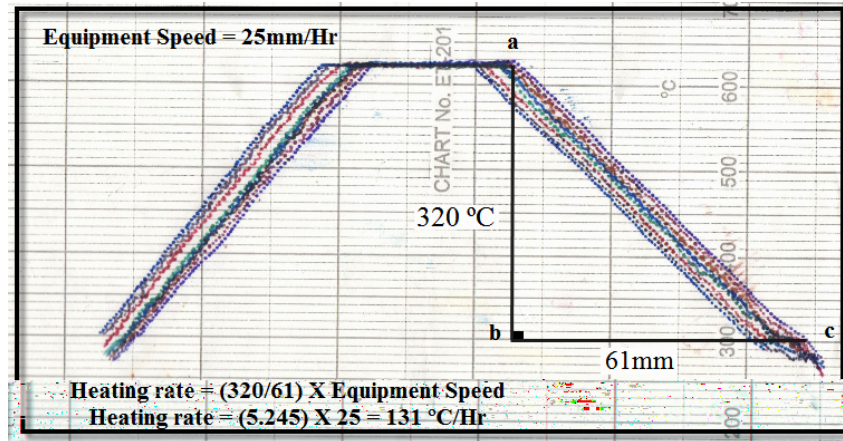
تصویر ۲۵۴: تعداد ترموکوپل ها مطابق استاندارد AWS D10.10

نحوه‌ی کنترل گراف،

در ابتدا باید سرعت رسم گراف دستگاه تنش زدایی مشخص شود. معمولاً سرعتهای متداول ۲۵ و ۴۰ و ۵۰ می باشد.

بدین صورت که در هر ساعت ۲۵ و ۴۰ و یا هم ۵۰ میلیمتر گراف رسم می شود.

برای بررسی و کنترل دمای Heating Rate به تصویر ۲۵۵ که مربوط به یک گراف است دقت شود.

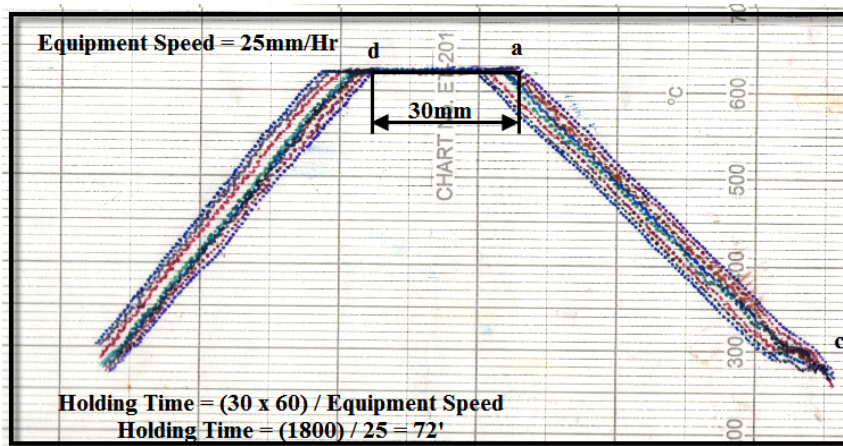


تصویر ۲۵۵: گراف تنش زدایی محاسبه‌ی قسمت Heating Rate

■ - طریقه‌ی محاسبه‌ی Heating Rate

چون هر ترموکوپل دارای یک رنگ مشخص می باشد پس در محدوده‌ی گرمایش از دمای ۳۰۰ درجه به بالا یک رنگ را (معمولاً اولین رنگ) انتخاب می کنند. سپس از نقطه‌ی a که محل شروع مرحله‌ی بعدی است یعنی مرحله‌ی نگهداری دما (Holding Time)، خطی عمود بر خط افقی ۳۰۰ درجه رسم می کنیم تا خط افقی دمای ۳۰۰ درجه را در نقطه‌ی b قطع کند. باید دقت کرد که فاصله‌ی هر ۱۰۰ درجه در بعضی از گرافها به ۱۰ و گاهی ۵ قسمت تقسیم شده که به ترتیب هر قسمت نماینده‌ی ۱۰ یا ۲۰ درجه حرارت است که طبق تصویر فوق به ۱۰ قسمت تقسیم شده است، پس فاصله‌ی پاره خط ab ۳۲۰ درجه است. حال، از نقطه‌ی b تا محل شروع حرکت ترموکوپل مورد نظر (نقطه‌ی c) خطی رسم می کنیم و فاصله‌ی پاره خط bc را اندازه گیری می کنیم که ۶۱ میلیمتر است. طبق تصویر یک مثلث قائم الزویه abc داریم و با این فرمول $[(ab/bc) \times \text{Equipment Speed}]$ میزان Heating Rate را محاسبه می کنیم. در اینجا با توجه به اعداد موجود دمای ۱۳۱ درجه برای هر ساعت حاصل می گردد و چون حداکثر دمای Heating Rate برای ضخامت تا ۲۵ میلیمتر ۲۲۰ درجه در هر ساعت می باشد، پس دمای گرمایش این عملیات تنش زدایی مورد تأیید می باشد.

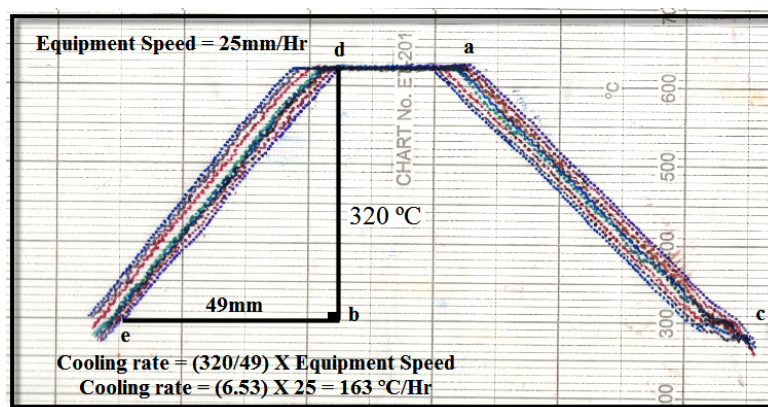
■ - طریقه‌ی محاسبه‌ی Holding Time



تصویر ۲۵۶: طریقه‌ی محاسبه‌ی Holding Time در یک گراف تنش زدایی

در مرحله Holding Time زمان باید محاسبه شود برای این منظور از نقطه‌ی a تا نقطه‌ی b که گراف مورد نظر ما به مرحله‌ی Cooling Rate منتقل می شود، اندازه گیری می شود که طبق تصویر ۲۵۶ این فاصله ۳۰ میلیمتر است. بنابراین با استفاده از این فرمول $[(da \times 60) / \text{Equipment Speed}]$ داریم: $[(30 \times 60) / 25 = 72 \text{ Min.}]$ زمان مورد نظر ۷۲ دقیقه است. (عدد ۶۰ نماینده دقایق یک ساعت است)

■ - طریقه‌ی محاسبه‌ی Cooling Rate



تصویر ۲۵۷: طریقه‌ی محاسبه‌ی Cooling Rate در یک گراف تنش زدایی

طریقه‌ی محاسبه‌ی Cooling Rate دقیقاً مانند طریقه‌ی محاسبه‌ی Heating Rate می باشد

از نقطه‌ی d که محل شروع مرحله‌ی بعدی یعنی Cooling Rate است، خطی عمود بر خط افقی ۳۰۰ درجه رسم می کنیم تا خط افقی دمای ۳۰۰ درجه را در نقطه‌ی b قطع کند. پس طبق تصویر ۲۵۷، فاصله‌ی پاره خط db ۳۲۰ درجه است. حال، از نقطه‌ی b تا محل پایان حرکت ترموکوپل مورد نظر (نقطه‌ی e) خطی رسم می کنیم و فاصله‌ی پاره خط be را اندازه گیری می کنیم که ۴۹ میلیمتر است. طبق تصویر ۲۵۷ یک مثلث قائم الزویه dbe داریم و با این فرمول $[(db/be) \times \text{Equipment Speed}]$ میزان Cooling Rate را محاسبه می کنیم. در اینجا با توجه به اعداد موجود دمای ۱۶۳ درجه برای هر ساعت حاصل می گردد.

■ - مواردی که هنگام تفسیر گراف تنش زدایی باید رعایت کرد.

در استاندارد ASME Section VIII Div. 1 اختلاف دمای بین ترموکوپلها را در قسمت Holding Time حدود ۸۳ درجه مشخص کرده است. یعنی بین بالاترین دما و پایین ترین دما نباید اختلاف بیشتر از ۸۳ درجه باشد. این مطلب در پاراگراف UCS-56-(d)(3) قید شده است.

UCS-56 REQUIREMENTS FOR POSTWELD HEAT TREATMENT

(d) (3) The vessel or vessel part shall be held at or above the temperature specified in [Tables UCS-56-1 through UCS-56-11](#) or [Table UCS-56.1](#) for the period of time specified in the Tables. During the holding period, there shall not be a greater difference than 150°F (83°C) between the highest and lowest temperature throughout the portion of the vessel being heated, except where the range is further limited in [Tables UCS-56-1 through UCS-56-11](#).

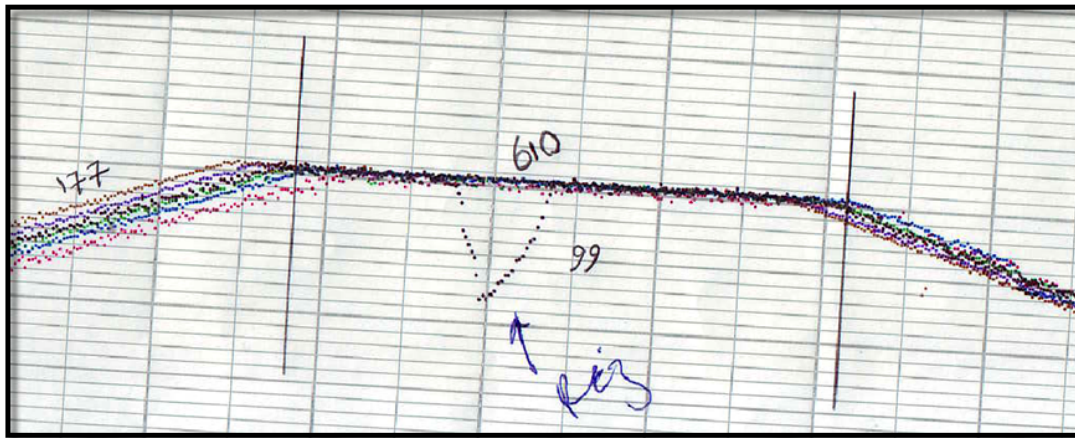
تصویر ۲۵۸: حداکثر اختلاف دما در زمان نگهداری Holding Time در یک گراف تنش زدایی

اما در مشخصات فنی پروژه ارائه شده توسط شرکت TOTAL فرانسه این اختلاف حداکثر ۴۰ درجه مشخص شده است.

During the holding period (time at PWHT temperature) the difference between temperature readings of any two thermocouples shall not exceed 40°C. No thermocouple reading may exceed the temperature range specified on the WPS used to weld the joint.

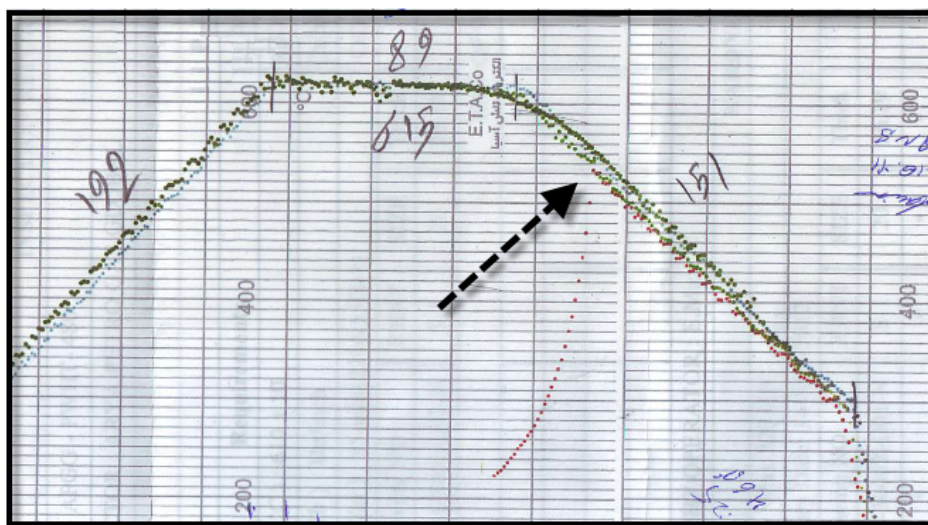
تصویر ۲۵۹: حداکثر اختلاف دما در زمان نگهداری Holding Time در TOTAL Spec

بنابراین یکی از مواردی که باعث مردود شدن یک گراف می شود همین اختلاف بین بالاترین و پایین ترین ترموکوپل در محدوده‌ی Holding Time می باشد. مثل تصویر ۲۶۰:



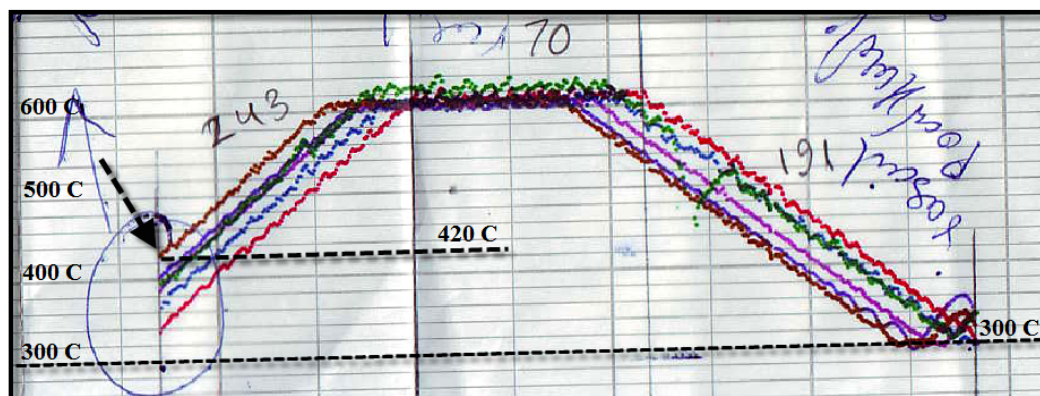
تصویر ۲۶۰: یک گراف مردود شده بدلیل اختلاف دما در زمان نگهداری

مورد دیگر: یکی از علت های مردود شدن نتیجه گراف تنش زدایی در قسمت Heating Rate ، می تواند قطعی ارتباط ترموکوپل باشد که اپراتور دستگاه قادر به تعمیر و رفع اشکال آن نباشد. در این صورت نتیجه تنش زدایی مردود اعلام می شود. مطابق تصویر ۲۶۱.



تصویر ۲۶۱: یک گراف مردود شده بدلیل قطعی ترموکوپل در زمان گرمایش

مورد دیگر: یکی از علت های مردود شدن نتیجه گراف تنش زدایی در قسمت Cooling Rate ، می تواند قطعی ارتباط ترموکوپلها بدلیل خاموشی دستگاه باشد که اپراتور دستگاه قادر به تعمیر و رفع اشکال آن نباشد. چون نتیجه‌ی تمام عملیات تنش زدایی در مرحله‌ی Cooling Rate شکل می پذیرد، بنابراین بنا به حساسیت این مرحله هر اشکالی که منجر به عدم نتیجه گیری صحیح تنش زدایی شود گراف تنش زدایی باید مردود اعلام گردد و مجدداً این کار باید تکرار شود. مطابق تصویر ۲۶۲:



تصویر ۲۶۲: یک گراف مردود شده بدلیل قطعی ترموکوپلها در زمان Cooling Rate

توجه مهم: موضوع مردود شدن گراف تنش زدایی بدلیل هر گونه اشکال در مرحله‌ی Cooling Rate را در کُد یا استاندارد خاصی دیده نشده است ولی این موضوع در مشخصات فنی پروژه (Spec) شرکت Eni ایتالیا مشخص شده که در این زمینه با بسیاری از متالورژیست ها مشورت نمودم و آنها این موضوع را از لحاظ فنی مورد تأیید دانستند. حال به پاراگراف این موضوع دقت شود:

5.11 PROCEDURE WHEN PWHT CYCLE FAILS

5.11.3 INCIDENT DURING COOLING PERIOD

During the cooling cycle, i.e. above 300°C any equipment failure which led to the failure of maintaining the cooling rate at the prescribed rate, the whole PWHT process shall be restarted. The original chart shall be attached to the new chart and the report shall record the full details of the incident.

تصویر ۲۶۳: موضوع مردود شدن گراف در مشخصات فنی پروژه (Spec) شرکت Eni ایتالیا

ترجمه: پاراگراف 5.11.3 حادثه به هنگام سرد شدن:

به هنگام سیکل سرد شدن مانند دمای بالای 300 °C هر گونه اخلاص یا عیب در تجهیزات که منجر به عدم نگهداری نرخ سرد شدن گردد تمام پروسه عملیات تنش زدایی (PWHT) باید مجدداً انجام شود. چارت اصلی (چارتی که مردود اعلام گردیده) باید به چارت جدید پیوست شود و گزارش کلیات حادثه بایستی ثبت شود.

■ - تعمیرات جوش بعد از تنش زدایی (PWHT)

با توجه به اینکه بعضاً عیوب جوش بعد از تنش زدایی (PWHT) از محدوده‌ی قابل قبول به محدوده‌ی Repair گسترش می‌یابند، رادیوگرافی باید بعد از تنش زدایی (PWHT) انجام شود. بنابراین چنانچه پس از تنش زدایی (PWHT) تعمیرات انجام شود وضعیت تنش زدایی (PWHT) پس از تعمیر بایستی با دو شرایط زیر مطابقت داده شود:

در شرایط ۱:

تنش زدایی (PWHT) مجدد پس از تعمیرات، بنا به شرایط زیر الزامیست:

-- در صورتیکه تنش زدایی (PWHT) براساس نوع سرویس انجام شده باشد (سرویس کشنده).

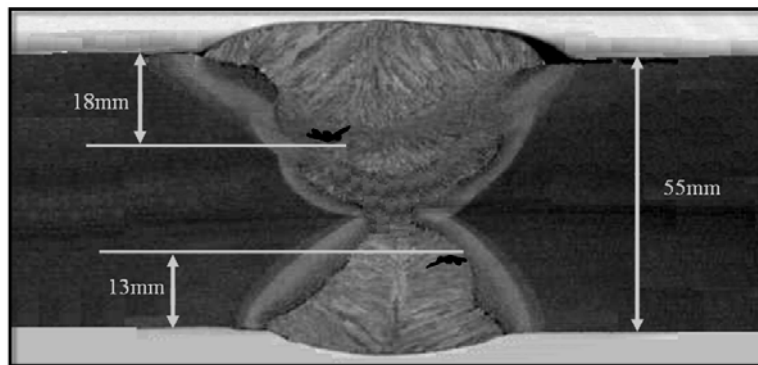
-- در صورتیکه تنش زدایی (PWHT) براساس ضخامت انجام شده باشد و مجموع عمق تعمیر بیشتر از ضخامت تعیین شده در پاراگراف ASME Sec. VIII-Div. 1- Para. UCS 56-Para. f (2) باشد.

در شرایط ۲:

تنش زدایی (PWHT) مجدد، پس از تعمیرات بنا به شرایط زیر الزامی نمی باشد:

(۱) - در صورتیکه تنش زدایی (PWHT) براساس نوع سرویس انجام نشده باشد (سرویس کشنده).

(۲) - در صورتیکه تنش زدایی (PWHT) براساس ضخامت انجام شده باشد و مجموع عمق تعمیرات بیشتر از محدوده‌ی ضخامت تعیین شده در پاراگراف (2) ASME Sec. VIII UCS 56 Para. f نباشد.



تصویر ۲۶۴: مجموع اعماق عیوب جوش (2) ASME Sec VIII UCS 56 Para. f

به تصویر ۲۶۴ دقت کنید: ضخامت فلز ۵۵ میلیمتر است و دارای P No.1 است و از دو طرف جوش دارای عیب است ولی چون مجموع عمق عیب در دو طرف ۳۱ میلیمتر است در نتیجه این جوش پس از تعمیر نیاز به تنش زدایی (PWHT) مجدد ندارد چون دلیل تنش زدایی (PWHT) آن فقط میزان ضخامت بوده است.

(۳) - عملیات تعمیر براساس روش Temper Bead Welding انجام شود.

■ - متد Temper Bead Welding مطابق با (c) 4(f) UCS 56- Para.

چنانچه تعمیرات جوش مخازنی که متريال آنها P No-1 & P No-3 باشد و مطابق با کد تنش زدایی (PWHT) برای آنها انجام شده باشد، متد Temper Bead Welding می تواند جایگزین عملیات حرارتی شود و پس از تعمیر نیازی به تنش زدایی (PWHT) مجدد نمی باشد. چنانچه تکنیک Temper Bead Welding مورد استفاده قرار می گیرد بایستی شرایط زیر رعایت شود:

* - حداقل دمای پیشگرم (350°F (175°C) و حداکثر دمای بین پاسها (450°F (230°C) باشد.

* - لایه ی اول جوش باید روی تمام سطح ناحیه مورد نظر (منطقه ای که قرار است تعمیر شود) با استفاده از الکتروود با قطر سه میلیمتر جوش داده شود و قبل از رسوب لایه های بعدی تقریباً نصف ضخامت این لایه با سنگ زنی برداشته شود. لایه های بعدی با الکتروود حداکثر قطر چهار میلیمتر طوری جوشکاری می کنیم که جوشهای قبلی و مناطق متأثر از حرارت جوشهای قبلی تمپر گردند. لایه نهایی روی ناحیه تعمیر شده طوری اعمال می شود که فقط بالای جوشها و نزدیک به لبه جوشها باشد ولی روی فلز پایه نباشد. این لایه فقط برای تمپر کردن جوشهای قبلی و همچنین برای تمپر کردن منطقه متأثر از حرارت فلز پایه می باشد.

نکته: از عبارت *in lieu of* در جایی استفاده میشود که بخواهیم از یک روش به جای روش دیگر استفاده کنیم.

* - حرارت ایجاد شده (Heat Input) باید در محدوده‌ی تعیین شده WPS باشد.

* - تا چهار ساعت پس از جوشکاری، جوش تعمیری در دمای (400°F - 500°F (205°C - 260°C) نگهداری شود.

* - جوش تعمیری باید توسط بازرس مخزن تحت فشار بازرسی شود.

* - پروسه جوشکاری باید SMAW باشد و از الکترودهای کم هیدروژن (Low-Hydrogen) استفاده شود و پهنای مهره (Bead) جوش باید حداکثر چهار برابر قطر مغزی الکتروود مصرفی باشد.

* - در پایان، قسمتهای اضافی جوش با روش سنگ زنی برداشته می شود تا ناحیه‌ی تعمیری شده با فلز پایه‌ی مجاور هم سطح شود. در صفحه‌ی بعد مراحل این تعمیرات نشان داده شده است.

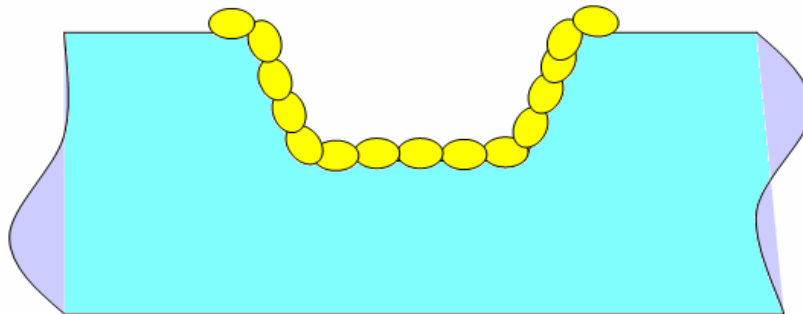
UCS-56 REQUIREMENTS FOR POSTWELD HEAT TREATMENT

(f) (4) In addition to the requirements of Section IX for qualification of Welding Procedure Specifications for groove welds, the following requirements shall apply:

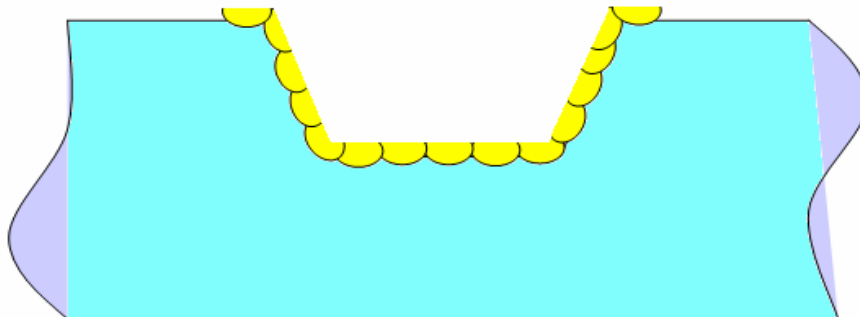
(-c) For P-No. 3 Group Nos. 1, 2, and 3 materials, the repair weld method shall be limited to the half bead weld repair and weld temper bead reinforcement technique. The repair area shall be preheated and maintained at a minimum temperature of 350°F (175°C) during welding. The maximum interpass temperature shall be 450°F (230°C). The initial layer of weld metal shall be deposited over the entire area using $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) maximum diameter electrodes. Approximately one-half the thickness of this layer shall be removed by grinding before deposit-

ing subsequent layers. The subsequent weld layers shall be deposited using $\frac{5}{32}$ in. (4 mm) maximum diameter electrodes in such a manner as to assure tempering of the prior weld beads and their heat affected zones. A final temper bead weld shall be applied to a level above the surface being repaired without contacting the base material but close enough to the edge of the underlying weld bead to assure tempering of the base material heat affected zone. After completing all welding, the repair area shall be maintained at a temperature of 400°F to 500°F (205°C to 260°C) for a minimum period of 4 hr. The final temper bead reinforcement layer shall be removed substantially flush with the surface of the base material.

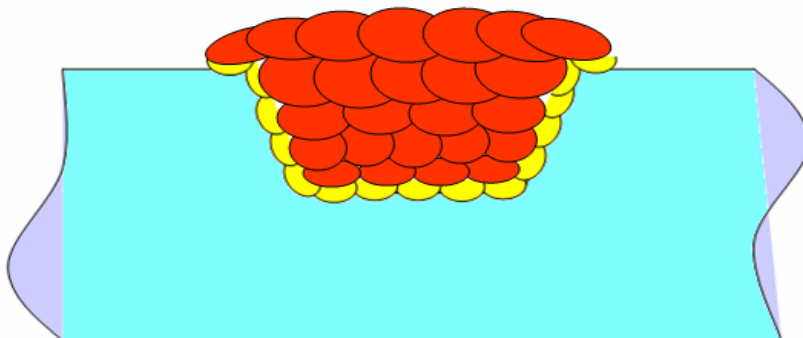
تصویر ۲۶۵: روش جوشکاری Temper Bead Welding



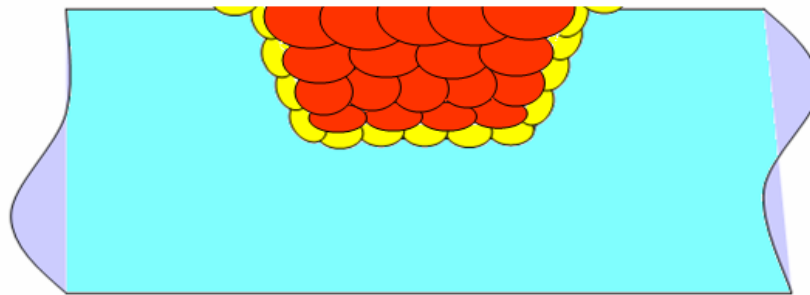
مرحله ۱: لایه اول تمام سطح منطقه‌ی تعمیر را با الکتروود قطر $\frac{3}{16}$ میلیمتر جوشکاری می‌کنیم.



مرحله ۲: نصف ضخامت تمام لایه اول با سنگ زنی برداشته می‌شود.



مرحله ۳: لایه‌های بعدی جوش با الکتروود قطر ۴ میلیمتر مطابق شکل جوشکاری می‌شود. یک لایه اضافی نیز روی سطح جوش تمام شده، جوش داده می‌شود و:



مرحله ۴: در نهایت این لایه اضافی با روش سنگ زنی برداشته می شود تا با سطح فلز پایه هم سطح شود.
تصویر ۲۶۶: مراحل انجام جوشکاری به روش Temper Bead Welding

در صورتیکه تعمیر در محدوده‌ی ضخامت تعیین شده در پاراگراف UCS 56 باشد نیازی به تنش زدایی (PWHT) نمی باشد. اما چنانچه مجموع عمق تعمیر شده بیشتر از مقدار تعیین شده باشد بایستی تنش زدایی (PWHT) مجدد انجام شود.

طبق پاراگراف (a) (4) (f) UCS-56 حداکثر فاصله‌ی عرض مهره جوش (Bead) تعمیری بعد از تنش زدایی نباید از چهار برابر قطر الکترود تجاوز کند.

UCS-56 REQUIREMENTS FOR POSTWELD HEAT TREATMENT

(f) (4) (a) The weld metal shall be deposited by the manual shielded metal arc process using low hydrogen electrodes. The electrodes shall be properly conditioned in accordance with Section II, Part C, SFA-5.1, Annex A, A6.11; and SFA-5.5, Annex A, A6.12. The maximum bead width shall be four times the electrode core diameter.

تصویر ۲۶۷: حداکثر Bead جوش تعمیری بعد از تنش زدایی طبق (a) (4) (f) UCS-56

نکته: در مواردی که ضخامت قطعه بالا باشد به منظور کاهش هزینه، عمق Defect را با UT می سنجند تا نیاز به شکافتن اضافه نباشد.

☀ - تنش زدایی (PWHT) در استاندارد ASME B31.3 Process Piping-2016

هدف از تنش زدایی: عملیات حرارتی برای رفع کردن اثرات زیانبار درجه حرارت و شبیه‌های تند حرارتی که در اثر جوشکاری بوجود می آید و همچنین آزاد سازی تنشهای پسماند ایجاد شده در اثر عملیات خم کاری و یا شکل دادن فلز، مورد استفاده قرار می گیرد.

***- پاراگراف 331 (HEAT TREATMENT): عملیات حرارتی

331 HEAT TREATMENT

331.1 General

331.1.1 Postweld Heat Treatment Requirements

(a) PWHT shall be in accordance with the material groupings (P-Nos. and Group Nos.) and ranges in Table 331.1.1 except as provided in Table 331.1.2 and Table 331.1.3. The P-Numbers and Group Numbers are defined in ASME BPV Code, Section IX, Table QW/QB-422. (Note that the P-Nos. are also listed in Appendix A.)

(b) The PWHT to be used after production welding shall be specified in the WPS and shall be used in qualifying the welding procedure.

(c) The engineering design shall specify the examination and/or other production quality control (not less than the requirements of this Code) to ensure that the final welds are of adequate quality.

تصویر ۲۶۸: پاراگراف 331 بحث عملیات حرارتی در ASME B31.3-2016

*- پاراگراف 331.1 (General): کلیات

*- پاراگراف 331.1.1 (Postweld Heat Treatment Requirements): الزامات عملیات حرارتی بعد از جوشکاری

(a) PWHT - باید مطابق با گروه بندی های (P-Nos. and Group Nos.) متریکال ها و محدوده های مندرج در جدول 331.1.1 باشد به استثناء مواردی که در جدول 331.1.2 و 331.1.3 آورده شده است. P-Numbers ها و Group Numbers ها در جدول QW/QB-422 از استاندارد ASME BPV Code, Sec. IX تعریف شده اند. (یادآوری می گردد که P-Nos. ها در Appendix A هم لیست شده اند).

(a) - اگر قرار است بر روی جوشهای انجام شده عملیات حرارتی انجام شود این عملیات باید در WPS مشخص و منظور گردد و در تهیه PQR نیز اعمال گردد.

(b) - طراحی مهندسی باید آزمایشات و یا سایر اقدامات جهت کنترل کیفیت جوشهای انجام شده را (نه کمتر از الزامات این کُد) مشخص نماید تا اطمینان حاصل شود که جوش های نهایی از کیفیت مناسبی برخوردار می باشند.

*- پاراگراف 331.1.2 (Other Heat Treatments): سایر عملیات های حرارتی

(a) - عملیات حرارتی برای خمکاری و شکل دادن باید مطابق با پاراگراف 332.4 باشد.

(b) - برای الزامات ویژه عملیات حرارتی بر روی جوشهای طولی Longitudinal یا مارپیچ Spiral (helical seam) در سرویس های دمای بالا (Elevated Temperature Fluid Service) به جدول 302.3.5 نگاه کنید.

*- پاراگراف 331.1.3 (Definition of Thicknesses Governing PWHT): تعریف ضخامتهایی که در PWHT تعیین کننده می باشند:

(a) - عبارت ضخامت کنترلی (control thickness) که در جدول 331.1.1 و 331.1.3 بکار رفته کوچکتر است از:

(1)- ضخامت جوش

(2)- ضخامت متریکال هایی که در ناحیه جوش باید بهم متصل گردند یا ضخامت متریکال تحت فشار در صورتی که بایستی متریکال تحت فشار به متریکال فاقد فشار جوش بشود.

***- به سؤال و جواب تحت عنوان Interpretation 25-30 در باره nominal thickness دقت شود.

Interpretation 25-30

Subject: Paras. 331.1.3(a)(2) and (c), Preheat and PWHT Governing Thickness (B31.3-2014)

Date Issued: April 28, 2015

File: 15-616

Question (1): In para. 331.1.3(a)(2), does the phrase "the thickness of the materials being joined at the weld" mean the nominal thickness of the materials being joined at the weld?

Reply (1): Yes.

Question (2): In para. 331.1.3(a)(2), does the phrase "the thickness of the pressure-containing material" mean the nominal thickness of the pressure-containing material?

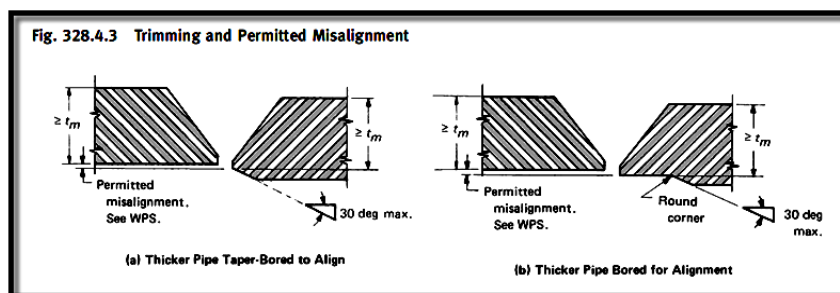
Reply (2): Yes.

Question (3): In para. 331.1.3(c), does the phrase "the thicker of the materials being joined at the weld" mean the nominal thickness at the weld of the thicker of the materials being joined?

Reply (3): Yes.

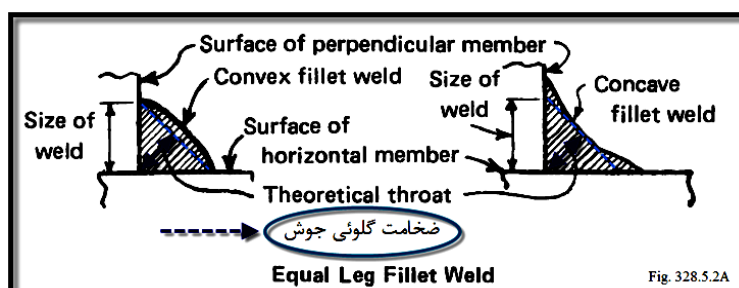
(b) - ضخامت جوش که فاکتوری در تعیین ضخامت کنترلی است به شرح زیر تعریف شده:

(1) - در جوشهای شیاری (چه محیطی و چه طولی) لبه‌ی ضخیمتری که برای جوشکاری آماده سازی می شود از جمله قسمتی از قطر داخلی که ماشینکاری شده است.



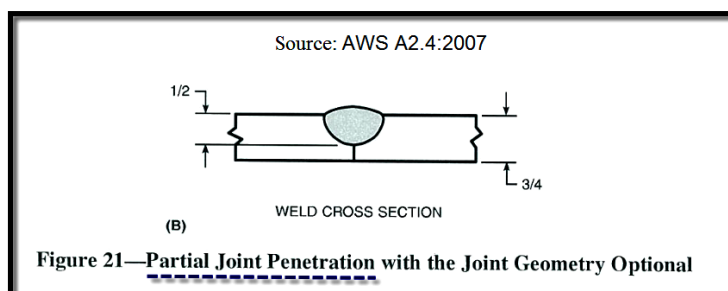
تصویر ۲۶۹: طرح اتصال در جوشهای شیاری جهت بحث عملیات حرارتی

(2) - در جوشهای گوشه ای (Filletts) ضخامت گلوبی جوش



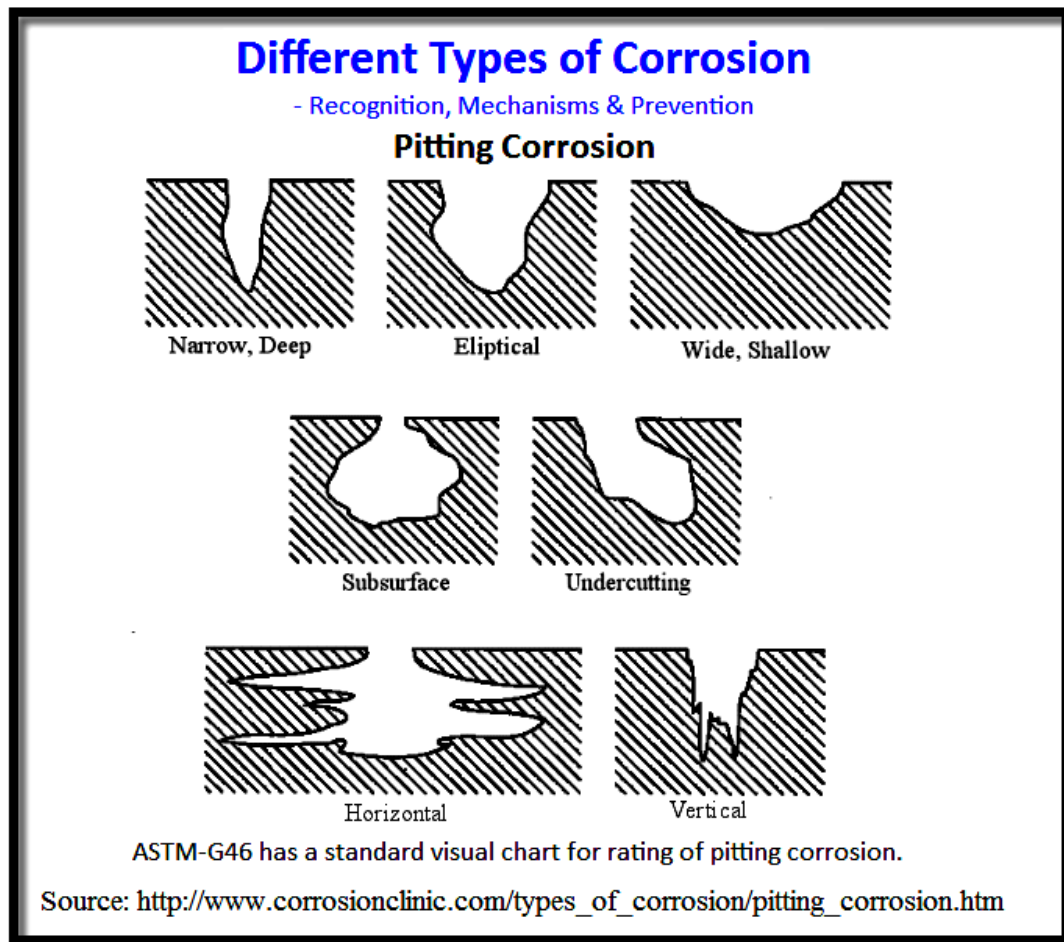
تصویر ۲۷۰: اندازه جوش گلوبی در جوشهای Fillet در رابطه با تعیین ضخامت کنترلی در بحث عملیات حرارتی

(3) - در جوشهای با نفوذ جزئی (Partial Penetration) عمق جوش در شیار



تصویر ۲۷۱: طرح اتصال در جوشهای شیاری با نفوذ جزئی جهت بحث عملیات حرارتی

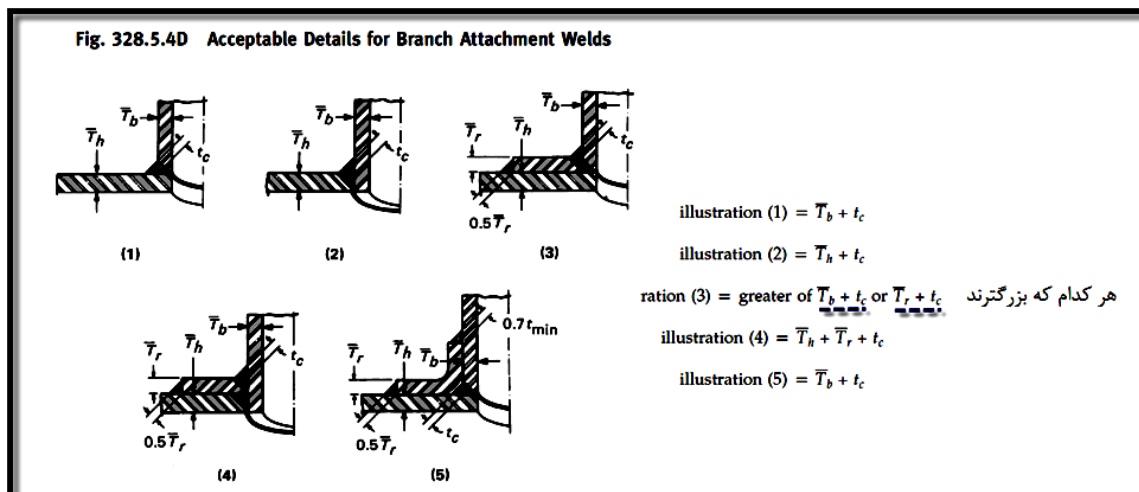
(4) - عمق حفره ای که بر روی متریال بوسیله جوشکاری می بایست تعمیر شود.



تصویر ۲۷۲: عمق محل جوشهای تعمیری در متریال جهت بحث عملیات حرارتی

■ - تنش زدایی (PWHT) در Branch ها مطابق با ASME B31.3

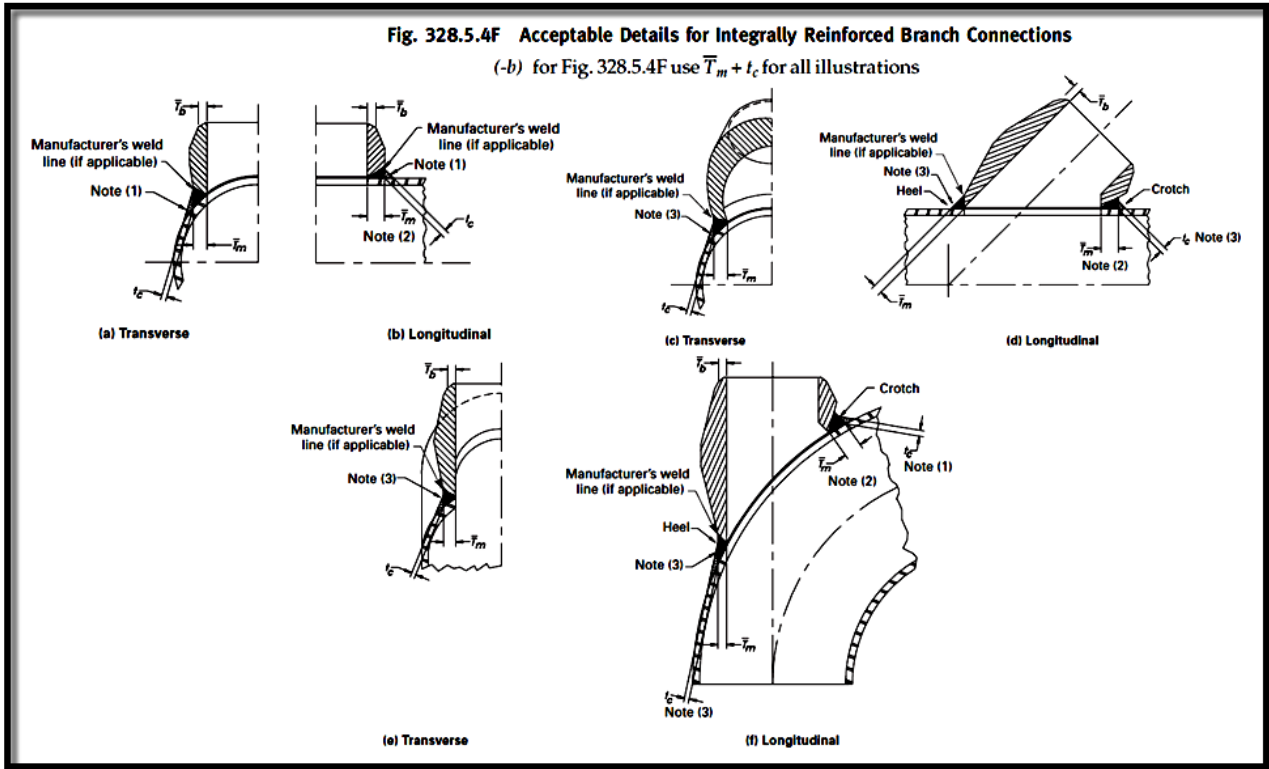
(5) - در جوشهای انشعابی Branch، ابعاد موجود در سطح مقاطع محور طولی همانگونه که برای هر جزء با استفاده از کل ضخامت جوش که جزئیات آن در تصویر ۲۷۳ - 328.5.4D و تصویر ۲۷۴ - 328.5.4F نشان داده شده است محاسبه می شود. ضخامت جوش باید با استفاده از فرمول های زیر محاسبه گردد.



تصویر ۲۷۳: فرمولهای مورد استفاده جهت محاسبه تنش زدایی Branch ها، طبق (5) Para. 331.1.3

توضیح: وقتی اتصال از نوع Stub on باشد مثل تصویر شماره (1) ملاک محاسبه ضخامت، ضخامت انشعاب (branch) است که در تصویر ۲۷۳ به صورت $\bar{T}_b$ نوشته می شود. و وقتی اتصال از نوع Stub in باشد مثل تصویر شماره (2) ملاک محاسبه ضخامت، ضخامت (header) است که در تصویر ۲۷۳ به صورت $\bar{T}_h$ نوشته می شود.

(b) - برای تصویر ۲۷۴-328.5.4F برای تمامی شکل ها از فرمول $\bar{T}_m + t_c$ استفاده کنید.



تصویر ۲۷۴: فرمولهای مورد استفاده جهت محاسبه تنش زدایی Branch ها، طبق (5) Para. 331.1.3

(c) - عبارت ضخامت اسمی متریکال همانطور که در جدول Table 331.1.3 بکار برده شده است، عبارتست از ضخامت متریکال ضخیمتر در محل اتصال جوش.

*** نمونه هایی از اتصالات مختلف در سیستم های لوله کشی:



تصویر ۲۷۵: نمونه هایی از اتصالات Branch به Run Pipe و فیتینگها



تصویر ۲۷۶: نمونه هایی از اتصالات Branch به Run Pipe و فیتینگها



تصویر ۲۷۷: نمونه هایی از اتصالات Branch به Run Pipe و فیتینگها

■ جدول (Table 331.1.3) معافیتها از تنش زدایی PWHT اجباری

Table 331.1.3 Exemptions to Mandatory Postweld Heat Treatment

(16)

P-No. and Group No. (BPV Code Section IX, QW/QB-420) [Note (1)]	Control Thickness, mm (in.) [Note (2)]	Type of Weld	Additional Limitations Required for Exemption From PWHT [Notes (3)–(5)]
P-No. 1, all Group Nos.	All	All	A preheat of 95°C (200°F) is applied prior to welding on any nominal material thickness >25 mm (1 in.) Multiple layer welds are used when the nominal material thickness >5 mm ($\frac{3}{16}$ in.) [Note (6)]
P-No. 3, Group Nos. 1 and 2	≤16 mm ($\frac{5}{8}$ in.)	All	A preheat of 95°C (200°F) is applied prior to welding on any nominal material thickness >13 mm ($\frac{1}{2}$ in.) A specified carbon content of the base materials ≤0.25% Multiple layer welds are used when the nominal material thickness >5 mm ($\frac{3}{16}$ in.) [Note (6)]
P-No. 4, Group No. 1	≤16 mm ($\frac{5}{8}$ in.)	Groove	Mandatory preheat has been applied Specified carbon content of the base materials ≤0.15% Multiple layer welds are used when the nominal material thickness >5 mm ($\frac{3}{16}$ in.) [Note (6)]
	≤16 mm ($\frac{5}{8}$ in.) except the thickness of a socket weld fitting or flange need not be considered	Socket and fillet welds	Mandatory preheat has been applied Throat thickness of the fillet weld or the socket weld ≤13 mm ($\frac{1}{2}$ in.) Specified carbon content of the pipe material ≤0.15% Nominal material thickness of the pipe ≤16 mm ($\frac{5}{8}$ in.) Multiple layer welds are used when the nominal material thickness >5 mm ($\frac{3}{16}$ in.) [Note (6)]
	≤16 mm ($\frac{5}{8}$ in.)	Seal welds and non-load-carrying attachments [Note (7)]	Mandatory preheat has been applied Multiple layer welds are used when the nominal material thickness >5 mm ($\frac{3}{16}$ in.) [Note (6)]
P-No. 5A, Group No. 1	≤16 mm ($\frac{5}{8}$ in.)	Groove	Mandatory preheat has been applied Specified carbon content of the base materials ≤0.15% Multiple layer welds are used when the nominal material thickness >5 mm ($\frac{3}{16}$ in.) [Note (6)]
	≤16 mm ($\frac{5}{8}$ in.) except the thickness of a socket weld fitting or flange need not be considered	Socket and fillet welds	Mandatory preheat has been applied Throat thickness of the fillet weld or the socket weld ≤13 mm ($\frac{1}{2}$ in.) Specified carbon content of the pipe material ≤0.15% Nominal thickness of the pipe ≤5 mm ($\frac{3}{16}$ in.) Multiple layer welds are used when the nominal material thickness >5 mm ($\frac{3}{16}$ in.) [Note (6)]
	≤16 mm ($\frac{5}{8}$ in.)	Seal welds and non-load-carrying attachments [Note (7)]	Mandatory preheat has been applied Multiple layer welds are used when the nominal material thickness >5 mm ($\frac{3}{16}$ in.) [Note (6)]
P-No. 5B, Group No. 1	...	...	No exemptions from PWHT

تصویر ۲۷۸: جدول 331.1.3 معافیتها از تنش زدایی PWHT اجباری

(16) Table 331.1.3 Exemptions to Mandatory Postweld Heat Treatment (Cont'd)

P-No. and Group No. (BPV Code Section IX, QW/QB-420) [Note (1)]	Control Thickness, mm (in.) [Note (2)]	Type of Weld	Additional Limitations Required for Exemption From PWHT [Notes (3)–(5)]
P-No. 6, Group Nos. 1–3	All	All	Specified carbon content of the base materials $\leq 0.08\%$ Nominal material thickness ≤ 10 mm ($\frac{3}{8}$ in.) Weld filler metal is A-No. 8, A-No. 9, or F-No. 43 composition [Note (8)]
P-No. 7, Group No. 1	All	All	Specified carbon content of the base materials $\leq 0.08\%$ Nominal material thickness ≤ 10 mm ($\frac{3}{8}$ in.) Weld filler metal is A-No. 8, A-No. 9, or F-No. 43 composition [Note (8)]
P-No. 7, Group No. 2	...	...	No exemptions from PWHT
P-No. 8, all Group Nos.	All	All	PWHT neither required nor prohibited
P-No. 9A, Group No. 1	All	All	Specified carbon content of the pipe material $\leq 0.15\%$ Nominal material thickness ≤ 13 mm ($\frac{1}{2}$ in.) Mandatory preheat has been applied
P-No. 9B, Group No. 1	All	All	Nominal material thickness ≤ 16 mm ($\frac{5}{8}$ in.) and the WPS has been qualified using a material of equal or greater thickness than used in the production weld
P-No. 10H, Group No. 1	All	All	PWHT neither required nor prohibited
P-No. 10I, Group No. 1	All	All	PWHT neither required nor prohibited for nominal material thickness ≤ 13 mm ($\frac{1}{2}$ in.)
P-No. 11A	≤ 50 mm (2 in.)	All	...
P-No. 15E	...	...	No exemptions from PWHT
P-No. 62	...	...	No exemptions from PWHT

تصویر ۲۷۹: ادامه‌ی جدول 331.1.3 معافیتها از تنش زدایی PWHT اجباری

یادداشت‌های جدول 331.1.3

- (۱) - اگر تفاوتی با P-No. مندرج در APP.-A یافت شود، P-No. لیست شده در جدول QW-422 از استاندارد Sec. IX بکار برده شود.
- (۲) - ضخامت کنترلی در پاراگراف 331.1.3 تعریف شده.
- (۳) - ضخامت اسمی متریال در پاراگراف (c) 331.1.3 تعریف شده.
- (۴) - هیچ معافیتی از PWHT بوسیله‌ی طراح یا WPS مجاز دانسته نشده.
- (۵) - برای جوشهای انجام شده مطابق با پاراگراف 328.7 ممکن است معافیت‌های بیشتری برای متریال‌های اشاره شده داده شود.
- (۶) - جوشهای تک لایه یا تک پاس می‌توانند از PWHT معاف شوند مشروط بر آنکه PQR با جوشهای تک پاس و $\pm 10\%$ حرارت ورودی (Heat-Input) تهیه شده باشد و سایر شرایط برای معافیت وجود داشته باشد.
- (۷) - ضمانتی که متحمل بار نیستند به مثابه آیتم‌هایی تعریف شده‌اند که هیچ نیروی فشاری یا بار مکانیکی قابل ملاحظه‌ای از طریق آنها به لوله یا متریالی که متحمل فشار است منتقل نمی‌شود.
- (۸) - A-No. ها و F-No. ها به ترتیب در جدول‌های QW-422 و QW-432 در ASME Sec. IX یافت می‌شوند.

Table 331.1.3 Exemptions to Mandatory Postweld Heat Treatment

معافیتها از تنش زدایی PWHT اجباری

P-No. and Group No. (BPV Code Section IX, QW/QB-420) [Note (1)] P-No. دسته بندی متریال بر اساس	Control Thickness, in. (mm) [Note (2)] ضخامت کنترلی	Type of Weld نوع جوش	Additional Limitations Required for Exemption From PWHT [Notes (3)–(5)] محدودیتهای بیشتر مورد نیاز برای معافیت از تنش زدایی PWHT
P-No. 1, all Group Nos.	All	All	برای ضخامتهای اسمی بیشتر از ۲۵ میلیمتر قبل از جوشکاری پیش گرمایش در درجه حرارت ۹۵ سانتیگراد انجام شود. زمانیکه ضخامت اسمی بیشتر از ۵ میلیمتر است جوشهای چند لایه بکار برده شده باشد. [(Note (6)]
P-No. 3, Group Nos. 1 and 2	≤16 mm (5/8 in.) مساوی یا کمتر از ۱۶ میلیمتر	All	برای ضخامتهای اسمی بیشتر از ۱۳ میلیمتر قبل از جوشکاری پیش گرمایش در درجه حرارت ۹۵ سانتیگراد انجام شود. مقدار کربن مشخص شده ی فلزات منبأ مساوی یا کمتر از ۰.۲۵٪ درصد باشد. زمانیکه ضخامت اسمی بیشتر از ۵ میلیمتر است جوشهای چند لایه بکار برده شده باشد. [(Note (6)]
P-No. 4, Group Nos. 1	≤16 mm (5/8 in.) مساوی یا کمتر از ۱۶ میلیمتر	Groove	پیش گرمایش اجباری انجام شده باشد. مقدار کربن مشخص شده ی فلزات منبأ مساوی یا کمتر از ۰.۱۵٪ درصد باشد. زمانیکه ضخامت اسمی بیشتر از ۵ میلیمتر است جوشهای چند لایه بکار برده شده باشد. [(Note (6)]
	مساوی یا کمتر از ۱۶ میلیمتر به استثناء فیتینگها و فلنجهای ساکنی که ضخامت آنها نباید در نظر گرفته شود.	Socket and Fillet Welds	پیش گرمایش اجباری انجام شده باشد. ضخامت گلوپی جوش فیلت یا ساکت مساوی یا کمتر از ۱۳ میلیمتر باشد. مقدار کربن مشخص شده ی متریال لوله مساوی یا کمتر از ۰.۱۵٪ درصد باشد. ضخامت اسمی متریال لوله مساوی یا کمتر از ۱۴ میلیمتر باشد. زمانیکه ضخامت اسمی بیشتر از ۵ میلیمتر است جوشهای چند لایه بکار برده شده باشد. [(Note (6)]
	≤16 mm (5/8 in.) مساوی یا کمتر از ۱۶ میلیمتر	Seal welds and non-load-carrying attachments [Note (7)] جوشهای آب بندی و جوشهای ضامنمی که متحمل بار نمی شوند.	پیش گرمایش اجباری انجام شده باشد. زمانیکه ضخامت اسمی بیشتر از ۵ میلیمتر است جوشهای چند لایه بکار برده شده باشد. [(Note (6)]
P-No. 5A, Group Nos. 1	≤16 mm (5/8 in.) مساوی یا کمتر از ۱۶ میلیمتر	Groove	پیش گرمایش اجباری انجام شده باشد. مقدار کربن مشخص شده ی متریال منبأ مساوی یا کمتر از ۰.۱۵٪ درصد باشد. زمانیکه ضخامت اسمی بیشتر از ۵ میلیمتر است جوشهای چند لایه بکار برده شده باشد. [(Note (6)]
	مساوی یا کمتر از ۱۶ میلیمتر به استثناء فیتینگها و فلنجهای ساکنی که ضخامت آنها نباید در نظر گرفته شود.	Socket and Fillet Welds	پیش گرمایش اجباری انجام شده باشد. ضخامت گلوپی جوش فیلت یا ساکت مساوی یا کمتر از ۱۳ میلیمتر باشد. مقدار کربن مشخص شده ی متریال لوله مساوی یا کمتر از ۰.۱۵٪ درصد باشد. زمانیکه ضخامت اسمی بیشتر از ۵ میلیمتر است جوشهای چند لایه بکار برده شده باشد. [(Note (6)]
	≤16 mm (5/8 in.) مساوی یا کمتر از ۱۶ میلیمتر	Seal welds and non-load-carrying attachments [Note (7)] جوشهای آب بندی و جوشهای ضامنمی که متحمل بار نمی شوند.	پیش گرمایش اجباری انجام شده باشد. زمانیکه ضخامت اسمی بیشتر از ۵ میلیمتر است جوشهای چند لایه بکار برده شده باشد. [(Note (6)]
P-No. 5B, Group Nos. 1	---	---	از PWHT معاف نیست
P-No. 6, Group Nos. 1-3	All	All	مقدار کربن مشخص شده ی فلز منبأ مساوی یا کمتر از ۰.۰۸٪ درصد باشد. ضخامت اسمی متریال مساوی یا کمتر از ۱۰ میلیمتر باشد. ترکیب فلز جوش A-No. 9, A-No. 8 یا معادل ترکیب F-No. 43 باشد [(Note (8)]
P-No. 7, Group Nos. 1	All	All	مقدار کربن مشخص شده ی فلز منبأ مساوی یا کمتر از ۰.۰۸٪ درصد باشد. ضخامت اسمی متریال مساوی یا کمتر از ۱۰ میلیمتر باشد. ترکیب فلز جوش A-No. 9, A-No. 8 یا معادل ترکیب F-No. 43 باشد [(Note (8)]
P-No. 7, Group Nos. 2	---	---	از PWHT معاف نیست
P-No. 8, All Group Nos.	---	---	تنش زدایی (PWHT) نه لازم است نه ممنوع شده است
P-No. 9A, Group Nos. 1	All	All	مقدار کربن مشخص شده ی لوله مساوی یا کمتر از ۰.۱۵٪ درصد باشد. ضخامت اسمی متریال مساوی یا کمتر از ۱۳ میلیمتر باشد. پیش گرمایش اجباری انجام شده باشد.
P-No. 9B, Group Nos. 1	All	All	ضخامتهای اسمی متریال مساوی یا کمتر از ۱۴ میلیمتر بوده و ضخامت متریال بکار رفته در تهیه PQR معادل یا بیشتر از ضخامت متریال بکار رفته در عمل (پروژه) باشد.
P-No. 10H, Group Nos. 1	All	All	تنش زدایی (PWHT) نه لازم است نه ممنوع شده است
P-No. 10I, Group Nos. 1	All	All	برای ضخامتهای مساوی یا کمتر از ۱۳ میلیمتر تنش زدایی (PWHT) نه لازم است نه ممنوع شده است
P-No. 11A	≤50 mm (2 in.)	All	---
P-No. 15E	---	---	از PWHT معاف نیست
P-No. 62	---	---	از PWHT معاف نیست

تصویر ۲۸۰: ترجمه مطالب جدول 331.1.3-2016 معافیتها از تنش زدایی PWHT اجباری

■ - جدول 331.1.1-2016- Post weld Heat Treatment

Table 331.1.1 Postweld Heat Treatment			
P-No. and Group No. (BPV Code Section IX, QW/QB-420)	Holding Temperature Range, °C (°F) [Note (1)]	Minimum Holding Time at Temperature for Control Thickness [Note (2)]	
		Up to 50 mm (2 in.)	Over 50 mm (2 in.)
P-No. 1, Group Nos. 1-3	595 to 650 (1,100 to 1,200)	1 h/25 mm (1 hr/in.);	2 hr plus 15 min for each
P-No. 3, Group Nos. 1 and 2	595 to 650 (1,100 to 1,200)	15 min min.	additional 25 mm (in.)
P-No. 4, Group Nos. 1 and 2	650 to 705 (1,200 to 1,300)		over 50 mm (2 in.)
P-No. 5A, Group No. 1	675 to 760 (1,250 to 1,400)		
P-No. 5B, Group No. 1	675 to 760 (1,250 to 1,400)		
P-No. 6, Group Nos. 1-3	760 to 800 (1,400 to 1,475)		
P-No. 7, Group Nos. 1 and 2 [Note (3)]	730 to 775 (1,350 to 1,425)		
P-No. 8, Group Nos. 1-4	PWHT not required unless required by WPS		
P-No. 9A, Group No. 1	595 to 650 (1,100 to 1,200)		
P-No. 9B, Group No. 1	595 to 650 (1,100 to 1,200)		
P-No. 10H, Group No. 1	PWHT not required unless required by WPS. If done, see Note (4).		
P-No. 10I, Group No. 1 [Note (3)]	730 to 815 (1,350 to 1,500)		
P-No. 11A	550 to 585 (1,025 to 1,085) [Note (5)]		
P-No. 15E, Group No. 1	730 to 775 (1,350 to 1,425) [Notes (6) and (7)]	1 h/25 mm (1 hr/in.); 30 min min.	1 h/25 mm (1 hr/in.) up to 125 mm (5 in.) plus 15 min for each addi- tional 25 mm (in.) over 125 mm (5 in.)
P-No. 62	540 to 595 (1,000 to 1,100)	...	See Note (8)
All other materials	PWHT as required by WPS	In accordance with WPS	In accordance with WPS

تصویر ۲۸۱: جدول ۳۳۱ مربوط به تنش زدایی (PWHT) طبق استاندارد B31.3-2016

GENERAL NOTE: The exemptions for mandatory PWHT are defined in Table 331.1.3.

NOTES:

- (1) The holding temperature range is further defined in para. 331.1.6(c) and Table 331.1.2.
- (2) The control thickness is defined in para. 331.1.3.
- (3) Cooling rate shall not be greater than 55°C (100°F) per hour in the range above 650°C (1,200°F), after which the cooling rate shall be sufficiently rapid to prevent embrittlement.
- (4) If PWHT is performed after welding, it shall be within the following temperature ranges for the specific alloy, followed by rapid cooling:
Alloys S31803 and S32205 — 1 020°C to 1 100°C (1,870°F to 2,010°F)
Alloy S32550 — 1 040°C to 1 120°C (1,900°F to 2,050°F)
Alloy S32750 — 1 025°C to 1 125°C (1,880°F to 2,060°F)
All others — 980°C to 1 040°C (1,800°F to 1,900°F).
- (5) Cooling rate shall be >165°C (300°F)/h to 315°C (600°F)/h.
- (6) The minimum PWHT holding temperature may be 675°C (1,250°F) for nominal material thicknesses [see para. 331.1.3(c)]
≤13 mm (½ in.).
- (7) The Ni + Mn content of the filler metal shall not exceed 1.2% unless specified by the designer, in which case the maximum temperature to be reached during PWHT shall be the A₁ (lower transformation or lower critical temperature) of the filler metal, as determined by analysis and calculation or by test, but not exceeding 800°C (1,470°F). If the 800°C (1,470°F) limit was not exceeded but the A₁ of the filler metal was exceeded or if the composition of the filler metal is unknown, the weld must be removed and replaced. It shall then be rewelded with compliant filler metal and subjected to a compliant PWHT. If the 800°C (1,470°F) limit was exceeded, the weld and the entire area affected by the PWHT will be removed and, if reused, shall be renormalized and tempered prior to reinstallation.
- (8) Heat treat within 14 days after welding. Hold time shall be increased by 1.2 h for each 25 mm (1 in.) over 25 mm (1 in.) thickness.
Cool to 425°C (800°F) at a rate ≤280°C (500°F).

تصویر ۲۸۲: جدول 331.1.1 مربوط به تنش زدایی (PWHT) طبق استاندارد B31.3-2016

یادداشتهای جدول 331.1.1:

یادداشتهای کلی: موارد معاف از PWHT اجباری در جدول 331.1.1: تعریف شده است.

(۱) - محدوده‌ی درجه حرارت نگهداری در پاراگراف (c) 331.1.6 و جدول 331.1.2 بیشتر تعریف شده.

(۲) - ضخامت کنترلی در پاراگراف 331.1.3 تعریف شده است.

(۳) - سرعت سرد کردن در محدوده‌ی بالاتر از 55°C (100°F) نباید بیشتر از 650°C ($1,200^{\circ}\text{F}$) بر ساعت باشد، بعد از آن سرعت سرد کردن باید تا آن حد سریع باشد که از تردی (شکنندگی) فلز پیشگیری نماید.

(۴) - اگر تنش زدائی بعد از جوشکاری انجام شده باشد این عمل باید در محدوده‌ی درجه حرارت های زیر برای آلیاژهای مشخص شده انجام شود و بدنبال آن سریع سرد گردد:

Alloys S31803 and S32205 — 1020°C to 1100°C ($1,870^{\circ}\text{F}$ to $2,010^{\circ}\text{F}$)

Alloy S32550 — 1040°C to 1120°C ($1,900^{\circ}\text{F}$ to $2,050^{\circ}\text{F}$)

Alloy S32750 — 1025°C to 1125°C ($1,880^{\circ}\text{F}$ to $2,060^{\circ}\text{F}$)

All others — 980°C to 1040°C ($1,800^{\circ}\text{F}$ to $1,900^{\circ}\text{F}$).

(۵) - سرعت سرد کردن باید بیشتر از 165°C (300°F)/h تا 315°C (600°F)/h باشد.

(۶) - حداقل درجه حرارت نگهداری تنش زدائی برای ضخامت های اسمی کمتر یا مساوی $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) می تواند 675°C ($1,250^{\circ}\text{F}$) باشد. [به پاراگراف (c) 331.1.3 نگاه کنید.]

(۷) - مجموع مقدار نیکل و مولیبدن فیلر متال نباید از 1.2 درصد تجاوز کند مگر اینکه طراح مشخص کرده باشد که در این صورت درجه حرارت تنش زدائی باید حداکثر تا خط A_1 (درجه حرارت پایینی استحاله‌ی فازی lower transformation یا درجه حرارت بحرانی پایینی lower critical temperature) فیلر متال که بوسیله‌ی آنالیز شیمیایی و محاسبه یا توسط تست تعیین می گردد، باشد ولی از 800°C ($1,470^{\circ}\text{F}$) نباید تجاوز کند.

اگر درجه حرارت تنش زدائی از 800°C ($1,470^{\circ}\text{F}$) تجاوز نکند ولی از خط درجه حرارت استحاله‌ی فازی فیلر متال (A_1) تجاوز نماید یا اگر ترکیب شیمیایی فیلر متال ناشناخته باشد جوش باید برداشته شده و مجدداً توسط فیلر متالی مناسب جوشکاری و تنش زدائی گردد.

اگر درجه حرارت از 800°C ($1,470^{\circ}\text{F}$) تجاوز نماید، جوش و تمام نواحی متأثر از درجه حرارت تنش زدائی باید برداشته شوند و اگر بخواهیم قسمت برداشته شده را استفاده کنیم قبل از نصب مجدد باید آنرا نرمالیز و تمپر کرد.

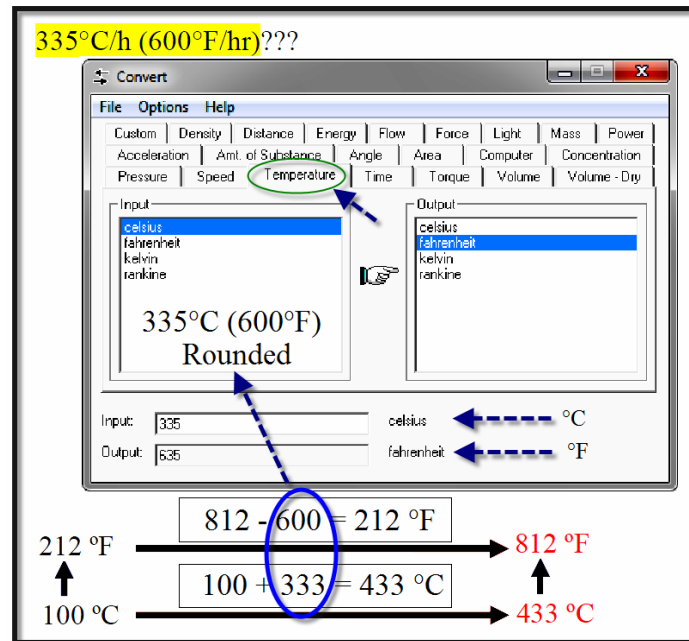
(۸) - در خلال ۱۴ روز پس از جوشکاری تنش زدائی نمایید. در ضخامت های بیشتر از یک اینچ زمان نگهداری باید به ازای هر یک اینچ اضافه ضخامت 1.2 ساعت در نظر گرفته شود. سرد کردن تا درجه حرارت 425°C (800°F) با سرعت کمتر یا مساوی 280°C (500°F) بر ساعت انجام شود.

*- پاراگراف 331.1.4 (Heating and Cooling): گرم کردن و سرد کردن

روش گرم کردن باید درجه حرارت مورد نیاز فلز، یکنواختی درجه حرارت در فلز و امکان کنترل درجه حرارت را تامین نماید و گرم کردن می تواند شامل گرم کردن در یک کوره‌ی در بسته، توسط شعله بطور موضعی، مقاومت الکتریکی، القاء الکتریکی با واکنش شیمیایی حرارت زا باشد. در درجه حرارت بالاتر از 315°C (600°F) سرعت گرم کردن و سرد کردن نباید از 335°C (600°F) بر ساعت تقسیم بر 0.5 (نصف) حداکثر ضخامت فلز در ناحیه‌ی جوش بر حسب اینچ بیشتر باشد ولی در هیچ شرایطی این میزان (Rate) نباید از 335°C (600°F) بر ساعت تجاوز نماید. برای الزامات سرعت سرد کردن متریال های P-Nos. 7, 10I, 11A, and 62 به جدول 331.1.1 نگاه کنید.

توضیح: لطفاً دقت کنید. چرا در پاراگراف فوق دمای 335°C برابر 600°F در نظر گرفته شده در صورتیکه اگر با نرم افزار محاسبه کنید دمای 335°C معادل دمای 635°F است. پس دلیل این اختلاف چیست؟

توضیح: دمای 100°C برابر است با دمای 212°F حال اگر به دمای 100°C میزان 333°C اضافه شود به دمای 433°C می رسیم که این عدد با استفاده از نرم افزار تبدیل واحدها برابر با 812°F می باشد. بنابراین: نتیجه می گیریم 600°F معادل است با 333°C ، که با گرد (gerd) کردن عدد از دمای 333°C به دمای 335°C می رسیم.



تصویر ۲۸۳: دلیل اختلاف دمای 335°C معادل 600°F با دمای 335°C برابر 635°F

*- پاراگراف 331.1.6 (Temperature Verification): تأیید صحت درجه حرارت

درجه حرارت تنش زدایی باید بوسیله پیرومترهای ترموکوپلی (Thermocouple pyrometers) یا سایر روشهای مناسب کنترل گردد تا اطمینان حاصل شود الزامات مندرج در WPS رعایت شده. برای اتصال ترموکوپل ها بوسیله جوشکاری بهتر است با روش تخلیه الکتریکی (low energy capacitor discharge) انجام عایت شده. به پاراگراف 328.7 نگاه کنید.

(a) - اگر از کوره‌ی عملیات حرارتی (heat treatment furnace) استفاده می شود باید کالیبره گردد بطوریکه بتوان عملیات تنش زدایی را در دامنه‌ی درجه حرارت مورد نیاز کنترل کرد.



تصویر ۲۸۴: کوره‌ی عملیات حرارتی (heat treatment furnace)

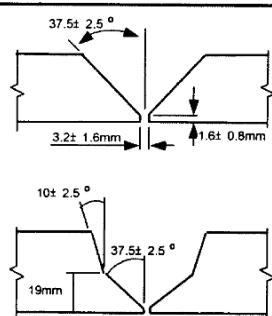
(b) - هر گونه PWHT که مورد نیاز باشد باید در WPS قید و توسط PQR تأیید گردد. (به مثال زیر دقت شود).

(c) - برای جوشهایی که بر طبق جدول 331.1.1 نیاز به PWHT دارند درجه حرارت متریال در خلال PWHT باید در محدوده‌ی مشخص شده باشد. با اینحال اگر توسط طراح تأیید گردد همانطور که توسط جدول 331.1.2 مجاز دانسته شده محدوده‌ی درجه حرارت می تواند بیشتر شود مشروط بر آنکه از درجه حرارت بحرانی پایینی متریال تجاوز ننماید.

*- جدول 331.1.2

		TOTAL SOUTH PARS PROJECT PHASE 2&3 PROCEDURE QUALIFICATION TEST RECORDS (PQR) (ASME SEC. IX)		Sheet 1 of 4																
PQR NO <u>HD - PQR - ASME - 001</u> Rev. <u>0</u> Welding process <u>GTAW + SMAW</u> Types ☒ Manual ☐ Machine ☐ Automatic ☐ Semi-Automatic		PREHEAT (QW-407) Preheat Temp. <u>110°C</u> Inter-pass Temp. Max. <u>155°C</u> POST WELD HEAT TREATMENT (QW-407) Temperature <u>600 ~ 605°C</u> Time <u>1 Hr 20 Min</u> Heating rate : <u>98°C / Hr</u> Cooling rate : <u>75°C / Hr</u>																		
JOINTS (QW-402) -- See next page --		GAS (QW-408) Percent Composition <table border="1"> <tr> <th>Shielding</th> <th>Gases</th> <th>(Mixture)</th> <th>Flow Rate</th> </tr> <tr> <td></td> <td>Argon</td> <td>99.9%</td> <td>19~22 l/min</td> </tr> <tr> <td>Trailing</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Backing</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> </table>			Shielding	Gases	(Mixture)	Flow Rate		Argon	99.9%	19~22 l/min	Trailing	N/A	N/A	N/A	Backing	N/A	N/A	N/A
Shielding	Gases	(Mixture)	Flow Rate																	
	Argon	99.9%	19~22 l/min																	
Trailing	N/A	N/A	N/A																	
Backing	N/A	N/A	N/A																	
BASE METALS (QW-403) Material Spec. <u>ASTM & API 5L</u> Type or Spec. <u>A106 Gr-B & API 5L Gr.B</u> P-No. <u>1</u> , G-No. <u>1</u> to P-No. <u>1</u> , G-No. <u>1</u> Thickness of Test Coupon <u>27.96 mm</u> Diameter of Test Coupon <u>14 inch</u> Other		ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409) Current <u>DC</u> Polarity <u>GTAW : SP, SMAW : RP</u> Amps. <u>GTAW : 100~188, SMAW : 100~150</u> Volts <u>GTAW : 9~11, SMAW : 18~26</u> Tungsten Electrode Size <u>Ø2.4 EWTH-2</u> Other <u>N/A</u> TECHNIQUE (QW-410)																		

تصویر ۲۸۵: درخواست PWHT در فرمت PQR وقتی که مورد نیاز است

		TOTAL SOUTH PARS PROJECT PHASE 2 & 3 WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) (ASME SEC. IX)	
WPS NO <u>HD - WPS - ASME - 001</u> Rev. <u>4</u> PQR NO <u>HD - PQR - ASME - 001, 11-2</u> Rev. <u>0</u> Welding process <u>GTAW + SMAW</u> Types ☒ Manual ☐ Semi-Automatic ☐ Automatic		JOINTS (QW-402) Joint Design <u>Groove</u> Backing ☒ NO GTAW ☒ YES SMAW Backing Material or Type: <u>GTAW root passes</u>	
BASE METALS (QW-403) P-No. <u>1</u> G-No. <u>1 & 2</u> to P-No. <u>1</u> G-No. <u>1 & 2</u> Thickness Range <u>19 mm ~ 55 mm</u> Diameter Range <u>ALL</u>		 Joint Details	
FILLER METALS (QW-404) F-No. <u>6 & 4</u> A-No. <u>1</u> Spec. No. (SFA) <u>A 5.18 & A 5.1, A 5.5</u> AWS No. (Class) <u>ER70S-3, E7016, E7016-G</u> Size of Filler Metal <u>See table below</u> Deposit Thickness qualified <u>GTAW : Up to 15 mm</u> <u>SMAW : Up to 40 mm</u> Trade Name <u>HWC ST-50.3 & HWC E7016-HL</u> <u>KOBE LB52NS</u>		POST WELD HEAT TREATMENT (QW-407) Temperature Range <u>600 ± 10 °C</u> Time Range <u>1 hr / inch, Minimum 1 hr</u> Heating rate <u>Max. 220°C / hr / inch</u> Cooling rate <u>Max. 275°C / hr / inch</u>	
PREHEAT & INTERPASS TEMP. (QW-406) Preheat Temp. Min. <u>55 °C, 100°C⁽¹⁾</u> Interpass Temp. Max. <u>250 °C</u> Preheat maintenance <u>No</u>			

تصویر ۲۸۶: مشخص شدن وضعیت PWHT در فرمت WPS با تأیید انجام آن در PQR

Table 331.1.2 Alternate Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels, P-Nos. 1 and 3

Decrease in Specified Minimum Temperature, °C (°F)	Minimum Holding Time at Decreased Temperature, h [Note (1)]
30 (50)	2
55 (100)	4
85 (150) [Note (2)]	10
110 (200) [Note (2)]	20

NOTES:

- (1) Times shown apply to thicknesses ≤25 mm (1 in.). Add 15 min/25 mm (15 min/in.) of thickness for control thicknesses >25 mm (1 in.) (see para. 331.1.3).
- (2) A decrease >55°C (100°F) below the minimum specified temperature is allowable only for P-No. 1, Group Nos. 1 and 2 materials.

تصویر ۲۸۷: جدول 331.1.2-Table ASME B31.3-2016

- جدول 331.1.2: الزامات جایگزین PWHT برای فولادهای کربنی و فولادهای آلیاژی P-No. 1 و P-No. 3 این جدول دو ستون دارد در ستون سمت چپ، کاهش در حداقل درجه حرارت مشخص شده (°C (°F) را نشان می دهد و در ستون سمت راست، حداقل زمان نگهداری در صورت کاهش درجه حرارت بر حسب ساعت را نشان می دهد. - یادداشتهای جدول 331.1.2:

۱- زمانهای نشان داده شده برای ضخامت های کمتر یا مساوی 25 mm (1 in.) بکار برده می شود. برای ضخامت های کنترلی بیشتر از 25 mm (1 in.) بایستی ۱۵ دقیقه به زمان مشخص شده اضافه نمایید. (به پاراگراف 331.1.3 نگاه کنید).

۲- کاهش بیش از 55°C (100°F) زیر حداقل درجه حرارت مشخص شده تنها برای متریال های P-No. 1, Group Nos. 1 and 2 مجاز می باشد.

بطور مثال: اگر 55 °C (100 °F) کاهش در حداقل درجه حرارت مشخص شده اتفاق بیفتد می بایست افزایش 4 ساعته در حداقل زمان نگهداری در نظر گرفت.

پاراگراف 331.1.7- تست سختی: (این پاراگراف در چاپ سال 2014 حذف شده است)

331.1.7 Hardness Tests. Hardness tests of production welds and of hot bent and hot formed piping are intended to verify satisfactory heat treatment. The hardness limit applies to the weld and to the heat affected zone (HAZ) tested as close as practicable to the edge of the weld.

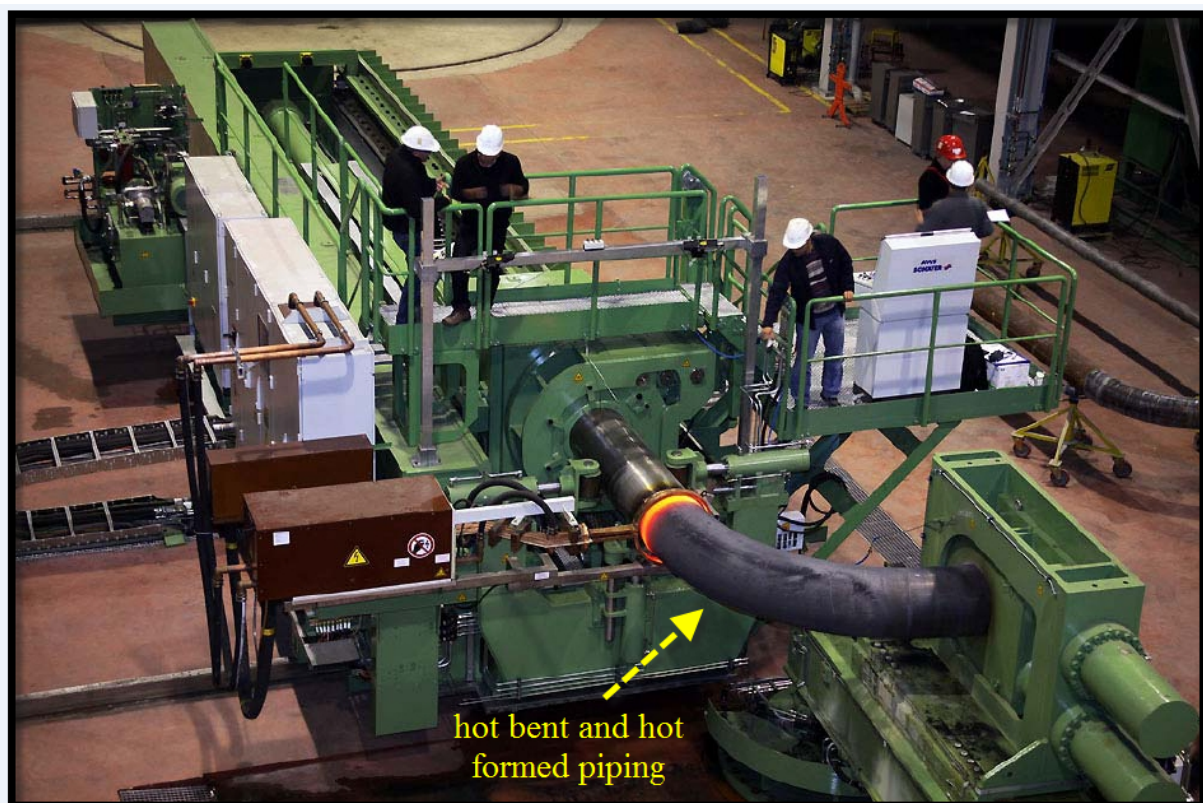
➡ (a) Where a hardness limit is specified in Table 331.1.1,

at least 10% of welds, hot bends, and hot formed components in each furnace heat treated batch and 100% of those locally heat treated shall be tested.

➡ (b) When dissimilar metals are joined by welding, the hardness limits specified for the base and welding materials in Table 331.1.1 shall be met for each material.

ASME B31.3-2012

تصویر ۲۸۸: پاراگراف 331.1.7 تست سختی که در چاپ سال 2014 حذف شده است.



تصویر ۲۸۹: نمایی از hot bent and hot formed piping

تست سختی جوشهای انجام شده و لوله کشی هایی که به روش گرم خمکاری شده اند یا تغییر شکل یافته اند به منظور بررسی و تایید مناسب بودن عملیات حرارتی انجام می گیرد. میزان سختی باید در مورد جوش و ناحیهی متأثر از حرارت (HAZ) که تا حد امکان به لبهی جوش نزدیک است بکار برده شود.

***- توجه: دلیل حذف پاراگراف 331.1.7 (Hardness Tests): ابتدا نگاهی به تاریخچه استاندارد B31.3 می کنیم:

- اولین ویرایش استاندارد B31.3 با نام (Petroleum Refinery Piping Code) در سال ۱۹۵۹ منتشر گردید و اولین استاندارد مخصوص سیستمهای لوله کشی سایتهای شیمیایی را در سال ۱۹۷۶ تحت نام Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping ارائه کرد. ۲ سال بعد یعنی در سال ۱۹۷۸ مجدداً تغییر نام داد و تحت نام جدید ANSI/ASME B31.3 مشترک استاندارد منتشر گردید. در سال ۱۹۸۰ استاندارد مشترک ASME B31.3 Process Piping منتشر گردید که در این چاپ روش اندازه گیری بر اساس متریک شروع شد و در چاپ سال ۱۹۹۹ بصورت کامل واحد اندازه گیری در استاندارد B31.3 بر اساس متریک قرار گرفت.

- با بررسی تاریخچه استاندارد B31.3 به این نکته می رسیم که در ابتدا این استاندارد برای Petroleum Refinery طراحی و تهیه شده بود و بحث سختی جوش در پالایشگاه نفت از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. اما با گذشت زمان و گسترش پیشرفت صنایع، دامنهی فعالیت استاندارد B31.3 نیز از محدودهی پالایشگاه نفت عبور کرده و صنایع بزرگ دیگری را تحت پوشش قرار داد که در این صنایع بحث سختی جوش قبلاً جزء پارامترهای مهم نبود. بعضی از این صنایع را می توان در پاراگراف 300.1-Scop دید از جمله:

*- شیمیایی (Chemical) (سایتهای پتروشیمی)،

*- دارو سازی (Pharmaceutical)

*- منسوجات (Textile)

*- کاغذ سازی (Paper)

*- نیمه رسانا (Semiconductor)

*- سایتهای برودتی (cryogenic plants)

- بنابراین کمیته استاندارد B31 تصمیم به حذف الزامات سختی در پاراگراف 331.1.7 گرفت و بجای آن این جمله قید نمود: (Require hardness testing when specified in the engineering design) تست سختی سنجی زمانی نیاز است که مهندسی طراحی مشخص کرده باشند.

300.1 Scope

Rules for the Process Piping Code Section B31.3¹ have been developed considering piping typically found in petroleum refineries; chemical, pharmaceutical, textile, paper, semiconductor, and cryogenic plants; and related processing plants and terminals.

¹ B31 references here and elsewhere in this Code are to the ASME B31 Code for Pressure Piping and its various Sections, which are identified and briefly described in the Introduction.

* - پاراگراف 331.2 (Specific Requirements): الزامات ویژه

جاییکه بر اساس تجربه یا آگاهی از شرایط سرویس اطمینان حاصل شده باشد می توان روشهای دیگری از عملیات حرارتی یا معافیهایی از بندهای اساسی عملیات حرارتی پاراگراف 331.1 آنطور که در پاراگرافهای 331.2.1 و 331.2.2 آورده شده است را پذیرفت.

* - پاراگراف 331.2.1 (Alternative Heat Treatment): عملیات حرارتی جایگزین

نرمالیز کردن یا نرمالیزه - تمپر کردن یا آنیلینگ می تواند پس از جوشکاری، خمکاری یا تغییر شکل به جای عملیات حرارتی مورد نظر بکار برده شود مشروط بر آنکه خواص مکانیکی مناطقی از جوش یا فلز پایه که متأثر از این عملیات بوده اند، الزامات تعیین شده را بعد از چنین عملیاتی برآورده نمایند و این جایگزینی بایستی توسط طراح تایید شده باشد.

* - پاراگراف 331.2.2 (Exceptions to Basic Requirements): استثنائات در مورد الزامات اساسی

همانطور که در پاراگراف 331 نشان داده شده است، ممکن است در برخی زمینه ها برای مناسب بودن شرایط سرویس، اصلاحاتی صورت بگیرد. در چنین مواردی طراح ممکن است الزامات محکم تری (سخت تر)، از جمله عملیات حرارتی و محدودیتهای سختی سنجی برای ضخامت های کمتر منظور نماید یا ممکن است الزامات آسان تری در مورد عملیات حرارتی و سختی سنجی منظور نماید و یا اینکه هیچگونه الزامی وضع ننماید.

هنگامیکه شرایط اختصاص داده شده از آنچه که در پاراگراف 331 آورده شده ضعیف تر باشد طراح باید کافی بودن شرایط را برای قانع کردن کارفرما بوسیلهی تجربه سرویس های مشابه، با در نظر گرفتن درجه حرارت سرویس و اثرات آن، استمرار و شدت سیکل های حرارتی، سطوح تنش انعطاف پذیری، احتمال شکست ترد و سایر فاکتورهای مربوطه به اثبات برساند. علاوه بر آن تستهای مناسب از جمله تستهای ارزیابی کیفی WPS باید انجام شود.

* - پاراگراف 331.2.3 (Dissimilar Materials): متریال غیر مشابه

(a) - عملیات حرارتی اتصالات جوشکاری شده بین فلزات فریتی غیر همانام یا بین فلزات فریتی که بوسیله فیلر متال فریتی غیر همانام استفاده شده باید در بالاترین محدودهی درجه حرارت انجام شود که در جدول 331.1.1 برای متریال های مورد اتصال درج شده است. این مطلب همچنین ممکن است برای تغییر طرح اتصال (joint designs) بکار برده شود.

(b) - عملیات حرارتی اتصالات جوشکاری شده ای که شامل متریال و فیلر متال فریتی و نیز آستنیتی هستند باید مطابق با آنچه که برای متریال فریتی لازم دانسته شده و یا متریال دیگری که توسط طراحی مهندسی به شکل دیگری مشخص کرده، انجام شود.

* - پاراگراف 331.2.4 (Delayed Heat Treatment): عملیات حرارتی به تاخیر افتاده

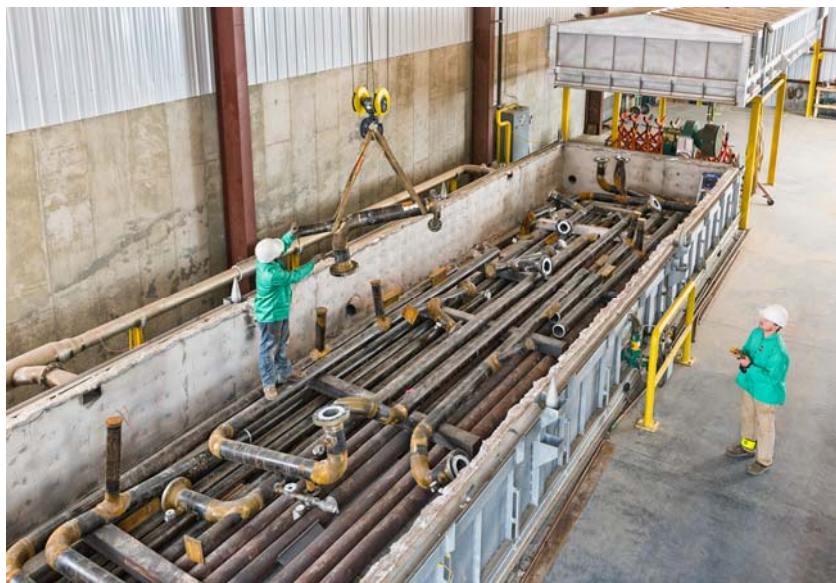
چنانچه سرد کردن قطعهی جوشکاری شده قبل از عملیات حرارتی مجاز باشد، سرعت سرد شدن باید کنترل گردد یا تمهیداتی اتخاذ گردد تا از اثرات زیانبار آن بر سیستم لوله کشی جلوگیری نماید.

* - پاراگراف 331.2.5 (Partial Heat Treatment): عملیات حرارتی قسمت به قسمت

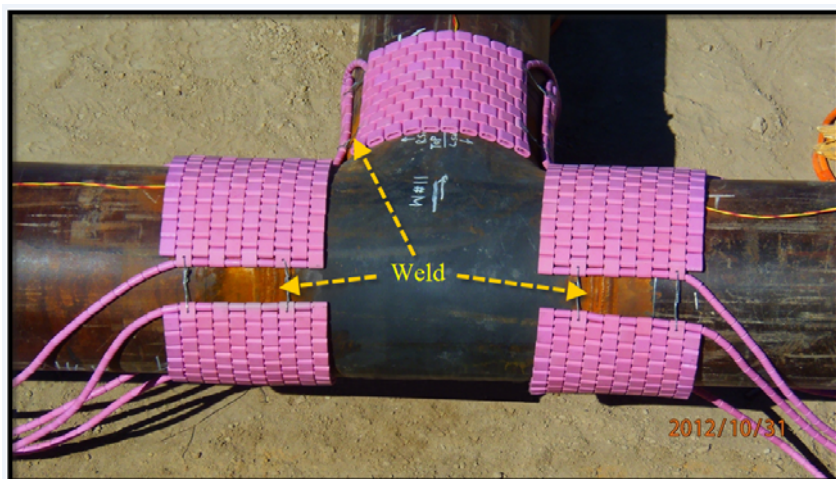
وقتیکه نمی توان لوله کشی های انجام شده را بصورت یک پارچه در کوره قرار داد، می توان آن مجموعه را در بیشتر از یک مرحله، عملیات حرارتی نمود مشروط بر آنکه هر مرحله از عملیات حرارتی بعدی، حداقل 300 mm از موارد تنش زدایی شدهی قبلی را بیوشاند و بخشهایی از مجموعه که در خارج از کوره قرار می گیرند در مقابل شیب های حرارتی مضر محافظت گردند. استفاده از این روش برای عملیات حرارتی آستنیتی کردن متریالهای فریتی ممنوع می باشد.

* - پاراگراف 331.2.6 (Local Heat Treatment): عملیات حرارتی موضعی

جوشها را می توان بوسیله گرم کردن یک نوار محیطی که کاملاً اطراف قطعه را گرفته بطوریکه جوش در امتداد نوار و در وسط آن قرار دارد بطور موضعی تنش زدائی نمود. پهنای نواری که تا محدوده‌ی حرارتی مشخص شده گرم می شود باید



تصویر ۲۹۱: می توان لوله های ساخته شده (Spools) را در یک کوره همزمان تنش زدایی کرد



تصویر ۲۹۲: نمونه ای از عملیات حرارتی موضعی

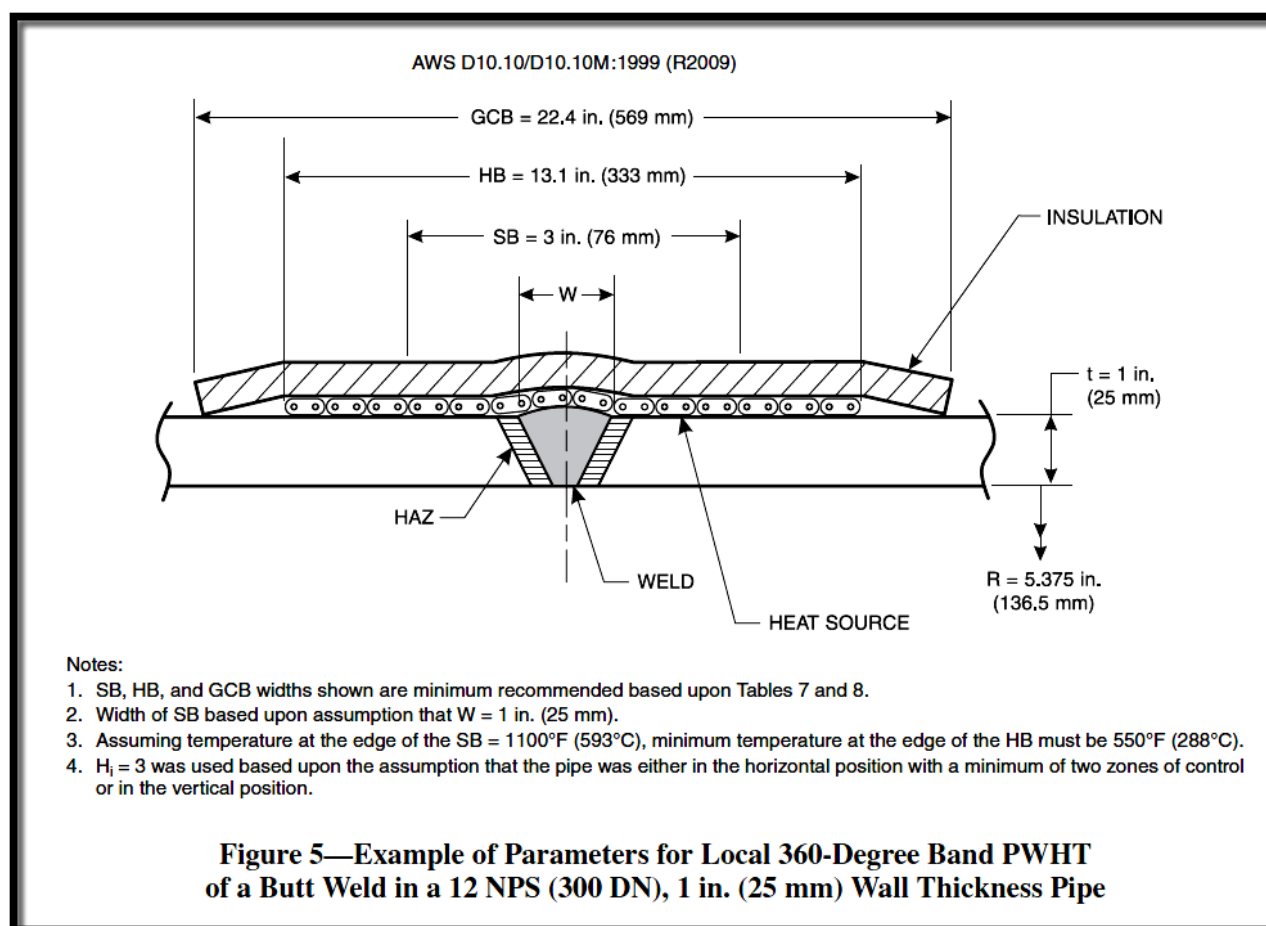


تصویر ۲۹۳: نمونه ای دیگر از عملیات حرارتی موضعی

حداقل سه برابر ضخامت ضخیم ترین اجزاء جوش داده شده در محل جوش باشد. برای جوش نازلها و ضمائم، پهنای این نوار باید حداقل به اندازه‌ی دو برابر ضخامت لوله‌ی اصلی در هر طرف از جوش را بپوشاند و باید بطور کامل اطراف لوله‌ی اصلی ادامه داشته باشد. راهنمایی برای نحوه‌ی قرار دادن ترموکوپل‌ها بر روی جوشهای لب به لب محیطی در Sections 5, 6, 8 and از استاندارد AWS D10.10 آورده شده است. هنگام گرم کردن جوشهایی که مجاور اجزایی حجیم و ضخیم مانند ولوها و فیتینگها (Valves or Fittings) که حرارت را بشدت به خود جذب می کنند یا جوشهای حاصل از دو ضخامت مختلف می باشند ملاحظات خاصی باید در نظر گرفته شود. هیچ بخشی از متریالی که در معرض حرارت منبع گرما می باشد نباید از درجه حرارت بحرانی پایینی متریال تجاوز کند به استثناء مواردی که در پاراگراف 331.2.1 مجاز دانسته شده است. زمانیکه درجه حرارت اعمال شده در PWHT نزدیک به درجه حرارت بحرانی پایینی متریال هایی مانند، P-No. 15E باشند یا متریال هایی که با P-Nos. های مختلف بهم جوش داده می شوند، مراقبت های خاص اعمال شود. استفاده از این روش برای عملیات حرارتی آستنیتی کردن متریال های فریتی ممنوع می باشد.

یک مثال از نحوه‌ی پوشش المنت و عایق حرارتی منطقه ای که تنش زدایی می شود بر اساس استاندارد AWS D10.10

■ - محاسبه‌ی پهنای Soak Band بر اساس AWS D10.10



تصویر ۲۹۴: یک مثال از نحوه‌ی پوشش المنت و عایق حرارتی منطقه ای که تنش زدایی می شود

AWS D10.10/D10.10M:1999 (R2009)

Table 7
Summary of Recommendations for the Soak Band

Use the greater of the requirements below or that provided in the governing document

Purpose for Heating	Minimum Soak Band (SB) Width ^a
Bake-out	6 in. (150 mm) or 3t, whichever is greater, in all directions from the point of welding
Preheat/Interpass Heating	3 in. (75 mm) or 1.5t, whichever is greater, in all directions from the point of welding (Note: An alternate requirement may be specified by the applicable code)
Postheating	t or 2 in. (50 mm), whichever is less, on either side of the weld at its greatest width
PWHT	t or 2 in. (50 mm), whichever is less, on either side of the weld at its greatest width (Note: This or an alternate requirement is generally specified by the applicable code)

^a t = pipe wall thickness

تصویر ۲۹۵: Table 7 از استاندارد AWS D10.10

AWS D10.10/D10.10M:1999 (R2009)

Table 8
Summary of Recommendations for HB, GCB, and Axial Temperature Gradient

Use the greater/lesser of requirements below or that provided in the governing document

Purpose for Heating	Minimum Heated Band (HB) Width ^a	Minimum Gradient Control Band (GCB) Width ^{a,b}	Maximum Axial Temperature Gradient
Bake-out	$2 \left[\frac{OD^2 - ID^2}{2} + (ID)(SB) \right]$ OD	3t or 3 in. (75 mm), whichever is greater, on either side of the HB	Not required unless temperature is above 800°F (427°C); then use PWHT criteria
Preheat/interpass heating	$2 \left[\frac{OD^2 - ID^2}{2} + (ID)(SB) \right]$ OD	3t or 3 in. (75 mm), whichever is greater, on either side of the HB	Not required unless temperature is above 800°F (427°C); then use PWHT criteria
Postheating	$2 \left[\frac{OD^2 - ID^2}{2} + (ID)(SB) \right]$ OD	3t or 3 in. (75 mm), whichever is greater, on either side of the HB	Not required unless temperature is above 800°F (427°C); then use PWHT criteria
PWHT ^{c,d}	Larger of: SB + 2 in. (50 mm) or $H_1 \left[\frac{OD^2 - ID^2}{2} + (ID)(SB) \right]$ OD or SB + 4√Rt	HB + 4√Rt	The maximum allowed temperature drop from the edge of the SB to the edge of the HB is one-half the temperature at the edge of the SB

تصویر ۲۹۶: Table 8 از استاندارد AWS D10.10

*- اطلاعات مورد نظر برای لوله ای که در این مثال مشخص شده است. (همه‌ی ابعادها بر اساس اینچ است.)

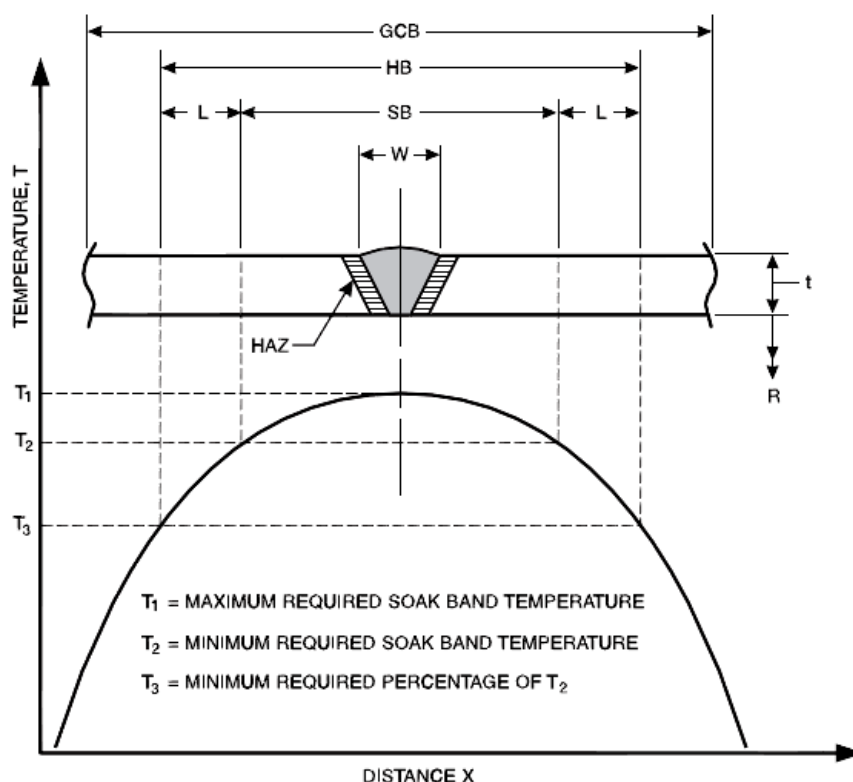
- NPS pipe: 12 in.
- OD pipe: 12.75 in.
- ID pipe: 10.75
- Thickness of pipe: 1 in.
- SB (Soak Band): t or 2 in. (50 mm), whichever is less, on either side of the weld at its greatest width

- HB (Heated Band): Larger of:
 $SB + 2 \text{ in. (50 mm) or } SB + 4\sqrt{Rt}$ or

$$H_1 \left[\frac{OD^2 - ID^2}{2} + (ID)(SB) \right]$$

$$OD$$
- GCB (Gradient Control Band): $HB + 4\sqrt{Rt}$

یک نمونه مثال: لطفاً به مثال دقت شود.



Nomenclature:

- W = Widest width of butt or attachment weld.
- HAZ = Heat-affected zone.
- SB = Soak band (width of the material where the holding temperature equals or exceeds the minimum and equals or is below the maximum required. The minimum width is typically specified as W plus a multiple of t on each side of the weld).
- L = Minimum distance over which the temperature may drop to a percentage of that at the edge of the soak band.
- HB = Heated band (width of heat source).
- GCB = Gradient control band (minimum width of insulation and/or gradient heat source).
- t = Nominal thickness of piping, branch connection, nozzle neck, or attachment.
- R = Inside radius of piping, branch connection, or nozzle neck.

Figure 1—Schematic Diagram for Description of Local 360-Degree Band Heating

**Table 7
Summary of Recommendations for the Soak Band**

Use the greater of the requirements below or that provided in the governing document	
Purpose for Heating	Minimum Soak Band (SB) Width ^a
PWHT	t or 2 in. (50 mm), whichever is less, on either side of the weld at its greatest width (Note: This or an alternate requirement is generally specified by the applicable code)

^a t = pipe wall thickness

Table 8
Summary of Recommendations for HB, GCB, and Axial Temperature Gradient

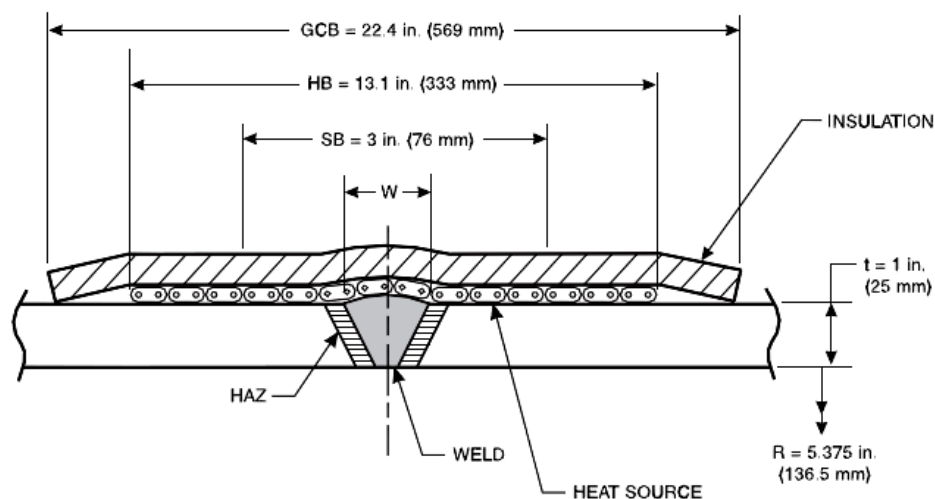
Use the greater/lesser of requirements below or that provided in the governing document			
Purpose for Heating	Minimum Heated Band (HB) Width ^a	Minimum Gradient Control Band (GCB) Width ^{a,b}	Maximum Axial Temperature Gradient
PWHT ^{c,d}	Larger of: $SB + 2 \text{ in. (50 mm)}$ or $H_i \left[\frac{OD^2 - ID^2}{2} + (ID)(SB) \right]$ $\frac{OD}{or}$ $SB + 4\sqrt{Rt}$	$HB + 4\sqrt{Rt}$	The maximum allowed temperature drop from the edge of the SB to the edge of the HB is one-half the temperature at the edge of the SB

^a NPS = nominal pipe size, DN = diameter number, OD = outside diameter, ID = inside diameter, SB = soak band width, t = pipe wall thickness, R = inside radius.

^b Thermal resistance (R-value) of insulation to be 2°-4°F-ft²-hr/Btu (0.35°-0.70°C-m²/W).

^c These recommendations are for "code required" PWHT. Additional requirements may be required when concerns exist regarding the service environment.

^d Use $H_i = 5$ for piping in the horizontal position with pipe sizes up to 6 NPS (150 DN) and one circumferential control zone. If two circumferential control zones are used with pipe sizes of 6 NPS (150 DN) and below, $H_i = 3$ could be used for piping in the horizontal position. Use $H_i = 3$ for piping in the horizontal position with pipe sizes over 6 NPS (150 DN) with a minimum of two circumferential control zones and for all piping in the vertical position.



Notes:

1. SB, HB, and GCB widths shown are minimum recommended based upon Tables 7 and 8.
2. Width of SB based upon assumption that $W = 1 \text{ in. (25 mm)}$.
3. Assuming temperature at the edge of the SB = 1100°F (593°C), minimum temperature at the edge of the HB must be 550°F (288°C).
4. $H_i = 3$ was used based upon the assumption that the pipe was either in the horizontal position with a minimum of two zones of control or in the vertical position.

Figure 5—Example of Parameters for Local 360-Degree Band PWHT of a Butt Weld in a 12 NPS (300 DN), 1 in. (25 mm) Wall Thickness Pipe

Application Example: Piping as below:

Pipe: 18 in.

Wall thickness: SCH 140 ~ 40 mm

SB (Soak Band):? → 118.6 mm

HB (Heated Band):? → 512.5 mm

GCB (Gradient Control Band):? → $HB + 4\sqrt{Rt} \rightarrow 512.5 + 4\sqrt{188.5 \times 40} = 860 \text{ mm}$

According Figure 1 and Table 7 → $SB = W + 2t$ →

W = According to FIG. 3 of PFI-ES21, ES35 shall be calculated

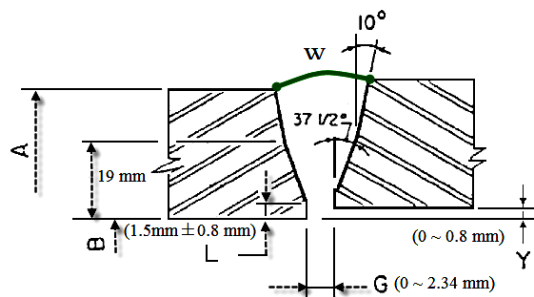


FIG. 3

FOR NOMINAL WALLS OVER $\frac{3}{8}$ " (22mm)

Source: PFI-ES21

$A = 40$ mm

$B = 19$ mm

W = (If L and $Y = 0$ and $G = 2$ mm)

$(\tan 37.5^\circ \times 19 = 14.6 \text{ mm} \times 2 = 29.2 + 2 = 31.2 \text{ mm})$

$(\tan 10^\circ \times (40 - 19) = 3.7 \times 2 = 7.4)$

$W = 31.2 + 7.4 = 38.6$ mm

SB (Soak Band): $38.6 + 40 + 40 = 118.6$ mm

Pipe = 18 in. → (OD = 457 mm → ID = OD - 2t → ID = 457 - (2 × 40 mm) → ID = 377

Hi = 3

R = inside radius. $R = 377 / 2 = 188.5$

HB (Heated Band): Larger of:

Larger of:

$$SB + 2 \text{ in. (50 mm)} \quad \text{or} \quad \frac{H_i \left[\frac{OD^2 - ID^2}{2} + (ID)(SB) \right]}{OD} \quad \text{or} \quad SB + 4\sqrt{Rt}$$

1- $118.6 + 50 = 168.6$ mm → or

$$2- \quad HB = \frac{234216 - 33360 - 44712 - 66720 - 208849 - 142129 - 3 \left[\frac{(457 \times 457) - (377 \times 377)}{2} + 377 \times 118.6 \right]}{457} = 512.5 \text{ mm}$$

$$3- \quad HB = 118.6 + 4\sqrt{188.5 \times 40} \rightarrow 118.6 + 4\sqrt{7540} = 466 \text{ mm}$$

According to Table 8 → Larger of: (1= 168.6), (2= 512.5), (3= 466)

So → → → → → → → → HB = 512.5 mm

*- پاراگراف 332.4 (Required Heat Treatment): عملیات حرارتی مورد نیاز

زمانیکه بنا به موارد زیر عملیات حرارتی ضروری می باشد باید مطابق با پاراگراف 331.1.1 انجام شود.

*- پاراگراف 332.4.1 (Hot Bending and Forming): شکل دادن و خم کردن بصورت گرم

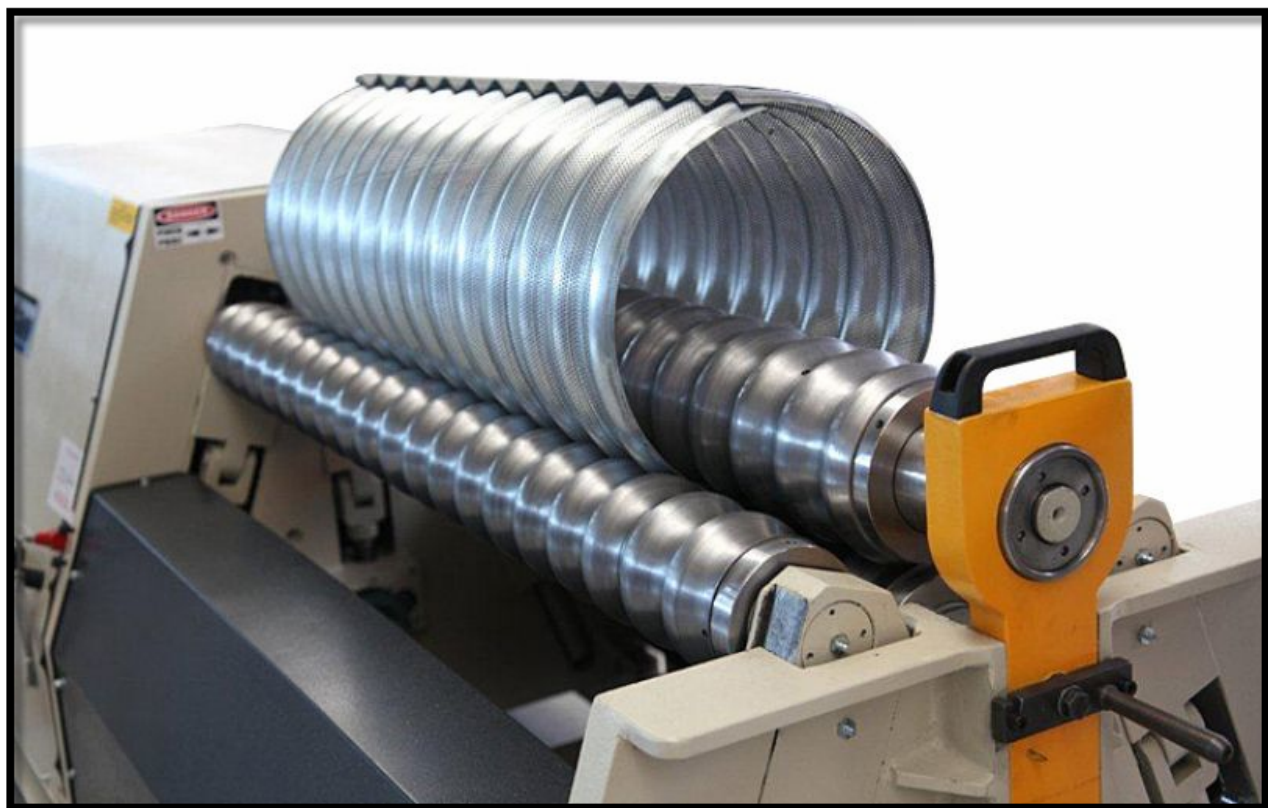
بعد از شکل دادن و خم کردن متریال های P-Nos. 3, 4, 5, 6, and 10A بصورت گرم، عملیات حرارتی در تمام ضخامت ها ضروری می باشد. مدت زمان و درجه حرارت عملیات باید مطابق با پاراگراف 331 باشد.



تصویر ۲۹۷: نمایی دیگر از hot bent and hot formed piping

- *- پاراگراف 332.4.2 (Cold Bending and Forming): بعد از شکل دادن و خم کردن بصورت سرد عملیات حرارتی (برای تمامی ضخامت ها و با رعایت مدت زمان و درجه حرارت عملیات مطابق آنچه که در جدول 331.1.1 آورده شده) لازم است در صورتیکه هر یک از شرایط زیر وجود داشته باشد:
- (a) - برای متریال های P-Nos. 1 تا P-Nos. 6، جاییکه حداکثر کش آمدگی (ازدیاد طول) محاسبه شده ی تارهای طولی متریال (fiber elongation) بعد از خمکاری سرد و شکل دادن از 50% درصد حداقل ازدیاد طول اصلی، مشخص شده (در جهت شدیدترین شکل دادن) برای مشخصات فنی، گرید و ضخامت متریال بکار رفته، تجاوز نماید. چنانچه بتوان اثبات نمود که انتخاب لوله و فرآیند شکل دادن یا خمکاری این اطمینان را فراهم می کند که در شرایط تمام شده، در بخشی از متریال که شدیدترین کش آمدگی رخ داده حداقل 10% درصد ازدیاد طول را حفظ می نماید می توان از این الزام چشم پوشی نمود.
- (b) - برای متریالی که نیاز به تست ضربه دارد، جاییکه حداکثر کش آمدگی (ازدیاد طول) محاسبه شده ی تارهای طولی متریال (fiber elongation) بعد از خمکاری کردن یا شکل دادن از 5% درصد تجاوز نماید.

(c) - زمانیکه توسط طراحی مهندسی مشخص شده باشد.



تصویر ۲۹۸: نمایی دیگر از Cold formed piping

***- توجه: تعریف کار سرد و کار گرم:

کار سرد: هر نوع کاری که بر روی فولاد در درجه حرارت‌های زیر درجه حرارت استحاله‌ی فازی (حدود ۷۲۰ درجه سانتیگراد) انجام شود کار سرد اطلاق می‌گردد (پایین تر از خط A_1)

کار گرم: هر نوع کاری که بر روی فولاد در درجه حرارت‌های بالای درجه حرارت استحاله‌ی فازی صورت بگیرد کار گرم نامیده می‌شود. در عمل برای کار گرم فولاد را تا کامل شدن استحاله‌ی فازی و تبدیل آن به آستنیت (فاز گاما) گرم می‌کنند (بالتر از خط A_3)

■ جدول - Table 302.3.5 Weld Joint Strength Reduction Factor, W

Steel Group	Component Temperature, T_i , °C (°F)														
	427 (800)	454 (850)	482 (900)	510 (950)	538 (1,000)	566 (1,050)	593 (1,100)	621 (1,150)	649 (1,200)	677 (1,250)	704 (1,300)	732 (1,350)	760 (1,400)	788 (1,450)	816 (1,500)
CrMo [Notes (1)–(3)]	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	...	...	...	...	...	...
CSEF (N + T) [Notes (3)–(5)]	...	...	...	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	...	...	...	...	...	...
CSEF [Notes (3) and (4)] (Subcritical PWHT)	...	...	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	...	...	...	...	...	...
Autogenous welds in austenitic stainless grade 3xx, and N088xx and N066xx nickel alloys [Note (6)]	...	...	...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Austenitic stainless grade 3xx and N088xx nickel alloys [Notes (7) and (8)]	...	...	...	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.5
Other materials [Note (9)]	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

تصویر ۲۹۹: جدول ASME B31.3-2016-Table-302.3.5

یادداشتهای کلی (مربوط به جدول 302.3.5)

یادداشتها: (با توجه به اینکه در بحث عملیات حرارتی پاراگراف 331.1.2 Other Heat Treatments فقط اشاره به جوشهای طولی و مارپیچی (spiral-helical seam) که در سرویس Elevated Temperature Fluid Service شده به همین منظور چون در این جدول ردیف اول مربوط به فولادهای CrMo می باشد فقط اشاره به یادداشت ۳و۱ شده، بنابراین فقط این دو یادداشت ترجمه شده است.)

۱- فولادهای کروم مولیبدن شامل فولادهای زیر می باشند.

$1/2\text{Cr}-1/2\text{Mo}$, $1\text{Cr}-1/2\text{Mo}$, $1/4\text{Cr}-1/2\text{Mo}-\text{Si}$, $2/4\text{Cr}-1\text{Mo}$, $3\text{Cr}-1\text{Mo}$, $5\text{Cr}-1/2\text{Mo}$, $9\text{Cr}-1\text{Mo}$
جوشهای طولی و مارپیچی (spiral-helical seam) باید نرمالیز، نرمالیز و تمپر یا در معرض عملیات حرارتی PWHT مناسب قرار گرفته باشند. آزمایشات مورد نیاز مطابق با پاراگراف 341.4.4 or 305.2.4 می باشد.

۳- مقدار کربن فیلر متال جوش باید حاوی یا بیشتر از (0.05 C wt. %) درصد وزنی کربن باشد. (احتمالاً منظور اینست که درصد کربن فیلر متال مساوی یا بیشتر از 0.05% باشد) برای الزامات آزمایش به پاراگراف 341.4.4(b) نگاه کنید. شاخص قلیایی بودن (خاصیت بازی و قلیایی) فلاکس جوشکاری (SAW-Submerged Arc Welding) مساوی یا بیشتر از 1 باشد. (Basicity index of SAW flux ≥ 1.0)

*- پاراگراف 305.2.4 (Elevated Temperature Fluid): سرویس سیالات با درجه حرارت بالا

سرویس سیالات با درجه حرارت بالا: در سرویسهای سیالات با درجه حرارت بالا تمامی جوشها طولی و مارپیچی (Spiral) در متریاال های P-No. 4 یا P-No. 5 باید بطور 100% توسط رادیوگرافی یا تست التراسونیک آزمایش شوند. ضوابط پذیرش مطابق آنست که در پاراگراف 341.3.2 و در جدول 341.3.2 برای سرویس سیالات نرمال شرح داده شده، مگر اینکه بطور دیگری مشخص شده باشد.

*- پاراگراف 341.4.4 (Examination Elevated Temperature Fluid): آزمایش - سرویس سیالات با درجه حرارت بالا

لوله کشی های سرویس سیالات با درجه حرارت بالا باید تا حدود مشخص شده در اینجا یا تا حدودی که توسط مهندسی مشخص شده، آزمایش شوند. ضوابط پذیرش مطابق آن است که در پاراگراف 341.3.2 و در جدول 341.3.2 برای سرویس سیال نرمال شرح داده شده است. مگر اینکه الزامات شرایط Severe Cyclic بکار برده شود یا بطور دیگری مشخص گردد. (a) - آزمایش چشمی (Visual Examination): الزامات پاراگراف 341.4.1(a) بکار برده می شود به استثناء موارد زیر:

(1) - تمامی اجزاء ساخته شده باید آزمایش بشوند.

(2) - تمام اتصالات رزوه شده، پیچ شده و سایر اتصالات باید آزمایش شوند.

(3) - تمامی موارد نصب لوله کشی ها باید آزمایش شوند تا صحت و سقم ابعاد و تنظیمات تایید گردد. ساپورت ها، گایدها و نقاط cold spring باید کنترل شوند تا اطمینان حاصل شود که حرکت لوله کشی ها تحت تمامی شرایط راه اندازی، عملیات بهره برداری و قطع عملیات بهره برداری (shutdown) بدون خم شدن بی مورد یا فشار پیش بینی نشده، در جای خود خواهند بود.

(b) - آزمایشات اضافی (Additional Examination): الزامات آزمایشات مندرج در پاراگراف 341.4.1(b) با

استثناء های زیر بکار برده می شوند.

(1) - ساخت جوشهای طولی و مارپیچی (spiral (helical seam) در متریاال های P-No. 4, P-No. 5 به استثناء جوشهای قسمتهایی که مطابق با یک مشخصات فهرست شده ساخته شده اند باید با پاراگراف 344.5 بطور 100% تست رادیوگرافی یا مطابق با پاراگراف 344.6 بطور 100% تست اولتراسونیک شوند.

(2) - جوشهای Socket و جوشهای اتصالات انشعابات Branch ها در متریاال های P-No. 4, P-No. 5 که تست رادیوگرافی یا اولتراسونیک نشده اند باید به روشهای ذرات مغناطیسی (MT-Magnetic particle Test) یا مایع نافذ (PT- Liquid Penetrant Test) مطابق با پاراگراف های 344.3 or 344.4 آزمایش شوند.

(c) - آزمایشات اضافی مورد نیاز برای جوشهای بدون فیلر (امتزاج شدن بدون استفاده از فیلر پر کننده)

(Additional Examination Required for Autogenous welds): جوشهای خودکار بدون فیلر متال در فولادهای زنگ زن آستنیتی و آلیاژهای آستنیتی با نیکل بالا. لوله ای که بدون فیلر (Autogenous weld) جوشکاری شده باید مطابق با مشخصات متریاال مورد آزمایشات غیر مخرب قرار گیرد. اتصالات expansion joint bellows آکاردئونی که بطور خودکار (Autogenous weld) جوشکاری شده اند باید مطابق با پاراگراف [X302.2.2(c)] آزمایش شوند.

APPENDIX X METALLIC BELLOWS EXPANSION JOINTS

(Design requirements of Appendix X are dependent on and compatible with EJMA standards.)

X302.2.2 Examination.

(c) After forming, a liquid penetrant examination shall be conducted on all accessible surfaces of the weld, inside and outside. Welds attaching the bellows to the piping, etc., shall be 100% liquid penetrant examined.

تصویر ۳۰۰: پاراگراف ASME B31.3-2016-X302.2.2(c)

✱ - پاراگراف [X302.2.2(c)] (Examination) : آزمایش

بعد از شکل دادن (forming) باید بوسیله‌ی آزمایش مایع نافذ (liquid penetrant) تمامی سطوح داخل و بیرون جوش که قابل دسترسی می باشند مورد آزمایش قرار گیرند. جوشهای اتصالات (expansion joint bellows) آکاردئونی به سیستم لوله کشی (piping) و غیره باید بصورت صد در صد، تست مایع نافذ (liquid penetrant) شوند.

(b) - گواهینامه ها و گزارشات (Certification and Records) : الزامات پاراگراف (c) 341.4.1 اعمال می شود.

✱ - پاراگراف (c) 341.4.1 (Certifications and Records) : گواهینامه ها و گزارشات

(c) - گواهینامه ها و گزارشات: آزمایش کننده باید با بررسی گواهینامه ها (Certifications)، گزارشات و سایر شواهد، مطمئن شود که متریال ها و اجزاء (Components) از همان گریدهای (Grades) مشخص شده می باشند. (یا به عبارتی دارای مشخصات فنی تصریح شده) و عملیات حرارتی، آزمایشات و تستهای لازم بر روی آنها انجام شده باشد. آزمایش کننده باید گواهینامه ای به بازرسی ارائه دهد مبنی بر اینکه تمام الزامات کنترل کیفیت کُدها و طراحی مهندسی انجام شده است.

نکته: مطابق پاراگراف ASME B31.3 Para. 341.3.1

آزمایشات NDT برای متریالهای P-Nos. 3, 4, 5A, 5B, 5C, and 15E باید بعد از کامل شدن عملیات حرارتی (PWHT) انجام شود.

مطابق پاراگراف فوق کلیه آزمایشاتی که بر روی جوش انشعابها (Branch) انجام می شود بایستی قبل از نصب Reinforcing Pad یا Saddle ها انجام شوند.

341.3 Examination Requirements

341.3.1 General.

(a) For P-Nos. 3, 4, 5A, 5B, 5C, and 15E materials, examinations shall be performed after completion of heat treatment. However, examinations need not be repeated on welds or portions of welds that are subjected to additional heat treatments and have not been repaired by welding.

تصویر ۳۰۱: متریالهایی که (NDT) آنها باید بعد از تنش زدایی انجام شود، طبق ASME-B31.3-2016

✱ - پاراگراف 341.3.1 (General) : کلیات

(a) – برای متریال های P-Nos. 3, 4, 5A, 5B, 5C, and 15E بایستی پس از تکمیل شدن عملیات حرارتی آزمایشات NDT انجام گردد. بهر حال، بر روی جوشها یا بخشی از جوشهایی که در معرض عملیات حرارتی اضافی (مجدد) قرار گرفته اند و تعمیر نداشته اند نیازی به آزمایش مجدد NDT (تکرار NDT) نمی باشد.

توجه: این پاراگراف در سال 2014 اصلاح شده است. از قسمت However، به بعد در سال 2014 به این پاراگراف اضافه شده است و این قسمت اضافه شده، با تفسیر Interpretation: 22-33 مغایرت دارد. لطفاً به این تفسیر توجه کنید:

ASME B31.3 INTERPRETATIONS VOLUME 22 Interpretation: 22-33 Subject: ASME B31.3-2006, Para. 341.3.3, Defective Components and Workmanship Date Issued: October 5, 2009 File: 08-473 Question: For a weld repair to a portion of a circumferential weld that was completely examined, does ASME B31.3-2004, para. 341.3.3 require that only the repair weld area be reexamined after the repair? Reply: Yes, unless the materials are P-Nos. 3, 4, or 5 and heat treatment is required; then the entire weld must be reexamined after completion of any heat treatment [see para. 328.6, para. 331.1, Table 331.1.1, and para. 341.3.1(a)].	Replies to Technical Inquiries April 29, 2008 through October 5, 2009
---	--

تصویر ۳۰۲: تفسیر 22-33 Interpretation:

- تفسیر 22-33 Interpretation: سؤال: جوش محیطی که بطور کامل NDT شده است و قسمتی از آن تعمیر شده است. آیا بر اساس ASME B31.3-2004, Para. 341.3.3 پس از تعمیر لازم است فقط قسمت تعمیر شده‌ی جوش مجدداً آزمایش NDT گردد؟
 - جواب: بله، مگر اینکه متریال ها از نوع P-Nos. 3, 4, 5 باشند و نیاز به عملیات حرارتی داشته باشند، در این صورت بایستی کل سر جوش پس از تکمیل شدن عملیات حرارتی مجدداً آزمایش NDT شود.
 - [نگاه کنید به پاراگراف 328.6 و 331.1 و (a) 341.3.1 و جدول Table 331.1.1]
- اگر دقت شود در این تفسیر به صراحت قید شده است که برای متریال های P-Nos. 3, 4, 5 بایستی کل سر جوش پس از تکمیل شدن عملیات حرارتی مجدداً آزمایش NDT شود. یعنی مطلبی خلاف پاراگراف (a) 341.3.1

ASME B31.3 INTERPRETATIONS VOLUME 24 Interpretation 24-30 Subject: Para. 341.3.1(a), NDE After PWHT for P-Nos. 3, 4, and 5 Materials (B31.3-2010) Date Issued: December 16, 2013 File: 11-1769 Question: A piping assembly made of P-No. 5 material consisting of several welds is furnace heat treated and radiographed. One of those welds is defective and repaired. The assembly is then heat treated again. Is it the intent of para. 341.3.1(a) that all of the welds in that piping assembly be radiographed again? Reply: No.	Replies to Technical Inquiries April 30, 2012 through December 16, 2013
---	--

تصویر ۳۰۳: تفسیر 24-30 Interpretation:

- تفسیر Interpretation: 24-30: سؤال: یک قطعه لوله کشی (اسپول) ساخته شده از متریال P-No. 5 که شامل چندین سرجوش می باشد، ابتدا در یک کوره، عملیات حرارتی شده و سپس رادیوگرافی شده است. یکی از این سرجوشها معیوب بوده و آنرا تعمیر نموده اند و قطعه لوله کشی (اسپول) مجدداً در کوره، عملیات حرارتی شده است. آیا منظور پاراگراف (a) 341.3.1 این است که همه‌ی سرجوشهایی که در این قطعه لوله کشی (اسپول) وجود دارند باید مجدداً رادیوگرافی گردند؟
- جواب: خیر،

***- مطمئناً برای اینکه مغایرت تفسیر Interpretation: 22-33 با پاراگراف (a) 341.3.1 اصلاح شود لازم است یک اصلاحیه برای تفسیر Interpretation: 22-33 ارائه شود. معمولاً اصلاحیه ها با یک حرف بزرگ R همراه هستند.

☀ - تنش زدایی (PWHT) در استاندارد IPS-C-PI-290

■ - تنش زدایی (PWHT) در سیستمهای لوله کشی در استاندارد IPS-C-PI-290

***- پاراگراف 12- عملیات حرارتی قبل و بعد از جوشکاری:

***- پاراگراف 12.1- الزامات عمومی:

***- پاراگراف 12.1.1- عملیات حرارتی بسته به شرایط زیر ممکن است بر روی کل قطعه و یا بصورت موضعی انجام پذیرد:

- نوع عملیات حرارتی

- ترکیب شیمیایی جنس قطعه‌ی کار.

- تعداد و ابعاد قطعه‌ی کار.

- در دسترس بودن و قیمت انرژی مورد نیاز

- دقت مورد نیاز عملیات حرارتی

- فرآیند و متریال مصرفی جوشکاری

- الزامات آیین نامه

***- پاراگراف 12.1.2- تنش زدایی (PWHT) باید مطابق با روش تأیید شده ای که توسط مجری تهیه و توسط بازرس تأیید گردیده است، انجام پذیرد.

***- پاراگراف 12.1.3- در هنگام بالا بردن یا پایین آوردن درجه حرارت، شیب حرارتی نباید از مقادیر داده شده در زیر تجاوز نماید:

نه در جهت محور طولی از 100°C در هر متر تجاوز نماید و نه در امتداد مماس با محیط از 40°C در هر متر تجاوز نماید. این درجه حرارتها باید توسط ثبت کننده های درجه حرارت، کنترل گردند.

***- پاراگراف 12.1.4- برای لوله های با ضخامت 20mm و کمتر، سرعت گرم کردن نباید از $200 - 250^{\circ}\text{C/h}$ تجاوز نماید.

***- پاراگراف 12.1.5- برای لوله های با ضخامت بیشتر از 20mm سرعت گرم کردن نباید از $(5500/t)^{\circ}\text{C/h}$ یا (55°C/h) (هر کدام که بزرگتر است) بیشتر باشد، در اینجا (t) حداکثر ضخامت لوله می باشد.

***- پاراگراف 12.1.6- قطعه کار باید با سرعتهایی که در زیر بیان می گردد تا 400°C سرد شود.

- برای لوله های با ضخامت کمتر از 20mm حداکثر سرعت سرد کردن برابر با 275°C/h بر ساعت باشد.
 - برای لوله های با ضخامت 20mm و بیشتر حداکثر سرعت سرد کردن برابر با $6875/t$ درجه سانتیگراد بر ساعت یا 55°C/h (هرکدام که بیشتر هستند) باشد، (t) حداکثر ضخامت لوله می باشد.

*- پاراگراف 12.3- تنش زدایی (PWHT):

این فصل در برگیرنده کارهای اساسی است که برای بیشتر عملیات جوشکاری مناسب است ولی لزوماً برای تمامی شرایط سرویس مناسب نمی باشد.

*- پاراگراف 12.3.1- روشهای گرم کردن:

عملیات حرارتی باید بوسیله یکی از روشهای زیر اجرا گردد و اطمینان حاصل گردد که حداقل درجه حرارت تصریح شده در تمام ضخامت لوله ها رعایت شده است.

(a) - گرم کردن در کوره های صنعتی ثابت

(b) - گرم کردن موضعی

(۱)- کوره های مافلی (Muffle Furnace) (کوره با حرارت غیر مستقیم) قابل حمل

(۲)- کوپل های القایی

(۳)- هیترهای مقاومتی- روش ایمن بودن المنت های حرارتی مقاومتی در اطراف اتصال باید به گونه ای باشد که المنت ها در تمام مدت سیکل عملیات حرارتی در تماس با لوله ی کار بطور ایمن محفوظ باشند. متریالی که احتمال دارد برای اتصال مضر باشد (بطور مثال سیم های گالوانیزه برای فیکس کردن این هیترها) نباید مورد استفاده قرار داد.
 انتخاب روش عملیات حرارتی بستگی به تأیید قبلی مهندس طراح دارد. مشعلهای گازی که بصورت دستی کار می کنند نباید مورد استفاده قرار گیرند.

*- پاراگراف 12.3.2 - الزامات تنش زدایی (PWHT):

تنش زدایی (PWHT) باید با الزامات تصریح شده در یکی از مدارک زیر مطابقت داشته باشد و تأیید مهندس طراح را نیز کسب نموده باشد:

(a) - جدول 331.1.1 در استاندارد ASME B31.3.

(b) - WPS تأیید شده.

*- پاراگراف 12.3.2 - حداکثر محدوده ی درجه حرارت تنش زدایی داده شده در جدول 331.1.1 در استاندارد ASME B31.3 دمایی است که سفارش شده است البته می تواند بیشتر شود مشروط بر آنکه این درجه حرارت واقعی (در عمل) از درجه حرارت بحرانی پایینی متریال که در جدول زیر داده شده است کمتر باشد.

IPS-C-PI-290(1) مهر ۱۳۸۸ / Oct 2009 APPROXIMATE LOWER CRITICAL TEMPERATURE دمای تقریبی پائینی بحرانی	
MATERIAL مواد	APPROXIMATE LOWER CRITICAL TEMPERATURE °C دمای تقریبی پائینی بحرانی
Carbon steel فولاد کربنی	725
Carbon molybdenum steel فولاد کربن مولیبدن	730
1%Cr- ½%Mo, 1¼%Cr- ½%Mo	775
2¼%Cr-1%Mo, 3%Cr-1%Mo	805
5 %Cr-½%Mo	820
7 %Cr-½%Mo	825
9%Cr-½%Mo	810

تصویر ۳۰۴: دمای بحرانی پایینی تقریبی متریالهای مختلف در استاندارد IPS-C-PI-290

*- پاراگراف 12.3.2.2- وقتی که دو فلز با P-Number های متفاوت بوسیله جوشکاری بهم متصل گردند PWHT آن اتصال باید مطابق با الزامات PWHT مربوط به فلزی باشد که در دمای بیشتری تنش زدایی می گردد.

*- پاراگراف 12.3.2.3- وقتی قطعه ای که تحت فشار نمی باشد به جزیی که تحت فشار قرار دارد جوشکاری گردد و PWHT نیز برای هر دو ضروری می باشد، حداکثر درجه حرارت نباید از حداکثر درجه حرارت قابل قبول برای قطعه تحت فشار تجاوز نماید.

*- پاراگراف 12.3.2.4- احتیاط های لازم برای جلوگیری از خسارات متالورژیکی به متریال ها یا جوشهایی که توان تحمل درجه حرارت تنش زدایی را ندارند بایستی به عمل آید.

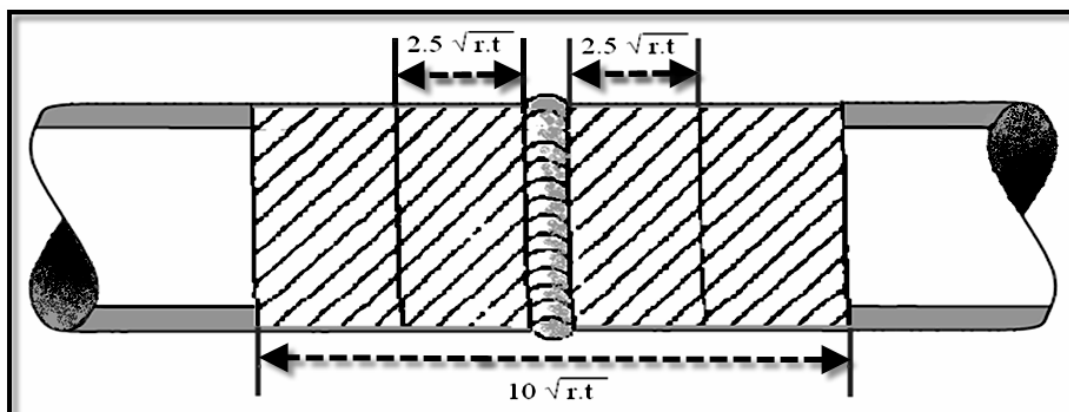
*- پاراگراف 12.3.2.5- انجام PWHT در یک کوره ی صنعتی مستقر ارجحیت دارد ولی وقتی که انجام PWHT موضعی الزامی می باشد، شیب درجه حرارت باید به گونه ای باشد که:

(a) - در جوشهای لب به لب، پهنای فلز در هر طرف جوش باید حداقل $2.5 \sqrt{rt}$ باشد و پهنای عایق باید حداقل برابر با $10 \sqrt{rt}$ باشد که (r) شعاع داخلی و (t) ضخامت لوله در محل اتصال جوش می باشد.

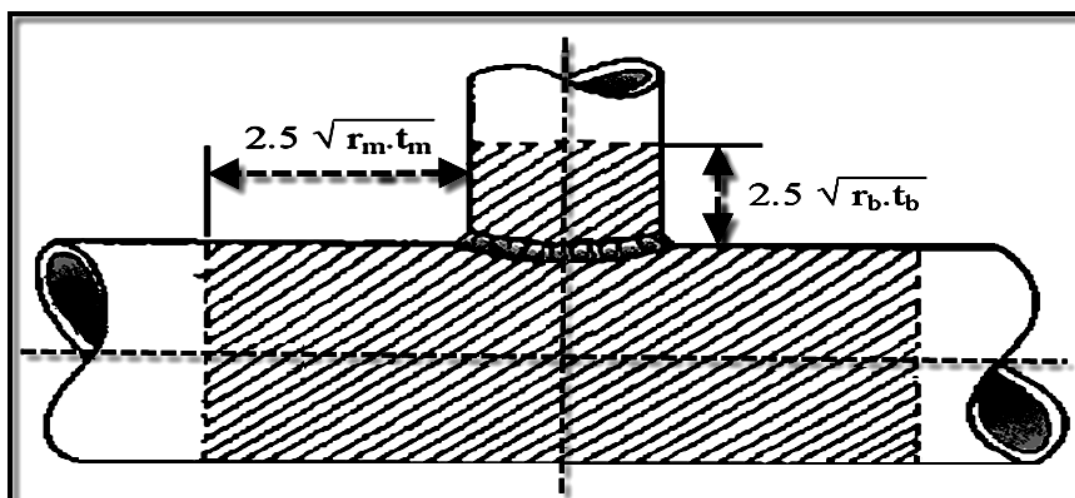
(b) - برای جوش اتصال انشعاب ها، پهنای متریال در هر طرف این جوش باید:

(۱)- در امتداد لوله اصلی حداقل $2.5 \sqrt{r_m \cdot t_m}$ باشد که (r_m) شعاع داخلی و (t_m) ضخامت لوله اصلی می باشد.

(۲)- در امتداد لوله انشعاب حداقل $2.5 \sqrt{r_b \cdot t_b}$ باشد که (r_b) شعاع داخلی و (t_b) ضخامت لوله انشعابی می باشد.



تصویر ۳۰۵: حداقل پهنای عایق در استاندارد IPS-C-PI-290



تصویر ۳۰۶: حداقل پهنای عایق در انشعابها در استاندارد IPS-C-PI-290

یادداشتها:

(r_m): شعاع لوله اصلی

(t_m): ضخامت لوله اصلی

(r_b): شعاع لوله انشعابی

(t_b): ضخامت لوله انشعابی

منطقه هاشور زده باید در تنش زدایی موضعی مربوط به اتصالات انشعابی حرارت داده شود.

*- پاراگراف 12.3.2.6- برای متریال غیر آهنی تنش زدایی (PWHT) الزامی نیست.

یادداشتها: تعریف ضخامت که در بخش 12.3 به آن اشاره شده است باید مطابق با تعریف ارائه شده در ASME B31.1 Clause 132.4 باشد.

*- پاراگراف 12.3.2.7- تمام خطوط سرویسهای کاستیک (سود سوزآور) با درجه حرارت کاری بیشتر از 60°C یا خطوطی که غلظت کاستیک آنها بیشتر از 25% وزنی است باید طبق جدول 331.1.1 برای متریال P-No 1 در استاندارد ASME B31.3 پس از جوشکاری تنش زدایی گردند.

*- پاراگراف 12.3.2.8- تمامی خطوط سرویسهای آب ترش (اسیدی) باید پس از جوشکاری طبق جدول 331.1.1 برای متریال P-No 1 در استاندارد ASME B31.3 پس از جوشکاری تنش زدایی گردند.

*- پاراگراف 12.3.2.9- تمامی خطوط سرویس آمین (آمونیاک) با درجه حرارت کاری بیشتر از 65°C باید طبق جدول 331.1.1 برای متریال P-No 1 در استاندارد ASME B31.3 پس از جوشکاری تنش زدایی گردند.

*- پاراگراف 12.3.2.10- بعد از تنش زدایی (PWHT) سختی فلز جوش در سه پاراگراف فوق نباید از 200 BHN تجاوز نماید.

*- پاراگراف 12.3.3- عملیات حرارتی جایگزینی:

عملیات حرارتی جایگزینی باید مطابق با ASME B31.3 Para. 331.2.1 باشد.

*- پاراگراف 12.3.4- تست سختی: انجام سختی سنجی جوشها برای تأیید مناسب بودن عملیات تنش زدایی (PWHT) می باشد. جاییکه در جدول 331.1.1 از استاندارد ASME B31.3 حدی برای سختی مشخص شده است، بنابراین حداقل 10% از جوشهایی که در یک نوبت در کوره تنش زدایی میشوند و نیز 100% از جوشهایی که بطور موضعی تنش زدایی گردیده اند باید مورد تست سختی سنجی قرار گیرند. حد سختی برای جوش و برای ناحیه متأثر از حرارت (HAZ) (باید محل تست تا حد امکان نزدیک به کنار جوش باشد) بکار برده می شود.

■ - تنش زدایی (PWHT) در خطوط انتقال بر اساس استاندارد IPS-C-PI-270-2009

*- پاراگراف 7.11.2 عملیات حرارتی پس از جوشکاری (تنش زدایی)

لزوم عملیات حرارتی پس از جوشکاری باید در آیین نامه یا استاندارد کاربردی طراحی تجهیزات مشخص شود. در صورت عدم وجود الزامات خاص در چنین آیین نامه ها یا استانداردها، الزامات ASME B31.8 پاراگراف ۸۲۵ باید رعایت شود. تنش زدائی جوشها در لوله های API Spec 5L گرید X60 و بالاتر باید در محدوده ی ۵۶۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد انجام شود. تنش زدایی جوشها در سایر گریدهای فولاد کربنی باید در محدوده ی ۵۸۰ تا ۶۲۰ درجه سانتیگراد اعمال گردد. زمان ثابت نگهداشتن دما باید ۲/۵ دقیقه به ازاء هر میلیمتر از ضخامت دیواره، با حداقل زمان یک ساعت باشد. سرعت گرم کردن و سرد کردن باید حداکثر ۳۰۰ درجه سانتیگراد در هر ساعت باشد.

در زمان تنش زدایی جوش، به منظور پرهیز از عبور هوا از داخل لوله، دو سر لوله باید در پوش داشته باشند. سطوح رزوه ها و واشرها در صورتی که ماشین کاری مجدد برای رفع هر گونه آسیبی لازم نباشد، باید در ضمن عملیات حرارتی از اکسید شدن محافظت گردند.

7.11.2 Post weld heat treatment (stress relieving)

The necessity for post weld heat treatment shall be determined from the applicable equipment design code or standard. In the absence of specific requirements from such codes or standards, the requirements of ASME B3 1.8 para 825 shall be followed.

Stress relieving of welds in pipes of API Spec 5L Grades x60 and above, shall be carried out in the range 560 - 600°C. Stress relieving of welds in all other grades of carbon steel shall be carried out in the range 580 - 620°C. The holding time shall be 2.5 minutes per millimeter wall thickness, with a minimum time of one hour. The heating and cooling rate shall be a maximum of 300°C per hour.

Pipe ends shall be covered. when stress-relieving welds, to avoid draughts inside the pipe. Threads and gasket surfaces shall be protected from oxidation during heat treatment, if there is no subsequent machining operation which will remove any damage.

Nov. 2009 / ۱۳۸۸ آبان **IPS-C-PI-270(2)**

A sufficient number of thermocouples shall be used in order to give a reliable temperature measurement. On pipe less than 8 inches nominal diameter, one thermocouple is regarded as sufficient; those- with a diameter of DN 200 (NPS 8) to DN 500 (NPS 20) shall have at least two at 180 degrees between each other, and pipe with a diameter of above DN 500 (NPS 20) shall have at least three thermocouples at 120 degrees between each other. In no circumstance shall the distance between two thermocouples be greater than 800 mm, measured around the pipe circumference.

Post weld heat treatment procedures shall be submitted to the Company for approval along with the WPS and WPQT record, prior to the commencement of work. **(Add.)**

تصویر ۳۰۷: تنش زدایی در استاندارد IPS-C-PI-270

به منظور اندازه گیری قابل اطمینان دما تعداد کافی از ترموکوپلها باید مورد استفاده قرار گیرند. در لوله های با قطر اسمی کمتر از DN 200 (۸ اینچ) یک ترموکوپل کافی بنظر می رسد، برای لوله های با قطر اسمی DN 200 (۸ اینچ) تا قطر اسمی DN 500 (۲۰ اینچ) باید حداقل دو عدد ترموکوپل با فاصله ی ۱۸۰ درجه بین آنها استفاده نمود، و برای لوله های با قطر اسمی بالاتر از DN 500 (۲۰ اینچ) باید حداقل سه ترموکوپل با فاصله ۱۲۰ درجه بین آنها موجود باشد. تحت هیچ شرایطی نباید فاصله دو ترموکوپل بیشتر از ۸۰۰ میلیمتر اندازه گیری شده در امتداد محیط لوله باشد. قبل از شروع کار باید روش عملیات حرارتی پس از جوشکاری همراه با مدرک WPS و WPQT به منظور تأیید به کارفرما ارائه گردد.

☀ - تنش زدایی (PWHT) در استاندارد API-1104-2018-PIPELINE

استاندارد API-1104 مربوط به جوش خطوط انتقال (مایعات و گازها) و تاسیسات مربوطه می باشد. در این استاندارد در پاراگراف 5.4.2.14 تنش زدایی (PWHT) به صراحت جزء متغیرات اساسی لحاظ شده است.

5.4.2.14 PWHT

The addition of PWHT or a change from the ranges or values specified in the procedure each constitutes an essential variable.

تصویر ۳۰۸: موضوع تنش زدایی در استاندارد API-1104-2018

ترجمه پاراگراف 5.4.2.14:

اضافه کردن تنش زدایی (PWHT) یا تغییر در میزان یا مقادیری که در رویه‌ی تأیید شده، مشخص شده است باید به عنوان متغیر اساسی ضروری در نظر گرفته شود.

شرایط و چگونگی انجام عملیات تنش زدایی (PWHT) خطوط انتقال (مایعات و گازها) در گداهای طراحی مربوطه توضیح داده شده است. باید توجه کرد که گداهای طراحی خطوط انتقال مایعات هیدروکربن ها و مایعات دیگر، استاندارد ASME B31.4 می باشد و گداهای طراحی خطوط انتقال و توزیع گازها استاندارد ASME B31.8 می باشد. در این دو استاندارد بصورت شفاف به الزامات تنش زدایی (PWHT) اشاره شده است. اجرای شرایط قید شده در این دو استاندارد برای استاندارد API-1104 الزامی است.

■ - تنش زدایی (PWHT) در خطوط انتقال بر اساس استاندارد ASME B31.8-2018

825 STRESS RELIEVING**825.1 Carbon Steels**

Welds in carbon steels having a carbon content in excess of 0.32% (ladle analysis) or a carbon equivalent ($C + \frac{1}{4} Mn$) in excess of 0.65% (ladle analysis) shall be stress relieved as prescribed in the ASME BPV Code, Section VIII. Stress relieving may also be advisable for welds in steel having lower carbon content or carbon equivalent when adverse conditions cool the weld too rapidly.

825.2 Wall Thickness

Welds in all carbon steels shall be stress relieved when the nominal wall thickness exceeds $1\frac{1}{4}$ in. (32 mm)

825.3 Different Wall Thicknesses

When the welded joint connects parts that are of different thicknesses but of similar materials, the thickness to be used in applying the rules in paras. 825.1 and 825.2 shall be

(a) the thicker of the two parts being joined, measured at the weld joint

(b) the thickness of the pipe run or header in case of branch connections, slip-on flanges, or socket weld fittings

تصویر ۳۰۹: تنش زدایی در استاندارد ASME B31.8-2018

***- پاراگراف 825 (STRESS RELIEVING): تنش زدایی (آزاد سازی تنش ها)

*- پاراگراف 825.1 (Carbon Steel): جوش متریال های کربن استیلی که مقدار عنصر کربن آنها بیشتر از 0.32% (در پاتیل ریخته گری) یا مقدار کربن معادل آنها بیشتر از 0.65% (در پاتیل ریخته گری) باشد بایستی مطابق استاندارد ASME BPV CODE Section VIII تنش زدایی شوند. همچنین وقتی شرایط جوش به گونه ای است که ممکن است سریع سرد گردد تنش زدایی برای جوش فولادی که دارای مقدار کربن یا کربن معادل کمتر است نیز توصیه می شود.

*- پاراگراف 825.2 (Wall Thickness): ضخامت دیواره

جوش تمام فولادهای کربنی که ضخامت آنها از $1\frac{1}{4}$ in. (۳۲ میلیمتر) بیشتر است باید تنش زدایی شوند.

*- پاراگراف 825.3 (Different Wall Thicknesses): ضخامت های متفاوت دیواره

وقتی اتصالات جوش شده دارای ضخامت های متفاوتی باشند اما از لحاظ جنس متریال یکسان باشند، ضخامتی که باید قوانین پاراگراف 2 & 825.1 را در باره ی آنها در نظر گرفت بایستی مطابق شرایط زیر باشند:

- (a) - در یک اتصال جوشی قطعه ضخیم تر برای اندازه گیری ملاک قرار گیرد.
- (b) - ضخامت لوله اصلی یا هدر در اتصالات انشعابات، فلنجهای Slip-On یا فیتینگهای جوشی از نوع Socket Weld
- *- پاراگراف 825.4 - مترال های متفاوت
- اگر در اتصال میان دو مترال غیر همسان، یکی از این مترال ها به عملیات تنش زدایی نیاز داشته باشد بایستی تمام اتصال تنش زدایی شود. (برای مثال اتصال بین کربن استیل و استنلس استیل)

825.5 Connections and Attachments

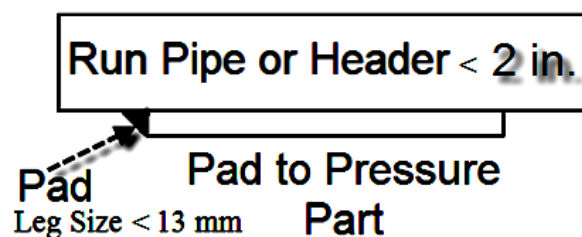
All welding of connections and attachments shall be stress relieved when the pipe is required to be stress relieved by the rules of para. 825.3, with the following exceptions:

(a) fillet and groove welds not over $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) leg size that attach connections not over NPS 2 (DN 50) pipe size

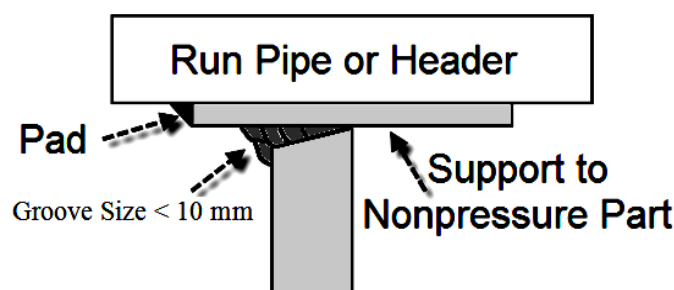
(b) fillet and groove welds not over $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) groove size that attach supporting members or other nonpressure attachments

تصویر ۳۱۰: تنش زدایی انشعابات و متعلقات در استاندارد ASME B31.8-2018

- *- پاراگراف 825.5 (Connection and Attachments): انشعابات و متعلقات
- وقتی یک لوله مطابق با پاراگراف 825.3 به تنش زدایی نیاز داشته باشد، جوش همه ی اتصالات و متعلقات آن نیز بایستی تنش زدایی شوند به جز موارد زیر:
- الف- جوشهای شیاری و گوشه ای که پاشنه (Leg) جوش آنها بیشتر از ۱۳ میلیمتر نباشد و به لوله های بیشتر از ۲ اینچ متصل نباشد (یعنی جوشی که به Run Pipe یا Header یا به قسمت تحت فشار Pressure Part متصل باشد).



- ب- جوشهای شیاری و گوشه ای که شیار جوش آنها بیشتر از ۱۰ میلیمتر نباشد و به متعلقات ساپورت یا دیگر اجزاء فاقد فشار (Nonpressure) متصل باشد.



* - پاراگراف 825.6 (Stress Relieving Temperature): دمای تنش زدایی

(a) - تنش زدایی برای فولادهای کربن استیل بایستی در دمای ۱۱۰۰ فارنهایت یا بیشتر و برای فولادهای آلایژی فریتی در دمای ۱۲۰۰ فارنهایت یا بیشتر انجام شود. میزان دمای واقعی و دقیق بایستی در دستورالعمل ها ذکر شود.

(b) - وقتی تنش زدایی میان دو متریکال مختلف که دارای شرایط تنش زدایی متفاوتی می باشند، انجام گردد، دمای تنش زدایی بیشتر را باید در نظر گرفت.

(c) - قسمت های مورد نیاز بایستی بطور آرام به دمای مورد نیاز برسد و در آن دما در یک مدت زمان مناسب بر اساس حداقل 1hr/in. نگهداری شود. اما در هیچ شرایطی نباید کمتر از $\frac{1}{2}$ hr باشد و بایستی بطور ملایم سرد گردد.

* - پاراگراف 825.7 (Methods of Stress Relieving): روشهای تنش زدایی

(a) - حرارت دادن یک سازه کامل که بصورت یک تجهیز تکمیل شده است.

(b) - حرارت دادن یک بخش کامل شامل جوش یا جوشهایی که باید قبل از اتصال دادن آن به بخش های دیگر، تنش زدایی شوند.

(c) - حرارت دادن بخشی از کار بوسیله یک نوار محیطی (مدور) حرارت دهنده که جوش در مرکز آن قرار می گیرد. پهنای این نوار بایستی حداقل ۲ اینچ بزرگتر از پهنای جوش تقویت شده باشد. برای ایجاد حرارت یکسان در اطراف کل محیط لوله بایستی دقت لازم صورت بگیرد. حرارت بایستی بطور تدریجی از لبه های خارجی این نوار کاهش یابد.

(d) - انشعابات یا دیگر اتصالات جوش شده (Attachment) که به تنش زدایی نیاز دارند ممکن است بطور موضعی (Local) بوسیله نوارهای حرارت دهنده محیطی (مدور) اطراف لوله ای که انشعاب یا Attachment به آن جوش شده است، تنش زدایی شوند. جوش انشعابات یا Attachment ها بایستی در مرکز نوارها قرار گیرند. پهنای نوار بایستی حداقل ۲ اینچ بیشتر از قطر جوش اتصال انشعاب یا Attachment که به لوله ای اصلی (Header) جوش شده است، باشد. تمام نوار حرارت دهنده بایستی تا دمای مورد نیاز نگهداری شوند.

* - پاراگراف 825.8 - تجهیزات تنش زدایی موضعی

(a) - تنش زدایی ممکن است بوسیله برقراری جریان الکتریکی، مقاومت الکتریکی، کوره های مدور آتش سوز، مشعل های آتش سوز یا وسایل مناسب دیگری که گرما و حرارت تولید می کنند، انجام شود، بشرطی که این وسایل یک گرما و حرارت یکنواخت ایجاد نماید و در طول عملیات تنش زدایی بایستی این گرما یا حرارت باقی بماند.

(b) - دمای عملیات تنش زدایی بایستی بوسیله ترموکوپل حرارت سنج یا تجهیزات مناسب دیگر کنترل شود تا اطمینان حاصل گردد که سیکل عملیات تنش زدایی بصورت مناسب انجام شده است.

■ - تنش زدایی (PWHT) در خطوط انتقال بر اساس استاندارد ASME B31.4-2019

* - پاراگراف 434.8.9 (Stress Relieving): آزاد سازی تنشها (تنش های پسماند)

(a) - وقتی اندازه گلوپی مؤثر جوشها مطابق با تصویر 2-434.8.6 از $(1 \frac{1}{4} \text{ in.})$ (۳۲ میلیمتر) تجاوز نمایند باید تنش زدایی انجام شود مگر اینکه با انجام تستهای PQR بر روی متریالی با همان تایپ، (Type) و مشخصات و گرید (Grade) و با گلوپی مؤثری معادل یا بیشتر از جوش انجام شده، ثابت شود که تنش زدایی نیاز ندارد.

434.8.9 Stress Relieving

(a) Welds shall be stress relieved when the effective weld throat (see Fig. 434.8.6-2) exceeds $1\frac{1}{4}$ in. (32 mm), unless it can be demonstrated by welding procedure qualification tests, using materials of the same specification, type, and grade with an effective weld throat that is equal to or greater than the production weld, that stress relieving is not necessary.

Welds in carbon steels having an effective weld throat larger than $1\frac{1}{4}$ in. (32 mm) and not larger than $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) may be exempted from stress relieving if a minimum preheating temperature of 200°F (93°C) is used. When required,

the welding procedure qualification test shall include stress relieving and/or heat treatment of the completed

test joint. The postweld stress relieving and heat treatment requirements in ASME B31.3 or Section VIII, Division 1 or 2 of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code may be used as a guide for minimum stress relieving and heat treating requirements. The thickness to be used to determine the stress relieving requirements of branch connections or slip-on flanges shall be the thickness of the pipe or header.

The thickness to be used to determine the stress relieving requirements of branch connections or slip-on flanges shall be the thickness of the pipe or header.

(b) In welds between dissimilar materials, if either material requires stress relieving, the joint shall require stress relieving.

تصویر ۳۱۱: تنش زدایی در استاندارد ASME B31.4-2019

فولادهای کربنی که اندازه‌ی مؤثر گلوبی جوش آنها بیشتر از $(1\frac{1}{4}$ in.) (۳۲ میلیمتر) و کوچکتر از $(1\frac{1}{2}$ in.) (۳۸ میلیمتر) است می‌توانند از تنش زدایی معاف گردند به شرطی که پیشگرمی تا حداقل 200 °F (93 °C) انجام شده باشد. وقتی تنش زدایی یا عملیات حرارتی به علت آنالیز، ضخامت، فرآیند جوشکاری، یا شرایط سرویس ضروری باشد باید در WPS مشخص گردد. چنانچه لازم باشد تست PQR باید شامل تنش زدایی یا عملیات حرارتی اتصال جوشکاری شده باشد. الزامات PWHT در استاندارد ASME B31.3 یا ASME Sec. VIII Div. 1, 2 می‌تواند به مثابه یک راهنما برای حداقل الزامات عملیات حرارتی و تنش زدایی، مورد استفاده قرار گیرد. در اتصالات انشعابها یا فلنجهای Slip-On ضخامتی که برای تعیین الزامات تنش زدایی مورد استفاده قرار می‌گیرد باید ضخامت لوله یا هدر (Header) باشد.

(b) - در جوشهای بین متریالهای غیر مشابه چنانچه هر کدام از متریالها به تنش زدایی نیاز داشته باشند، اتصال جوشکاری آنها نیز به (PWHT) نیاز دارد.

☀ - تنش زدایی در استاندارد API 650-2020

■ - تنش زدایی (PWHT) برای مخازن ذخیره ای

5.7.4 Thermal Stress Relief

5.7.4.1 All flush-type cleanout fittings and flush-type shell connections shall be thermally stress-relieved as an assembly prior to installation in the tank shell or after installation into the tank shell if the entire tank is stress-relieved. The stress relief shall be carried out within a temperature range of 600°C – 650°C (1100°F – 1200°F) (see 5.7.4.3 for quenched and tempered materials) for 1 hour per 25 mm (1 in.) of shell thickness. The assembly shall include the bottom reinforcing plate (or annular plate) and the flange-to-neck weld.

تصویر ۳۱۲: تنش زدایی در استاندارد API 650-2020

*- پاراگراف 5.7.4 (Thermal Stress Relief): تنش زدایی حرارتی

*- پاراگراف 5.7.4.1 - تمام اتصالات (Fittings) و اتصالات از نوع Flush-type هنگام مونتاژ و قبل از نصب در بدنه‌ی مخزن بایستی تنش زدایی شوند و یا چنانچه مخزن بطور کامل تنش زدایی شده باشد بعد از نصب اتصالات مذکور در بدنه مخزن بایستی تنش زدایی گردند. تنش زدایی باید در محدوده‌ی درجه حرارت 600 °C - 650 °C (1100 °F - 1200 °F) (به پاراگراف 5.7.4.3 نگاه کنید) و به مدت یک ساعت به ازاء هر ۲۵ میلیمتر از ضخامت دیواره انجام شود. مجموعه مونتاژ شده باید شامل ورق تقویتی کف (یا رینگ مربوط به کف یا Annular) و جوش فلنج به لوله باشد.

*- پاراگراف 5.7.4.2 - وقتی متریال بدنه از گروه های I, II, III, IIIA باشد تمام نازل‌های با قطر اسمی 12 in. یا بیشتر که در بدنه‌ی یا در ورق Thickened insert plate (ورق ضخیم تری که به جای ورق بدنه و ورق تقویتی بکار برده می شود) با ضخامت بیشتر از ۲۵ میلیمتر نصب میشوند باید بر روی ورق بدنه یا ورق Thickened insert plate نصب و جوشکاری شوند و مجموعه‌ی پیش ساخته شده قبل از نصب باید در محدوده‌ی درجه حرارت 600-650°C برای مدت یک ساعت به ازاء هر ۲۵ میلیمتر از ضخامت دیواره تنش زدایی گردند. ضرورت تنش زدایی نیازی نیست که شامل جوشهای فلنج به لوله نازل یا متعلقات لوله نازل یا لوله منهول باشد مشروط بر آنکه شرایط زیر بر آورده شده باشد:

- (a) - جوشها در خارج از حوزه تقویتی باشد (به پاراگراف 5.7.2.4 نگاه کنید).
- (b) - ابعاد جوش گلوئی Fillet در یک فلنج نوع Slip-on از 16 mm تجاوز ننماید یا ابعاد جوش لب به لب (Butt) در یک فلنج گردن جوش (Welding neck) از 19 mm تجاوز ننماید. اگر متریال در حین جوشکاری تا حداقل 200 °F (93 °C) پیش گرم شود محدوده‌ی 16 mm و 19 mm می تواند به ترتیب تا 32 mm و 38 mm افزایش یابد.
- *- پاراگراف 5.7.2.4 - بخشهای زیر از لوله‌ی یک فیتینگ می تواند به عنوان بخشی از حوزه‌ی تقویتی در نظر گرفته شوند مگر اینکه بوسیله اitem (e) از پاراگراف 5.7.2.3 منع شده باشد.
- (a) - بخشی از سطح خارجی ورق بدنه‌ی مخزن که به طرف خارج امتداد دارد تا فاصله ای معادل چهار برابر ضخامت دیواره‌ی لوله‌ی نازل یا اگر در این فاصله دیواره‌ی لوله‌ی نازل تا نقطه تغییر ضخامت، کاهش پیدا کرده باشد.
- (b) - بخشی از محیط لوله‌ی نازل که بوسیله ضخامت جداره مخزن احاطه گردیده است.
- (c) - بخشی که از سطح داخلی ورق بدنه‌ی مخزن بطرف داخل امتداد یافته تا فاصله ای که در (a) در بالا مشخص شده است.

(See Figure 4.1a and Note 1 below.)

Table 4.4a—Material Groups (SI)

Group I As Rolled, Semi-Killed		Group II As Rolled, Killed or Semi-Killed		Group III As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IIIA Normalized, Killed Fine-Grain Practice	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A283M C		A131M B	6	A573M-400		A573M-400	9
A285M C	2	A36M	5	A516M-380		A516M-380	9
A131M A		G40.21-260W		A516M-415		A516M-415	9
A36M	3	Grade 250	7	G40.21-260W	8	G40.21-260W	8, 9
Grade 235	3			Grade 250	8	Grade 250	8, 9
Grade 250	5						

تصویر ۳۱۳: لیست متریالهای گروه های (IIIA, III, II, I) در استاندارد API 650-2020

*- پاراگراف 5.7.4.3 - وقتی متریال بدنه مخزن از گروه های IV, IVA, V, VI باشد (تصویر ۳۱۴) تمام نازل‌های ورق بدنه یا ورق Thickened insert plate (ورق ضخیم تری که به جای ورق بدنه و ورق تقویتی بکار برده می شود) با ضخامت بیشتر از 12.5 mm که به ورق بدنه یا ورق Thickened insert plate نصب و جوشکاری شوند و مجموعه پیش ساخته شده قبل از نصب بایستی در محدوده‌ی درجه حرارت 600 °C - 650 °C (1100 °F - 1200 °F) به مدت یک ساعت به ازاء هر ۲۵ میلیمتر از ضخامت دیواره تنش زدایی گردد. وقتی نازلها و اتصالات یک متریال کوئینچ و تمپر شده نصب شده اند، حداکثر درجه حرارت تنش زدایی نباید از درجه حرارت تمپر کردن متریال بیشتر باشد. الزامات تنش زدایی نباید در مورد جوشهای ورق رینگ کف (Bottom annular plate) بکار برده شود ولی وقتی ورق تقویتی کف Annular plate است در مورد دریچه های تمیز کاری مخزن از نوع Flush-type تنش زدایی بکار برده می شود. الزامات

تنش زدایی نیازی نیست شامل جوشهای فلنج به لوله و یا سایر اتصالات لوله های نازلها و منهول ها باشد مشروط بر آنکه شرایط پاراگراف 5.7.4.2 رعایت شده باشد.

Table 4.4a—Material Groups (SI)

Group IV As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IVA As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group V Normalized, Killed Fine-Grain Practice		Group VI Normalized or Quenched and Tempered, Killed Fine-Grain Practice Reduced Carbon	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A573M-450		A662M C		A573M-485	9	A131M EH 36	
A573M-485		A573M-485	10	A516M-450	9	A633M C	
A516M-450		G40.21-300W	8, 10	A516M-485	9	A633M D	
A516M-485		G40.21-350W	8, 10	G40.21-300W	8, 9	A537M Class 1	
A662M B		ISO S275 D	8	G40.21-350W	8, 9	A537M Class 2	12
G40.21-300W	8	ISO S355 D	8				
G40.21-350W	8	ENS275	8				
ISO S275 C	8	EN S355 (J2 or K2)	8			A737M B	
ISO S355 C	8					A841M, Grade A, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN S275 J0	8					A841M, Grade B, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN355 J0	8						
Grade 275	8						

تصویر ۳۱۴: لیست متریالهای گروه های (VI, V, IVA, IV) در استاندارد API 650-2020

یاداشتهای مربوط به جدول 4-4a:

- 1- اغلب شماره های مشخصات متریال لیست شده مربوط به استاندارد ASTM (از جمله گرید و کلاس) می باشند. با اینحال چند استثناء وجود دارد: G40.21 (از جمله گرید) مربوط به مشخصات CSA است. گریدهای E275 و E355 (از جمله کیفیت) در ISO 630 قرار دارند و گریدهای S275 و S355 (از جمله کیفیت) در EN10025 قرار دارند، و گریدهای 235 و 250 و 275 مربوط به استانداردهای ملی می باشند. (به پاراگراف 4.2.6 نگاه کنید):
- 2- باید فولاد نیمه کشته (Semi-killed) یا فولاد کشته (killed) باشد.
- 3- ضخامت کمتر یا برابر با 20 mm باشد.
- 4- حذف شد.
- 5- برای ضخامت های بیشتر از 20 mm مقدار منگنز در آنالیز نمونه گیری از کوره باید $0.8 \sim 1.2\%$ باشد، مگر اینکه به ازاء هر 0.01% کاهش در حداکثر مقدار کربن مشخص شده، مقدار منگنز می تواند به اندازه 0.06% بیشتر از حداکثر منگنز مشخص شده، باشد تا جایی که از 1.35% تجاوز ننماید. برای ضخامتهای برابر یا کمتر از 20 mm مقدار منگنز در آنالیز نمونه گیری از کوره $0.8 \sim 1.2\%$ باشد.
- 6- ضخامت کمتر یا برابر با 25 mm باشد.
- 7- باید کشته شده (killed) باشد.
- 8- باید کشته شده (killed) و دانه ریز (Fine-Grain) باشد.
- 9- باید نرمالیز باشد.

10- باید آنالیز آن تا حداکثر مقدار کربن 0.02% و حداکثر مقدار منگنز 1.6% اصلاح گردد (به پاراگراف 4.2.6.4 نگاه کنید)

11- بوسیله فرآیند کنترل گرمایی مکانیکی (TMCP=Thermo-Mechanical Control Process) تولید شده باشد.

12- برای تستهایی که بر روی نمونه های تست شبیه سازی شده برای مجموعه های تنش زدایی شده انجام می شود (به پاراگراف 5.7.4.6 نگاه کنید).

13- برای الزامات تست ضربه (هر ورق در شرایط نورد شده تست شود) (به پاراگراف 4.2.10 نگاه کنید)

*- پاراگراف 5.7.4.4 - آزمایشات بعد از تنش زدایی باید مطابق با پاراگراف 7.2.3.8 یا 7.2.3.7 باشد.

*- پاراگراف 7.2.3.7 - جوشهای تکمیل شده ی مجموعه های تنش زدایی شده شرح داده شده در پاراگراف 5.7.4 باید بعد از تنش زدایی ولی قبل از تست هیدرو استاتیک بصورت چشمی و نیز بوسیله تستهای ذرات مغناطیسی MT و مایع نافذ PT مورد آزمایش قرار گیرند.

*- پاراگراف 7.2.3.8 - اتصالات نوع (Flush-Type) باید مطابق با پاراگراف (5.7.8.11) مورد بازرسی قرار گیرند.

*- پاراگراف 5.7.4.5 - وقتی که تنش زدایی در حداقل درجه حرارت 600 °C (1100 °F) امکان پذیر نباشد در صورت موافقت خریدار تنش زدایی باید در درجه حرارت های کمتر و در مدت زمان طولانی تر مطابق با جدول صفحه ی بعد انجام شود. تنش زدایی در درجه حرارت های کمتر و در مدت زمان طولانی تر ممکن است چقرمگی و تنش پسماندی معادل با زمانیکه متریال در درجه حرارت بیشتر و زمان کمتر تنش زدایی میشود داشته باشد. بنابراین بازنگری نمونه های تنش زدایی شده یا تست ورقهای جوشکاری شده بایستی توسط یک متالورژیست مجرب و امکان تایید آن بوسیله تست کارخانه ای مورد ملاحظه قرار گیرد.

Minimum Stress-Relieving Temperature		Holding Time (hours per 25 mm [1 in.] of thickness)	See Note
(°C)	(°F)		
600	1100	1	1
570	1050	2	1
540	1000	4	1
510	950	10	1, 2
480 (min.)	900 (min.)	20	1, 2

NOTE 1 For intermediate temperatures, the time of heating shall be determined by straight line interpolation.
NOTE 2 Stress relieving at these temperatures is not permitted for A537 Class 2 material.

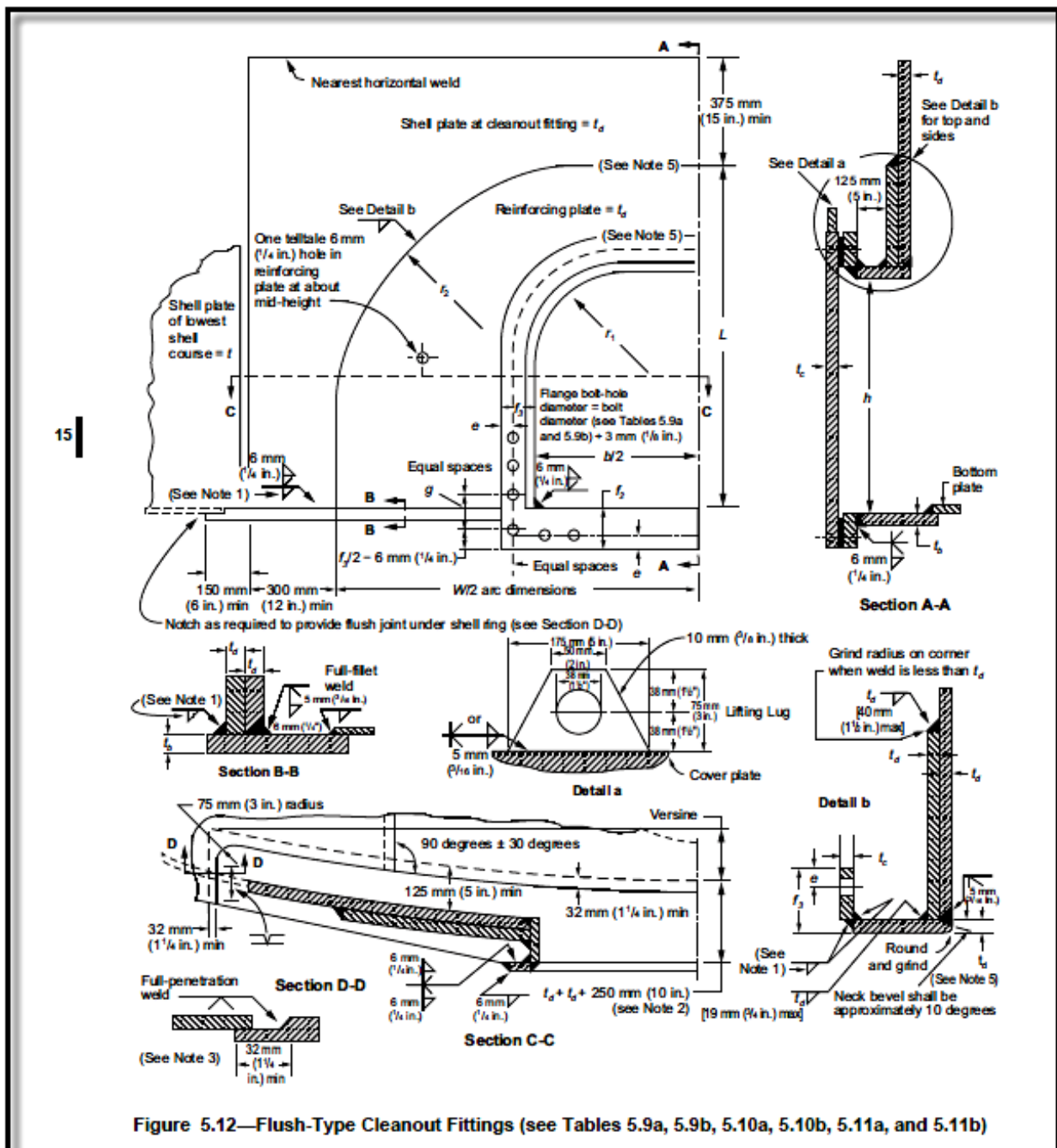
تصویر ۳۱۵: دمای تنش زدایی در استاندارد API 650-2020

یادداشتهای مربوط به تصویر ۳۱۵:

1- برای درجه حرارت های بین ارقام داده شده در جدول، زمان گرمایش باید از منحنی رسم شده حاصل از ارقام جدول بدست آید.

2- برای متریال A537 CL 2 تنش زدایی در این درجه حرارت مجاز نمی باشد.

*- پاراگراف 5.7.4.6 - چنانچه فولادهای کوئینچ و تمپر شده A537 CL 2 و A678 Gr. B و فولاد A841(TMCP) که در مجموعه ی مونتاژ شده ای تنش زدایی شده اند، مورد استفاده قرار بگیرند باید بوسیله نمونه های تست که مانند مجموعه ی مونتاژ شده تنش زدایی شده اند، تایید گردند.



تصویر ۳۱۶: فیتینگها و اتصالات از نوع Flush-Type در استاندارد API 650-2020

یادداشتهای مربوط به تصویر ۳۱۶:

- ۱- ضخامت ورق نازکتر متصل شده (حداکثر ۱۳ میلیمتر)
- ۲- وقتی که Annular plate در نظر گرفته شده ورق تقویتی دارد باید به عنوان قسمتی از Annular plate تلقی گردد و عرض آن به اندازه عرض Annular plate باشد.
- ۳- وقتی که اختلاف بین ضخامت Annular Ring و ورق تقویتی کف کمتر از 6mm باشد اتصال شعاعی بین Annular Ring و ورق تقویتی کف می تواند جوش لب به لب با نفوذ کامل لبه ها باشد.

- ۴- متریال گسکت باید توسط خریدار مشخص گردد. متریال گسکت باید الزامات سرویس را بر اساس محصول ذخیره شده، درجه حرارت طراحی فلز، حداکثر درجه حرارت طراحی و مقاومت در برابر آتش بر آورده نماید.
- ۵- ضخامت (t_d) ورق بدنه در دریچه‌ی تمیزکاری باید معادل یا بزرگتر از ضخامت ورق بدنه در پایین ترین کورس بدنه باشد.



تصویر ۳۱۷: نمونه هایی از فیتینگها و اتصالات از نوع Flush-Type Cleanout Fittings

☼ - تنش زدایی در استاندارد API 620-2018

■ - تنش زدایی (PWHT) برای مخازن ذخیره ای کم فشار

✱ - پاراگراف 5.25 - آزاد سازی تنش (تنش زدایی):

5.25 Stress Relieving

5.25.1 Definition

Stress-relief heat treatment is the uniform heating of a structure or portion of a structure to a sufficient temperature below the critical range to relieve the major portion of the residual stresses, followed by uniform cooling. Any proposed application of stress-relieving requirements and the procedures to be followed in each case should be agreed upon by the Purchaser and the Manufacturer. Peening may be done if it is part of the welding procedure and is approved by the Purchaser (see 6.7 and 6.10).

5.25.2 Field Stress Relief

A tank built according to the rules of this standard is not usually thermally field stress relieved after erection because its size and weight do not permit adequate support at the temperature required for stress relieving. When a tank is not to be field stress relieved, the field-welding procedure shall be one that (a) has been proven satisfactory by experience or adequate experiments and (b) will minimize locked-up residual stresses, which are thought to be one of the main causes of cracking in or adjacent to welds (see 6.19 and H.4).

تصویر ۳۱۸: تنش زدایی در استاندارد API 620-2018

*- پاراگراف 5.25.1 - تعریف: عملیات حرارتی برای آزاد سازی تنش عبارت است از گرم کردن یکنواخت سازه یا بخشی از سازه تا درجه حرارتی به اندازه‌ی کافی پایین تر از محدوده‌ی بحرانی، تا بخش اعظم تنش های پس ماند آزاد گردند و بدنبال آن سازه بطور یکنواخت سرد شود. هر گونه پیشنهاد عملی مورد نیاز برای تنش زدایی و روشهایی که باید انجام شوند باید با توافق میان کارفرما و سازنده باشد. از Peening می توان استفاده نمود مشروط بر آنکه بخشی از دستورالعمل جوشکاری (WPS) ارائه گردیده و توسط مشتری نیز تایید شده باشد. (به پاراگراف 6.7 و 6.10 نگاه کنید)

*- پاراگراف 5.25.2 - تنش زدایی در سایت: مخزنی که مطابق با مقررات این استاندارد ساخته میشود معمولاً پس از نصب، تنش زدایی در آن انجام نمی گیرد زیرا اندازه و وزن آن مناسب ساپورت کردن در درجه حرارت لازم برای رها سازی تنش یا تنش زدایی نمی باشد. وقتی یک مخزن نباید در سایت مورد تنش زدایی قرار گیرد، روش جوشکاری در سایت باید به گونه ای باشد که:

(a) - بوسیله تجربه و آزمایش این روش به اثبات رسیده باشد.

(b) - طبق این روش تنش های پسماند حبس شده که تصور می رود یکی از دلایل ترک در جوشها یا نواحی مجاور آنها می باشد در حداقل خواهند بود. (به پاراگراف 6.19 و H-4 نگاه کنید)

*- پاراگراف 5.25.3 - ضخامت دیواره: محل اتصال جوشکاری نازلها و سایر اجزاء به مقاطعی از مخزن که ضخامت اسمی آن از $1 \frac{1}{4}$ in (32 mm) بیشتر باشد و لوله نازل هایی که ضخامت اتصال جوشکاری شده‌ی آنها از $(D + 50)/120$ تجاوز نماید باید پس از جوشکاری بوسیله حرارت، تنش زدایی گردند. برای متریال های P-No. 1 ضخامت 32 mm ممکن است تا ضخامت 38 mm افزایش یابد مشروط بر آنکه در خلال جوشکاری عملیات پیش گرم تا حداقل 200°F نگه داشته شود. ضخامت رینگهای فشاری (Compression Rings) همانطور که در پاراگراف 5.12 تعریف شده است (مثالهای نشان داده شده در تصویر 5-6) تنش زدایی بوسیله حرارت برای آنها الزامی نمی باشد. در این فرمول قطرهای کمتر از 20 in. برابر با 20 in. محاسبه میگردند. وقتی نمیتوان تنش زدایی حرارتی را در مورد مجموعه جوشکاری شده و مونتاژ شده بعد از نصب انجام داد، تمام این مجموعه ها به خصوص جوشکاری نازلها و محل اتصال ساپورتها باید در کارگاه (Shop) انجام شود و قبل از حمل برای مونتاژ در بدنه مخزن مورد تنش زدایی حرارتی قرار گیرند.

برای روشن شدن فرمول بالا به مثال زیر توجه فرمایید:

لوله فلنج یک اینچ (1 in.) ضخامت دارد و سایز لوله 16 in. است، آیا طبق فرمول بالا تنش زدایی لازم است یا خیر؟
جواب: سایز لوله چون از 20 in. کمتر است پس آنرا برابر با 20 in. در نظر می گیریم: $(20 + 50)/120 = 0.58$ in. چون نتیجه بدست آمده از ضخامت لوله مورد نظر (1 in.) کمتر است پس تنش زدایی برای لوله با این ضخامت الزامی است چون در حقیقت ضخامت لوله از نتیجه فرمول تجاوز کرده است.

*- پاراگراف 5.25.4 - اجزایی که بوسیله جوش گوشه ای (Fillet) به مخزن متصل شده اند:

الزامات پاراگراف 5.25.3 جوش گوشه ای (Fillet) در نازل های کوچک یا Lug هایی که اندازه جوش آنها به شرح زیر است، بکار برده نمی شود:

(a) - برای جوشهایی که روی سطح تخت قرار دارند یا جوشهای محیطی که بر روی یک سطح استوانه ای یا مخروطی قرار دارند و اندازه آنها از $1 \frac{1}{2}$ in (38 mm) بیشتر نیست.

(b) - برای جوشهای طولی بر روی سطوح استوانه ای یا مخروطی یا سطوحی که دارای انحنا (مثل کره) می باشند و اندازه آنها از $\frac{3}{8}$ in (9.5 mm) بیشتر نمی باشند.

* - پاراگراف 6.18 - تنش زدایی حرارتی (Thermal Stress Relief):

* - پاراگراف 6.18.1 - تنش زدایی حرارتی کلی یک مخزن که بطور کامل ساخته شده قابل تصور نیست ولی چنانچه طبق پاراگراف 5.25 ضروری باشد، مقاطع مخزن باید قبل از نصب، تنش زدایی گردند.

* - پاراگراف 6.18.2 - تنش زدایی بخشهایی از مخزن که مطابق با مقررات مندرج در پاراگراف 5.25 الزامی می باشد، باید قبل از انتقال از کارگاه سازنده در یک کورهی در بسته تنش زدایی گردند. روش بکار رفته باید مطابق با پاراگراف های 6.18.2.1 و 6.18.2.5 باشد.

* - پاراگراف 6.18.2.1 - درجه حرارت کوره در زمان قرار دادن بخش یا مقطعی از مخزن در کوره از 600°F نباید تجاوز نماید.

* - پاراگراف 6.18.2.2 - سرعت گرم کردن در بیشتر از 600°F نباید از 400°F بر ساعت تقسیم بر حداکثر ضخامت ورق بر حسب اینچ بیشتر باشد، ولی تحت هیچ شرایطی نباید از 400°F بر ساعت تجاوز نماید.

* - پاراگراف 6.18.2.3 - در مرحلهی گرم کردن، درجه حرارت در سراسر بخشی از مخزن که در حال گرم شدن است نباید در هر فاصله 15ft (4.5M) بیشتر از 250°F اختلاف داشته باشد. به استثناء موردی که در پاراگراف 6.18.2.5 مجاز دانسته شده است. درجه حرارت باید حداقل در 1100°F و به مدت یک ساعت به ازاء هر یک اینچ ضخامت ورق نگه داشته شود. در مرحله گرم کردن و سرد کردن برای جلوگیری از اکسیداسیون بیش از حد سطح فلزی که در حال گرم شدن است بایستی اتمسفر کوره را کنترل نمود. طراحی کوره باید به گونه ای باشد تا از برخورد مستقیم شعله به سطح فلز جلوگیری به عمل آید.

Table 6-4—Stress-relieving Temperatures and Holding Times

Metal Temperature (° Fahrenheit)	Holding Time (hours per in. of thickness)
1100	1
1050	2
1000	3
950	5
900 (minimum)	10
NOTE For intermediate temperatures, the heating time shall be determined by straight line interpolation.	

تصویر ۳۱۹: درجه حرارتهای تنش زدایی در زمانهای نگهداری در استاندارد API 620-2018

یادداشت جدول 6-4:

برای درجه حرارتهای مابین ارقام جدول 6-4، منحنی مربوطه را رسم نموده و از درجه حرارت مورد نظر زمان نگهداری را به ازاء هر یک اینچ ضخامت بدست می آوریم.

* - پاراگراف 6.18.2.4 - سرد کردن قطعه در درجه حرارت های بالای 600°F باید در یک کوره در بسته یا محفظه مخصوص با سرعتی که بیشتر از 500°F بر ساعت تقسیم بر حداکثر ضخامت فلز بر حسب اینچ نباشد، انجام شود ولی تحت هیچ شرایطی سرعت سرد کردن نباید از 500°F تجاوز نماید. در درجه حرارت 600°F و کمتر، فلز می تواند در جریان هوای آزاد سرد شود.

*- پاراگراف 6.18.2.5 - وقتی تنش زدایی در درجه حرارت 1100°F امکان پذیر نباشد، عملیات تنش زدایی در درجه حرارت کمتر و برای مدت زمان طولانی تر مطابق با جدول 6.4 مجاز میباشد.

■ - ضمیمه (H) پیشنهادات اجرایی برای استفاده از پیشگرمی پسگرمی و تنش زدایی

***- پاراگراف H.3 Post-heat Treatment (Stress Relief) H.3 : عملیات حرارتی پس از جوشکاری

عملیات تنش زدایی (PWHT) پس از جوشکاری که امروزه بر روی مخازن تحت فشار انجام می شود دارای مقدار ثابت شده ای است. وقتی ضخامت ورق مقاطع مخازن از $1\frac{1}{4}\text{ in (32 mm)}$ تجاوز نماید عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) مطابق با پاراگراف 5.25 الزامی می باشد. در موارد خاص امکان عملیات حرارتی مخزن بعد از نصب باید مورد تفحص قرار گیرد. اگر منابع فراوان انرژی در دسترس باشد و نیز استحکام مخزن کافی باشد می توان مخزن را عایق نمود و عملیات حرارتی را انجام داد. وقتی شرایط سرویس به گونه ای باشد که انتظار ایجاد ترکهای ناشی از تنش خوردگی وجود داشته باشد، آزاد سازی تنشها الزامی میباشد. وقتی عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) برای پیشگیری از ترکهای ناشی از تنش خوردگی انجام می شود، پیشگرمی نمی تواند جایگزین مناسبی برای آن باشد.

■ - ضمیمه (Q) مخازن ذخیره ای کم فشار برای گازهای هیدروکربنی مایع شده

*- پاراگراف Q.5.3 - عملیات حرارتی (PWHT) پس از جوشکاری

*- پاراگراف Q.5.3.1 - ورقهای حاوی 5% و 7% و 9% نیکل که بوسیله کار سرد تغییر شکل یافته اند چنانچه میزان انبساط ناشی از کار سرد آنها بوسیله محاسبه فرمول زیر از 3% تجاوز نماید باید تنش زدایی گردند.

$$s = \frac{65t}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_o} \right)$$

S = کش آمدگی بر حسب در صد.

t = ضخامت ورق بر حسب اینچ

R_f = شعاع نهایی بر حسب اینچ

R₀ = شعاع اولیه بر حسب اینچ (برای ورق صاف شعاع اولیه برابر با بی نهایت می باشد)

پاراگراف Q.5.3.2 - چنانچه برای ورقهای حاوی 5% و 7% و 9% نیکل عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) الزامی باشد، روش کار باید مطابق با پاراگراف ASME Section VIII Div.1 UCS-56 با محدوده درجه حرارت نگهداری بین 1025°F تا 1085°F باشد. ولی سرعت سرد کردن از 600°F نباید کمتر از 300°F بر ساعت باشد. ورق یا مخزنی که اجزاء مونتاژ شده بر روی آن نیز باید عملیات حرارتی گردند باید بصورت کامل و در یک زمان، مورد عملیات حرارتی قرار گیرد. روشهای عملیات حرارتی موضعی نمی تواند در این مورد بکار برده شود. بخشهایی که به تنهایی تغییر شکل سرد یافته اند و عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) آنها الزامی می باشد، می توانند قبل از اینکه به مخزن جوشکاری و یا مونتاژ گردند مورد عملیات حرارتی قرار گیرند.

*- پاراگراف Q.5.3.3 - بطور طبیعی، عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) برای متریبالهای غیر آهنی لازم یا مطلوب نمی باشد. عملیات حرارتی نباید انجام گیرد مگر با توافق بین مشتری و سازنده مجاز می باشد.

*- پاراگراف Q.5.3.4 - عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) برای فولادهای زنگ نزن آستنیتی نه لازم است و نه منع شده است. ولی چنانچه عملیات حرارتی مد نظر مشتری یا سازنده باشد باید پاراگراف های UHA-100 تا UHA-109 در ASME Section VIII به دقت مورد بازبینی قرار گیرند.

■ - ضمیمه (R) مخازن ذخیره ای کم فشار برای محصولات منجمد شده

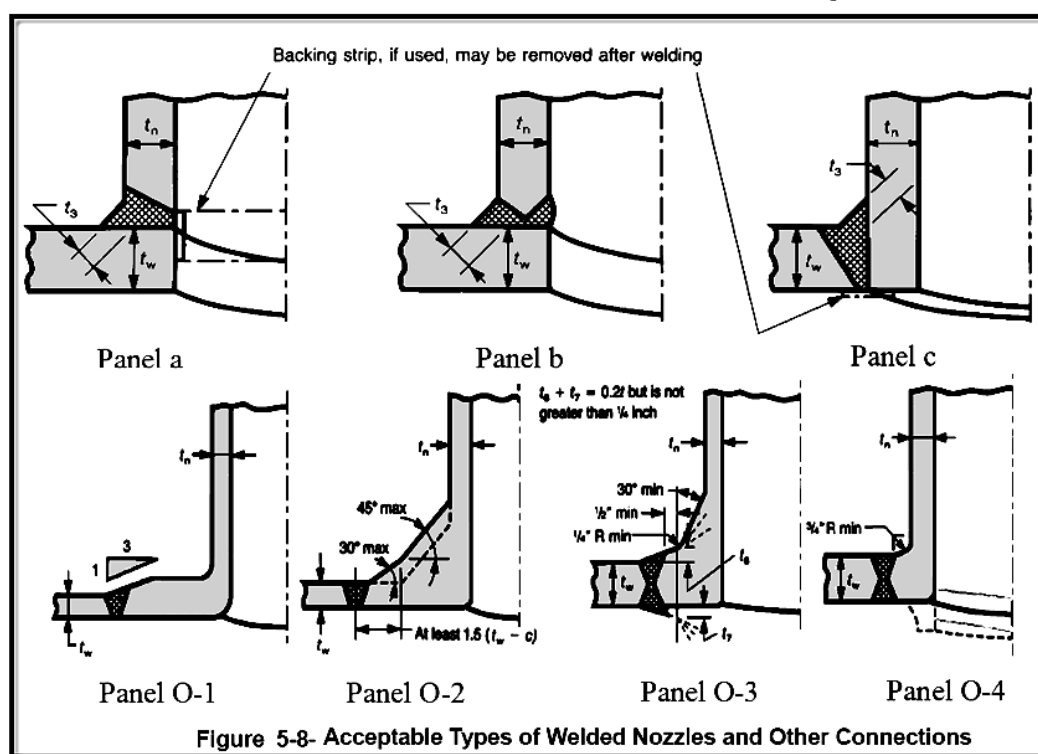
*- پاراگراف R.5.3 - عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT):

*- پاراگراف R.5.3.1 - تمام نازل‌هایی که به ورق بدنه یا ورق Thickened insert plate (ورق ضخیم تری که به جای ورق بدنه و ورق تقویتی بکار برده می شود) جوشکاری می شوند و مجموعه‌ی مونتاژ شده بر روی مخزن باید قبل از نصب، عملیات حرارتی تنش زدایی شوند مگر اینکه یکی یا بیشتر از معافیت‌های زیر انجام شود:

(a) - مقدار تنش در ورق، تحت شرایط طراحی از 10% حداقل استحکام کششی متریکال ورق تجاوز ننماید. نازل باید برای تنش های کم، تقویت گردد.

(b) - تست‌های ضربه بر روی متریکال و جوشها الزامات R.2.2.2 و جدول R-2 را برآورده نماید و ضخامت متریکال برای نازلها با هر قطری کمتر از $\frac{5}{8}$ in. یا برای نازل‌هایی که قطری کمتر از 12 in. دارند از $1\frac{1}{4}$ کمتر باشد. ضخامت لوله‌ی نازل بدون تنش زدایی باید مطابق با پاراگراف 5.25.3 محدود به رقم حاصل از نسبت $(D + 50) / 120$ باشد.

(c) - برای تقویت نازلها، از اجزاء آهنگری شده مشابه آنچه در Figure 5-8 و در پانل های (o-1, o-2, o-3, o-4) نشان داده شده است، استفاده گردد.



تصویر ۳۲۰: تقویت نازلها

*- پاراگراف R.5.3.2 - الزامات تنش زدایی پاراگراف 5.25 باید برای اجزاء تشکیل دهنده اصلی و نیز اجزاء تشکیل دهنده فرعی لازم الاجرا باشد.

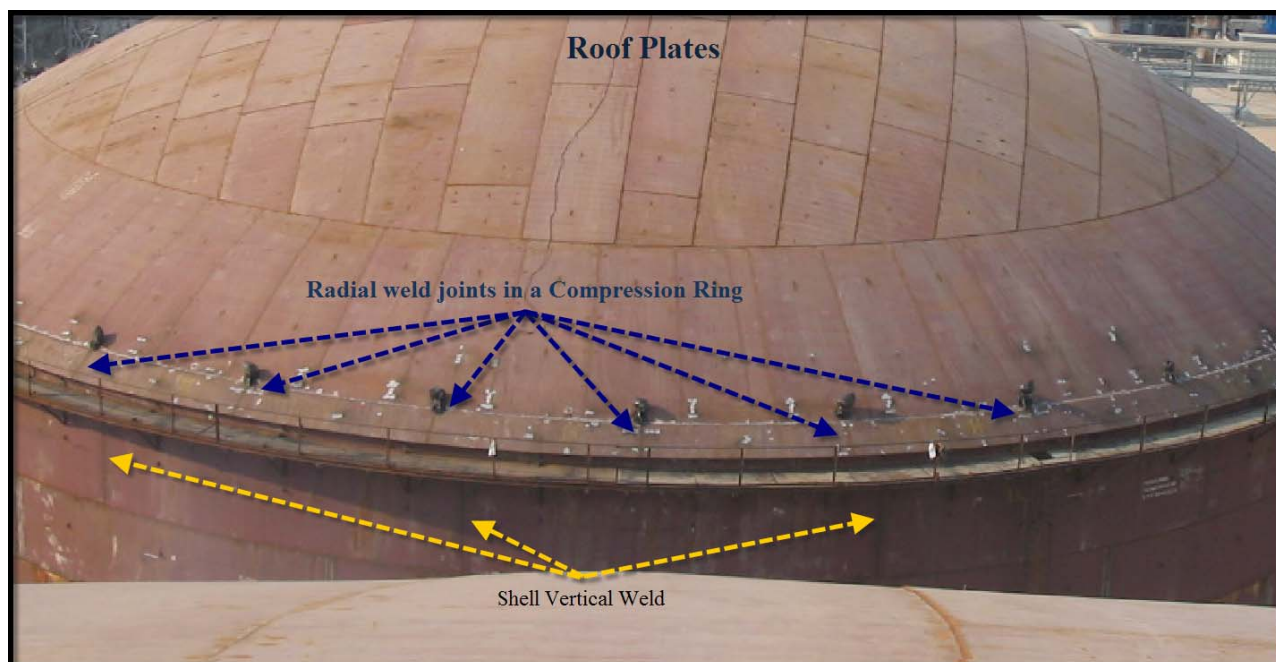
*- پاراگراف R.5.3.3 - وقتی که فولاد (A841) TMCP در اجزاء تنش زدایی شده بکار برده می شود نمونه هایی از این فولاد باید عیناً مشابه اجزاء تنش زدایی شده، مورد عملیات حرارتی قرار گیرند.

*- پاراگراف R.5.4 (Spacing of Connections and Welds): فواصل بین نازلها و جوشها

در اجزاء تشکیل دهنده اصلی، تمامی اتصالات نازلها در ورق مخزن باید با الزامات R.5.4.2 تا R.5.4.4 در مورد فواصل جوشهای گوشه ای (Fillet) و لب به لب (Butt) مطابقت داشته باشند.

❖- پاراگراف R.5.4.2 – جوش لب به لب (Butt) اطراف یک Thickened insert plate (ورق ضخیم تری که به جای ورق بدنه و ورق تقویتی بکار برده می شود) یا جوش گوشه ای (Fillet) اطراف یک ورق تقویتی باید از هر درز جوش لب به لب حداقل به اندازه 10 برابر ضخامت بدنه یا 12 in (هر کدام که بزرگترند) فاصله داشته باشد مگر جایی که جوش محیطی کامل شده قبل از جوشکاری درز جوشهای لب به لب (Butt) مجاور در بدنه تنش زدایی شده باشند. جایی که تنش زدایی انجام شده باشد فاصله جوش محیطی تا جوشهای طولی یا جوشهای نصف النهاری باید حداقل 6 in و تا جوشهای محیطی یا عرضی حداقل 3 in باشد مشروط بر آنکه در هر دو حالت این فاصله کمتر از ۳ برابر ضخامت ورق بدنه نباشد. این مقررات همچنین در مورد اتصال ورق کف به ورق بدنه بکار می رود با این حال به عنوان یک جایگزین ورق Thickened insert plate (ورق ضخیم تری که به جای ورق بدنه و ورق تقویتی بکار برده می شود) یا ورق تقویتی می تواند به طرف کف امتداد یابد تا به جوش ورق بدنه و کف رسیده و آنرا تحت زاویه‌ی ۹۰ درجه قطع نماید. الزامات تنش زدایی در مورد جوش بدنه به کف یا ورق رینگ (Annular Plate) بکار برده نمی شود.

❖- پاراگراف R.5.4.4 – اتصالات شعاعی Compression Ring ها نباید نسبت به جوشهای عمودی مخزن نزدیکتر از 12 in باشند.



تصویر ۳۲۱: فاصله‌ی جوشهای شعاعی Compression Ring و جوشهای عمودی مخزن

☼ - تنش زدایی در استاندارد NACE MR0403

***- بخش 3- (Use of Thermal Stress Relief to Mitigate the Probability of Caustic SCC) : استفاده از تنش زدایی برای کاهش دادن ترک های احتمالی ناشی از خوردگی تنشی در محیط قلیایی

❖-پاراگراف 3.1- بر اساس بررسی کارگروه، این استاندارد مجدداً پیشنهاداتی را در دیگرام (نمودار) سرویس سودسوزآور (Figure 1) در خصوص تنش زدایی متريال کربن استیل بر اساس ترکیب دمای فلز و غلظت ماده قلیایی تصریح نموده است.

جوشهای کربن استیل (شامل جوشهای شیار، جوشهای ساکتی و جوشهای آب بندی) و خمش های لوله کشی که با کار سرد شکل دهی شده اند. یا خمش های "U" شکل تیوب های مبدل های حرارتی گرم که در سرویس می باشند و در

مناطق "area B" و "area C" این دیاگرام قرار دارند بایستی تنش زدایی حرارتی شوند همانگونه که در پاراگراف 3.2 بطور خلاصه ذکر شده است.

※-پاراگراف 3.2- تنش زدایی حرارتی برای افزایش و بهبود مقاومت جوش کربن استیل و خمش های لوله کشی به صورت شکل دهی سرد در برابر ترکهای ناشی از خوردگی تنشی در محیط قلیایی یک روش مفید و مؤثر می باشد. یک دستورالعمل مناسب و مؤثر شامل حرارت دادن تا دمای $635 \pm 14^{\circ}\text{C}$ ($1,175 \pm 25^{\circ}\text{F}$) درجه سانتیگراد و نگهداشتن در این دما به مدت ۱ ساعت به ازای هر 25 mm (1.0 in.) می باشد یا کسری از آن ضخامت (25 mm) ، حداقل به مدت یک ساعت در دمای نگهداری، حرارت داده شود.

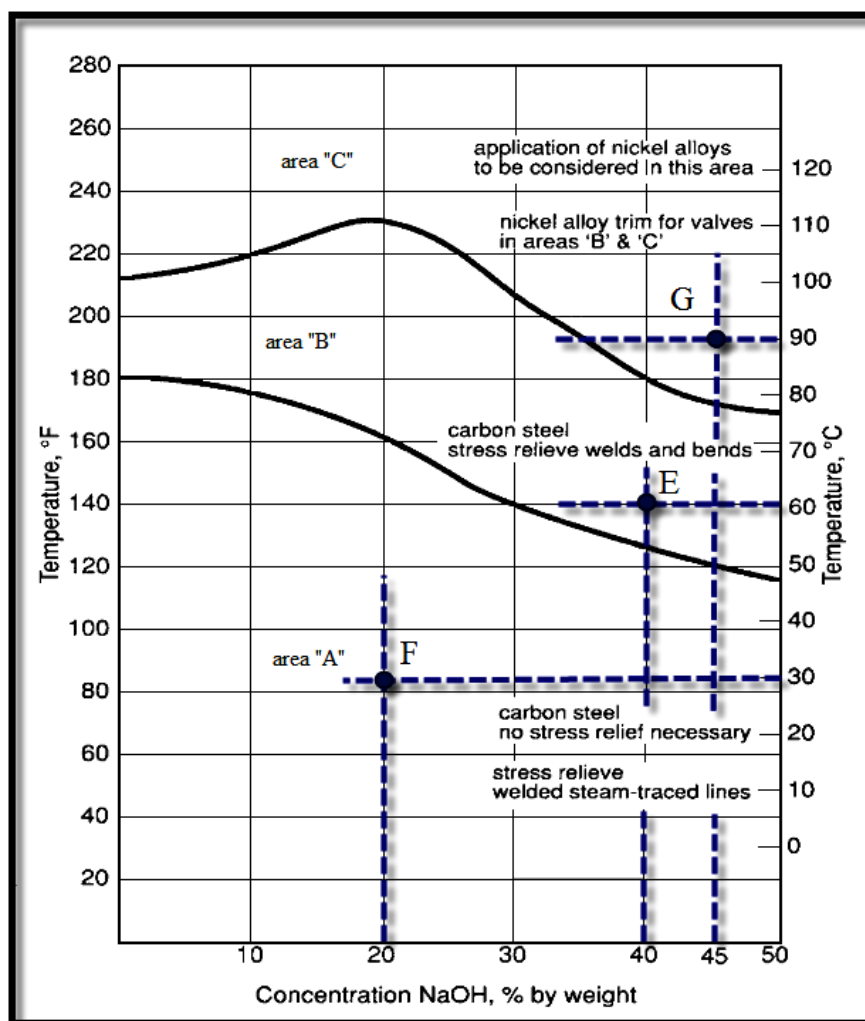


FIGURE 1: Caustic Soda Service Chart²

تصویر ۳۲۲: دیاگرام (نمودار) سرویس سود سوزآور

بایستی دقت شود که تغییرات مجاز در ترکیب شیمیایی فولادها حتی در یک گرید یکسان، مهم و قابل توجه می باشد. در ارتباط با متغیرات جوشکاری، این موضوع می تواند باعث افزایش سختی در منطقه متأثر از حرارت (HAZ) گردد که ممکن است بوسیله تنش زدایی حرارتی مشخص شده مذکور به اندازه‌ی کافی نرم و انعطاف پذیر نگردد. هر وضعیتی بایستی ارزیابی گردد تا مشخص شود آیا این تنش زدایی حرارتی پیشنهاد شده متناسب می باشد یا خیر.

※-پاراگراف 3.3- بررسی ها نشان داده است که پهنای ناکافی باند (Band) حرارت دیده می تواند پس از عملیات حرارتی در تنش های پسماند تأثیر زیادی داشته باشد. بالاترین تنش های پسماند در لوله های با قطر بالا می باشد و این عامل به

علت انتقال حرارت درونی بیشتر و پخش شدن بیشتر پرتوهای گرما در قطر داخلی لوله می باشد. بطور نمونه گدھای مخازن تحت فشار برای مشخص نمودن پهنای باند (Band) حرارت دیده برای مخازن تحت فشار مورد استفاده قرار می گیرند. دستورالعمل های زیر بایستی برای کاهش دادن تنش های پسماند در لوله کشی ها مورد استفاده قرار گیرند. در نتیجه این عامل باعث افزایش مقاومت در برابر ترک های ناشی از تنش خوردگی در محیط های قلیایی می گردد.

※-پاراگراف 3.3.1- حداقل پهنای باند (Band) حرارت دیده در لوله بایستی مطابق با الزامات نشان داده شده در جدول ۱ باشد.

Table 1: Minimum Heated Band Width for Pipe

Nominal Pipe Size	Minimum Heated Band Width
19 to 25 mm (0.75 to 1.0 in.)	100 mm (4.0 in.)
38 to 76 mm (1.5 to 3.0 in.)	150 mm (6.0 in.)
100 to 150 mm (4.0 to 6.0 in.)	200 mm (8.0 in.)
≥ 200 mm (≥ 8.0 in.)	$BW = 4.12 (Rt)^{1/2} + 51 \text{ mm (200 mm min.)}$ $BW = 4.12 (Rt)^{1/2} + 2.0 \text{ in. (8.0 in. min.)}$

Where:

BW = Heated Band Width
R = Pipe Radius (Outside Diameter)
t = Pipe Wall Thickness

※-پاراگراف 3.3.2- تمام پهنای و عرض باند (Band) حرارت دیده و حداقل یک فضای 230-mm (9.0-in.) بر روی هر دو سمت بایستی با استفاده از یک عایق پوشش دار با حداقل ضخامت 50-mm (2.0-in.) پوشش داده شود.

※-پاراگراف 3.3.3- در مورد جوشهای فلنج بایستی تمام داخل و بیرون فلنج و یک فضای 230-mm (9.0-in.) از جوش لوله بایستی پوشش داده شود.

※-پاراگراف 3.3.4- در صورت امکان برای کاهش انتقال جریان حرارت (همرفتی) بایستی انتهای لوله را بسته نگه داشت. ※-پاراگراف 3.4- در جایی که ممکن است ترک های ناشی از تنش خوردگی (SCC) در محیط قلیایی رخ دهد کلیه تجهیزات و سیستم های لوله کشی که پیمایش گرمایی (heat traced) می شوند به علت دماهای عملیاتی تجهیز مورد نظر در معرض خطر قرار دارند. چنانچه برای نگه داشتن دمای فلز در منطقه ی "A" از دیاگرام سرویس سودسوزآور کنترل دمای مناسب قابل اطمینان نمی باشد بایستی تنش زدایی جوشهای کربن استیل و خمش ها (Bends) انجام گردند.

※-پاراگراف 3.5- همه ی تجهیزات و لوله کشی هایی که در معرض Steam-Out (بخار زنی) قرار دارند بایستی تنش زدایی حرارتی شوند.

یادداشت: برخی متصدیان یا اپراتورهای تجهیزاتی که تنش زدایی نشده اند، دریافتند که تمیز کردن با آب قبل از انجام Steam-Out (بخار زنی) در کاهش احتمال ترک های ناشی از خوردگی تنشی قلیایی در حین انجام Steam-Out (بخار زنی) مؤثر می باشد.

※-پاراگراف 3.6- جوش اتصالات بیرونی اغلب تنش های پسماند گسترده ای در سراسر ضخامت دیواره ایجاد می نمایند و اگر چنین حالتی در جوش وجود داشته باشد بایستی آنها تنش زدایی حرارتی شوند. چنانچه صرفاً یک بررسی انجام شده نشان دهد که تنش های پسماند در سراسر ضخامت دیواره گسترش نمی یابد در این صورت تنش زدایی حرارتی بایستی اختیاری در نظر گرفته شود. حرارت ورودی ناشی از جوشکاری، ضخامت فلز پایه و اندازه اتصال جوش متغیرات مؤثر بر تنش های پسماند می باشند.

***- چند مثال از نحوه ی استفاده از جدول دیاگرام (نمودار) سرویس سودسوزآور:

با بررسی جدول دیاگرام (نمودار) سرویس سود سوزآور مشخص می شود که ردیف افقی مربوط به درصد وزنی سود سوزآور است و ردیف عمودی سمت راست دما برحسب سانتیگراد و سمت چپ دما برحسب فارینهایت است. حال به مثالها دقت شود:

سؤال ۱: غلظت سود سوزآور (NaOH) بر حسب درصد وزنی برابر با 20% و دمای طراحی برابر با 30°C است. آیا این سیال سود سوزآور با این دما و این درصد وزنی نیاز به تنش زدایی دارد؟

جواب ۱: اگر این دو مقدار (وزن حجمی 20% و دما 30°C) را رسم کنیم به محل تقاطع آنها که بر روی جدول با حرف **F** مشخص شده می رسیم. این محل تقاطع در "area A" قرار دارد که نیازی به عملیات تنش زدایی ندارد.

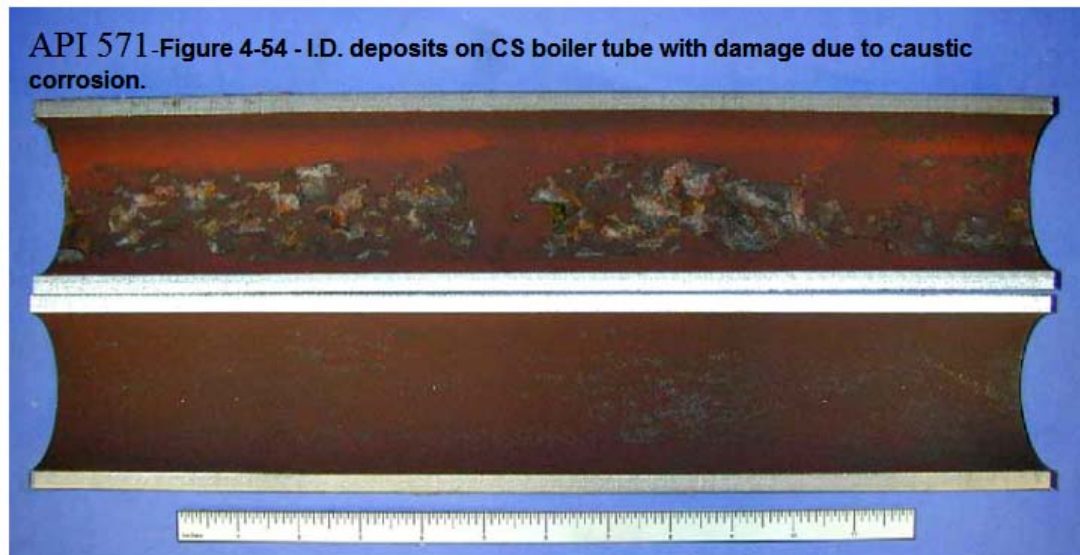
سؤال ۲: غلظت سود سوزآور (NaOH) بر حسب درصد وزنی برابر با 40% و دمای طراحی برابر با 60°C است. آیا این سیال سود سوزآور با این دما و این درصد وزنی نیاز به تنش زدایی دارد؟

جواب ۲: اگر این دو مقدار (وزن حجمی 40% و دما 60°C) را رسم کنیم به محل تقاطع آنها که بر روی جدول با حرف **E** مشخص شده می رسیم. این محل تقاطع در "area B" قرار دارد که به عملیات تنش زدایی نیاز دارد.

سؤال ۳: غلظت سود سوزآور (NaOH) بر حسب درصد وزنی برابر با 45% و دمای طراحی برابر با 90°C است. آیا این سیال سود سوزآور با این دما و این درصد وزنی نیاز به تنش زدایی دارد؟

جواب ۳: اگر این دو مقدار (وزن حجمی 45% و دما 90°C) را رسم کنیم به محل تقاطع آنها که بر روی جدول با حرف **G** مشخص شده می رسیم. این محل تقاطع در "area C" قرار دارد که متریال مناسب برای این منطقه متریال های نیکلی و آلیاژهای نیکل است و متریال کربن استیل برای شرایط این منطقه مناسب نمی باشند.

عکس نمونه ای از خوردگی سود سوزآور (Caustic Corrosion)



تصویر ۳۲۳: نمونه ای از خوردگی در سرویس سود سوزآور

(۱۹) - تست ضربه (Charpy V-Notch)



تصویر ۳۲۴: تصویر آقای چارپی (Georges Charpy)

The Charpy Impact Test was invented by Georges Augustin Albert Charpy (1865-1945).

The Charpy test measures the energy absorbed by a standard notched specimen while breaking under an impact load. The Charpy impact test continues to be used as an economical quality control method to determine the notch sensitivity and impact toughness of engineering materials.

The Charpy Test is commonly used on metals, but is also applied to composites, ceramics and polymers. With the Charpy test one most commonly evaluates the relative toughness of a material, as such, it is used as a quick and economical quality control device.

تست چارپی توسط آقای جورج اگوستین البرت چارپی (۱۸۶۵ - ۱۹۴۵) ابداع گردید. در تست چارپی، انرژی جذب

شده برای شکست یک نمونه استاندارد شیاردار (Notch) بر اثر اعمال نیروی ضربه ای اندازه گیری می شود.

تست چارپی در زمانهای متمادی بعنوان یک روش کنترل کیفی مقرون بصرفه برای تعیین چقرمگی در مقابل ضربه و حساسیت به شیار (Notch) در مواد مهندسی مورد استفاده قرار گرفته است.

تست چارپی عموماً برای فلزات استفاده می شود اما برای کامپوزیت ها، سرامیکها و پلیمر ها نیز قابل استفاده است.

در تست چارپی بیشتر چقرمگی نسبی فلزات مورد ارزیابی قرار می گیرد، بنابراین بعنوان یک ابزار کنترل کیفی مقرون به صرفه و سریع بکار برده می شود.

☀ - تست ضربه در مخازن تحت فشار ASME Sec VIII Div. 1-2019

■ - تاریخچه متغییرات تکمیلی اساسی (Supplementary Essential Variable)

CASTI Guidebook to ASME Section IX - Welding Qualifications - Third Edition

Chapter 14 241

History of Supplementary Essential Variables - 1974 Edition

Prior to the 1974 Edition of Section IX, there were only essential variables and nonessential variables. The rules for notch-toughness applications were simply essential variables for all applications. The Subcommittee IX decided that there were very few notch-toughness applications, and therefore, the notch-toughness rules should be separated from the non-notch-toughness procedure qualification rules. The 1974 Edition of Section IX was the first edition with the rules for notch-toughness separated from the essential variables as supplementary essential variables. In this manner, the more restrictive rules for notch-toughness need only be applied when notch-toughness is a requirement of the construction code.

ASME Section VIII, Div. 1, UCS-66, UCS-67, and UCS-68 require that a minimum design metal temperature (MDMT) be established for all vessels built to the requirements of the Code and an evaluation of the operating conditions of these vessels to determine if impact testing will be required. Section VIII, Div. 1, UG-20 requires the MDMT to be established for the lowest operating temperature, operational upsets, auto-refrigeration, atmospheric temperature, or any other sources of cooling. These "UCS" rules were introduced into ASME Section VIII, Div. 1, in 1987, and have caused a large increase in the requirement for impact testing and the application of supplementary essential variables for the qualification of the WPS. Section VIII, Div. 1, Part UHT also requires impact testing for the ferritic materials with properties enhanced by heat treatment, and there are additional rules in ASME Section III, ASME B31.3 and other construction codes.

تصویر ۳۲۵: تاریخچه متغییرات تکمیلی اساسی در ASME Sec. IX chapter 14

باید توجه داشت در ویرایش استاندارد ASME Section IX تا قبل از سال ۱۹۷۴ فقط متغییرات اساسی (Essential) و غیر اساسی (Nonessential) وجود داشت و مقررات تست ضربه (notch-toughness) برای تمام کاربردها بعنوان یک متغیر اساسی تلقی می شد.

کمیته فرعی Subcommittee IX از استاندارد ASME Section IX تصمیم گرفت، چون تعداد کاربردهایی که نیاز به تست ضربه (notch-toughness) دارند محدود می باشند، بایستی از کاربردهایی که نیاز به تست ضربه ندارند متمایز شوند.

بنابراین برای اولین بار در سال ۱۹۷۴ استاندارد ASME Section IX مقررات تست ضربه (notch-toughness) را بعنوان متغییرات اساسی تکمیلی (Supplementary Essential Variables) ارائه نمود. این مقررات برای مواردی کاربرد دارند که طبق الزامات کد ساخت (Construction Code) نیاز به تست ضربه (notch-toughness) داشته باشند.

در استاندارد ASME Section VIII Div. 1 مطابق پاراگراف UCS-66, UCS-67, UCS-68 تعیین حداقل دمای طراحی متریال برای تمام مخازنی که طبق الزامات کد ساخته می شوند الزامی می باشد و شرایط کاری (Operating condition) این مخازن نیز مورد ارزیابی قرار میگیرد تا مشخص شود آیا تست ضربه نیاز هست یا خیر. پاراگراف UG-20 تعیین حداقل دمای طراحی متریال برای پایین ترین درجه حرارت کاری، متغییرات دمای عملیاتی، خود سرمایشی، درجه حرارت اتمسفر یا هر منبع سرمایشی دیگر را الزامی می داند. در سال ۱۹۸۷ در استاندارد ASME Section VIII Div. 1 مقررات UCS ارائه گردید، بنابراین نیاز به تست ضربه و همچنین کاربرد متغییرات اساسی تکمیلی برای ارزیابی کیفی WPS ها افزایش یافت. بخش UHT تست ضربه برای متریال فریتی (Ferritic) که خواص آنها بوسیله عملیات حرارتی ارتقاء یافته است را لازم می داند.

■ - تست ضربه در متریال

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS**(d) Impact Tests of Material**

(1) Reports or certificates of impact tests by the material manufacturer will be acceptable evidence that the material meets the requirements of this paragraph, provided the specimens comply with UCS-85, UHT-5, or UHT-81, as applicable.

(2) The Manufacturer of the vessel may have impact tests made to prove the suitability of a material which the material manufacturer has not impact tested provided the number of tests and the method of taking the test specimens shall be as specified for the material manufacturer (see UG-85).

تصویر ۳۲۶: تست ضربه مورد نیاز برای متریال ASME Section VIII Div. 1-2019

■- پاراگراف (d) UG-84 (*Impact Test of Material*): تست ضربه برای متریالها

(1) - گزارشات یا گواهینامه های تأیید شده ی تستهای ضربه ای که توسط سازنده ی متریال انجام شده است با مدارک و اسنادی که نشان دهد متریال با الزامات این پاراگراف مطابقت دارد، قابل قبول می باشد به شرطی که نمونه های آزمایش با مقررات پاراگرافهای UCS-85, UHT-5 & UHT-81 در صورت اجرایی بودن مطابقت داشته باشد.

(2) - متریالی که سازنده ی آن (سازنده ی متریال) هیچگونه تست ضربه ای بر روی آن انجام نداده است ممکن است سازنده ی مخزن لازم بداند جهت اثبات نمودن اینکه متریال مورد نظر، مناسب می باشد بر روی آن تست های ضربه انجام دهد به شرطی که تعداد آزمایشها و روش برداشتن نمونه های تست بایستی همانگونه که در کارخانه ساخت متریال توسط سازنده ی متریال انجام می گردد، توسط سازنده ی مخزن نیز انجام شود.

■ - تست ضربه در PQR

مطابق با ASME Section VIII Div.1 Para. UG-84(h) تستهای ضربه برای PQR به شرح زیر می باشد:

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS**(h) Impact Tests of Welding Procedure Qualifications**

(1) *General.* For steel vessels of welded construction, the impact toughness of the welds and heat affected zones of the procedure qualification test plates shall be determined in accordance with (g) above and the following subparagraphs:

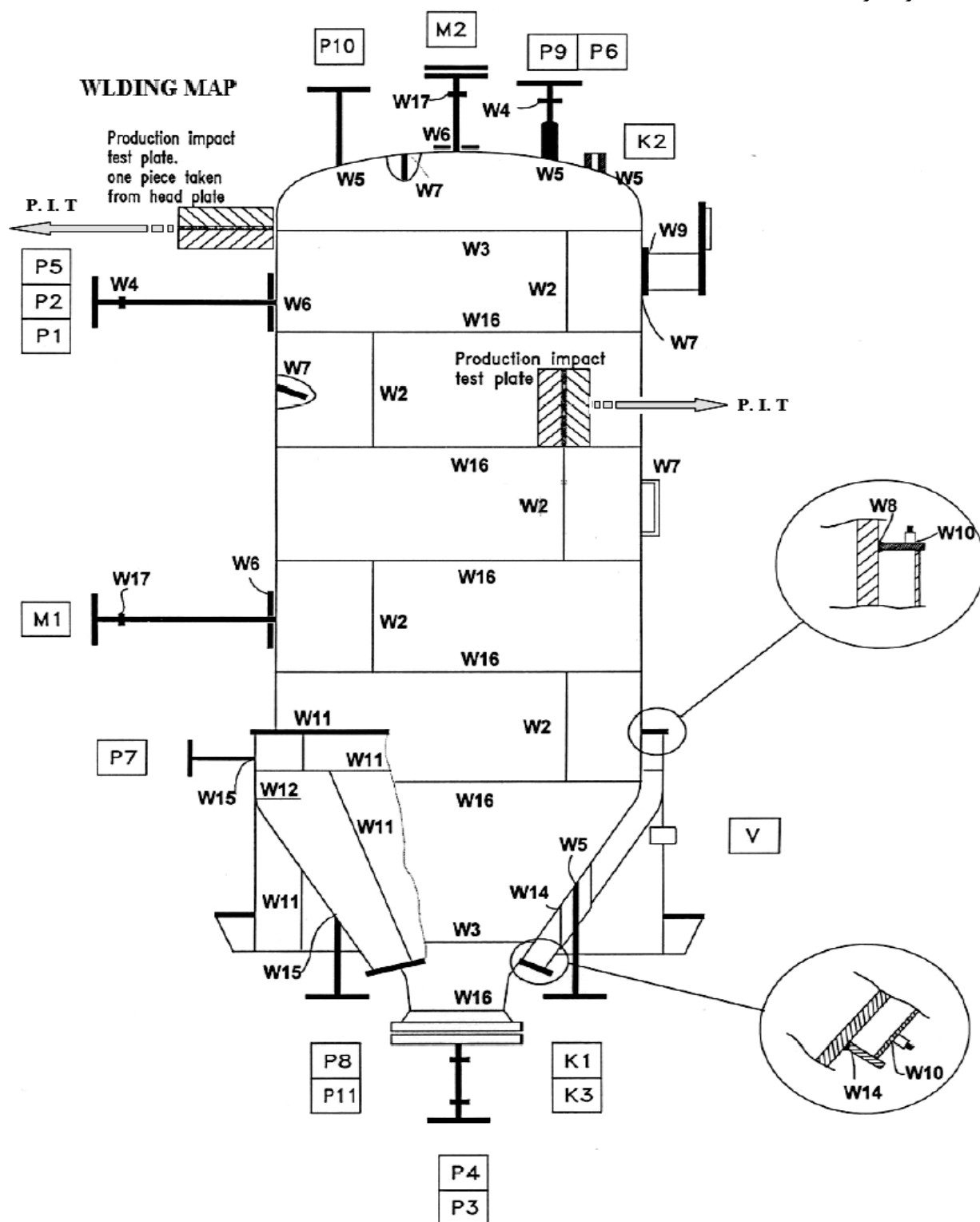
تصویر ۳۲۷: تست ضربه برای PQR در ASME Section VIII Div. 1-2019-UG-84 (h)(1)

■- پاراگراف (h) UG-84 (*Impact Tests of Welding Procedure Qualifications*):

تستهای ضربه برای تایید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری

(1) - کلیات. معمولاً برای ساخت مخازن فلزی جوشی بایستی تستهای ضربه از جوشها و مناطق متأثر از جوش یا "HAZ" بر روی "PQR" از ورق تهیه گردد. در تست ضربه باید موارد ذکر شده در پاراگراف (g) در بالا و نیز پاراگرافهای مربوطه دیگر مد نظر قرار گیرند.

■ - تست ضربه در PRODUCTION TEST



تصویر ۳۲۸: تست ضربه مورد نیاز برای Production Test در ASME Section VIII Div. 1

در تصویر فوق بخوبی محل قرار گرفتن قطعات Production Test نشان داده شده است. در واقع این قطعه بطور هم زمان با بدنه مخزن با شرایطی یکسان جوشکاری می شود سپس جدا می گردد. چنانچه مخزن نیاز به تنش زدایی (PWHT) داشته باشد قطعه Production Test نیز همراه با مخزن، عملیات حرارتی می شود.

در ASME Section VIII Div.1 Para. UG-84(i) تستهای ضربه برای Production Test شرح داده شده است. لازم به یادآوری است، تستهای ضربه بر روی Production Test مازاد بر تستهای ضربه برای قطعه "PQR" است. در تست Production شرایط انجام تست دقیقاً مانند شرایط واقعی کار انجام شده است. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه پاراگراف UG-84(i) دقت شود.

***-پاراگراف UG-84(i) [Vessel (Production) Impact Test Plates]:

تست ضربه ورقهای مخازن ساخته شده (Production)

(1)- کلیات. علاوه بر الزامات ذکر شده در پاراگراف (h) در بالا، بایستی بر اساس پاراگراف (3) که در زیر ذکر شده است، برای هر دستورالعمل جوشکاری تایید شده ای که برای مخزن یا گروهی از مخازن مورد استفاده قرار می گیرد، تست ضربه بر روی جوش و مناطق حرارت دیده (HAZ) آنها مطابق با الزامات ذکر شده در پاراگراف (g) صورت گیرد. تست ضربه بر روی ورق مربوط به مخازن بایستی از یک شماره ذوبی که در ساخت مخزن یا گروهی از مخازن مورد استفاده قرار می گیرد انتخاب گردد. برای اتصالات دسته‌ای "A" Category تست ورق باید تا جاییکه امکان پذیر است تا انتهای اتصال ساخته شده جوشکاری گردد بطوریکه جوش تست ورق تا جای ممکن بیانگر کیفیت و نوع جوشکاری در اتصال مخزن باشد. برای اتصالات "B" Category از یک دستورالعمل جوشکاری استفاده شود که متفاوت از دستورالعملی باشد که برای دسته اتصالات "A" Category مورد استفاده قرار گرفته است.

در اتصالات دسته "B" Category عملیات جوشکاری تست ورق بایستی با استفاده از همان تجهیزات و در همان مکان و با استفاده از همان دستورالعمل که برای جوشکاری اتصال مورد استفاده قرار می گیرد و نیز تحت همان شرایط جوشکاری تولیدی انجام گردد. جوش تست ورق تا جایی که امکان پذیر است بایستی همزمان با جوش تولیدی یا قبل از شروع جوشکاری تولیدی انجام گردد.

(2)- وقتی ضروری می باشد چنانچه بوسیله UCS-67, UHT-82 یا UHA-51 انجام تست ضربه برای دستورالعمل جوشکاری ضروری باشد بایستی تست ضربه برای همه‌ی اتصالات بر روی ورق های مخزن ساخته شده (production) انجام گیرد. (مگر اینکه انجام تست ورق ها بطور خاصی بوسیله‌ی این پاراگراف معاف شده باشد). آزمایش ضربه باید بوسیله دستورالعمل تست (UCS-67 و UHA-51 را ببینید) بر روی فلز جوش و یا منطقه‌ی تحت حرارت (HAZ) تا جایی که ضروری می باشد ادامه یابد.

(3)- تعداد آزمایش ضربه مورد نیاز برای ورق های مخزن:

(a)- در هر مخزن برای هر دستورالعمل جوشکاری که برای اتصالات دسته های "A" & "B" Category مورد استفاده قرار می گیرد. یک تست ضربه ورق باید انجام شود. مگر اینکه مخزن جزء یکی از چندین شرایط زیر که در پاراگراف (b)- یا (c)- تعیین شده اند، باشد. بعلاوه، برای اتصالات دسته های "A" & "B" Category بایستی الزامات زیر مورد استفاده قرار گیرند:

(1)- چنانچه جوشکاری به روش اتوماتیک، ماشینی یا نیمه اتوماتیک انجام شود، آزمایش ضربه ورق باید در هر وضعیتی Position که در مخزن جوشکاری می گردد، انجام شود.

(2)- چنانچه جوشکاری به روش دستی انجام شود، یک آزمایش ضربه فقط در حالت تخت flat position انجام می گردد. در غیراینصورت چنانچه جوشکاری در وضعیت های دیگری انجام شود انجام یک آزمایش ضربه فقط در حالت عمودی vertical position نیاز می باشد (رسوب لایه های جوش در حالت عمودی سربالا از وضعیت های اصلی و مهم لایه گذاری جوش می باشند) آزمایش ورق هایی که بصورت عمودی جوشکاری شده اند همه‌ی حالت‌های جوشکاری دستی را تایید می کنند.

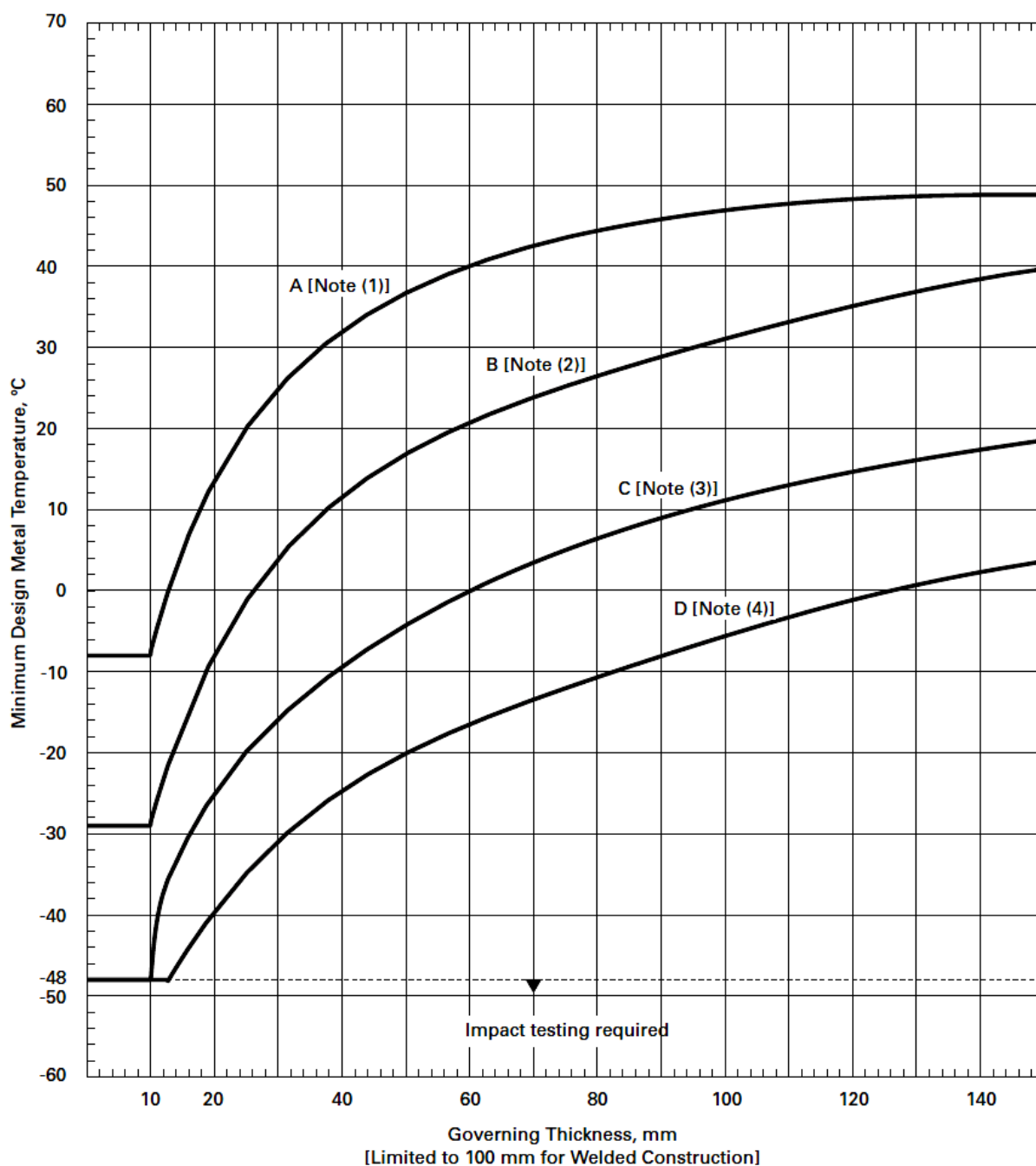
- (b-) برای مخازن مختلف یا قسمتهایی از مخازن، برای هر روش جوشکاری که برای اتصالات دسته A و B استفاده می شود، حداقل یک تست پلیت باید تهیه شود، به شرط آنکه تمامی شرایط زیر را رعایت کنید:
- (1-) جوشکاری در هر دوره ۳ ماهه در یک مکان تکمیل شود.
 - (2-) طول تجمعی تمام اتصالات جوش شده توسط هر روش جوشکاری از ۴۰۰ فوت (۱۲۰ متر) تجاوز نکند.
 - (3-) مواد از همان مشخصات و گرید باشند.
 - (4-) ضخامتهای ورق مخازن یا قسمتهایی از مخازن، بیشتر از ۶ میلیمتر یا ۲۵ درصد از ضخامت هرکدام که بیشتر بود تغییر نداشته باشد.
 - (5-) تعداد نمونه های ضربه منطقه متأثر از حرارت جوش HAZ که باید برداشته شوند و مکانهای برداشت آنها باید مطابق شکل UG-84.5 و جدول UG-84.6 نشان داده شود. برای بزرگترین ضخامت ورق در محدوده مشخص شده در (۴-).
 - (6-) الزامات اضافی مشخص شده در (a-) باید برآورده شود.
 - (c-) برای مخازن کوچکی که حجم آنها از محدودیت هایی که در U-1(j) مشخص شده است بیشتر نباشد. تست ضربه مورد نیاز بر روی یک شماره ذوب one heat از متریال انجام می گردد، آزمایش یک اتصال جوش شده از یک شماره ذوب متریال که با یک نوع الکتروود و نیز یک دستورالعمل جوشکاری شده باشد ممکن است یک دسته ی ۱۰۰ عددی از مخازن یا کمتر یا هر یک دسته از کوره های عملیات حرارتی "each heat treatment furnace batch" (منظور ممکن است در یک کوره عملیات حرارتی تعدادی مخزن همزمان تنش زدایی شوند) را پوشش دهد مشروط بر اینکه هر کدام کمتر باشد. (منظور تعداد یک دسته ی ۱۰۰ تایی که دارای یک شماره ذوب یکسان هستند یا تعداد مخازنی که همزمان با هم در یک کوره قرار می گیرند هر کدام از این دو دسته که کمتر بود ملاک باشد).



تصویر ۳۲۹: مخازن کوچکی که بصورت دسته ای ساخته می شوند.

***- نمودارهای معافیت از تست ضربه Figure UCS-66M

*- معرفی Figure UCS-66M

Figure UCS-66M
Impact Test Exemption Curves

تصویر ۳۳۰: وضعیت نمودار UCS-66M

بر اساس نمودار Figure UCS-66M مشخص می شود که یک متریال در چه دمایی و با چه ضخامت مشخصی نیاز به تست ضربه دارد یا از تست ضربه معاف می باشد. حال به بررسی این نمودار با دقت توجه شود.

در نمودار UCS-66M چهار منحنی مشخص شده است. این منحنی ها در این نمودار با حروف A, B, C, D نامگذاری شده اند.

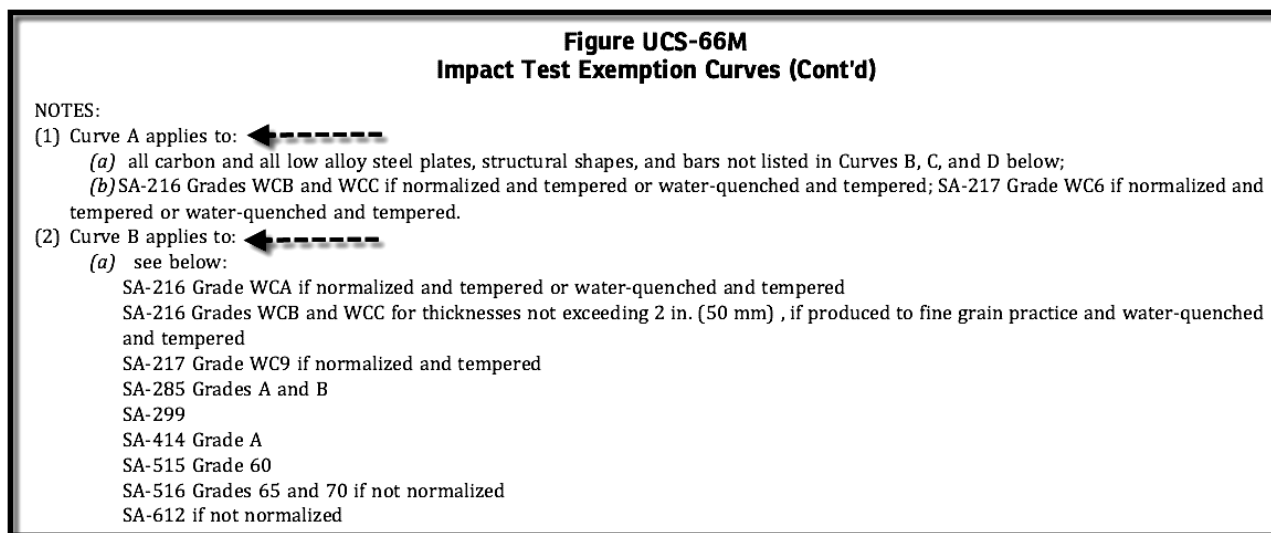
در این نمودار ستون عمودی مربوط به (MDMT) حداقل دمای طراحی فلز مینا و برحسب سانتیگراد است و ستون افقی مربوط به ضخامت و بر حسب میلیمتر است و مطابق یادداشتی که در قسمت ضخامت آمده "برای سازه های جوشی ضخامت تا ۱۰۰ میلیمتر محدود شده است."

طبق نمودار UCS-66 هر متریال مربوط به یکی از این منحنی هاست. برای اینکه بدانیم متریال مورد استفاده ی ما به تست ضربه نیاز دارد یا خیر، ابتدا باید بدانیم متریال ما مربوط به کدامیک از منحنی های این نمودار است. پس از اینکه منحنی متریال ما مشخص شد به این منحنی مراجعه می کنیم.

چنانچه تلاقی دمای طراحی (MDMT-Minimum Design Material Temperature) و ضخامت مورد استفاده، زیر منحنی (Curve) مخصوص آن متریال واقع شود تست ضربه ضروری است. اما چنانچه روی نمودار یا بالای نمودار باشد نیازی به تست ضربه ندارد.

***- چگونه منحنی (Curve) مخصوص فلز مورد نظر مشخص می شود ؟

برای تشخیص Curve مربوط به هر متریالی باید به Figure UCS-66M مراجعه شود، که در زیر آمده است.



تصویر ۳۳۱: دسته بندی متریال در منحنی های نمودار UCS-66M

***- مثال اول:

منحنی متریالهای SA 516 Gr. 65 & 70 و SA 537 CL II و SA 671 CC 65 و SA 204 Gr C را مشخص کنید ؟
 متریالهای SA 516 Gr. 65 & 70 چون نرمالیز نیستند مطابق با یادداشت Fig. UCS-66M (2)(a) متعلق به منحنی (B) هستند.

***- متریال SA 537 CL II مطابق با یادداشت Fig. UCS-66M (4) متعلق به منحنی (D) است.

***- متریال SA 671 CC 65 مطابق با یادداشت Fig. UCS-66M (2)(c) متعلق به منحنی (B) است.

***- متریال SA 204 Gr. C مطابق با یادداشت Fig. UCS-66M (2)(a) متعلق به منحنی (A) است.

بنابراین با مراجعه به جدول فوق منحنی هر متریالی مشخص می شود.

***- مثال دوم:

اگر متریال مورد نظر SA-106 Gr. B باشد. این متریال در لیست متریال ها در هر چهار نمودار قید نشده است. اما با دقت در یادداشت (c) مربوط به نمودار (B) متوجه می شویم که متریال SA-106 Gr. B مربوط می شود به نمودار (B) لطفاً به یادداشت (c) مربوط به نمودار (B) دقت شود:

(c) all pipe, fittings, forgings and tubing not listed for Curves C and D below;

بنابراین، چون این متریکال "SA-106 Gr. B" در لیست متریکال های نمودار (C) و (D) موجود نمی باشد پس متعلق به نمودار (B) است.

**Figure UCS-66M
Impact Test Exemption Curves (Cont'd)**

NOTES (CONT'D):

SA/EN 10028-2 Grades P235GH, P265GH, P295GH, and P355GH as rolled

SA/AS 1548 Grades PT430NR and PT460NR

(b) except for cast steels, all materials of Curve A, if produced to fine grain practice and normalized, that are not listed in Curves C and D below;

(c) all pipe, fittings, forgings and tubing not listed for Curves C and D below;

(d) parts permitted under UG-11 shall be included in Curve B even when fabricated from plate that otherwise would be assigned to a different curve.

(3) Curve C applies to:

(a) see below:

SA-182 Grades F21 and F22 if normalized and tempered

SA-302 Grades C and D

SA-336 F21 and F22 if normalized and tempered, or liquid quenched and tempered

SA-387 Grades 21 and 22 if normalized and tempered, or liquid quenched and tempered

SA-516 Grades 55 and 60 if not normalized

SA-533 Types B and C Class 1

SA-662 Grade A

SA/EN 10028-2 Grade 10CrMo 9-10 if normalized and tempered

(b) all materials listed in 2(a) and 2(c) for Curve B if produced to fine grain practice and normalized, normalized and tempered, or liquid quenched and tempered as permitted in the material specification, and not listed for Curve D below.

(4) Curve D applies to:

SA-203

SA-508 Grade 1

SA-516 if normalized or quenched and tempered

SA-524 Classes 1 and 2

SA-537 Classes 1, 2, and 3

SA-612 if normalized

SA-662 if normalized

SA-738 Grade A

SA-738 Grade A with Cb and V deliberately added in accordance with the provisions of the material specification, not colder than -20°F (-29°C)

SA-738 Grade B not colder than -20°F (-29°C)

SA/AS 1548 Grades PT430N and PT460N

SA/EN 10028-2 Grades P235GH, P265GH, P295GH, and P355GH if normalized

SA/EN 10028-3 Grade P275NH

تصویر ۳۳۲: دسته بندی متریکال های منحنی نمودار UCS-66M

■ - تعیین نیاز یا عدم نیاز به تست ضربه

چگونه مشخص می شود یک متریکال با توجه به دمای طراحی و ضخامتش نیاز به تست ضربه دارد یا خیر؟

از دو راه می توان به جواب رسید:

راه اول: با توجه به ضخامت متریکال و داشتن دمای طراحی و مشخص بودن منحنی مربوط به آن متریکال به جدول UCS 66 مراجعه میکنیم. در این جدول برای هر چهار منحنی (A, B, C, D) ضخامت و دمایی که نیاز به تست ضربه ندارد قید شده است. بنابراین ضخامت و دمای طراحی خود را با ضخامت و دمای قید شده در این جدول مقایسه می نماییم و مشخص می شود آیا متریکال ما با توجه به ضخامت و دمای طراحی و منحنی مربوطه نیاز به تست ضربه دارد یا خیر. برای تفهیم بیشتر به مثال زیر توجه فرمایید:

مثال-۱: متریکال SA 516 Gr. 70 با ضخامت 38mm و دمای طراحی 35°C مربوط به منحنی (B) می باشد، آیا تست ضربه نیاز دارد؟ با توجه به ضخامت متریکال 38 mm و دمای طراحی 35°C به جدول UCS 66 مراجعه می کنیم بنابراین با توجه به جدول زیر که با فلش مشخص شده است، در منحنی (B) برای ضخامت 38.1mm تا دمای 11°C تست ضربه نیاز نمی باشد، پس نتیجه میگیریم برای متریکال مورد نظر تست ضربه الزامی نمی باشد.

Customary Units					SI Units				
Thick- ness, in.	Curve A, °F	Curve B, °F	Curve C, °F	Curve D, °F	Thick- ness, mm	Curve A, °C	Curve B, °C	Curve C, °C	Curve D, °C
0.25	18	-20	-55	-55	6.4	-8	-29	-48	-48
0.3125	18	-20	-55	-55	7.9	-8	-29	-48	-48
0.375	18	-20	-55	-55	9.5	-8	-29	-48	-48
0.4375	25	-13	-40	-55	11.1	-4	-25	-40	-48
0.5	32	-7	-34	-55	12.7	0	-22	-37	-48
0.5625	37	-1	-26	-51	14.3	3	-18	-32	-46
0.625	43	5	-22	-48	15.9	6	-15	-30	-44
0.6875	48	10	-18	-45	17.5	9	-12	-28	-43
0.75	53	15	-15	-42	19.1	12	-9	-26	-41
0.8125	57	19	-12	-38	20.6	14	-7	-24	-39
0.875	61	23	-9	-36	22.2	16	-5	-23	-38
0.9375	65	27	-6	-33	23.8	18	-3	-21	-36
1.0	68	31	-3	-30	25.4	20	-1	-19	-35
1.0625	72	34	-1	-28	27.0	22	1	-18	-33
1.125	75	37	2	-26	28.6	24	3	-17	-32
1.1875	77	40	2	-23	30.2	25	4	-17	-31
1.25	80	43	6	-21	31.8	27	6	-14	-30
1.3125	82	45	8	-19	33.3	28	7	-13	-28
1.375	84	47	10	-18	34.9	29	8	-12	-28
1.4375	86	49	12	-16	36.5	30	9	-11	-27
1.5	88	51	14	-14	38.1	31	11	-10	-26
1.5625	90	53	16	-13	39.7	32	12	-9	-25
1.625	92	55	17	-11	41.3	33	13	-8	-24
1.6875	93	57	19	-10	42.9	34	14	-7	-23
1.75	94	58	20	-8	44.5	34	14	-7	-22

تصویر ۳۳۳: وضعیت جدول UCS-66 برای ضخامت و دماهای مختلف

راه دوم: با توجه به ضخامت متریال و دمای طراحی و مشخص بودن منحنی مربوط به آن متریال به نمودار UCS-66M مراجعه می کنیم. حال مطابق شکل ۳۳۲ با مشخص کردن ضخامت و دما هر دو را به یکدیگر وصل می کنیم تا در یک نقطه همدیگر را قطع کنند بنابراین، اگر محل تقاطع این دو خط در زیر منحنی مربوط به آن متریال باشد به تست ضربه نیاز دارد ولی چنانچه محل تقاطع در بالای منحنی یا روی منحنی باشد تست ضربه الزامی نمی باشد.

مثال-۱:

ضخامت: 38 mm

دمای طراحی: 35°C

مشخصه متریال: SA 516 Gr. 70

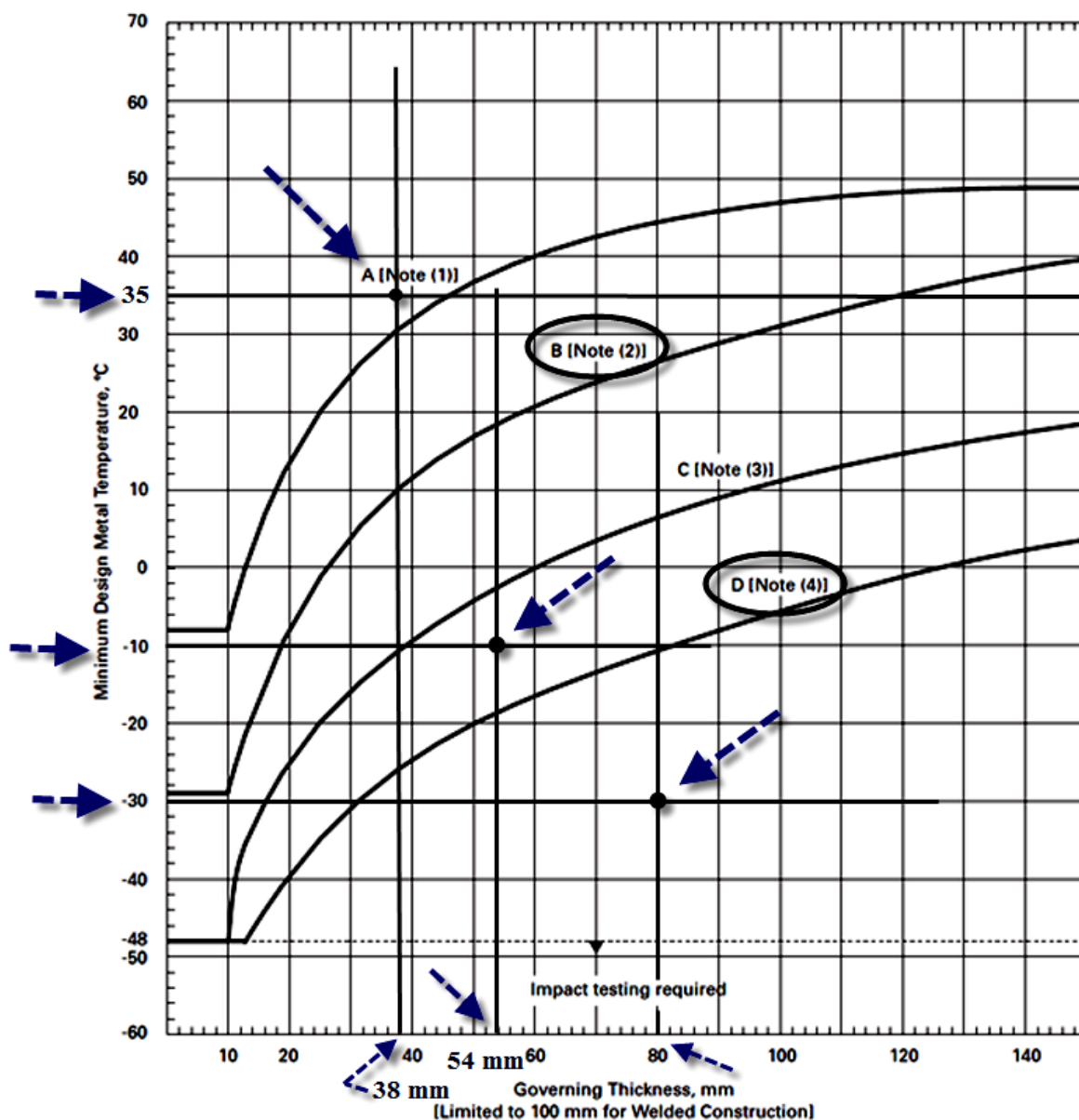
منحنی مربوط به متریال: Curve B

محل تقاطع: بالای Curve B

ترسیم: در صفحه ی بعد

نتیجه: تست ضربه (Impact Test) الزامی نمی باشد.

Figure UCS-66M
Impact Test Exemption Curves



تصویر ۳۳۴: نمودار UCS-66M جهت نیاز سنجی تست ضربه

مثال-۳:

ضخامت: 80 mm

دمای طراحی: -30 °C

مشخصه متریال: SA 203

منحنی مربوط به متریال: Curve D

محل تقاطع: زیر Curve D

ترسیم: در شکل ۳۳۴

نتیجه: تست ضربه (Impact Test) الزامی می باشد.

مثال-۲:

ضخامت: 54 mm

دمای طراحی: -10 °C

مشخصه متریال: نرمالیزه SA 516 Gr. 70N

منحنی مربوط به متریال: Curve D

محل تقاطع: بالای Curve D

ترسیم: در شکل ۳۳۴

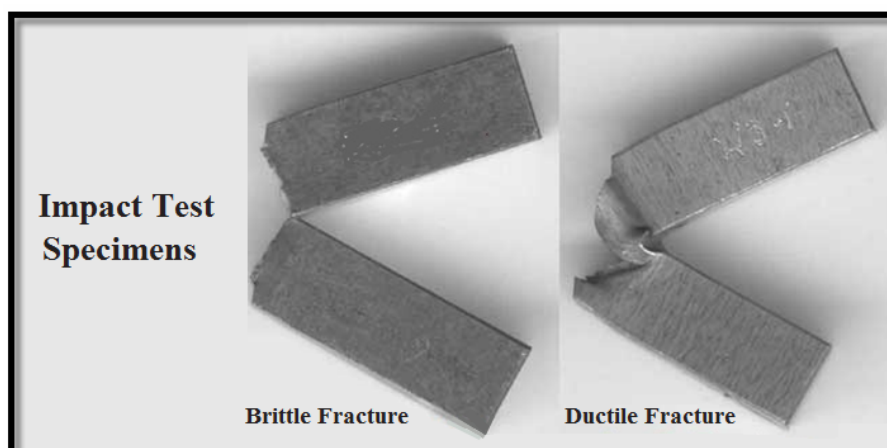
نتیجه: تست ضربه (Impact Test) الزامی نمی باشد.

**Figure UCS-66
Impact Test Exemption Curves (Cont'd)**

Bolting			
Spec. No.	Grade	Diameter, in. (mm)	Impact Test Exemption Temperature, °F (°C)
SA-193	B5	Up to 4 (100), incl.	-20 (-30)
SA-193	B7	Up to 2½ in. (64), incl.	-55 (-48)
SA-193	...	Over 2½ (64) to 7 (175), incl.	-40 (-40)
SA-193	B7M	Up to 2½ (64), incl.	-55 (-48)
SA-193	B16	Up to 7 (175), incl.	-20 (-30)
SA-307	B	All	-20 (-30)
SA-320	L7, L7A, L7M	Up to 2½ (64), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-320	L43	Up to 1 (25), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-325	1	½ (13) to 1½ (38)	-20 (-30)
SA-354	BC	Up to 4 (100), incl.	0 (-18)
SA-354	BD	Up to 4 (100), incl.	+20 (-7)
SA-437	B4B, B4C	All diameters	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-449	...	Up to 3 (75), incl.	-20 (-30)
SA-540	B21 Cl. All	All	Impact test required
SA-540	B22 Cl. 3	Up to 4 (100), incl.	Impact test required
SA-540	B23 Cl. 1, 2	All	Impact test required
SA-540	B23 Cl. 3, 4	Up to 6 (150), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-540	B23 Cl. 3, 4	Over 6 (150) to 9½ (240), incl.	Impact test required
SA-540	B23 Cl. 5	Up to 8 (200), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-540	B23 Cl. 5	Over 8 (200) to 9½ (240), incl.	Impact test required
SA-540	B24 Cl. 1	Up to 6 (150), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-540	B24 Cl. 1	Over 6 (150) to 8 (200), incl.	Impact test required
SA-540	B24 Cl. 2	Up to 7 (175), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-540	B24 Cl. 2	Over 7 (175) to 9½ (240), incl.	Impact test required
SA-540	B24 Cl. 3, 4	Up to 8 (200), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-540	B24 Cl. 3, 4	Over 8 (200) to 9½ (240), incl.	Impact test required
SA-540	B24 Cl. 5	Up to 9½ (240), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-540	B24V Cl. 3	All	See General Note (c) of Figure UG-84.1
Nuts			
Spec. No.	Grade	Impact Test Exemption Temperature, °F (°C)	
SA-194	2, 2H, 2HM, 3, 4, 7, 7M, and 16	-55 (-48)	
SA-540	B21/B22/B23/B24/B24V	-55 (-48)	

تصویر ۳۳۵: وضعیت تست ضربه در پیچ و مهره ها با متريالهای مختلف

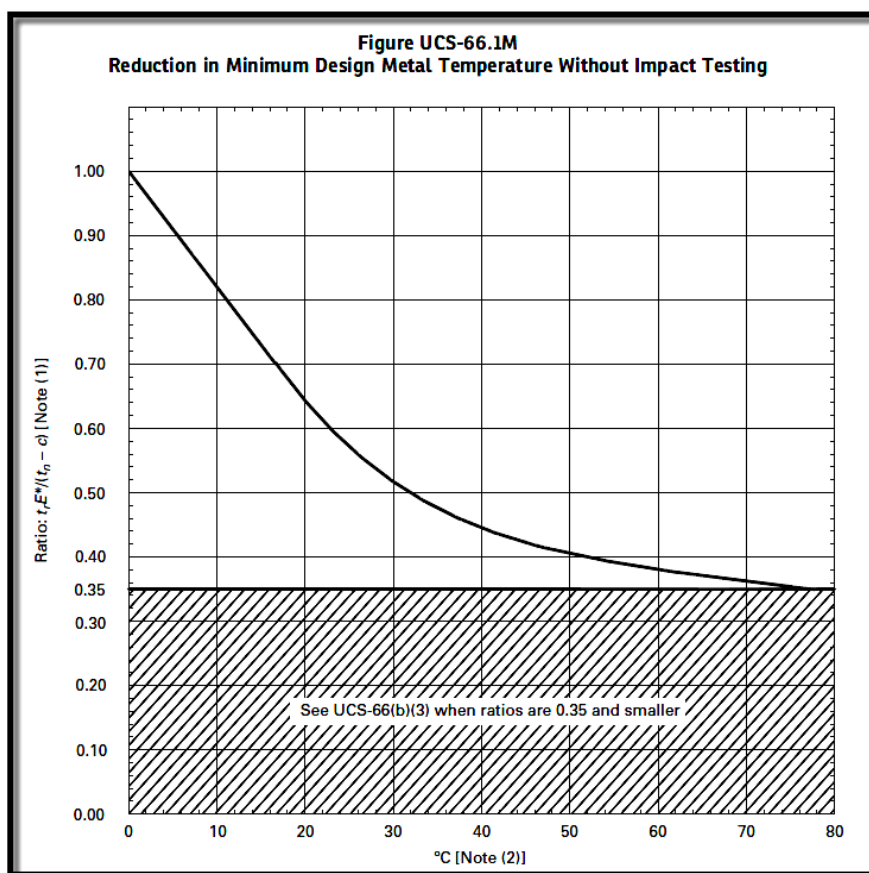
با مراجعه به تصویر ۳۳۵ - Figure UCS-66 وضعیت تست ضربه در پیچها با متريالهای مختلف مشخص می شود.



تصویر ۳۳۶: مقایسه شکست تَرْد و شکست نرم در تست ضربه

■ - اصطلاح کاهش در حداقل دمای طراحی (Reduction) بدون نیاز به تست ضربه

توضیحی درمورد تصویر ۳۳۷ UCS-66.1M



تصویر ۳۳۷: نمودار UCS-66.1M کاهش در حداقل دمای طراحی بدون نیاز به تست ضربه

کاهش در حداقل دمای طراحی بدون نیاز به تست ضربه در مخازن به دو صورت امکان پذیر است:

روش اول:

نمودار Figure UCS-66.1M کاهش در حداقل دمای طراحی متریال بدون نیاز به تست ضربه را مشخص میکند.

چگونه حداقل دمای طراحی متریال کاهش می یابد؟ چگونه این کاهش را می توان محاسبه کرد؟

با توجه به تصویر ۳۳۷ UCS-66.1M مراحل محاسبه مقدار کاهش حداقل دمای طراحی متریال در زیر آمده است:

برای تفهیم بهتر این محاسبات ،

به مثالی که در صفحه 185 کتاب Pressure Vessel Hand Book-Twelfth Edition آمده است توجه فرمایید.

MAT= SA 515 Gr. 60

Thickness= 1 1/2 in (38mm)

بر اساس تصویر ۳۳۸ UCS-66 منحنی مربوط به این متریال منحنی (B) است Carve-B

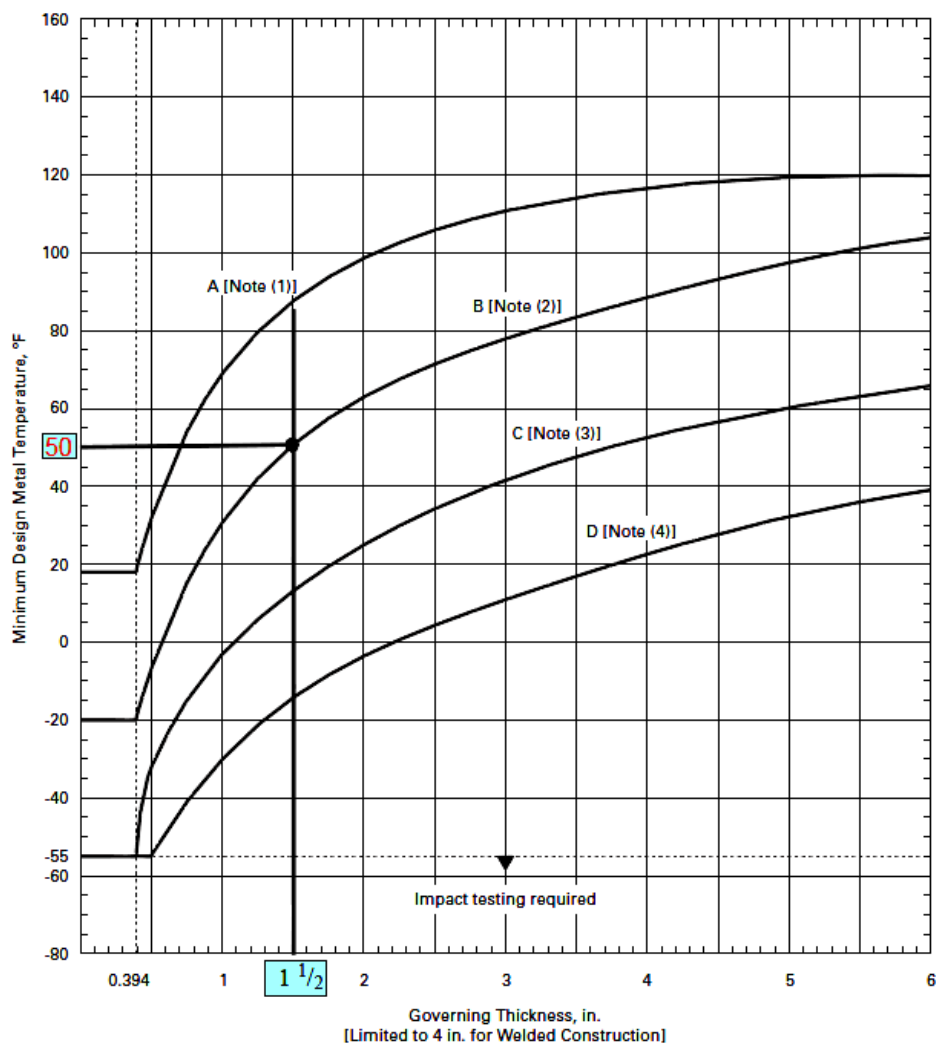
با توجه به ضخامت و منحنی مربوط به این متریال با رجوع به جدول UCS-66 مقدار MDMT= 50°F

طبق جدول Table 1A از استاندارد ASME Sec.II-D برای دمای (-20°F~500°F) مقدار MAS = 17.1 Ksi

(Maximum Allowable Stress S)

توجه: برای اینکه این مقدار MDMT= 50°F تفهیم شود لطفاً به تصویر ۳۳۸ UCS-66 Figure دقت شود.

Figure UCS-66
Impact Test Exemption Curves



تصویر ۳۳۸: وضعیت نمودار UCS-66

اگر متریال SA 515 Gr. 60 باشد نمودار مربوط به این متریال “Curve B” است، حال با توجه به اینکه ضخامت آن 38 mm می باشد با رسم ضخامت و دما، محل تلاقی روی خط نمودار می باشد که دمای 50 °F را نشان می دهد که طبق پاراگراف UCS-66 چنانچه محل تقاطع روی نمودار باشد نیازی به تست ضربه نمی باشد. بنابراین مشخص می شود که دمای MDMT این متریال با این ضخامت، 50 °F است.

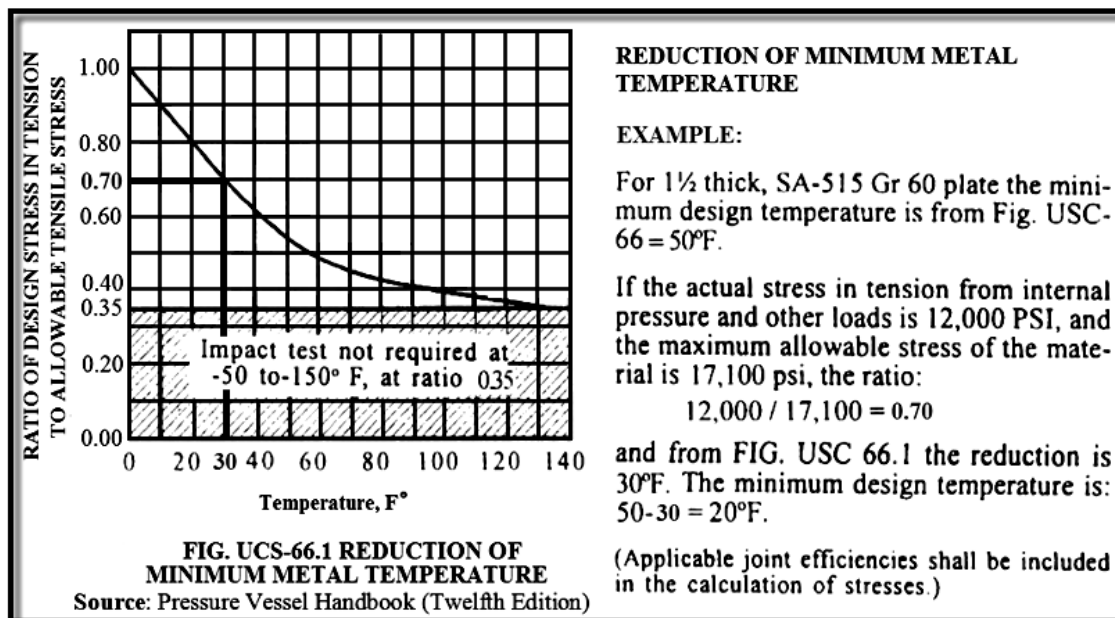
توجه شود که مقدار Maximum Allowable Stress (S) (17.1 Ksi) برای محدوده دمای 500°F~20°F می باشد.

چنانچه تنش واقعی کششی (Actual Stress in Tension) ناشی از فشار داخلی و بارهای (Loads) دیگر مطابق با پاراگراف UG-22 برابر با 12000 psi باشد :

$$\text{Alternative Ratio} = \text{Actual Stress in Tension} / \text{Maximum Allowable Stress}$$

$$12000 / 17100 = 0.7 \text{ (Ratio)}$$

بنابراین، با مشخص کردن Ratio بر روی تصویر ۳۳۹ UCS-66.1 مقدار کاهش حداقل دمای طراحی متریال (MDMT) مشخص می شود که برابر با (Ratio 0.7 = 30°F) می باشد. پس نتیجه می گیریم $50 - 30 = 20$ که 20°F در واقع حداقل کاهش دمای طراحی جدید (MDMT) است. لطفاً به تصویر ۳۳۹ UCS-66.1 مراجعه شود:



تصویر ۳۳۹: UCS-66.1 کاهش در حداقل دمای طراحی

روش دوم: پاراگراف – [UCS-68 (C)] کاهش در حداقل دمای طراحی بدون نیاز به تست ضربه:

***- پاراگراف UCS-68 (C) چنانچه عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) انجام شده باشد ولی با الزامات این بخش (Division) مطابقت نداشته باشد (یعنی انجام تنش زدایی بر اساس ضخامت یا سرویس نباشد) در معافیت‌های تست ضربه در مورد حداقل درجه حرارت مجاز (MDMT) از تصویر UCS-66 برای متریال‌های دارای مشخصه P-No. 1 می توان کاهشی معادل 30°F (17°C) قائل شد. در نتیجه، معافیت درجه حرارت می تواند به دمای کمتر از -55°F (-48°C) برسد وقتی که معافیت عملیات حرارتی در (b) هم کاربرد داشته باشد.

UCS-68 DESIGN ⁷⁹

(c) If postweld heat treating of a pressure-retaining weld is performed when it is not otherwise a requirement of this Division, a 30°F (17°C) reduction in impact testing exemption temperature may be given to the minimum permissible temperature from Figure UCS-66 for P-No. 1 materials. The resulting exemption temperature may be colder than -55°F (-48°C) when the PWHT exemption in (b) is applicable.

⁷⁹ No provisions of this paragraph waive other requirements of this Division, such as UW-2(a), UW-2(d), UW-10, and UCS-56.

تصویر ۳۴۰: ASME Sec. VIII-Div. 1-2019-Para. UCS-68 (c)

***- یادداشت (80)- هیچکدام از شرایط این پاراگراف بوسیله الزامات دیگر این بخش همچون UW-2(a), UW-2(d), UCS-56 و UW-10 حذف یا نادیده گرفته نمی شود.

■ - معافیت‌های تست ضربه (IMPACT) در مخازن تحت فشار برای ضخامت های کم
لطفأً به معافیت‌های تست ضربه (IMPACT) در مخازن تحت فشار برای ضخامت های کم توجه فرمایید:

LOW TEMPERATURE OPERATION

UCS-66 MATERIALS

(d) No impact testing is required for Part UCS materials 0.10 in. (2.5 mm) in thickness and thinner, but such exempted Part UCS materials shall not be used at design metal temperatures colder than -55°F (-48°C). For vessels or components made from NPS 4 (DN 100) or smaller tubes or pipe of P-No. 1 materials, the following exemptions from impact testing are also permitted as a function of the material specified minimum yield strength (SMYS) for metal temperatures of -155°F (-105°C) and warmer:

SMYS, ksi (MPa)	Thickness, in. (mm)
20 to 35 (140 to 240)	0.237 (6.0)
36 to 45 (250 to 310)	0.125 (3.2)
46 (320) and higher	0.10 (2.5)

تصویر ۳۴۱: ASME Sec. VIII-Div. 1-2019-Para. UCS-66 (d)

■- پاراگراف UCS-66 (d): برای متریال های بخش UCS که ضخامت آنها 0.10 in. (2.5 mm) یا کمتر باشد تست ضربه نیاز نمی باشد. اما چنین استثنائی برای متریال های بخش UCS که دمای طراحی آنها کمتر (سردتر) از -48°C است نباید مورد استفاده قرار گیرند. برای مخازن یا قطعاتی که از تیوب یا لوله های با قطر NPS 4 (DN 100) یا کمتر که از متریال P-No. 1 ساخته شده اند استثنائات زیر برای تست ضربه بعنوان تابعی از حداقل استحکام کششی (SMYS) برای متریال های با دمای فلز -155°F (-105°C) و بالاتر (گرمتر) مجاز می باشد.

■ - سوالاتی در باره تست ضربه

نحوهی بررسی اینکه آیا متریال ما با توجه به ضخامت و دمای (MDMT) آن نیاز به تست ضربه دارد یا خیر ؟ طبق مطالبی که گذشت توضیح داده شد. حال این سوالات مطرح می شود:

- (۱)- برای انجام تست ضربه (Impact Test) از چه استandarادی استفاده می شود ؟
- (۲)- برای انجام تست ضربه (Impact Test) چند قطعه نیاز است ؟
- (۳)- برای تست ضربه (Charpy Impact Test) قطعات مورد نیاز تست از چه قسمتهایی از نمونه باید تهیه شوند ؟ ابعاد هر قطعه تست چقدر است ؟
- (۴)- برای دماهای منفی از چه روشهایی برای رساندن دمای قطعه تست به دمای مورد نیاز استفاده می شود و محدودهی تغییرات دمایی نسبت به دمای مورد نیاز تست تا چه مقدار قابل قبول است ؟
- (۵)- قطعات تست را برای چه زمانی در دمای منفی نگهداری می کنیم ؟

(۶) - وضعیت تست ضربه در قطعات کوچک چه ریخته گری چه آهنگری و همینطور مخازن کوچک چگونه است؟

(۷) - شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) چیست؟

(۸) - معافیت‌های تست ضربه کدام هستند؟

(۹) - استاندارد مرجع برای ارزیابی قبولی و یا مردودی تست ضربه در مخازن تحت فشار کدام استاندارد است؟



بنابراین، با توجه به استانداردهای مختلف به سوالات فوق جواب داده می شود.

۱- برای انجام تست ضربه (Impact Test) از چه استاندارد استفاده می شود؟

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS

(b) Test Procedures

(1) Impact test procedures and apparatus shall conform to the applicable paragraphs of SA-370 or ISO 148 (Parts 1, 2, and 3).

تصویر ۳۴۲: استاندارد اجرای تست ضربه در (1) (b) UG-84 ASME Sec. VIII-Div. 1-2019-Para.

*- پاراگراف UG-84(b): دستورالعمل‌های تست

*- پاراگراف UG-84(b)(1): دستورالعمل‌ها و دستگاه‌های لازم جهت تست ضربه باید با پاراگراف‌های کاربردی استانداردهای SA 370 و یا ISO 148 بخش‌های 1, 2 و 3 مطابقت داشته باشد.

۲- برای انجام تست ضربه (Charpy Impact Test) چند قطعه نیاز است؟

تعداد قطعاتی که برای تست ضربه باید تهیه شوند به استاندارد کاربردی موضوع کار و همچنین به مشخصات فنی هر پروژه تحت عنوان (Project Specification) بستگی دارد.

مثال اول: تعداد قطعات تست ضربه براساس استاندارد کاربردی:

اگر در مخازن تحت فشار باشد می بایست به استاندارد ASME Sec. VIII-Div. 1-2019 رجوع کرد.

***- پاراگراف UG-84 (CHARPY IMPACT TESTS): تست‌های ضربه

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS

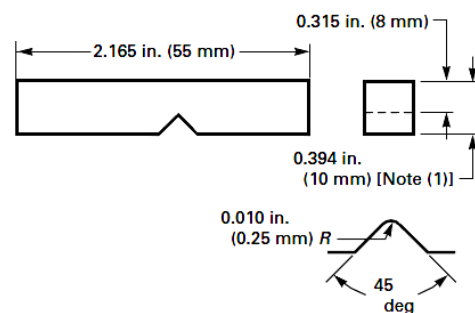
(c) Test Specimens

(1) Each set of impact test specimens shall consist of three specimens.

(2) The impact test specimens shall be of the Charpy V-notch type and shall conform in all respects to Figure UG-84. The standard (10 mm × 10 mm) specimens, when obtainable, shall be used for nominal thicknesses of $\frac{7}{16}$ in. (11 mm) or greater, except as otherwise permitted in (a) below.

(-a) For materials that normally have absorbed energy in excess of 180 ft-lbf (240 J) when tested using full size (10 mm × 10 mm) specimens at the specified testing temperature, subsize (10 mm × 6.7 mm) specimens may be used in lieu of full size specimens. However, when this option is used, the acceptance value shall be 75 ft-lbf (100 J) minimum for each specimen and the lateral expansion in mils (mm) shall be reported.

Figure UG-84
Simple Beam Impact Test Specimens (Charpy Type Test)



NOTE:

(1) See UG-84(c) for thickness of reduced size specimen.

تصویر ۳۴۳: قطعات مورد نیاز برای تست ضربه (c) UG-84 ASME Sec. VIII-Div. 1-2019-Para.

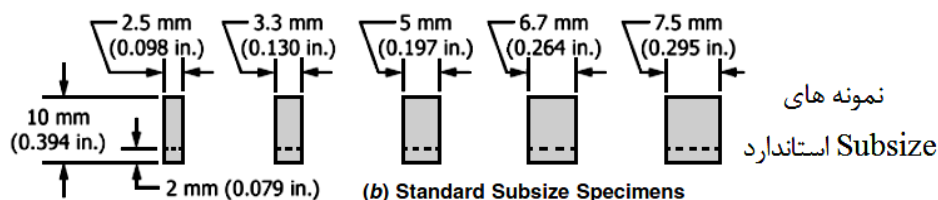
*- پاراگراف (c) UG-84 (*Test Specimens*): قطعات تست ضربه

(1)- هر ست از قطعات تست ضربه می بایست سه قطعه باشد.

(2)- نمونه های تست ضربه باید از نوع چارپی شیاری-V باشند و بایستی نسبت به تصویر ۳۴۳-UG-84 مطابقت کامل داشته باشند. چنانچه نمونه های استاندارد (10 mm × 10 mm) قابل حصول باشند بایستی برای ضخامت های اسمی (11 mm) یا بیشتر مورد استفاده قرار گیرند مگر اینکه همانند شرایط ذکر شده در زیر (a-) مجاز دانسته شده باشد.

(a-) چنانچه متریاال هایی که بطور معمول انرژی ضربه بیشتر از 180 ft-lbf (240 J) جذب می کنند با استفاده از نمونه های سایز کامل Full Size (10 mm × 10 mm) در دمای تست مشخص شده ای آزمایش شده باشند ممکن است نمونه های زیر استاندارد Subsize (10 mm × 6.7 mm) جایگزین نمونه های استاندارد Full Size شوند. اگر چنین شرایطی (گزینیه) استفاده شده باشد مقدار پذیرش برای هر نمونه بایستی حداقل 75 ft-lbf (100 J) باشد و انبساط جانبی lateral expansion بایستی در هر (mm) mils ثبت گردد.

(3)- برای متریاال هایی که بعلت شکل یا ضخامت شان نمی توان نمونه های Full Size (10 mm × 10 mm) را از آنها بدست آورد، نمونه ها بایستی طوری باشند که یا بیشترین امکان برای بدست آوردن نمونه های Subsize استاندارد را



داشته باشد یا نمونه ها باید بصورت ضخامت کامل اسمی از متریاالی باشند که ممکن است به علت برداشتن ناهمواریهای سطحی ماشینکاری شده باشند. [وقتی عرض در امتداد شیار کمتر از 80% ضخامت اسمی متریاال باشد بایستی معیارهای دمای تست (b)-(5) ذکر شده در زیر برای جدول UCS-23 Table مربوط به متریاال هایی که حداقل استحکام تسلیم آنها کمتر از 95,000 psi (655 MPa) است، بکار رود. بعنوان پیشنهاد، ممکن است ضخامت چنین متریاال هایی را کاهش داده تا بیشترین امکان برای آزمایش چارپی نمونه Subsize بدست آید. وقتی عرض در امتداد شیار بزرگترین نمونه چارپی قابل حصول (قابل برداشت) کمتر از 0.099 in. (2.5 mm) باشد نیازی به آزمایش های چقرمگی نمی باشد.

***- پاراگراف UHA-51 (IMPACT TESTS): تستهای ضربه

UHA-51 IMPACT TESTS

Impact tests, as prescribed in (a), shall be performed on materials listed in Table UHA-23 for all combinations of materials and minimum design metal temperatures (MDMTs) except as exempted in (d), (e), (f), (g), (h), or (i). Impact testing is required for UNS S17400 materials. Impact tests are not required where the maximum obtainable Charpy specimen has a width along the notch less than 0.099 in. (2.5 mm).

(a) Required Impact Testing of Base Metal, Heat-Affected Zones, and Weld Metal

(1) Impact test shall be made from sets of three specimens. A set shall be tested from the base metal, a set shall be tested from the heat affected zone (HAZ), and a set shall be tested from the weld metal. Specimens shall be subjected to the same thermal treatments⁸¹ as the part or vessel that the specimens represent. Test procedures, size, location, and orientation of the specimens shall be the same as required in UG-84.

⁸¹ Thermal treatments of materials are not intended to include warming to temperatures not exceeding 600°F (315°C), thermal cutting, or welding.

تصویر ۳۴۴: قطعات مورد نیاز برای تست ضربه (1) (a) UHA-51-Para. 1-Div. VIII-ASME Sec.

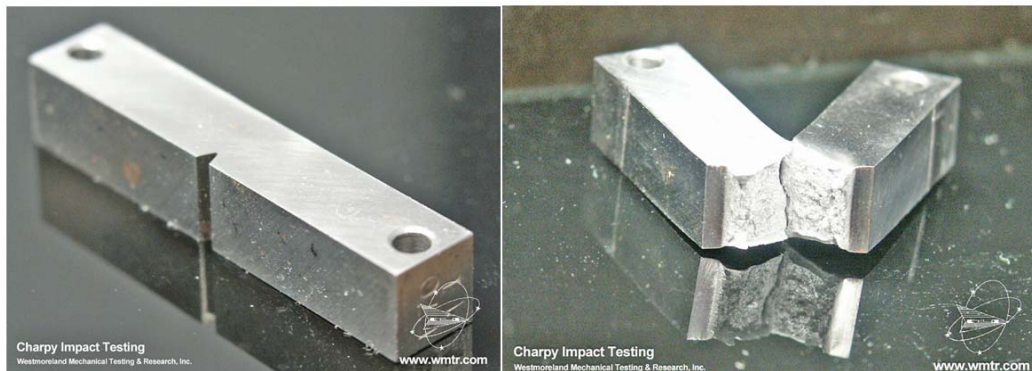
تستهای ضربه، همانطور که در (a) شرح داده شده است باید بر روی متریال هایی که در جدول UHA-23 لیست شده اند، برای تمامی ترکیبی از متریال ها و حداقل دمای طراحی فلز (MDMTs) بجز معافیت هایی که در پاراگراف های UHA-51(d), (e), (f), (g), (h), or (i) ذکر شده اند، انجام شود.

(-a) تست ضربه برای متریال *Base Metal*، منطقه‌ی متأثر از حرارت جوش *HAZ* و از فلز جوش *Weld Metal*

نیاز است.

(1) - برای تست ضربه می بایست ست های سه تایی تهیه شود. هر ست (Set) شامل سه قطعه است که در مجموع ۹ قطعه می شوند. ۳ قطعه از فلز پایه (*Base Metal*) و ۳ قطعه از فلز جوش (*Weld Metal*) و ۳ قطعه از منطقه *HAZ* (*Heat Affected Zone*) برای تست ضربه الزامی می باشد. قطعات می بایست بطور یکسان در معرض عملیات حرارتی قرار گیرند. به یادداشت 80 توجه شود. دستورالعملهای تست، ساینز، محل و موقعیت قطعات بطور یکسان باید مطابق آنچه که در UG-84 لازم است تهیه شوند.

زیر نویس 82: منظور از عملیات حرارتی متریال ها، عملیات جوشکاری، عملیات برشکاری حرارتی یا عملیات حرارت دادن (گرم کردن) تا زیر دمای (315 °C) نمی باشد.



تصویر ۳۴۵: قطعه‌ی تست ضربه قبل و بعد از ضربه

■ - در استاندارد ASTM A370-2019

کلیه عملیات تست چارپی بر اساس این استاندارد انجام می شود. در این استاندارد تعداد قطعات لازم برای تست چارپی در دو پاراگراف توضیح داده شده است.



Designation: A370
Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products¹

23. Sampling and Number of Specimens

23.1 Sampling:

23.1.2 Number of Specimens.

23.1.2.1 All specimens used for a Charpy impact test shall be taken from a single test coupon or test location.

23.1.2.2 When the specification calls for a minimum average test result, three specimens shall be tested.

23.1.2.3 When the specification requires determination of a transition temperature, eight to twelve specimens are usually needed.

تصویر ۳۴۶: تعداد قطعات مورد نیاز برای تست ضربه مطابق با ASTM A-370-2019

***- پاراگراف 23 (Sampling and Number of Specimens): نمونه و تعداد قطعات

*- پاراگراف 23.1 (Sampling): نمونه ها

*- پاراگراف 23.1.2 (Number of Specimens): تعداد قطعات

*- پاراگراف 23.1.2.1- همه قطعات تست ضربه بایستی از یک نمونه آزمایش یا از یک محل فلز تهیه شوند.

*- پاراگراف 23.1.2.2- وقتی در مشخصات فنی حداقل میانگین نتایج تست مورد نیاز باشد سه نمونه تست باید انجام شود.

*- پاراگراف 23.1.2.3- وقتی در مشخصات فنی لازم می داند، درجه حرارت انتقال [انتقال شکست نرم (Ductile) به شکست ترد (Brittle)] تعیین گردد معمولاً هشت تا دوازده نمونه مورد نیاز می باشد.

■ - در مشخصات فنی پروژه Project Specification

تعداد قطعات تست ضربه براساس مشخصات فنی هر پروژه تحت عنوان (Project Specification) بدلیل اینکه اکثر فازهای پالایشگاهی در عسلویه از دستورالعمل شرکت TOTAL فرانسه استفاده می کنند. تعداد قطعات تست ضربه را بعنوان مثال براساس یکی دستورالعملهای شرکت TOTAL فرانسه توضیح می دهیم.

مثال اول بر اساس SPEC 2011-Rev. 08 - TOTAL



Exploration & Production

General Specification

Date: 01/2011

GS EP PLR 421

Rev: 08

این دستورالعمل مربوط است به GENERAL SPECIFICATION PIPELINES - RISERS که این شماره GS-EP-PLR 421 مربوط است به

SITE WELDING OF CARBON STEEL PIPELINES TO API 1104 (Sour Effluent)

در این دستورالعمل مطابق تصاویری که در Appendix 1 ($OD \leq 12" \frac{3}{4}$) و Appendix 2 ($OD > 12" \frac{3}{4}$) مشخص شده است، تعداد قطعات مورد نیاز برای تست ضربه را به شرح ذیل آورده است:

*- برای منطقه‌ی Weld Metal تعداد 2 Set

*- برای منطقه‌ی Weld Metal (Root) تعداد 1 Set

*- برای منطقه‌ی Fusion Line تعداد 2 Set

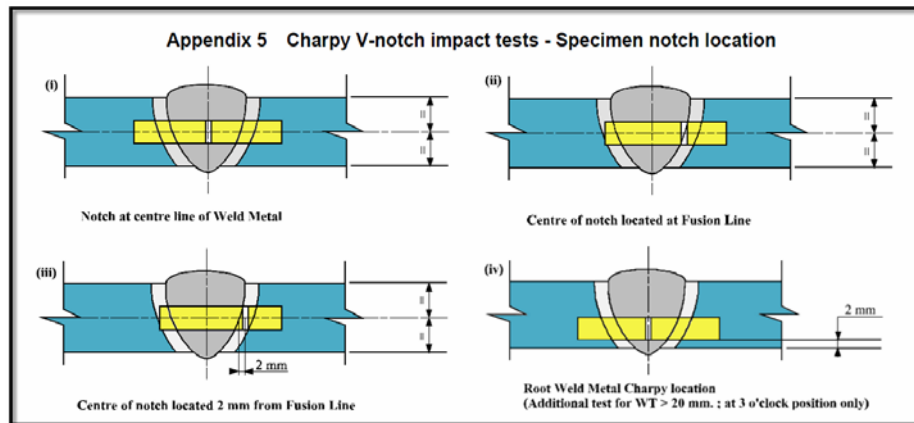
*- برای منطقه‌ی Fusion Line + 2 mm تعداد 1 Set

باید توجه داشت که در این دستورالعمل به صراحت قید شده است که منظور از هر ست، تعداد سه قطعه می باشد.

8.4.2.8 Charpy V-notch impact test

Charpy impact tests (each test = three specimens) shall be prepared and tested in accordance with ASTM A 370 and ASTM E 23 or ISO/EN 10045-1.

بنابراین، مطابق دستورالعمل شرکت TOTAL تعداد قطعات تست ضربه در خطوط انتقال لوله، ۱۸ قطعه می باشد. دقت شود، موقعیت نمونه قطعات تست ضربه طبق شکل مشخص شده در صفحه بعد عملاً با موقعیتی که استاندارد API-1104 مشخص می کند متفاوت است. لطفاً به نمونه ارائه شده در استاندارد API-1104 دقت شود.



تصویر ۳۴۷: موقعیت قطعات لازم جهت تست ضربه بر اساس مشخصات فنی TOTAL



Exploration & Production

General Specification

GS EP PLR 421

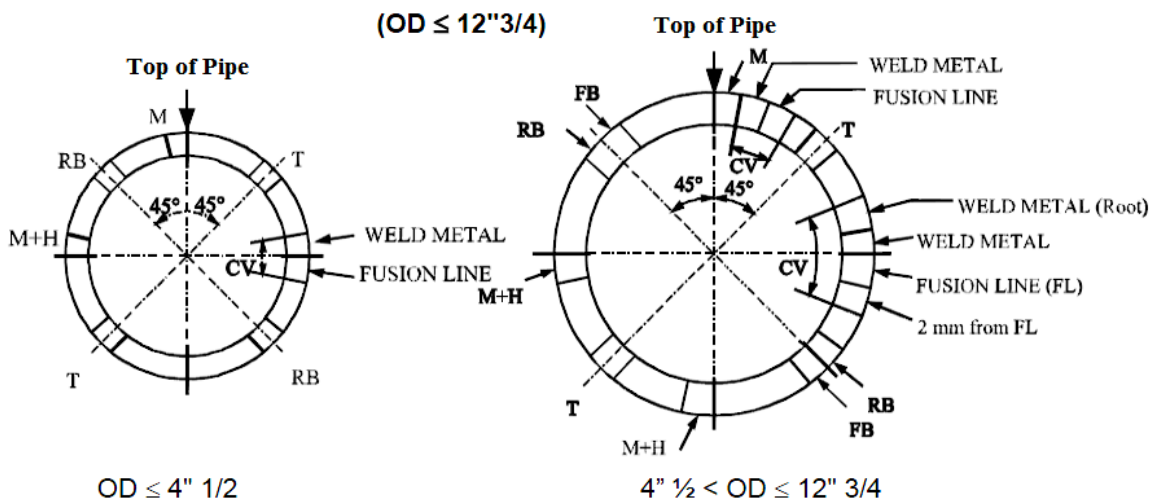
Date: 10/2006

Rev: 05

Appendix 1

Appendix 1 Welding procedure qualification/Butt weld

Location of test specimens



Key:

T = Transverse Tensile
FB = Face Bend
RB = Root Bend

M = Macrography (only)
M+H = Macrography+ Hardness survey
CV = Charpy V-notch impact

Notes:

- 1) Each couple of Root Bend and Face tests to be replaced by two Side Bend tests for WT > 12.7 mm.
- 2) For OD < 4" 1/2 Tensile test is not required.
- 3) For WT ≤ 20 mm, Charpy Test in Root Weld centreline is cancelled.

تصویر ۳۴۸: تعداد و موقعیت قطعات لازم جهت تست ضربه در تهیهی PQR و همچنین تعمیرات

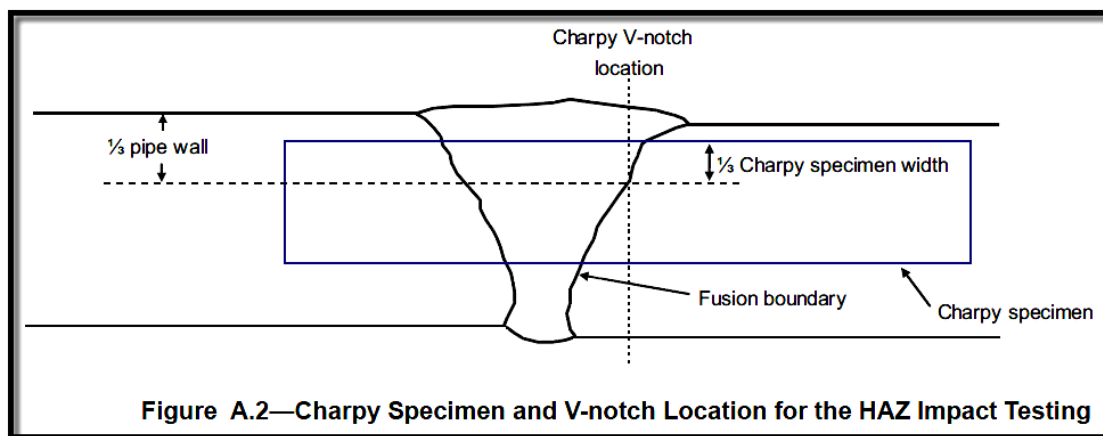


Figure A.2—Charpy Specimen and V-notch Location for the HAZ Impact Testing

تصویر ۳۴۹: موقعیت قطعات لازم جهت تست ضربه بر اساس استاندارد API-1104-2018



Exploration & Production

General Specification

Date: 10/2006

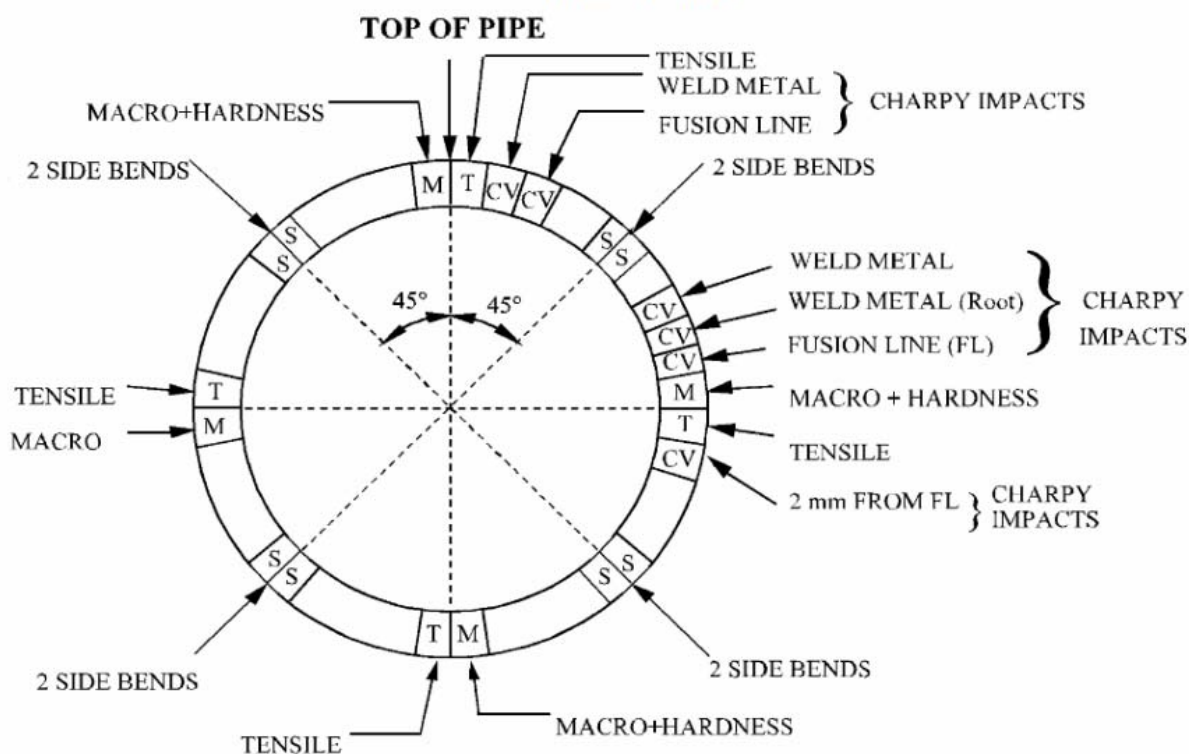
GS EP PLR 421

Rev: 05

Appendix 2 Welding procedure qualification/Butt weld

Location of test specimens

(OD > 12"3/4)



Notes:

- 1) For WT less than or equal to 20 mm, the Charpy test in root weld metal centreline is cancelled.
- 2) For WT less than or equal to 12.7 mm, each couple of Side Bends are to be replaced by 1 Face Bend + 1 Root Bend.
- 3) CTOD tests, all-weld tensile tests, macrography + hardness at longitudinal/circular weld intersection and chemical analysis in weld metal are not indicated in sketch.

تصویر ۳۵۰: موقعیت قطعات لازم جهت تست ضربه بر اساس مشخصات فنی TOTAL



Exploration & Production

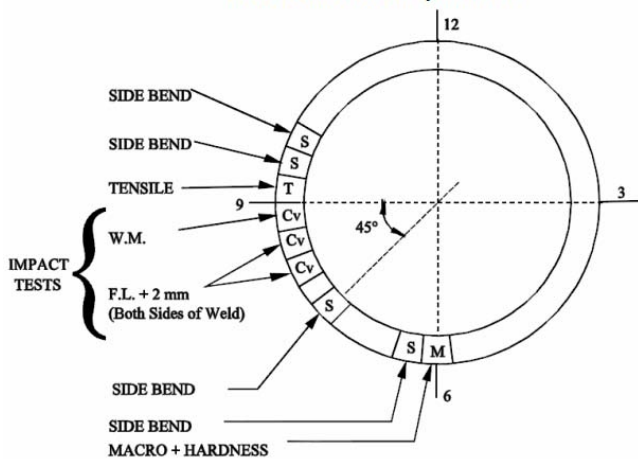
General Specification

Date: 10/2006

GS EP PLR 421

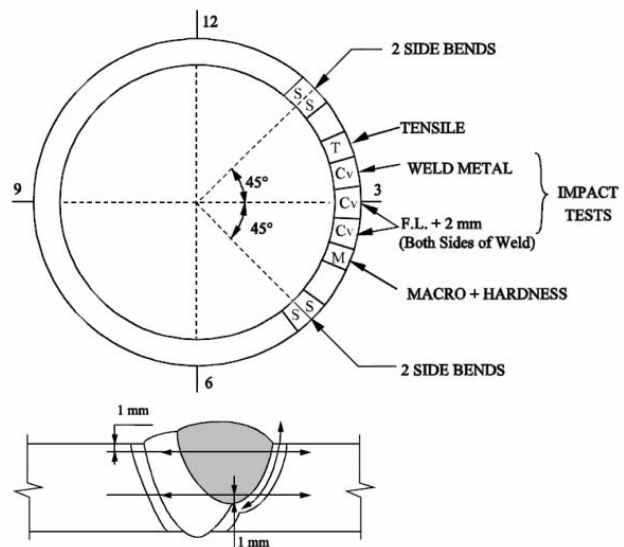
Rev: 05

Appendix 7 Through thickness repair qualification tests Location of tests specimens



Vickers hardness survey (5 kg load)

Appendix 8 Partial or mid-thickness repair qualification tests Location of tests specimens



Vickers hardness survey (5 kg load)

تصویر ۳۵۱: تعداد و موقعیت قطعات لازم جهت تست ضربه در تهیه‌ی PQR و همچنین تعمیرات

۳- برای تست ضربه (Charpy Impact Test) نمونه‌های مورد نیاز تست باید از چه قسمت‌هایی از قطعه تهیه شوند؟

مراحل تست ضربه از جمله آماده‌سازی قطعات تست چارپی می‌بایست بر اساس استاندارد ASTM A370 انجام شود. مطابق با پاراگراف 23 این استاندارد، محل (Location) و جهت (Orientation) نمونه‌های تست بایستی در مشخصات فنی پروژه مشخص شوند، در غیر اینصورت برای قطعاتی که تحت فرآیندی ساخته شده‌اند، موقعیت تهیه نمونه چارپی از قطعه اصلی مشابه تهیه نمونه تست کششی است و جهت آن باید بصورت طولی با شیار عمود بر صفحه اصلی قطعه باشد.



Designation: A370

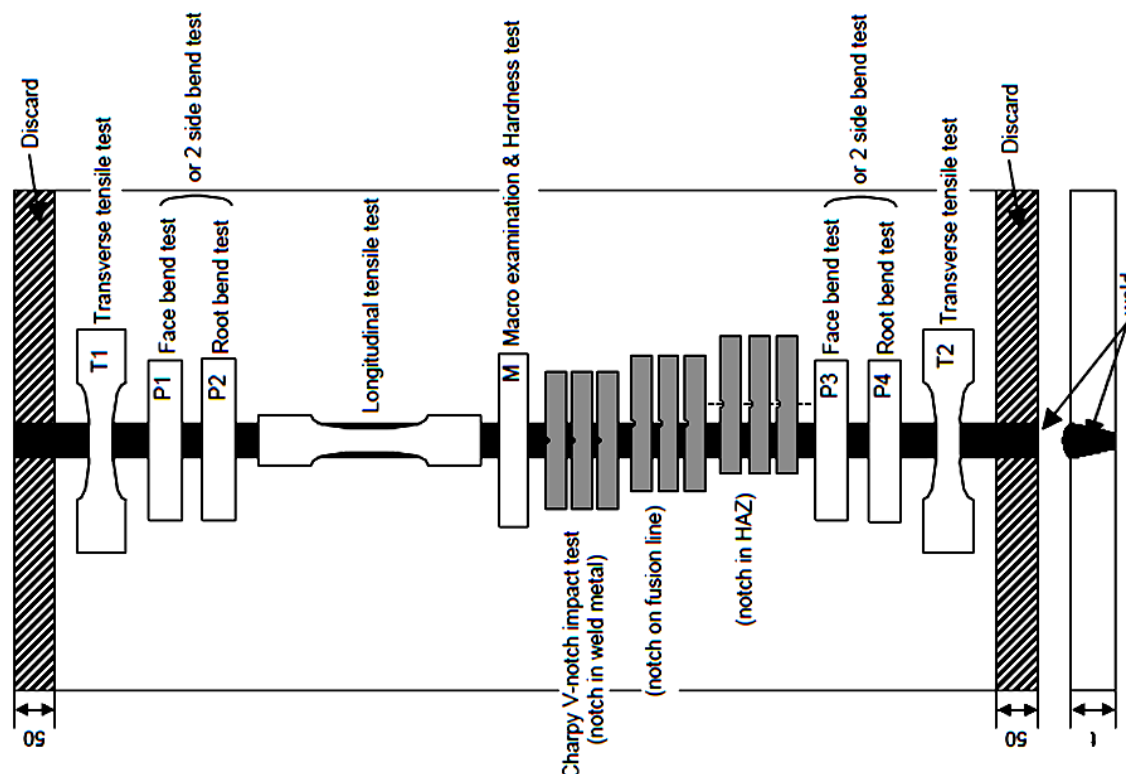
Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products¹

23. Sampling and Number of Specimens

23.1 Sampling:

23.1.1 Test location and orientation should be addressed by the specifications. If not, for wrought products, the test location shall be the same as that for the tensile specimen and the orientation shall be longitudinal with the notch perpendicular to the major surface of the product being tested.

تصویر ۳۵۲: محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه ASTM A370-2019



Source: Requirements Concerning Materials and Welding (W28)

تصویر ۳۵۳: محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه در یک PQR

مثال: برای تفهیم بیشتر به استاندارد API Specification 5L-2013 مراجعه می کنیم.

※- پاراگراف 10.2.3- نمونه قطعات تست برای تستهای مکانیکی

※- پاراگراف 10.2.3.1- کلیات

برای انجام تستهای کششی، تستهای ضربه (CVN)، تستهای (DWT)، تستهای خمش، تستهای (guided-bend) و تستهای (flattening tests)، بایستی نمونه هایی تهیه شوند و آماده سازی نمونه های تست باید با استاندارد مرجع مورد کاربرد مطابقت داشته باشند.

10.2.3 Samples and test pieces for mechanical tests

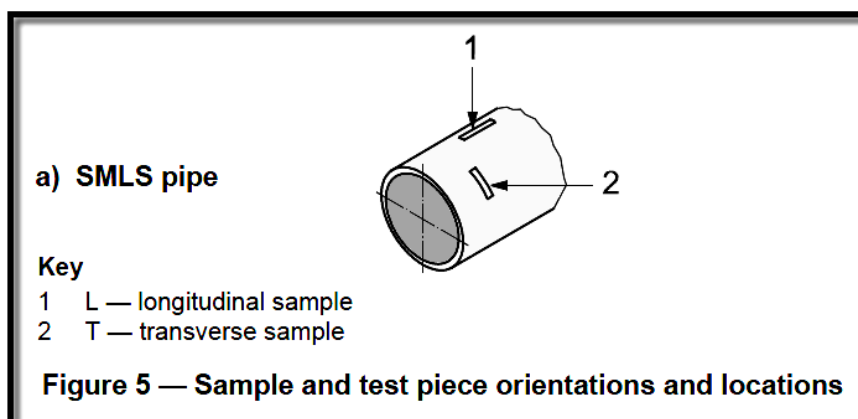
10.2.3.1 General

For tensile tests, CVN impact tests, DWT tests, bend tests, guided-bend tests and flattening tests, the samples shall be taken, and the corresponding test pieces prepared, in accordance with the applicable reference standard.

Samples and test pieces for the various test types shall be taken from locations as shown in Figure 5

تصویر ۳۵۴: محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه API 5L-2018

در این تصویر محل برش قطعات برای تستهای مختلف از جمله تست چارپی نشان داده شده است.



تصویر ۳۵۵: محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه در لوله بدون درز API 5L-2018

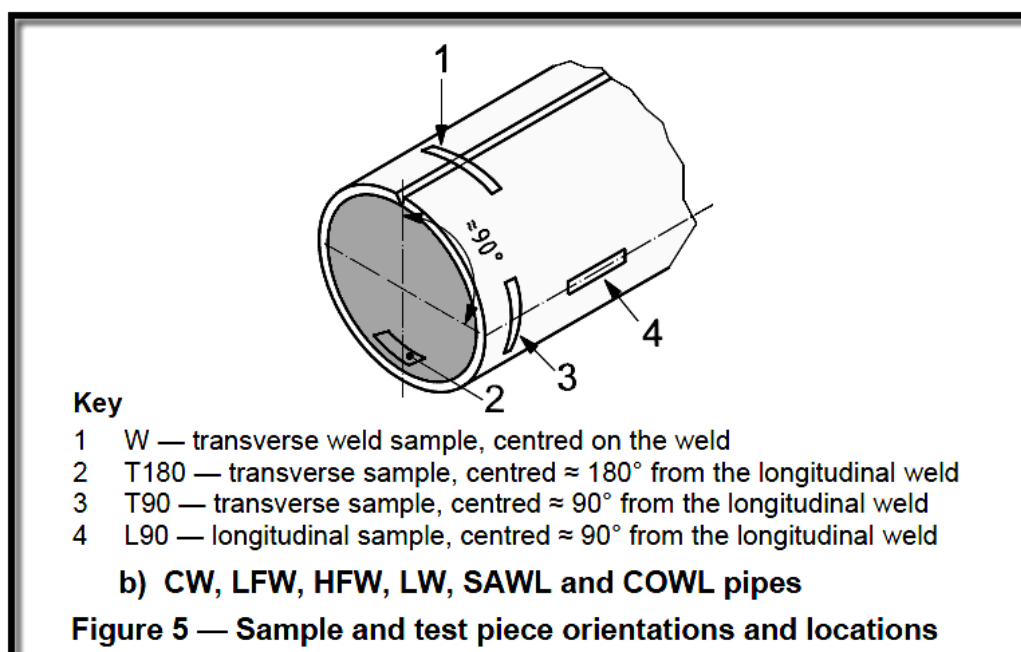
(۱) لوله های بدون درز:

مطابق تصویر ۳۵۵ دو قطعه بصورت طولی (Longitudinal) و عرضی (Transverse) مشخص شده است.

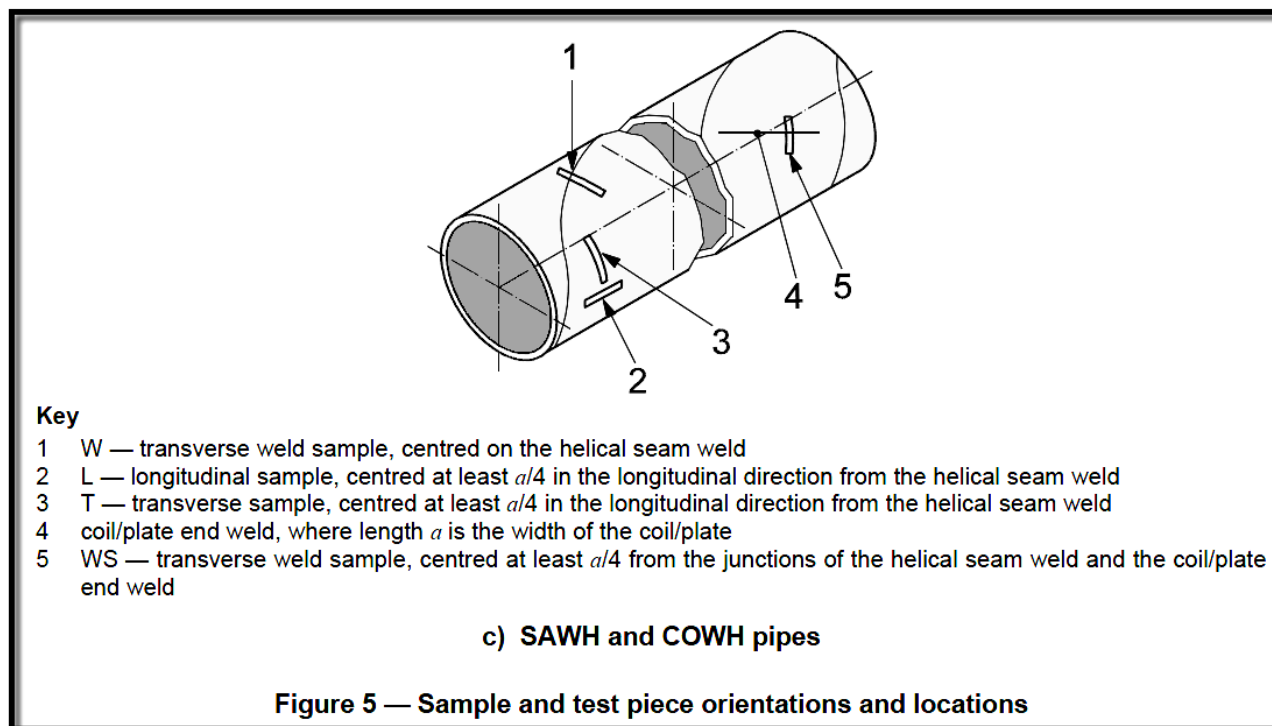
(۲) لوله های با درز طولی:

مطابق تصویر ۳۵۶ چهار قطعه مشخص شده است که سه قطعه بصورت عرضی (Transverse) و یک قطعه بصورت طولی (Longitudinal) در نظر گرفته می شود.

قطعات عرضی (قطعه شماره ۱) از مرکز جوش تهیه می شود و شیار (Notch) قطعه چارپی باید در مرکز جوش قرار گیرد. قطعه شماره ۲ از لحاظ موقعیت دقیقاً ۱۸۰ درجه نسبت به قطعه شماره ۱ یعنی روبروی درز جوش قرار می گیرد و قطعه شماره ۳ از لحاظ موقعیت دقیقاً ۹۰ درجه نسبت به قطعه شماره ۱ یعنی در جهت حرکت عقربه های ساعت قرار می گیرد. قطعه شماره ۴ بصورت قطعه طولی در همین زاویه نسبت به قطعه شماره ۱ برش داده می شود.



تصویر ۳۵۶: محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه در لوله با درز طولی API 5L-2018



تصویر ۳۵۷: محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه در لوله با درز مارپیچ API 5L-2018

۳) لوله های با درز جوش مارپیچ:

چهار قطعه که سه قطعه آن بصورت عرضی (Transverse) مطابق تصویر ۳۵۷ و یک قطعه آن بصورت طولی (Longitudinal) تهیه می شود.

قطعه شماره ۱ بصورت عرضی (Transverse) تهیه می شود و درز جوش مارپیچ در مرکز آن قرار می گیرد.

قطعه شماره ۲ بصورت طولی (Longitudinal) است که مرکز آن حداقل به اندازه $a/4$ در جهت طولی از درز جوش مارپیچ فاصله داشته باشد.

قطعه شماره ۳ نمونه ای عرضی (Transverse) است که مرکز آن به اندازه $a/4$ در جهت طولی از درز جوش مارپیچ فاصله داشته باشد

توجه: ورقی که به لوله تبدیل می شود بصورت یک کلاف (Coil) است و ممکن است برای اینکه خط تولید در حین تهیه لوله با وقفه مواجه نشود انتهای چند کلاف را به یکدیگر جوشکاری می کنند تا یک کلاف بزرگ با مترآژ بالا تهیه شود در اینصورت در لوله های درز دار مارپیچ علاوه بر خط جوشهای مارپیچ، خط جوش عرضی نیز وجود دارد که مربوط به جوش کلافها به یکدیگر است. تصویر فوق (Note 4) اشاره به همین خط جوش است.

قطعه شماره ۵ نمونه ای عرضی (Transverse) است که مرکز آن حداقل به اندازه $a/4$ از محل اتصال جوش مارپیچ و جوش عرضی (اشاره شده در بند ۴) فاصله داشته باشد.

محل (Location) و جهت (Orientation) نمونه های تست ضربه براساس ASME Section VIII-Div. 1

*- پاراگراف UG-84-(g): موقعیت، محل قرار گرفتن، دما و میزان تستهای ضربه ای جوش و تمامی تست های ضربه جوش بایستی مطابق با شرایط زیر انجام شود:

(1) هر مجموعه (Set) از قطعات تست ضربه جوش بایستی از میان جوش انتخاب شوند و یک شیار (notch) در فلز جوش آنها ایجاد گردد. موقعیت هر قطعه برای تست ضربه بایستی طوری انتخاب گردد که شیار (notch) عمود بر سطح فلز باشد و سطح و رویه‌ی قطعه تست ضربه نیز در حدود 1.5 mm زیر سطح فلز انتخاب گردد. توجه: به تصویر زیر که به نحوه‌ی ایجاد شیار در قطعات تست ضربه می پردازد دقت شود.

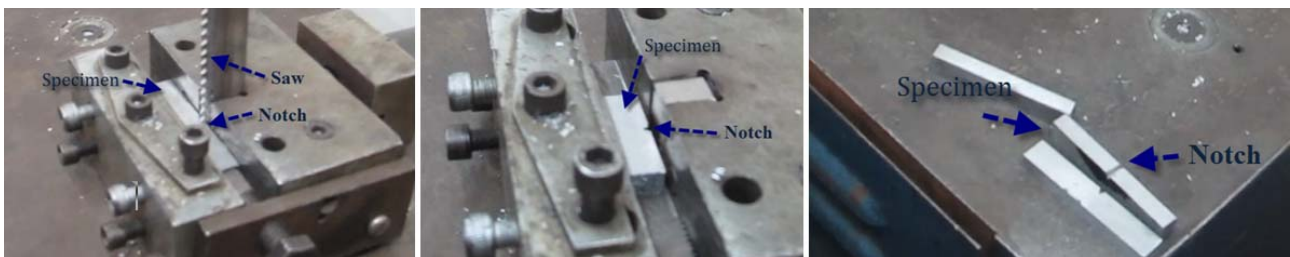
UG-84 CHARPY IMPACT TESTS

(g) Location, Orientation, Temperature, and Values of Weld Impact Tests. All weld impact tests shall comply with the following:

(1) Each set of weld metal impact specimens shall be taken across the weld with the notch in the weld metal. Each specimen shall be oriented so that the notch is normal to the surface of the material and one face of the specimen shall be within $\frac{1}{16}$ in. (1.5 mm) of the surface of the material.

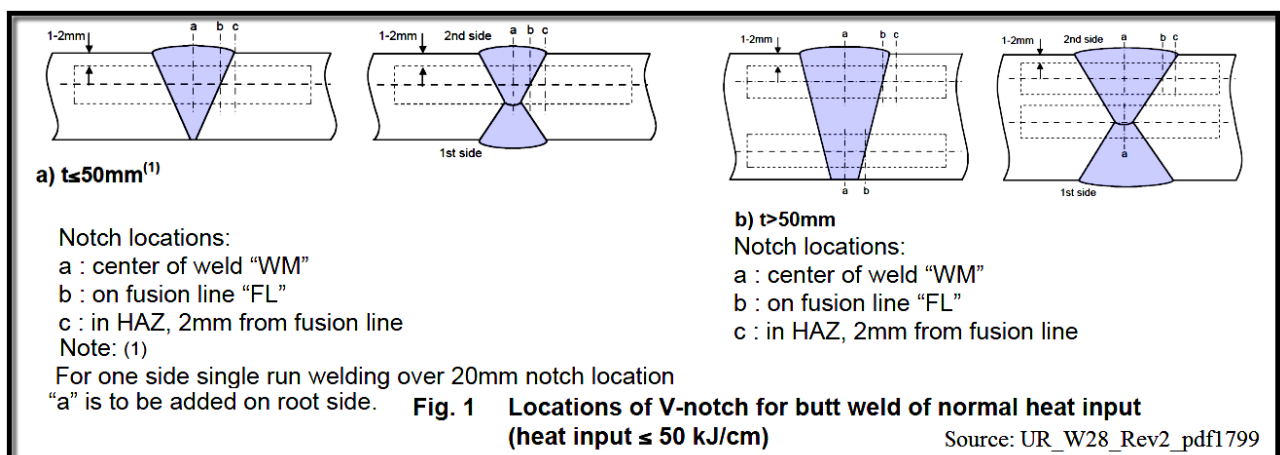
(2) Each set of heat affected zone impact specimens shall be taken across the weld and of sufficient length to locate, after etching, the notch in the heat affected zone. The number of heat affected zone impact specimen sets to be removed, and the location of their removal, shall be as shown in Figure UG-84.5 and Table UG-84.6. The notch shall be cut approximately normal to the material surface in such a manner as to include as much heat affected zone material as possible in the resulting fracture.

تصویر ۳۵۸: محل برش قطعات تست ضربه ASME Sec. VIII Div.1-2019



تصویر ۳۵۹: روش ایجاد شیار (notch) در قطعات تست ضربه

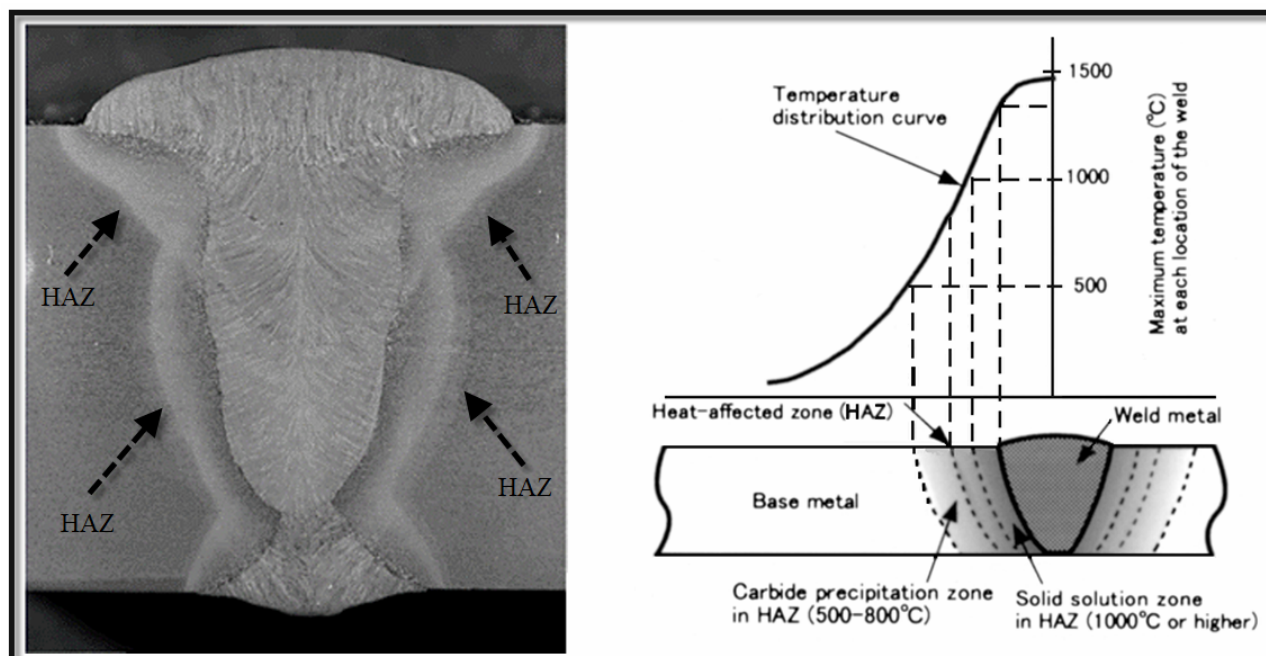
(2) هر مجموعه (Set) از قطعات تست ضربه مربوط به منطقه‌ی حرارت دیده (HAZ) بایستی از میان جوش انتخاب شوند و دارای طول مناسب باشند و شیار آنها نیز پس از عملیات اچ کردن (Etching) در منطقه‌ی تحت تأثیر حرارت (HAZ) تعیین گردد. تعداد قطعات تست ضربه که از منطقه‌ی حرارت دیده (HAZ) انتخاب می شوند و نیز موقعیت آنها بایستی مطابق تصویر UG-84.5 و جدول UG-84.6 باشند. شیار بایستی تقریباً عمود بر سطح متریال باشد و تا جاییکه ممکن است نتیجه شکست نیز شامل منطقه‌ی حرارت دیده (HAZ) گردد.



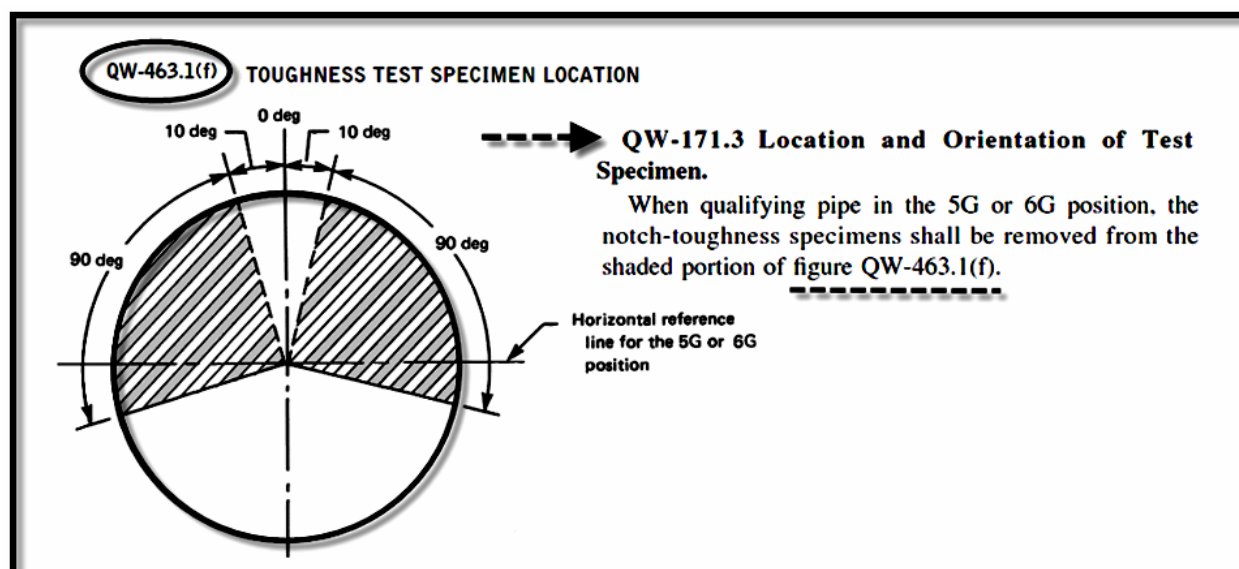
تصویر ۳۶۰: موقعیت تستهای ضربه در Weld Metal, Fusion Line & Fusion Line + 2 mm

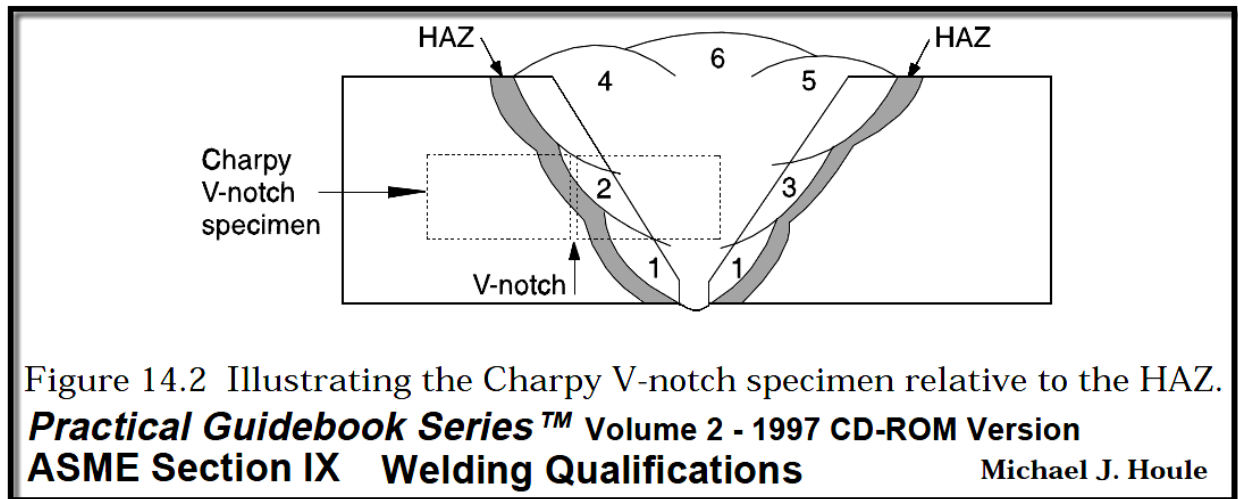
محدوده‌ی منطقه HAZ در تصویر ۳۶۱ مشخص شده است و با بزرگنمایی مقطع جوش به وضوح دیده می شود.

در استاندارد ASME Sec. IX برای انجام تست ضربه بر روی قطعه PQR که در وضعیت "5G & 6G" تهیه شده است می بایست قطعات را مطابق QW-463.1(f) (تصویر ۳۶۱) از منطقه هاشور زده شده تهیه نمود. باید در نظر داشت، در استاندارد ASME Sec. IX بجای اصطلاح "V-Notch Impact Test" (تست ضربه شیاری) از اصطلاح "Notch –Toughness Test" (تست چقرمگی شیاری) استفاده شده است.

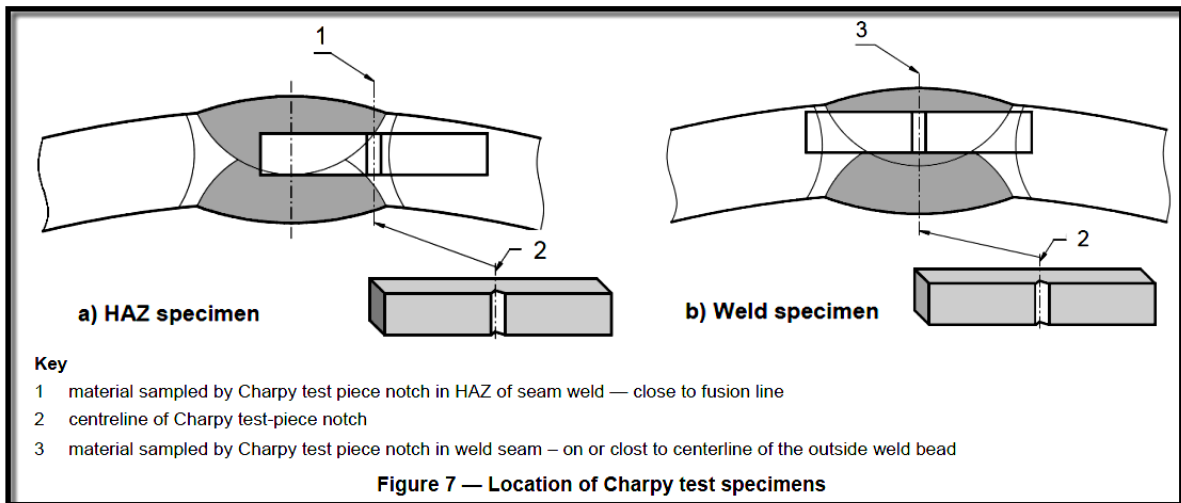


تصویر ۳۶۱: موقعیت محل منطقه HAZ

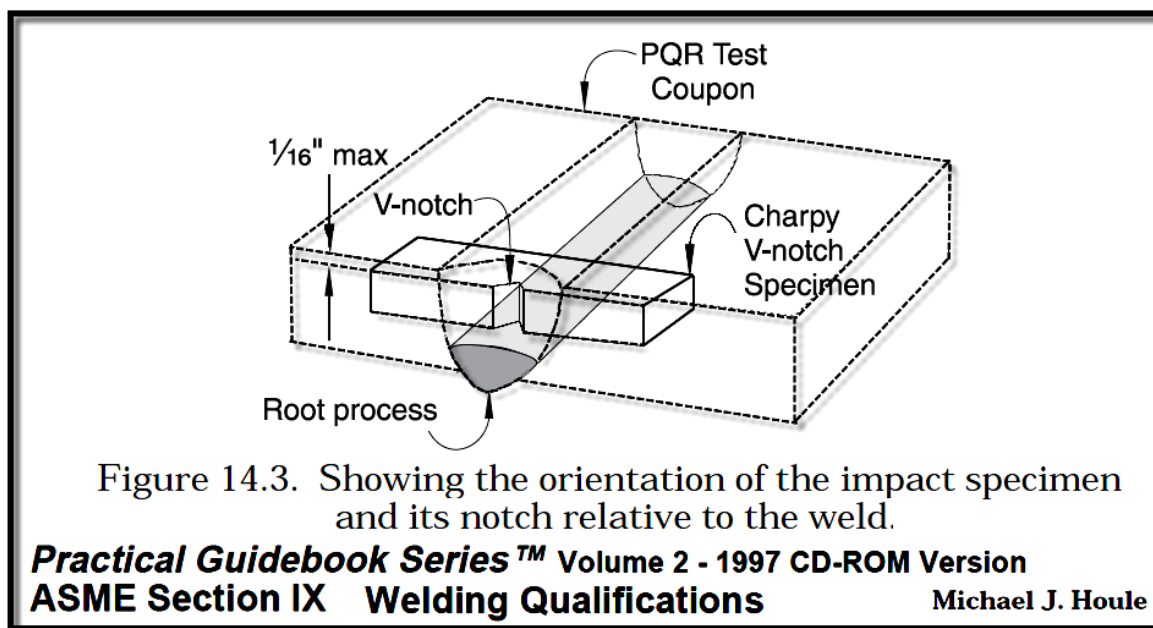




تصویر ۳۶۳: محل برش قطعه چارپی مورد نیاز برای تست ضربه از منطقه HAZ



تصویر ۳۶۴: محل برش قطعه چارپی مورد نیاز برای تست ضربه از منطقه HAZ و Weld در API 5L-2018



تصویر ۳۶۵: محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه در جوش

(Fig.14.3) مثالی از پاراگراف (1) ASME Sec. VIII Div. 1-Para.- UG-84(g):

(1) هر مجموعه (Set) از قطعات تست ضربه جوش بایستی از میان جوش انتخاب شوند و یک شیار (notch) در فلز جوش آنها ایجاد گردد. موقعیت هر قطعه برای تست ضربه بایستی طوری انتخاب گردد که شیار (notch) عمود بر سطح فلز باشد و سطح و رویه‌ی قطعه تست ضربه نیز در حدود 1.5 mm زیر سطح فلز انتخاب گردد.

***- مطلب فوق در ارتباط با پاراگراف (b) ASME Section IX-2019-QW-200.2 بکار برده می شود. در این پاراگراف به صراحت قید شده است در جوشهایی که ترکیبی از چند فرایند جوشکاری می باشند، تستهای مکانیکی از جمله تست ضربه چنانچه ضرورت دارد باید شامل تمام فرایندهای جوش باشند. لطفاً به پاراگراف (b) QW-200.2 دقت شود:

QW-200.2 Each organization shall be required to prepare a procedure qualification record which is defined as follows:

(b) Contents of the PQR.

One or more combinations of welding processes, filler metal, and other variables may be used when welding a

test coupon. The approximate thickness of weld metal deposited shall be recorded for each set of essential and, when required, supplementary essential variables. Weld metal deposited using each set of variables shall be included in the tension, bend, toughness, and other mechanical test specimens that are required.

تصویر ۳۶۶: پاراگراف ASME Section IX-2019-Para.- QW-200.2

*- پاراگراف (b) ASME Section IX-2019-QW-200.2

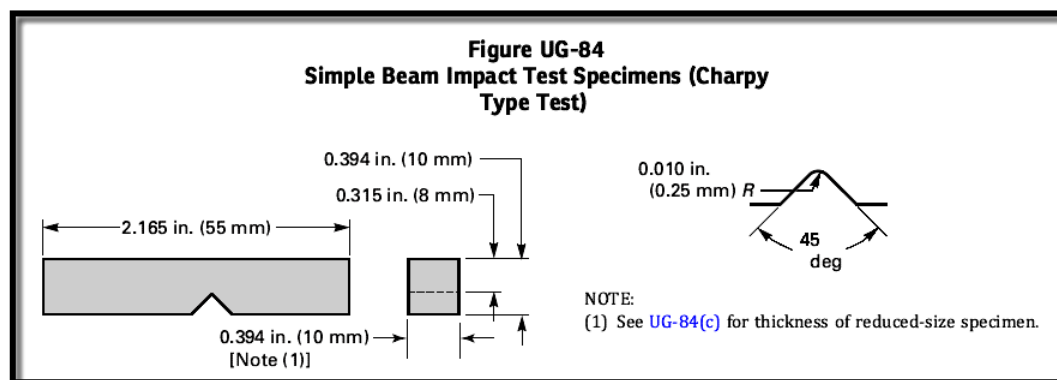
هر سازنده یا پیمانکار باید ملزم به تهیه‌ی PQR به شرح زیر باشد:

(b)- محتویات PQR: (نکته‌ی مهم در تست کوپن های چند فرایندی)

در زمان جوشکاری یک تست کوپن با یک یا ترکیبی از چند فرایند جوشکاری، فیلر متال، الکتروود و متغیرهای زیادی ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. ضخامت تقریبی فلز جوش رسوب یافته باید برای هر مجموعه از متغیرهای اساسی و در صورت نیاز برای متغیرهای اساسی تکمیلی گزارش گردد. فلز جوش رسوب یافته‌ی مربوط به هر مجموعه از متغیرها باید مشمول تستهای کشش، خمش، ضربه و سایر تستهای مکانیکی مورد نیاز بر روی نمونه های تست باشد.

(۴)- ابعاد هر قطعه تست ضربه چقدر است؟

در استاندارد ASME Section VIII Div.1 (Fig. UG-84) ابعاد قطعه مورد نیاز تست ضربه مشخص شده است. چنانچه نمونه تست ضربه دارای 55 mm طول و 10 mm ضخامت باشد، آنرا Full-Size میگویند. چنانچه ضخامت نمونه کمتر از 80% ضخامت Full-Size (10 mm) باشد آنرا Sub-Section یا Sub-Size میگویند. مثلاً ضخامت قطعه‌ی اصلی 12 mm است، چنانچه ضخامت نمونه‌ی تست بعد از ماشین کاری اگر 7 mm شود در این حالت به آن Sub-Size اطلاق میشود زیرا ضخامتش کمتر از 80% ضخامت Full-Size است. در حقیقت دارای 70% ضخامت Full-Size است.



تصویر ۳۶۷: آماده کردن نمونه تست ضربه طبق ASME Sec. VIII Div.1-2019-Para-UG-84

در استاندارد ASTM A370 Para. 22.2 در مورد اندازه و شکل قطعات مورد نیاز تست ضربه توضیح داده شده است.



A370

23. Sampling and Number of Specimens

23.2 Type and Size:

23.2.1 Use a standard full size Charpy V-notch specimen as shown in Fig. 11, except as allowed in 23.2.2.

23.2.2 Subsize Specimens.

23.2.2.1 For flat material less than $\frac{7}{16}$ in. (11 mm) thick, or when the absorbed energy is expected to exceed 80 % of full scale, use standard subsize test specimens.

23.2.2.2 For tubular materials tested in the transverse direction, where the relationship between diameter and wall thickness does not permit a standard full size specimen, use standard subsize test specimens or standard size specimens containing outer diameter (OD) curvature as follows:

(1) Standard size specimens and subsize specimens may contain the original OD surface of the tubular product as shown in Fig. 12. All other dimensions shall comply with the requirements of Fig. 11.

23.2.2.3 If a standard full-size specimen cannot be prepared, the largest feasible standard subsize specimen shall be prepared. The specimens shall be machined so that the specimen does not include material nearer to the surface than 0.020 in. (0.5 mm).

23.2.2.4 Tolerances for standard subsize specimens are shown in Fig. 11. Standard subsize test specimen sizes are: 10×7.5 mm, 10×6.7 mm, 10×5 mm, 10×3.3 mm, and 10×2.5 mm.

23.2.2.5 Notch the narrow face of the standard subsize specimens so that the notch is perpendicular to the 10 mm wide face.

23.3 Notch Preparation—The machining (for example, milling, broaching, or grinding) of the notch is critical, as minor deviations in both notch radius and profile, or tool marks at the bottom of the notch may result in variations in test data, particularly in materials with low-impact energy absorption. (see Annex A5).

تصویر ۳۶۸: آماده کردن نمونه تست ضربه طبق ASTM A370-2019- Para. 23.2

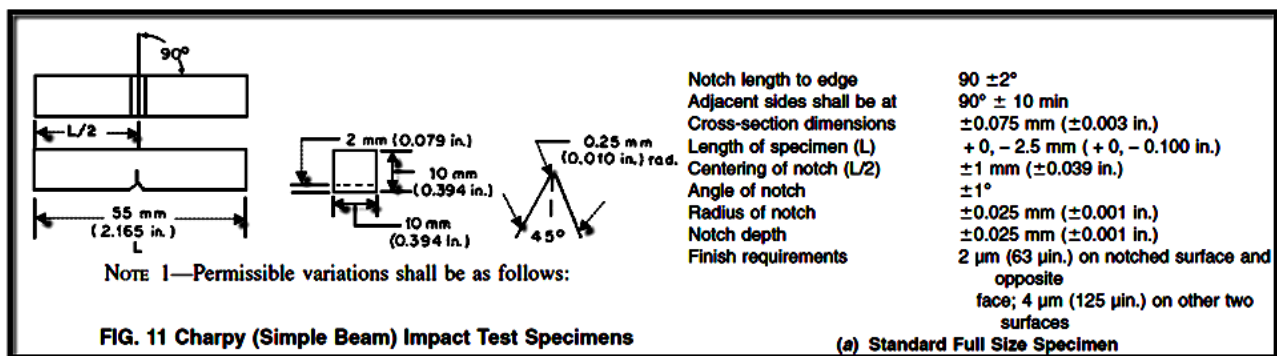
***- پاراگراف ASTM A370-2019 Para. 23.2 - اندازه و شکل قطعات مورد نیاز تست ضربه:

*- پاراگراف 23.2 - شکل و اندازه:

*- پاراگراف 23.2.1 - یک نمونه تست چارپی شیار دار با اندازه استاندارد نوع (a) آنطور که در تصویر ۳۶۹ نشان داده شده است باید بکار برود مگر در موردی که در پاراگراف 22.2.2 اجازه داده شده است.

*- پاراگراف 23.2.2 - نمونه های زیر اندازه استاندارد (Subsized):

*- پاراگراف 23.2.2.1 - برای متریالهای تخت با ضخامت کمتر از $\frac{7}{16}$ in. (11 mm) یا وقتی که انتظار می رود مقدار انرژی جذب شده از 80% درصد انرژی دستگاه بیشتر باشد باید از نمونه های زیر سایز استاندارد استفاده نمود.

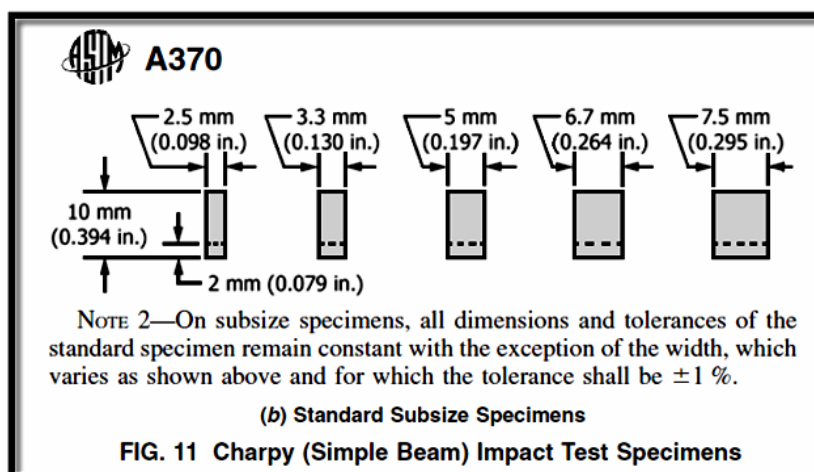


تصویر ۳۶۹: آماده کردن نمونه تست ضربه طبق ASTM A370-2019- Para. 23.2

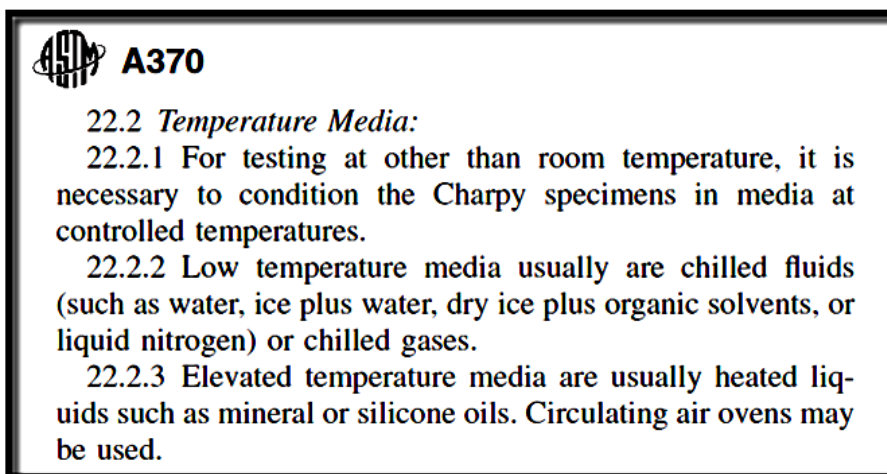
*- پاراگراف 23.2.2.2 - برای متریالهای لوله ای که در جهت عرضی تست شده اند و نسبت بین قطر و ضخامت آنها به گونه ای است که امکان بکار بردن نمونه به اندازه کامل استاندارد فراهم نمی باشد، از نمونه زیر اندازه استاندارد یا از نمونه های با اندازه استاندارد دارای قوس قطر خارجی بشرح زیر استفاده می شود. تمامی سایز اندازه ها باید با الزامات تصویر ۳۶۹ (FIG.11) مطابقت داشته باشد.

*- پاراگراف 23.2.2.3 - اگر امکان تهیه نمونه با اندازه کامل استاندارد فراهم نباشد باید تا حد امکان نمونه هایی با بزرگترین اندازه زیر اندازه استاندارد تهیه گردد، نمونه ها باید به گونه ای ماشین کاری شوند که فاصله سطوح نمونه های بدست آمده تا سطوح اولیه نمونه های بریده شده از 0.020 in. (0.5 mm) کمتر نباشد.

- *- پاراگراف 23.2.2.4 - تلورانس (Tolerances) اندازه نمونه های زیر اندازه استاندارد در تصویر ۳۷۰ آمده است.
- *- پاراگراف 23.2.2.5 - شیار را در سطح باریکتر نمونه ایجاد کنید بطوری که شیار عمود بر سطحی باشد که عرض آن 10 mm باشد.
- *- پاراگراف 23.3 - نحوه ی ایجاد شیار: عملیات ماشینکاری برای ایجاد شیار بسیار مهم می باشد. تغییرات بسیار جزئی در مقطع و شعاع شیار یا آثار حاصل از ابزار ماشینکاری در انتهای شیار می تواند اطلاعات گمراه کننده ای ارائه نماید.



- تصویر ۳۷۰: نمونه قطعات Subsize تست ضربه طبق ASTM A370-2019 - Para. 23.2
- یادداشت 2 از تصویر ۳۷۰ - FIG. 11: تمامی ابعاد و تلورانس های مربوط به یک نمونه استاندارد نیز برای نمونه های زیر سایز استاندارد Subsize ثابت و بدون تغییر می باشند به استثناء اینکه در عرض نمونه های زیر سایز استاندارد (Subsize) ابعاد مختلفی وجود دارد که در بالا نشان داده شده است که آن نیز بایستی دارای تلورانس $\pm 1\%$ باشد.
- (۵) - از چه روشهایی برای رساندن دمای قطعه تست به دمای منفی مورد نیاز استفاده می شود؟



تصویر ۳۷۱: ایجاد دمای منفی برای نمونه قطعات تست ضربه طبق ASTM-A370-2019

- *- پاراگراف 22.2 - درجه حرارت معتدل (Media) محیط
- *- پاراگراف 22.2.1 - برای تست ضربه در درجه حرارتهای غیر از درجه حرارت اتاق لازم است که نمونه ها در محیطهای معتدل که دارای درجه حرارت کنترل شده ای هستند قرار گیرند.

*- پاراگراف 22.2.2 - دماهای معتدل با درجه پایین معمولاً شامل مایعات سرد شده (مانند آب، آب و یخ، یخ خشک و حلال های ارگانیک یا نیتروژن مایع) یا گازهای سرد شده می باشند.

محدوده تغییرات دمایی نسبت به دمای مورد نیاز تست تا چقدر قابل قبول است؟

25. Conditioning—Temperature Control A370

25.1 When a specific test temperature is required by the specification or purchaser, control the temperature of the heating or cooling medium within $\pm 2^{\circ}\text{F}$ (1°C).

NOTE 17—For some steels there may not be a need for this restricted temperature, for example, austenitic steels.

NOTE 18—Because the temperature of a testing laboratory often varies from 60 to 90°F (15 to 32°C) a test conducted at “room temperature” might be conducted at any temperature in this range.

تصویر ۳۷۲: تلورانس دمایی برای نمونه قطعات تست ضربه طبق ASTM-A370-2019

***- پاراگراف 25 (Conditioning—Temperature Control): کنترل درجه حرارت در شرایط مطلوب

*- پاراگراف 25.1 - وقتی خریدار یا مشخصات فنی، درجه حرارت خاصی را برای تست ضربه تعیین کرده باشد، درجه حرارت گرم کردن یا دمای محیط معتدل سرد کننده باید در محدوده $\pm 2^{\circ}\text{F}$ (1°C) کنترل گردد. یادداشت 17: این محدودیت دمایی برای برخی فولادها ممنوع می باشد. بطور مثال، فولادهای آستنیتی یادداشت 18: بعلت اینکه در آزمایشگاه معمولاً دمای تست بین 15 تا 32 درجه سانتیگراد متفاوت (متغیر) می باشد ممکن است برای انجام دادن یک آزمایش در دمای اتاق از دمایی که در این محدوده دمایی 15°C تا 32°C قرار دارد استفاده شود.

۶- قطعات تست برای چه زمانی در دمای منفی نگهداری می شوند؟

*- پاراگراف 26.1 (Temperature): درجه حرارت (تست ضربه)

26. Procedure

 A370

26.1 Temperature:

26.1.1 Condition the specimens to be broken by holding them in the medium at test temperature for at least 5 min in liquid media and 30 min in gaseous media.

26.1.2 Prior to each test, maintain the tongs for handling test specimens at the same temperature as the specimen so as not to affect the temperature at the notch.

تصویر ۳۷۳: وضعیت دمایی انبر انتقال قطعات تست ضربه طبق ASTM A370-2019

*- پاراگراف 26.1.1 - برای آماده کردن نمونه ها جهت تست ضربه آنها را باید حداقل ۵ دقیقه در محیط معتدل مایع و یا ۳۰ دقیقه در محیط معتدل گازی نگه داشت.

*- پاراگراف 26.1.2 - قبل از انجام تست، انبر های جا بجا کننده ی نمونه ها بایستی در همان درجه حرارتی که برای تست مشخص شده است نگه داشته شوند، بطوریکه بر روی درجه حرارت نمونه در قسمت شیار تاثیر نگذارد.

۷- وضعیت تست ضربه در قطعات کوچک ریخته گری، آهنگری و مخازن کوچک چگونه است؟

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS*(e) Procedural Requirements*

(2) *Small Parts.* The Manufacturer of small parts, either cast or forged, may certify a lot of not more than 20 duplicate parts by reporting the results of one set of impact specimens taken from one such part selected at random, provided the same specification and heat of material and the same process of production, including heat treatment, were used for all of the lot. When the part is

too small to provide the three specimens of at least minimum size shown in Figure UG-84, no impact test need be made.

(3) *Small Vessels.* For small vessels in conformance with U-1(j), one set of impact specimens of the material may represent all vessels from the same heat of material not in excess of 100 vessels or one heat-treatment furnace batch, whichever is smaller.

تصویر ۳۷۴: وضعیت تست ضربه برای مخازن و قطعات کوچک طبق ASME Sec. VIII Div.1-2019

*- پاراگراف UG-84 (CHARPY IMPACT TESTS): تستهای چارپی ضربه

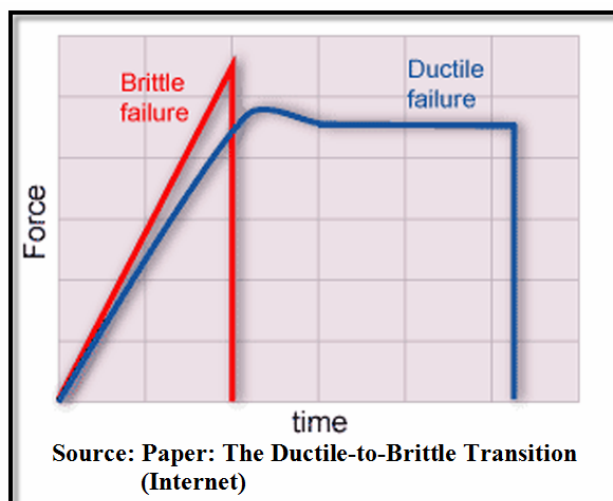
*- پاراگراف UG-84 (e) (Procedural Requirements): الزامات رویه ای

(2) **قطعات کوچک.** تولید کننده قطعات کوچک ریختگری یا آهنگری می تواند گزارش نتایج تست ضربه یک ست از نمونه هایی که بطور رندوم از تعدادی قطعه که تعداد آنها بیشتر از ۲۰ قطعه نمی باشند ارائه نماید و تاییدیه (Certify) آنها را بدست آورد مشروط بر اینکه تمام متریاال های تولید شده دارای همان مشخصات و شماره ذوب (Heat No.) متریاال و نیز همان فرآیند تولید از جمله عملیات حرارتی باشند. وقتی قطعه آنقدر کوچک باشد که آماده نمودن سه نمونه در حداقل اندازه های نشان داده شده در تصویر ۳۶۷-UG-84 امکان پذیر نباشد، انجام تست ضربه الزامی نمی باشد.

(3) **مخازن کوچک.** مطابق با U-1(j) در ساخت مخازن کوچک، یک ست از نمونه های تست ضربه متریاال می تواند تمام مخازنی (تا سقف ۱۰۰ مخزن) که دارای شماره ذوب (Heat No.) یکسان می باشند یا یک مجموعه (Bach) از عملیات حرارتی کوره ای را هر کدام که کمتر هستند تأیید نماید.

۹- شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) چیست ؟

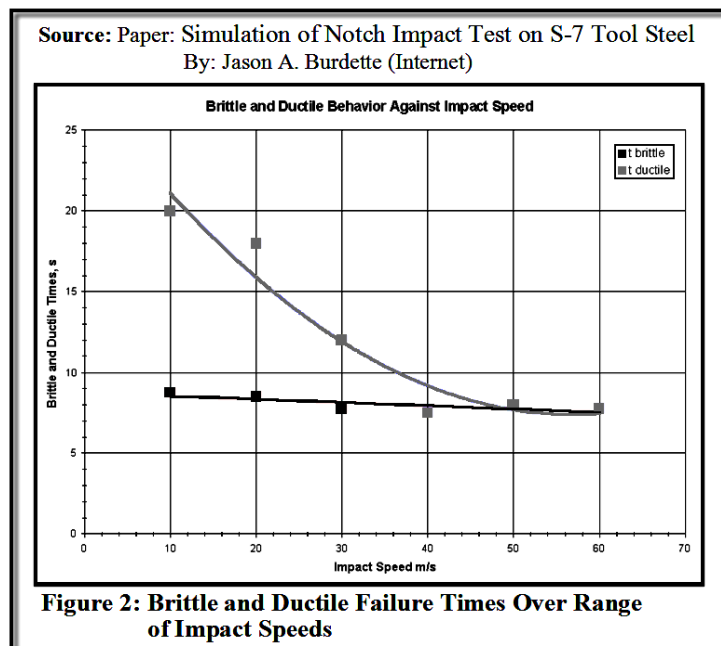
برای تفهیم بهتر شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) لطفاً به نمودار تصویر ۳۷۵ توجه فرمایید. همانطور که در نمودار مشخص می باشد شکست ترد ناگهانی است و تغییر شکل پلاستیک در فلز رخ نمیدهد. اما شکست نرم بعد از تغییر شکل پلاستیک در فلز رخ میدهد.



تصویر ۳۷۵: منحنی شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) در تست ضربه

برای اینکه در تست ضربه رفتار شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) در برابر سرعت ضربه بهتر مشخص شود به تصویر فوق که بصورت منحنی است توجه فرمایید. در این منحنی بوضوح رفتار متریاال با خصوصیات نرم و شکل پذیر (Ductile) و رفتار متریاال با خصوصیات ترد و شکننده (Brittle) در برابر سرعت ضربه بخوبی نشان داده شده است.

منحنی فوق "منحنی رفتار شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) در برابر سرعت ضربه" است .
"سرعت بحرانی ضربه": سرعتی است که در آن شکست فلز از شکست ترد (Brittle) به شکست نرم (Ductile) تغییر می یابد. توجه داشته باشید که در سرعتهای پایین ضربه ($t_{brittle}$) زمان شکست ترد کمتر از زمان شکست نرم ($t_{ductile}$) است بطوریکه شکست ترد (Brittle) قبل از شکست نرم (Ductile) رخ میدهد.
 در این مثال (تصویر ۳۷۶) تقاطع دو منحنی بطور روشن مشخص نشده است. بنابراین سرعت بحرانی ضربه نیز به وضوح مشخص نشده است. بنظر میرسد این سرعت در حدود (50 m/s) باشد اما پراکندگی اطلاعات (داده ها) و همچنین همسطح شدن هر دو منحنی در سرعتهای بالاتر ضربه ، نتیجه گیری (50 m/s) را بطور دقیق بدست نمی دهد.



تصویر ۳۷۶: منحنی رفتار شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) در برابر سرعت ضربه

نتیجه کلی:

نتیجه ای که از نمودار منحنی رفتار شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) در برابر سرعت ضربه بدست می آید این است که مواد نرم و شکل پذیر (Ductile) در سرعتهای بالای ضربه (تغییر شکل های سریع و ناگهانی) رفتاری مشابه ماده ترد (Brittle) از خود نشان می دهند یعنی شکست آنها ناگهانی است.

۱۰) معافیت‌های تست ضربه کدامند؟

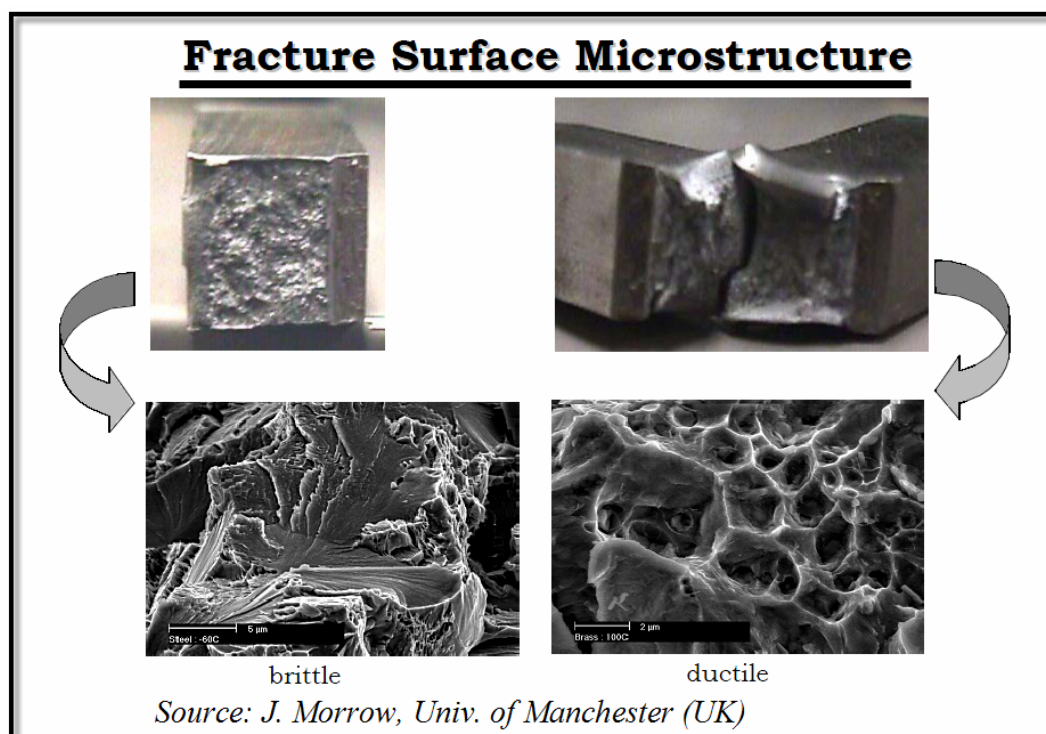
در برخی مواقع انجام تست ضربه الزامی نمی باشد.

مطابق پاراگرافهای UHA-51(d), (e), (f), or (g) برای فلز پایه (Base Metal) و منطقه HAZ و یا فلز جوش (Weld Metal) و همچنین برای مخازنی که بدنه آنها تحت نام Production نیاز به تست ضربه داشته باشند، همچنین وقتی مخزن در شرایط سرویس تحت تنش کم (Low Stress) باشد، معافیت‌هایی وجود دارد که در زیر توضیح داده شده است.

***- پاراگراف UHA-51 (IMPACT TESTS) : تستهای ضربه

*- پاراگراف UHA-51 (d) (Exemptions from Impact Testing for Base Metals and HAZs.) :

معافیت‌های تست ضربه برای فلز پایه و مناطق HAZ



تصویر ۳۷۷: سطح میکروسکوپی شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile)

برای متریهایی که در جدول UHA-23 قید شده است، تست ضربه برای فلز پایه (Base Metal) الزامی نمی باشد یا همچنین برای ترکیبی از فلز پایه و منطقه HAZ (البته چنانچه جوشکاری داشته باشند) و حداقل دمای طراحی (MDMT's) که به شرح زیر باشند، تست ضربه الزامی نمی باشد بجزء اصلاحاتی که در پاراگراف UHA-51(c) قید شده است.

(1) برای فولادهای زنگ نزن "آستینیتی کروم- نیکلی" مطابق زیر:

- (a) وقتی کربن آنها از 0.10% بیشتر نباشد تا حداقل دمای طراحی فلز (MDMT's) در دمای -320°F (-196°C) و گرمتر نیاز به تست ضربه ندارند.
- (b) چنانچه درصد کربن این متریها از 0.10% بیشتر باشد و حداقل دمای طراحی (MDMT's) آنها در دمای -55°F (-48°C) و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.
- (c) ریخته گری هایی (Castings) که حداقل دمای طراحی (MDMT's) آنها در دمای -20°F (-29°C) و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(2) برای فولادهای زنگ نزن آستینیتی "کروم - منگنز - نیکل" سری 200 مطابق زیر:

- (a) وقتی کربن آنها در حداقل دمای طراحی فلز (MDMT's) در دمای -320°F (-196°C) و گرمتر از 0.10% بیشتر نباشد نیاز به تست ضربه ندارند.
- (b) چنانچه درصد کربن این متریها از 0.10% بیشتر باشد و حداقل دمای طراحی (MDMT's) آنها در دمای -55°F (-48°C) و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.
- (c) ریخته گری هایی (Castings) که حداقل دمای طراحی (MDMT's) آنها در دمای -20°F (-29°C) و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(3) متریهایی مشروحه زیر در هر شکل ساخت که حداقل دمای طراحی (MDMT's) آنها -20°F (-29°C) و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

- (a) فولادهای فریتی - آستنیتی (Duplex) که ضخامت اسمی آنها 10 mm و کمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.
- (b) فولادهای زنگ نزن کُروم - فریتی که ضخامت اسمی آنها 3.2 mm و کمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.
- (c) فولادهای زنگ نزن کُروم - مارتنزیتی که ضخامت اسمی آنها 6 mm و کمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

مقدار کربن (Carbon content)، که در پاراگرافهای (1) و (2) در بالا استفاده شده است باید بوسیله‌ی خریدار مشخص شود البته نباید از مقدار مشخص شده در مشخصات فنی متريال بیشتر باشد.

*- پاراگراف (UHA-51(e) Exemptions from Impact Testing for Welding Procedure Qualifications):

معافیت از انجام تست ضربه برای ارزیابی کیفی دستورالعمل‌های جوشکاری: در PQR تست ضربه برای ترکیبی از فلز جوش (Weld Metal) و حداقل دمای طراحی (MDMT's) که در زیر قید شده اند الزامی نمی باشد به استثناء اصلاحیه ای که در پاراگراف (UHA-51(c)) ذکر شده است.

(1) برای فولادهای زنگ نزن آستنیتی کُروم - نیکلی که درصد کربن آنها بیشتر از 0.10% نباشد و بدون بکار بردن فیلر متال جوشکاری شده باشند در حداقل دمای طراحی -155°F (-104°C) و گرمتر نیاز به تست ضربه ندارند.

(2) برای فلز جوش (Weld Metal) آستنیتی که مطابق شرایط زیر باشد تست ضربه الزامی نمی باشد.

(a) مقدار درصد کربن آنها بیشتر از 0.10% نباشد و بوسیله فیلر متالهایی همچون SFA 5.4, SFA 5.9

SFA 5.22 SFA 5.14 SFA 5.11 جوشکاری شده باشند و حداقل دمای طراحی (MDMT's) آنها

-155°F (-104°C) و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(b) مقدار درصد کربن آنها بیشتر از 0.10% نباشد و بوسیله فیلر متالهایی همچون SFA 5.4, SFA 5.9

SFA 5.14 SFA 5.11 جوشکاری شده باشد و حداقل دمای طراحی آن -55°F (-48°C) و گرمتر باشد نیاز به تست

ضربه ندارند.

(3) وقتی که فلز پایه (Base Metal) با آنالیز شیمیایی فلز جوش یکسان باشد مطابق (UHA-51(d)(3)) از تست

ضربه معاف می گردد، فلز جوش (Weld Metal) حاصل شده از آن نیز به شرح زیر در (MDMT's) حداقل دمای طراحی -20°F (-29°C) و گرمتر از تست ضربه معاف می باشد.

(a) فولادهای آستنیتی - فریتی (Duplex)

(b) فولادهای زنگ نزن کُروم - فریتی

(c) فولادهای زنگ نزن کُروم - مارتنزیتی

مقدار کربن (Carbon content)، در پاراگراف (2) بالا برای فلز جوش تولید شده با افزودن فیلر متال است.

*- پاراگراف (UHA-51(f)) - تست ضربه برای متريال مصرف شونده (الکتروود، راد، فیلر) فولادهای زنگ نزن آستنیتی با

حداقل دمای طراحی (MDMT's) کمتر از (منظور سردتر از) -155°F (-104°C) الزامی است. برای تمامی جوشهای تولید شده در حداقل دمای طراحی (MDMT's) کمتر از -155°F (-104°C) تمام شرایط زیر باید رضایت بخش باشند:

(1) فرآیندهای عملیات جوشکاری باید محدود به SMAW, SAW, GTAW, GMAW & PAW باشد.

(2) وقتی که WPS های قابل کاربرد بوسیله PQR هایی تأیید می شوند که تست ضربه آنها مطابق با الزامات پاراگراف

(UHA-51(a)) انجام شده باشند یا وقتی PQR های قابل کاربرد بوسیله سایر شرایط این قسمت (Division) از تست ضربه معاف شده باشد.

(3) وقتی که مقدار کربن فلز جوش (خواه بوسیله افزودن فیلر متال و خواه بدون فیلر متال تولید شده باشد) بیشتر از

0.10% نباشد.

(4) - فلز جوش (Weld Metal) هایی که بوسیله فیلر متالهایی همچون SFA5.4 SFA5.9, SFA5.11, SFA5.22 و SFA5.14 تولید شده باشند مطابق با اصلاحات زیر:

(a) - اگر هر بسته تولیدی (Lot) الکتروود یا هر شماره ذوب (Heat) الکتروود یا فیلر مصرفی (Consumable) مورد استفاده در فرآیند های SMAW, GMAW قبل از شروع عملیات جوشکاری در حداقل دمای طراحی (MDMTs) یا پایین تر از آن مورد تست ضربه قرار گرفته باشند نیاز به تست ضربه (Production) ندارند. تست کوپنها (قطعات تست) باید مطابق با استاندارد ASME Sec II C- SFA5.4 Para.-A9.3.5 تهیه شوند. معیار پذیرش آنها باید مطابق با پاراگراف UHA-51(a) باشد.

(b) - هر شماره ذوب از فیلر متال و هر بسته (batch) از فلاکس که بوسیله فرآیند SAW مورد استفاده قرار میگیرد باید قبل از استفاده در Production در حداقل دمای طراحی (MDMTs) و یا سردتر از آن مورد تست ضربه قرار گیرد. نمونه های تست باید مطابق ASME Sec II C- SFA5.4 Para.-A9.3.5 تهیه شوند. معیار پذیرش آنها باید مطابق با پاراگراف UHA-51(a) باشد.

(c) - بکار بردن ترکیبی بیش از یک فرآیند یا بیش از یک شماره ذوب یا Lot یا بسته (batch) از متریال جوشکاری در یک تست کوپن (قطعه تست) مورد قبول نمی باشد. ممکن است مطابق با الزامات پاراگراف UHA-51(a) قبل از استفاده، تست بوسیله تولید کننده ی مواد مصرفی جوشکاری انجام شود مشروط بر اینکه گزارشهای معتبر تستهای کارخانه ای همراه مواد مصرفی جوشکاری موجود باشد.

(d) - فلزات پرکننده (فیلر متالهای) زیر ممکن است بدون انجام تست قبل از استفاده از هر شماره ذوب یا Lot یا بسته (batch) مورد استفاده قرار بگیرند مشروط بر اینکه در تست ضربه ی انجام شده مطابق با UG-84(h) و در حداقل دمای طراحی (MDMTs) و یا کمتر از آن، از همان نوع فلز پرکننده کارخانه سازنده استفاده شده باشد.

ENiCrFe-2 / ENiCrFe-3 / ENiCrMo-3 / ENiCrMo-4 /
ENiCrMo-6 / ERNiCr-3 / ERNiCrMo-3 / ERNiCrMo-4
SFA 5.4 E310-15 ~ 16

(e) - فلزات پرکننده (فیلر متالهای) زیر ممکن است بدون انجام تست قبل از استفاده از هر شماره ذوب یا بسته (batch) مورد استفاده قرار بگیرند مشروط بر اینکه در تست ضربه ی انجام شده مطابق با UG-84(h) و در حداقل دمای طراحی (MDMTs) و یا کمتر از آن انجام شوند. فیلر متالهای مذکور شامل ER308L, ER316L و فیلر ER310 هستند که با فرآیند های GTAW و یا PAW بکار رفته باشند.

***- پاراگراف UHA-51(g) - معافیت از تست ضربه بعلت تنش پایین (Low Stress) :

تست ضربه برای متریالهای موجود در جدول UHA-23 مورد نیاز نمی باشد مگر مطابق با پاراگراف UHA-51(c) ، در مخازن تحت فشار نسبت تنش طراحی در حالت کشش به تنش کششی مجاز کمتر از 0.35 باشد. این معافیت همچنین در مورد روشهای جوشکاری و جوشهای Production نیز اعمال میگردد.

***- پاراگراف UHA-51(h) - تستهای ضربه در مخازن (Production)

(1) - چنانچه آزمایش ضربه برای تایید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری (WPQ) ضروری باشد، این آزمایش (تست ضربه) بایستی مطابق الزامات UG-84(i) بر روی قطعه ای از مخازن در حال ساخت از متریال استنلس استیل دوفازی duplex ، استنلس استیل فритی و استنلس استیل مارتنزیتی انجام گیرد مگر اینکه بوسیله ی قوانین و شرایط این بخش معاف شده باشد.

(2) - مطابق با الزامات UG-84(i) انجام تست ضربه بر روی قطعه ای از مخازن در حال ساخت از متریال استنلس استیل آستنیتی ضروری می باشد مگر اینکه مطابق شرایط (a) - و (b) - که در زیر ذکر شده اند، معاف شده باشد.

(a-) مخازن ساخته شده (*Production*) که حداقل دمای طراحی فلز (MDMTs) آنها (-104°C) و گرمتر باشد از انجام تست ضربه معاف شده است بشرطی که الزامات مربوط به معافیت از تست ضربه برای تایید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری (WPQ) که در پاراگراف (e) ذکر شده است، رعایت گردند.

(b-) مخازن ساخته شده (*Production*) که حداقل دمای طراحی فلز (MDMTs) آنها (-104°C) و سردتر باشد بشرط اینکه سردتر از (-196°C) نباشد از انجام تست ضربه معاف شده است بشرطی که الزامات ذکر شده در پاراگراف (f) بدقت رعایت شده باشد.

(c-) در حداقل دمای طراحی فلز (MDMTs) سردتر از (-196°C) ، تست ضربه برای مخازن ساخته شده یا تست های شکست بر اساس استاندارد ASTM E1820 J_{IC} بایستی مطابق الزامات (3)(a) انجام شوند.

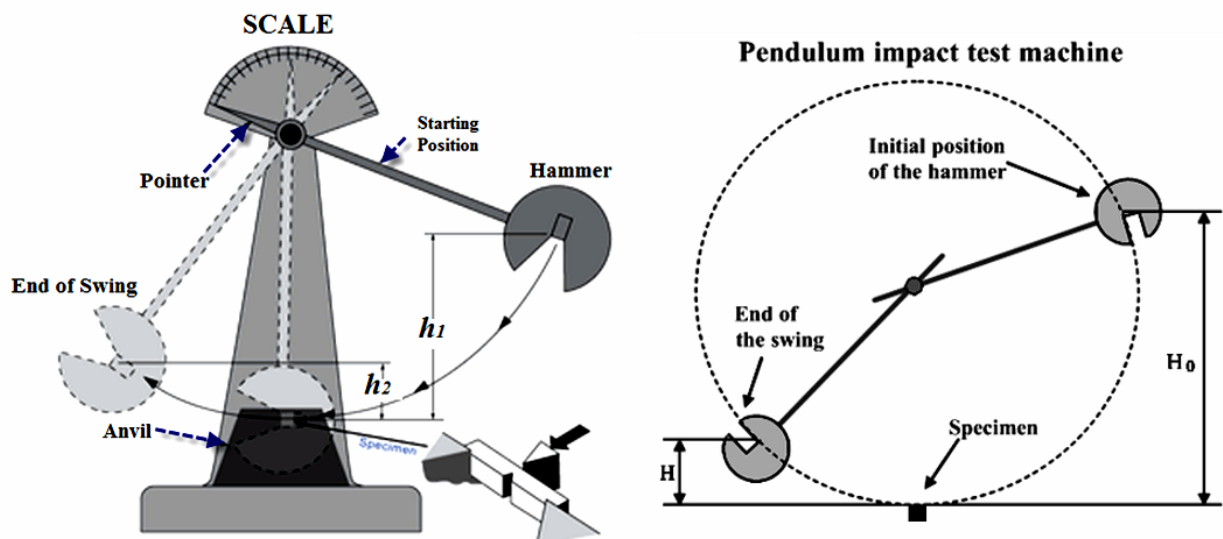
***- پاراگراف UHA-51(i) - تست ضربه اتصالات جوشکاری شده فولادهای زنگ نزن آستنیتی بدون استفاده از فیلر متال (*Autogenous Welds*): برای جوشهای انجام شده در مخازن فولادی زنگ نزن آستنیتی، وقتی که شرایط ذیل فراهم باشد تست ضربه نیاز نمی باشد:

(1)- متریال بعد از جوشکاری آنیل انحلالی شده باشد.

(2)- MDMT کمتر از (-196°C) (-320°F) نباشد.

نحوه‌ی انجام تست ضربه:

تصویر ۳۷۸ به صورت خیلی ساده نحوه‌ی انجام تست ضربه را نشان می دهد. دستگاه تست ضربه با ضربه چکش به قطعه باعث شکست آن می شود. قطعه در مقابل شکست از خود مقاومت نشان می دهد و باعث جذب انرژی می شود هر چه مقدار انعطاف پذیری و چقرمگی قطعه بیشتر باشد مقدار انرژی جذب شده بیشتر خواهد بود و از طریق محاسبه و گیج (Guage) مدرج نصب شده در بالای دستگاه می توان مقدار انرژی جذب شده در متریالهای مختلف را بدست آورد.



تصویر ۳۷۸: شماتیکی از نحوه‌ی کار ماشین تست ضربه

■ - بررسی نتایج تست ضربه

قطعه در اثر برخورد ضربه مقداری انرژی جذب میکند. حال مقدار انرژی جذب شده چقدر است؟ برای محاسبه مقدار انرژی باید به کجا رجوع کرد؟ مرجع تشخیص قبولی یا مردودی نتیجه تست ضربه در مخازن تحت فشار چیست؟ بررسی و قضاوت نتیجه‌ی تست ضربه را می توان بوسیله محاسبه انجام داد و نتیجه آن را با جدول UG-84.1M تطبیق داد.

روش محاسبه: با دانستن اندازه ارتفاع اولیه و ارتفاع ثانویه، از طریق فرمول ($a = A/S$) می توان مقدار انرژی جذب شده را محاسبه کرد. در این فرمول داریم:

$$A = (M \times g \times H_0) - (M \times g \times H)$$

M = جرم چکش

H_0 = ارتفاع اولیه (قبل از اصابت)

H = ارتفاع ثانویه (بعد از برخورد ضربه به قطعه)

g = نیروی جاذبه زمین است که در واقع برابر با 9.81 m/s^2 است

S = مساحت مقطع سطح تا شیار

The **impact toughness** of the specimen is calculated by the formula:

$$a = A / S$$

Where

a = impact toughness,

A – The work, required for breaking the specimen ($A = M \cdot g \cdot H_0 - M \cdot g \cdot H$),

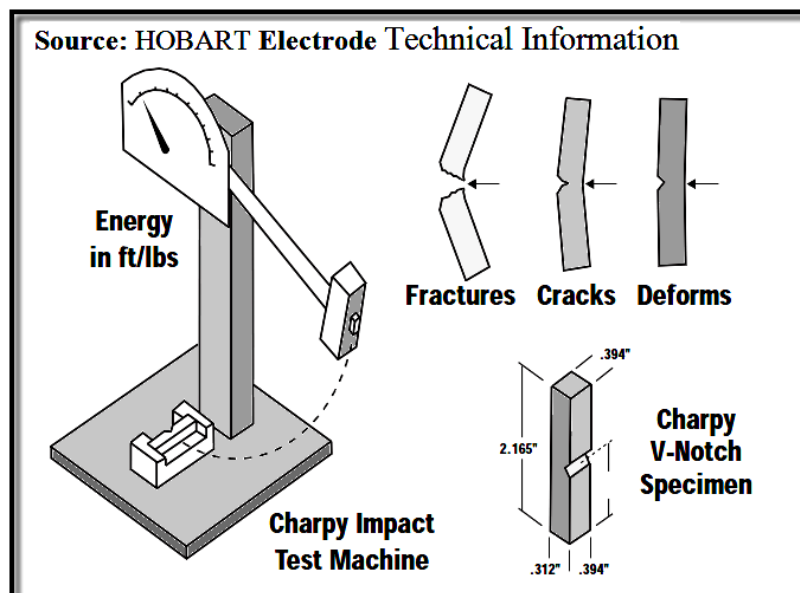
M - The pendulum mass,

S - Cross-section area of the specimen at the notch.

The hammer striking energy in the Charpy test is 220 ft*lb (300 J).

البته باید توجه کرد که نحوه محاسبه در حافظه دستگاه وجود دارد و دستگاه نتیجه تست را به صورت یک عدد نشان میدهد.

برای انجام تست ضربه ابتدا ۹ نمونه (Specimen) از مناطق Weld Metal, HAZ, Base Metal آماده میکنند (از هر منطقه سه نمونه) و در دما و زمان مشخص تخت آزمایش قرار می دهند. سپس آزمایش را مطابق تصویر زیر انجام می دهند.



تصویر ۳۷۹: نحوه انجام تست ضربه

پس از انجام تست ضربه نتیجه بایستی تفسیر شود که آیا نتیجه تست قابل قبول است یا خیر؟

تست ضربه بر اساس استاندارد ASTM A370 انجام می شود و نحوه ی تفسیر نتیجه نیز در این استاندارد در پاراگراف ۲۷ قید شده است. اصل متن پاراگراف ۲۷ در تصویر ۳۸۰ نشان داده شده است.

■ - تفسیر نتایج تست (ضربه) در ASTM A370 Para.27

27. Interpretation of Test Result



27.1 When the acceptance criterion of any impact test is specified to be a minimum average value at a given temperature, the test result shall be the average (arithmetic mean rounded to the nearest ft-lbf (J)) of the individual test values of three specimens from one test location.

27.1.1 When a minimum average test result is specified:

27.1.1.1 The test result is acceptable when all of the below are met:

(1) The test result equals or exceeds the specified minimum average (given in the specification),

(2) The individual test value for not more than one specimen measures less than the specified minimum average, and

(3) The individual test value for any specimen measures not less than two-thirds of the specified minimum average.

27.1.1.2 If the acceptance requirements of 27.1.1.1 are not met, perform one retest of three additional specimens from the same test location. Each individual test value of the retested specimens shall be equal to or greater than the specified minimum average value.

تصویر ۳۸۰: تفسیر استاندارد در مورد نتیجه تست ضربه ASTM A370-2019- Para.27

*- پاراگراف 27.1 - وقتیکه معیار پذیرش هر تست ضربه ای، عددی به عنوان حداقل میانگین تست در درجه حرارت معینی مشخص شده است "میانگین" مجموع انرژی جذب شده بوسیله سه قطعه (Specimens) از هر ست باید به عنوان نتیجه تست قلمداد گردد.

*- پاراگراف 27.1.1 - وقتیکه حداقل میانگین نتیجه تست تعیین گردیده باشد.

*- پاراگراف 27.1.1.1 - چنانچه تمام شرایط زیر رعایت شود نتیجه تست مورد قبول است:

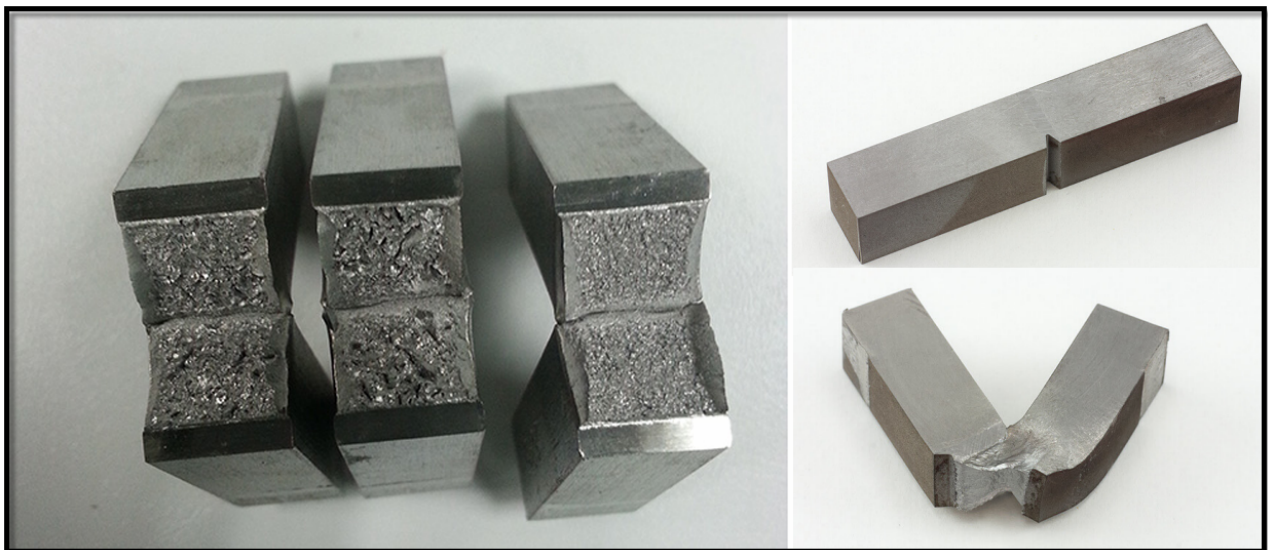
(1) - نتیجه تست برابر یا بزرگتر از میانگین حداقل مشخص شده باشد.

(2) - چنانچه میزان انرژی جذب شده بوسیله یکی از نمونه ها کمتر از میانگین حداقل مشخص شده در مشخصات فنی باشد.

(3) - مقدار انرژی جذب شده برای هر نمونه کمتر از دو سوم مقدار میانگین حداقل مشخص شده نباشد.

*- پاراگراف 27.1.1.2 - اگر الزامات پذیرش مشروح در پاراگراف 27.1.1.1 رعایت نشده باشد باید از همان محل و

موقعیت قطعه سه نمونه دیگر تهیه و تحت تست ضربه قرار داد. در تست مجدد (Retest) مقدار انرژی جذب شده برای هر نمونه باید برابر یا بزرگتر از میانگین حداقل مشخص شده در مشخصات فنی باشد.



تصویر ۳۸۱: یک نمونه از قطعه قبل از شکسته شدن بر اثر تست ضربه



تصویر ۳۸۲: نمونه ایی از دستگاه تست ضربه

■ - مقدار انرژی جذب شده لازم چقدر است؟

در جدول ۹ از استاندارد A370-2017 مقدار ژول Full Size و Sub-Size ارائه شده است. برای بدست آوردن مقدار ژول برای Sub-Size لازم است ابعاد Sub-Size را بر ابعاد Full Size (عدد ۱۰) تقسیم و سپس عدد حاصل را در مقدار ژول مشخص شده برای Full Size ضرب کنید.

مثلاً اگر Sub-Size دارای اندازه‌ی 5mm باشد، عدد ۵ تقسیم بر عدد ۱۰ و سپس در مقدار ژول مشخص شده برای Full Size ضرب شود تا مقدار ژول Sub-Size مشخص شود:

$$5/10 = 0.5 \rightarrow (0.5 \times 54J) = 27J$$

TABLE 9 Charpy V-Notch Test Acceptance Criteria for Various Sub-Size Specimens

Full Size, 10 by 10 mm		¾ Size, 10 by 7.5 mm		¾ Size, 10 by 6.7 mm		½ Size, 10 by 5 mm		½ Size, 10 by 3.3 mm		¼ Size, 10 by 2.5 mm	
ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]
40 ^A	[54]	30	[41]	27	[37]	20	[27]	13	[18]	10	[14]
35	[48]	26	[35]	23	[31]	18	[24]	12	[16]	9	[12]
30	[41]	22	[30]	20	[27]	15	[20]	10	[14]	8	[11]
25	[34]	19	[26]	17	[23]	12	[16]	8	[11]	6	[8]
20	[27]	15	[20]	13	[18]	10	[14]	7	[10]	5	[7]
16	[22]	12	[16]	11	[15]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
15	[20]	11	[15]	10	[14]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
13	[18]	10	[14]	9	[12]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
12	[16]	9	[12]	8	[11]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
10	[14]	8	[11]	7	[10]	5	[7]	3	[4]	2	[3]
7	[10]	5	[7]	5	[7]	4	[5]	2	[3]	2	[3]

^A The original data used to develop the Table in ASTM A370 is not available. However, investigation and testing reported in the referenced documents has generally supported the Table. The table is limited to 40 ft-lbf because the relationship between specimen size and test results has been reported to be non-linear for higher values.

در استاندارد ASTM A370-2019-Para.27 ملاک و معیار پذیرش تست ضربه حداقل میانگین عددی است که مشخص شده باشد. منظور از مشخص شدن میانگین یعنی عددی که در مشخصات فنی (Specification) هر پروژه تعیین شده باشد، در چنین شرایطی نتایج بدست آمده از تست ضربه با حداقل میانگین سه قطعه و حداقل انرژی برای یک قطعه‌ی تعیین شده مقایسه می شود و چنانچه مغایرتی وجود داشته باشد بایستی با توجه به مشخصات فنی پروژه، قضاوت شود.

***- برای نمونه نتایج قابل قبول تست ضربه با توجه به متریال بکار برده شده در مقایسه با مشخصات فنی شرکت با سابقه TOTAL فرانسه بررسی می کنیم.



Exploration & Production

General Specification

Date: 10/2006

GS EP PLR 421

Rev: 05

Appendix 6

Appendix 6 Charpy V-notch impact test

Absorbed Energy Requirements ($WT \leq 25 \text{ mm}$)

ASTM E 23 - Full size specimens 10 x 10 mm

Steel Grade	Minimum Average (Joules)	Minimum Single (Joules)
X 42	30	24
X 46	32	26
X 52	36	30
X 56	39	32
X 60	42	35
X 65	45	38

Note: Multiplying Factors for sub-size specimens:

10 x 10 mm	1
10 x 7.5 mm	5/6
10 x 6.7 mm	7/9
10 x 5 mm	5/7

تصویر ۳۸۳: مقدار انرژی جذب شده لازم مطابق مشخصات فنی شرکت TOTAL

مقدار انرژی جذب شده قابل قبول برای نمونه‌ی تکی (Single) و میانگین قطعات (Average) بر اساس متریک مصرف شده مطابق جدول فوق است. بطور مثال اگر در PQR-(Procedure Qualification Record) از متریک لوله‌های با مشخصه‌ی API 5L X60 استفاده شده باشد در Full-Size برای نمونه‌ی تکی (Single) مقدار 35 ژول و برای (Average) میانگین قطعات مقدار 42 ژول می‌بایست انرژی جذب کرده باشد و چنانچه Sub-Size باشد بنا به اندازه‌ی قطعه، مثلاً اگر اندازه قطعه 10×6.7 باشد مقدار انرژی لازم برای شرایط Sub-Size در ضریب $7/9$ ضرب می‌شود بطور مثال برای همین متریک فوق الذکر (Single = $35 \times 7/9$) مقدار 27 ژول و برای (Average = $42 \times 7/9$) مقدار 33 ژول لازم است تا مورد قبول واقع شود در غیر اینصورت مردود اعلام می‌گردد.

برای ورقها (Plates)، مقدار انرژی لازم می بایستی بر اساس استاندارد ASME Section II-Part-A-SA-20 باشد. ورقها در این استاندارد در جدول A1.15 به ۶ کلاس دسته بندی شده اند که مشخصات آنها به شرح زیر می باشند:

TABLE A1.15 Generally Available Grade-Thickness-Minimum Test Temperature Combinations Meeting Charpy V-Notch Requirements Indicated (Normalized or Quenched and Tempered Condition)

NOTE 1—The minimum temperatures listed are for longitudinal tests. For transverse tests, the available minimum temperature may be somewhat higher.

Acceptance Criteria Charpy V-Notch			Test Temperature, °F for Plate Thicknesses (Unless Otherwise Agreed Upon)				
Energy Absorption			Specification and Grade ^A	1 in. and Under	Over 1 in. to 2 in., incl.	Over 2 in. to 3 in., incl.	Over 3 in. to 5 in., incl.
Class ^B	Minimum Average For 3 Specimens ^C ft-lbf	Minimum For 1 Specimen ^C ft-lbf					
I	10	7	A285 Grade A	+40	+60	...	...
			A285 Grade B	+50	+70	...	...
			A285 Grade C	+60	+80	...	...
II	13	10	A455	+25	...	...	...
III	13	10	A203 Grade A	-90	-90	-75	...
			A203 Grade D	-150	-150	-125	...
			A442 Grade 55 (1½ in. max thickness)	...	-20	...	...
			A442 Grade 60 (1½ in. max thickness)	...	-15	...	...
			A516 Grade 55	-60	-60	-50	-50
			A516 Grade 60	-60	-50	-50	-50
			A516 Grade 65	-60	-50	-40	-25
			A537 Class 1	...	...	-75	-50
			(Over 2½ -4 in.)				
			A662 Grade A	-75	-75	...	...
			A662 Grade B	-60	-60	...	...
			A203 Grade B	-90	-90	-75	...
			A203 Grade E	-150	-150	-125	...
			A203 Grade F (4 in. max)	...	...	-160	-160
			A299	+20	+30	+30	+40
			A516 Grade 70	-50	-40	-30	-20
A537 Class 1 (2½ in. max)	-80	-75	-75	...			
A537 Class 2 (Over 2½ -4 in.)	...	...	-75	-50			
IV	15	12	A662 Grade C	-50	-50	...	...
			A203 Grade F	-160	-160	...	...
			A537 Class 2 (2½ in. max)	-90	-90	-90	...
			A612	-50	...	...	...
			A724 Grade A	-50	...	...	...
Lateral Expansion Mils. Minimum Each Specimen Transverse Test							
VI		15	A353	-320	-320	...	...
			A553 Type I	-320	-320	...	...
			A553 Type II	-275	-275	...	...
			A645	-275	-275	...	...
			A517 all (2½ in. max thickness)	A	A	...	...
			A724 Grade B	-50	...	...	...

^A Testing temperature as specified in the purchase order, but no higher than 32°F.

^B Class I is *Other Than Killed* with a specified minimum tensile strength of 65 ksi or lower.

Class II is *Other Than Killed* with a specified minimum tensile strength of over 65 ksi to 75 ksi.

Class III is *Killed* with a specified minimum tensile strength of 65 ksi or lower.

Class IV is *Killed* with a specified minimum tensile strength of over 65 ksi to 75 ksi.

Class V is *Killed* with a specified minimum tensile strength of over 75 ksi to but not including 95 ksi.

Class VI is *Killed* with a specified minimum tensile strength of 95 ksi or over.

^C Full size (10 by 10 mm) specimens.

تصویر ۳۸۴: حداقل میانگین انرژی جذب شده در ASME Section II-Part-A-SA-20-2019

زیرنویس های جدول Table A1.15

^A دمای تست مطابق درخواست مشخص شده ی خریدار باشد اما بیشتر از ۳۲ درجه فارینهایت نباشد.

^B (Class I): این کلاس شامل فولادهایی هستند که حداقل استحکام کششی آنها برابر با 65 Ksi یا کمتر می باشد و جزء فولادهایی که اکسیژن زدایی شده (Killed) نمی باشند.

(Class II): این کلاس شامل فولادهایی هستند که حداقل استحکام کششی آنها بیشتر از 65 Ksi و کمتر از 75 Ksi می باشند و جزء فولادهایی که اکسیژن زدایی شده اند (Killed) نمی باشند.

(Class III): این کلاس شامل فولادهایی هستند که اکسیژن زدایی شده اند (Killed) و حداقل استحکام کششی آنها برابر با 65 Ksi یا کمتر می باشد.

(Class IV): این کلاس شامل فولادهایی هستند که اکسیژن زدایی شده اند (Killed) و حداقل استحکام کششی آنها بیشتر از 65 Ksi و کمتر از 75 Ksi می باشد.

(Class V): این کلاس شامل فولادهایی هستند که اکسیژن زدایی شده اند (Killed) و حداقل استحکام کششی آنها بیشتر از 75 Ksi و کمتر از 95 Ksi می باشد.

(Class VI): این کلاس شامل فولادهایی هستند که اکسیژن زدایی شده اند (Killed) و حداقل استحکام کششی آنها برابر یا بیشتر از 95 Ksi می باشد.

^C نمونه ها با اندازه کامل 10 mm × 10 mm (Full size) تست شوند.

مقدار انرژی جذب شده که در جدول A1.15 از استاندارد ASME Section II-Part-A-SA-20 برای متریال های مختلف ذکر شده است مربوط به اندازه نمونه های استاندارد 10 mm × 10 mm (Full size) است.

توجه:

برخی مواقع ممکن است در تست ضربه امکان استفاده از نمونه ها با ابعاد استاندارد نباشد، مانند زمانی که ضخامت قطعه کار از ۱۰ میلیمتر کوچک تر است یا زمانی که نمونه تست بیش از ۸۰ در صد انرژی دستگاه تست ضربه را جذب میکند در چنین شرایطی بایستی از نمونه های زیر سایز استاندارد (Subsize) استفاده شود.

در جدول A1.16 برای ابعاد نمونه های مختلف مقدار انرژی جذب شده نشان داده شده است و روش محاسبه آن به این صورت است که: "برای نمونه ها با اندازه های زیر سایز استاندارد بایستی مقدار انرژی جذب شده بوسیله اندازه استاندارد را ضربدر حاصل تقسیم Subsize در Full size کنیم"

حال سوال اینجاست، برای اندازه های زیر سایز استاندارد (Subsize) مقدار انرژی جذب شده چقدر است. ؟ برای جواب به این سوال بایست به جدول A1.16 از استاندارد ASME Section II-Part-A-SA-20 مراجعه کرد.

Full Size, 10 by 10 mm		¾ Size, 10 by 7.5 mm		¾ Size, 10 by 6.7 mm		½ Size, 10 by 5 mm		½ Size, 10 by 3.3 mm		¼ Size, 10 by 2.5 mm	
ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]
40	[54]	30	[41]	27	[37]	20	[27]	13	[18]	10	[14]
35	[48]	26	[35]	23	[31]	18	[24]	12	[16]	9	[12]
30	[41]	22	[30]	20	[27]	15	[20]	10	[14]	8	[11]
25	[34]	19	[26]	17	[23]	12	[16]	8	[11]	6	[8]
20	[27]	15	[20]	13	[18]	10	[14]	7	[10]	5	[7]
16	[22]	12	[16]	11	[15]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
15	[20]	11	[15]	10	[14]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
13	[18]	10	[14]	9	[12]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
12	[16]	9	[12]	8	[11]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
10	[14]	8	[11]	7	[10]	5	[7]	3	[4]	2	[3]
7	[10]	5	[7]	5	[7]	4	[5]	2	[3]	2	[3]

^A Interpolation shall be made for specimens with widths intermediate of those listed. Interpolated values shall be rounded to the nearest whole number as prescribed in Practice E29.

تصویر ۳۸۵: معیار قابل قبول تست ضربه در ابعاد زیر سایز استاندارد (Subsize) در Sec. II-A-A20-2019

مثلاً برای (Full size) مقدار 54 ژول انرژی نیاز است برای (Subsize=3.3 mm) چقدر انرژی نیاز است؟
 $3.3 \text{ mm} / 10 \text{ mm} \rightarrow 0.33 \times 54 \text{ J} \rightarrow 17.8 \sim 18 \text{ J}$

^A برای قطعات دارای عرضی میانه (نسبت به ابعاد موجود در جدول) می بایست درون یابی انجام شود. مقدار انرژی بدست آمده از طریق درون یابی باید مطابق استاندارد اجرایی ASTM E29 حتی المقدور بصورت یک عدد صحیح نوشته شود.

چنانچه برای تست ضربه از قطعه Subsize استفاده شود باید مطابق جدول UG-84.2 عمل نمود.

Table UG-84.2 Charpy Impact Test Temperature Reduction Below Minimum Design Metal Temperature	
Actual Material Thickness [See UG-84(c)(5)(-b)] or Charpy Impact Specimen Width Along the Notch [Note (1)]	
Thickness, in. (mm)	Temperature Reduction, °F (°C)
0.394 (full-size standard bar) (10)	0 (0)
0.354 (9)	0 (0)
0.315 (8.00)	0 (0)
0.295 ($\frac{3}{4}$ size bar) (7.5)	5 (3)
0.276 (7)	8 (4)
0.262 ($\frac{2}{3}$ size bar) (6.7)	10 (6)
0.236 (6) ←	→ 15 (8)
0.197 ($\frac{1}{2}$ size bar) (5.00)	20 (11)
0.158 (4)	30 (17)
0.131 ($\frac{1}{3}$ size bar) (3.3)	35 (19)
0.118 (3.00) ←	→ 40 (22)
0.099 ($\frac{1}{4}$ size bar) (2.5)	50 (28)
GENERAL NOTE: For Table UCS-23 materials having a specified minimum tensile strength of less than 95,000 psi (655 MPa) when the subsize charpy impact width is less than 80% of the material thickness.	
NOTE: (1) Straight line interpolation for intermediate values is permitted.	

تصویر ۳۸۶: جدول UG-84.2 کاهش ضخامت همراه با کاهش دما است مطابق ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

***- جدول UG-84.2 چه می گوید؟

*- پاراگراف UG-84 (c) (5)(-b) - متریال با ضخامت کمتر از 10mm:

وقتی بزرگترین اندازه قابل تهیه برای نمونه های تست ضربه در امتداد شیار دارای عرضی معادل 80% درصد ضخامت اسمی متریال باشد بایستی تست ضربه چنین نمونه ای در دمایی که از حداقل دمای طراحی فلز بیشتر نباشد انجام شود و وقتی بزرگترین نمونه ی قابل تهیه تست در امتداد شیار دارای عرضی معادل کمتر از 80% درصد ضخامت اسمی متریال باشد، برای متریال مندرج در جدول UCS-23 که حداقل استحکام کششی آنها کمتر از 95000Psi (655 MPa) باشد تست ضربه باید در دمایی کمتر از حداقل دمای طراحی فلز انجام شود.

مقدار کاهش دما می بایست بر اساس جدول کاهش دما UG-84.2 باشد. برای تفهیم بیشتر این موضوع به مثالهای زیر

دقت شود:

مثال-۱: ضخامت یک PQR یا ضخامت یک Plate برابر با 10 mm است. با توجه به مطالب گفته شده در صفحات قبل، چون قطعه ی مخصوص تست ضربه می بایست از 1.5 mm زیر سطح قطعه تهیه شود. قطعه ی مورد مثال ما ممکن است پس از ماشین کاری ضخامتش از 10 mm به 6 mm کاهش پیدا کند. چون قطعه ی آماده شده کمتر از 80% قطعه ی اصلی را دارا می باشد بنابراین به این قطعه (Subsize) گفته می شود. در چنین شرایطی اگر فرض شود که تست ضربه قرار بود در دمای (-45 °C) انجام شود مطابق جدول UG-84.2 می بایستی دما کاهش یابد، حال برای بدست آوردن مقدار کاهش دما باید به جدول رجوع شود.

با رجوع به جدول UG-84.2 مشخص می شود چنانچه ضخامت به 6 mm برسد می بایست 8 درجه سانتیگراد کاهش دما اعمال گردد یعنی تست ضربه به جای (45 °C-) می بایست در دمای (53 °C- = 8 - 45) انجام شود.

مثال-۲: اگر ضخامت یک PQR یا ضخامت یک Plate کمتر از 10 mm باشد، مثلاً ضخامت 6 mm داشته باشد و تست ضربه می بایست در دمای (35 °C-) انجام شود. چنانچه بعد از ماشینکاری ضخامت قطعه 3 mm شود.

***- حال تست ضربه باید در چه دمایی انجام شود؟

برای پاسخ می بایست اول به پاراگراف [UG-84 (c) (5) (-b)] و سپس به جدول UG-84.2 مراجعه شود. اما ماحصل این بررسی به این صورت است که اگر در جدول ضخامت 3 mm ملاحظه شود مقدار دمای کاهش در این ضخامت برابر است با (22°C) اما باید دقت شود که قطعه‌ی اصلی 10 mm نمی باشد و دارای ضخامت 6 mm است. پس می بایست عدد روبروی ضخامت 6 mm را از عدد روبروی 3 mm اول کم کنیم سپس عدد بدست آمده را بصورت عدد منفی (کاهش دهنده Reduction) با دمای تست ضربه جمع کنیم بصورت زیر:

$$(22 - 8 = 14) \rightarrow (-35 - 14 = -49) \rightarrow \text{IMPACT Test Temperature} = -49^\circ\text{C}$$

بنابراین اینطور نتیجه گیری می شود که وقتی ضخامت قطعه کار از 80% ضخامت Full Size یا 10 mm کوچک تر است یا زمانی که نمونه تست بیش از 80% انرژی دستگاه تست ضربه را جذب میکند در چنین شرایطی بایستی از نمونه های زیر سایز استاندارد (Subsize) استفاده شود و وقتی از (Subsize) استفاده می شود با توجه به ضخامت قطعه می بایست دمای تست را مطابق جدول UG-84.2 کاهش داد و در نهایت با توجه به ابعاد ضخامت قطعه (Subsize) و با استفاده از فرمول محاسبه، مقدار ژول مورد نیاز مشخص شود که فرمول محاسبه به شرح زیر است:

$$\left(\frac{\text{Sub-size ابعاد}}{\text{Full-size ابعاد}} \right) \times (\text{مقدار انرژی مورد نیاز برای Full-size}) \rightarrow (\text{Sub-size مورد نیاز برای})$$

***- مثالی برای نحوه محاسبه‌ی مقدار ژول مورد نیاز برای (Subsize)

در مثال فوق اگر متریال مورد تست SA-516 Gr. 70 باشد. مطابق Figure UG-84.1M با توجه به اینکه مقدار استحکام تسلیم متریال SA-516 Gr. 70 برابر 260 MPa می باشد و ضخامت قطعه 6 mm است پس مقدار ژول لازم برای میانگین سه قطعه 20 ژول است که با توجه به فرمول فوق داریم :

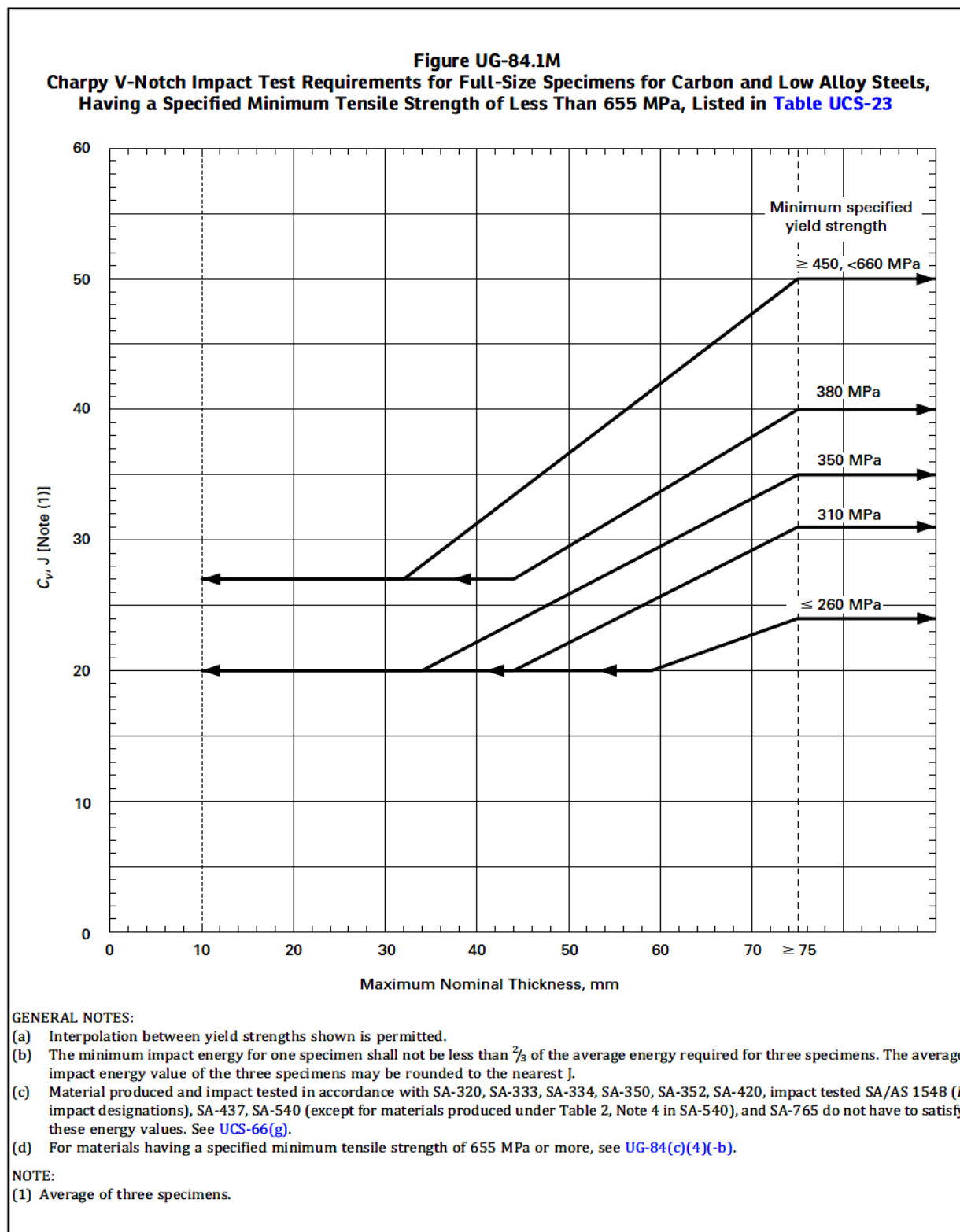
TABLE 2
SA-516/SA-516M TENSILE REQUIREMENTS

	Grade			
	55 [380]	60 [415]	65 [450]	70 [485]
Tensile strength, ksi [MPa]	55-75 [380-515]	60-80 [415-550]	65-85 [450-585]	70-90 [485-620]
Yield strength, min, ksi [MPa] ^(A)	30 [205]	32 [220]	35 [240]	38 [260]
Elongation In 8 In. [200 mm], min, % (B)	23	21	19	17
Elongation In 2 In. [50 mm], min, % (B)	27	25	23	21

$$\rightarrow \frac{6 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} \times 20 \text{ J} \rightarrow 12 \text{ J}$$

برای میانگین قطعات تست ضربه (Subsize) مقدار 12 ژول انرژی می بایست جذب کند.

■ - بررسی نتایج تست ضربه مطابق با ASME Sec.VIII-Div. 1-2019- Figure UG-84.1M



تصویر ۳۸۷: الزامات نتیجه تست ضربه در ASME Sec.VIII-Div. 1-2019-Figure UG-84.1M

یادداشتهای کلی (مربوط به Figure UG-84.1M)

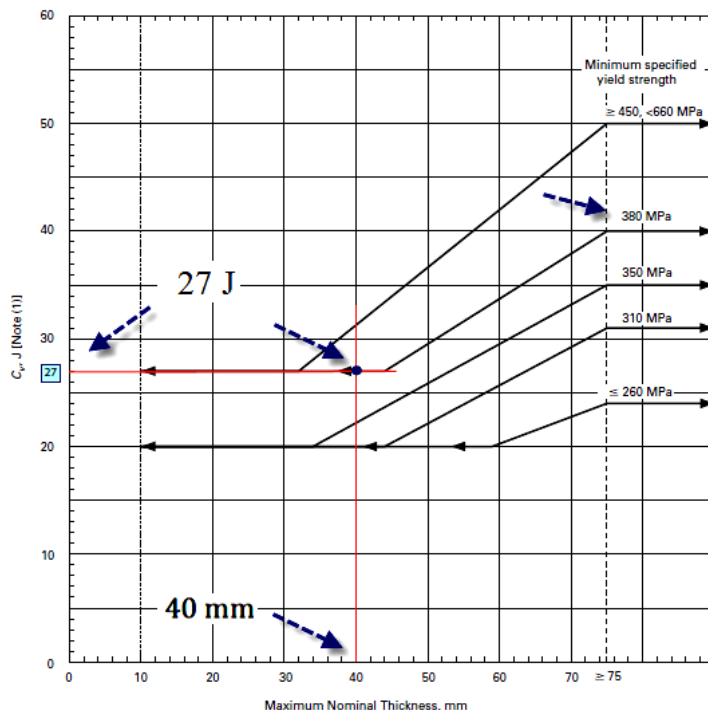
(a) - درون یابی مابین استحکام های تسلیم نشان داده شده در شکل مذکور مجاز است.

- (b) - حداقل انرژی تست ضربه برای یک قطعه نباید کمتر از $\frac{2}{3}$ میانگین انرژی ضربه برای سه نمونه (قطعه) باشد. میزان میانگین انرژی ضربه برای سه قطعه آزمایش ممکن است به سمت نزدیکترین عدد انرژی گرد شود.
- (c) - متریال تولید شده و مطابق با SA-320, SA-333, SA-334, SA-350, SA-352, SA-420 تست ضربه شده است. متریال مطابق با SA/AS 1548 (L نشانه‌ی تست ضربه است) متریال های SA-437, SA-540 (بجز متریال های ساخته شده در جدول 2 یادداشت 4 در SA-540 قرار دارند) و متریال SA-765 که میزان انرژی مناسب را ندارد. به پاراگراف UCS-66(g) نگاه کنید.
- (d) - برای متریال هایی که دارای حداقل استحکام کششی 655 MPa و یا بیشتر باشد. پاراگراف UG-84(c)(4)(b) ببینید.

یادداشت (1): میانگین انرژی ضربه سه قطعه ۳ است.

*** وقتی به Figure UG-84.1M دقت شود واضح است پارامترهایی همچون پارامتر ضخامت و حداقل استحکام تسلیم متریال در مقدار ژول لازم، تأثیر گذار می باشند اما باید در نظر داشت تست ضربه در حداقل دمایی که مشخص شده انجام شود و نتیجه تست بدست آمده در واقع تست در دمای پایین تر را ساپورت نمی کند. هر چند که ممکن است دمای تست در نتیجه تست تأثیری نداشته باشد. به مثالهای زیر دقت فرمایید.

TABLE 2 Tensile Requirements					
	Grades A and D		Grades B and E		SA-203/SA-203M Grade F
	ksi	[MPa]	ksi	[MPa]	ksi [MPa]
Tensile strength					
2 in. [50 mm] and under	65-85	[450-585]	70-90	[485-620]	80-100 [550-690]
Over 2 in. [50 mm]	65-85	[450-585]	70-90	[485-620]	75-95 [515-655]
Yield strength, min					
2 in. [50 mm] and under	37	[255]	40	[275]	55 [380]
Over 2 in. [50 mm]	37	[255]	40	[275]	50 [345]



مثال ۱:

متریال: SA-203 Gr. F
ضخامت: 40 mm

حداقل استحکام تسلیم: 380 MPa
دمای تست: -30°C
مقدار انرژی لازم برای میانگین سه قطعه: 27 J

مثال ۲:

متریال: SA-203 Gr. F
ضخامت: 40 mm

حداقل استحکام تسلیم: 380 MPa
دمای تست: -50°C
مقدار انرژی لازم برای میانگین سه قطعه: 27 J

تصویر ۳۸۸: مقایسه نتیجه تست در دو دمای متفاوت

توجه: با بررسی دو مثال فوق می توان نتیجه گرفت که: نتیجه‌ی تست ضربه برای یک متریال با یک ضخامت اما در دو دمای تست مختلف (یکی در دمای 30°C و دیگری در دمای 50°C) نشان می دهد که در دو دمای متفاوت، مقدار ژول قابل قبول برای نتیجه‌ی تست میانگین سه قطعه 27 ژول می باشد. یعنی در دو دما برابر است.

سوال: آیا دمای تست تأثیری ندارد یا بدلیل اینکه ناچیز است در نظر گرفته نمی شود؟ مطابق پاراگراف (2) (b) UG-84

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS

(b) Test Procedures

(2) Unless permitted by Table UG-84.4, impact test temperature shall not be warmer than the minimum design metal temperature [see UG-20(b)]. The test temperature may be colder than the minimum specified in the material specification of Section II.

تصویر ۳۸۹: نقش دما در تست ضربه (2)(b) UG-84-2019-ASME Sec. VIII-Div. 1

■ - اختلاف دمایی مجاز در تست ضربه

*- پاراگراف (b) UG-84 (Test Procedures): دستورالعملهای تست

(2)- مگر آنچه در جدول Table UG-84.4 مجاز شناخته شده است، دمای تست ضربه نباید گرمتر از حداقل دمای طراحی فلز مبنا باشد. {پاراگراف UG-20(b) را ببینید}. دمای تست (ضربه) ممکن است از دمای مشخص شده در مشخصات فنی بخش دوم از استاندارد ASME Sec. II سردتر باشد.

توجه: بنابراین مطابق پاراگراف (2) (b) UG-84 می توان اینطور نتیجه گرفت که تست ضربه‌ی یک PQR نباید گرمتر از حداقل دمای طراحی فلز باشد. **منظور چیست؟**

یعنی اگر یک PQR دمای تست ضربه اش 30°C بود، این PQR تست ضربه در دمای 50°C را تایید نمی کند. همانطور که در پاراگراف (2) (b) UG-84 گفته شد، جدول UG-84.4 میزان محدود اختلاف دمایی را با توجه به حداقل استحکام تسلیم متریالها مجاز دانسته است.

Table UG-84.4 Impact Test Temperature Differential	
Minimum Specified Yield Strength, ksi (MPa)	Temperature Difference, °F (°C) [Note (1)]
≤40 (280)	10 (6)
≤55 (380)	5 (3)
>55 (380)	0 (0)

NOTE: (1) Impact test temperature may be warmer than the minimum design temperature by the amount shown.

تصویر ۳۹۰: اختلاف دمای قابل قبول بر اساس جدول UG-84.4-2019-ASME Sec. VIII-Div. 1

***- جدول UG-84.4 : تفاوت دمای تست ضربه

در این جدول مطابق یادداشت (1) : دمای تست ضربه ممکن است گرمتر از حداقل دمای طراحی باشد البته به مقدار نشان داده شده در این جدول، که این مقدار بستگی به حداقل استحکام تسلیم متریال ها دارد. مثلاً برای متریال هایی که حداقل استحکام تسلیم آنها 40 ksi (280 MPa) $\leq$ باشد می تواند اختلاف دمایی 6°C گرمتر داشته باشد، مثلاً اگر تست ضربه PQR چنین متریالی در دمای 30°C تایید شده باشد، می تواند جوشهایی را تا دمای 36°C نیز پشتیبانی (Support) نماید و همچنین برای متریال هایی که حداقل استحکام تسلیم آنها 55 ksi (380 MPa) $\leq$ باشد 3°C می تواند می تواند

اختلاف دمایی 3°C گرمتر داشته باشد، مثلاً اگر تست ضربه PQR چنین مترپالی در دمای 30°C - تایید شده باشد، می تواند جوشهایی را تا دمای 33°C - نیز پشتیبانی (Support) نماید اما می بایست دقت شود که برای مترپالهایی که حداقل استحکام تسلیم آنها 55 ksi (380 MPa) > باشد هیچگونه اختلاف دمایی نمی توانند داشته باشند. به عبارتی طبق جدول، اختلاف دمایی آنها صفر است.

***- البته دقت شود که در تیترا بالای تصویر ۳۸۷- Figure UG-84.1M چهار موضوع مطرح شده که بسیار مهم می باشند:

- ۱- این نمودار مربوط به فولادهای کربنی (Carbon Steels) و فولادهای کم آلیاژ (Low Alloy Steels) می باشد.
- ۲- مقدار ژول بدست آمده مربوط به نمونه های Full-Size است.
- ۳- این نمودار مربوط به فولادهای می باشد که حداقل استحکام کششی آنها بیشتر از 655 MPa (95 ksi) نباشد.
- ۴- مترپال هایی که این نمودار آنها را پوشش می دهد در Table UCS-23 لیست شده اند.

نتیجه: از مباحث گفته شده در فوق می توان چنین نتیجه گرفت که ملاک قبولی تست ضربه یک مترپال، مقدار جذب انرژی است که طبق استاندارد برای آن مترپال تعیین شده است یعنی در هر دمایی که تست ضربه بر روی آن مترپال انجام شود می بایست آن مقدار انرژی را جذب کند تا اطمینان حاصل شود که شکست ترد برای آن مترپال در آن دما اتفاق نمی افتد.

■ - تست مجدد ضربه در مخازن تحت فشار

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS

(c) Test Specimens

(6) When the average value of the three specimens equals or exceeds the minimum value permitted for a single specimen and the value for more than one specimen is below the required average value, or when the value for one specimen is below the minimum value permitted for a single specimen, a retest of three additional specimens shall be made. The value for each of these retest specimens shall equal or exceed the required average value.

تصویر ۳۹۱: پاراگراف (6)(c) UG-84-2019-ASME Sec. VIII-Div.1

*- (6)(c) UG-84 - وقتی میانگین مقدار تست ضربه سه نمونه با مقدار حداقل مجاز تعیین شده برای یک نمونه ی تکی برابر و یا بیشتر باشد و مقدار انرژی دو نمونه یا بیشتر، کمتر از مقدار میانگین مورد نیاز باشد یا وقتی مقدار انرژی یکی از نمونه ها کمتر از حداقل مقدار مجاز برای یک نمونه ی تکی باشد، بایستی از سه نمونه دیگر تست ضربه مجدد (Retest) به عمل آید. مقدار هر یک از نمونه های تست مجدد باید معادل یا بیشتر از رقم میانگین مورد نیاز باشد.

توجه: برای تکرار تست به پاراگراف ASME Sec. IX-2019-QW-202.1 دقت شود.

QW-202 TYPE OF TESTS REQUIRED

QW-202.1 Mechanical Tests. The type and number of test specimens that shall be tested to qualify a groove weld procedure are given in QW-451, and shall be removed in a manner similar to that shown in Figures QW-463.1(a) through QW-463.1(f). If any test specimen required by QW-451 fails to meet the applicable acceptance criteria, the test coupon shall be considered as failed.

When it can be determined that the cause of failure is not related to welding parameters, another test coupon may be welded using identical welding parameters.

Alternatively, if adequate material of the original test coupon exists, additional test specimens may be removed as close as practicable to the original specimen location to replace the failed test specimens.

تصویر ۳۹۲: پاراگراف ASME Section IX-2019-QW-202.1-Mechanical Tests

✱- پاراگراف QW-202.1 (Mechanical Tests): تستهای مکانیکی

نوع و تعداد نمونه های آزمایشی که بایستی برای تایید یک دستورالعمل جوش شیاری (Groove Weld) آزمایش شوند در QW-451 بیان شده است. این قطعات یا نمونه ها بایستی همانند آنچه در تصاویر (a) QW-463.1 تا (f) QW-463.1 نشان داده شده اند، برداشته شوند. چنانچه هر نمونه آزمایش که بوسیله ی QW-451 مورد نیاز می باشد مطابق معیارهای پذیرش نباشد باید مردود در نظر گرفته شود. وقتی بتوان مشخص نمود علت شکست (مردود شدن) مربوط به پارامترهای جوشکاری نمی باشد ممکن است یک قطعه تست دیگر با همان پارامترهای یکسان و همانند جوشکاری گردد.

بعنوان یک راهکار جایگزین دیگر، چنانچه از قطعه ی اصلی تست (Test Coupon) به مقدار کافی نمونه موجود است، ممکن است نمونه های اضافی مورد نیاز تست را تا جایی که امکان دارد از محل اصلی نمونه گیری برداشته و جایگزین نمونه های مردود شده، نمود.

☀- تست ضربه در مخازن ذخیره ای براساس استاندارد API-650-2020

✱- تست ضربه در استاندارد API 650-2020

✱- دسته بندی متریال ها در استاندارد API-650-2020

(See Figure 4.1b and Note 1 below.)

Table 4.4b—Material Groups (USC)

Group I As Rolled, Semi-killed		Group II As Rolled, Killed or Semi-killed		Group III As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IIIA Normalized, Killed Fine-Grain Practice	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A283 C		A131 B	6	A573-58		A573-58	9
A285 C	2	A36	5	A516-55		A516-55	9
A131 A		G40.21-38W		A516-60		A516-60	9
A36	3	Grade 250	7	G40.21-38W	8	G40.21-38W	8, 9
Grade 235	3			Grade 250	8	Grade 250	8, 9
Grade 250	5						

تصویر ۳۹۳: دسته بندی متریال در استاندارد API-650-2020

یادداشتهای مربوط به جدول 4.4b:

در بالای جدول نوشته شده که به تصویر 4.1b و یادداشت ۱ در زیر نگاه کنید.

۱- اکثر متریالها با مشخصات لیست شده، متعلق به استاندارد ASTM (از جمله Grade یا Class) می باشند، با این حال

چند استثناء وجود دارد. G40.21 (از جمله Grade) مربوط به مشخصات CSA (انجمن استانداردهای کانادا) است، و

گرید 235، گرید 250 و گرید 275 با استانداردهای ملی مرتبط است (به پاراگراف 4.2.6 نگاه کنید)

۲- باید فولاد نیمه کشته (Semikilled) یا فولاد کشته (Killed) باشد.

۳- ضخامت کمتر یا مساوی ۲۰ میلیمتر باشد.

۴- حذف شد.

Group IV As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IVA As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group V Normalized, Killed Fine-Grain Practice		Group VI Normalized or Quenched and Tempered, Killed Fine-Grain Practice Reduced Carbon	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A573-65		A662 C		A573-70	9	A131 EH 36	
A573-70		A573-70	10	A516-65	9	A633 C	
A516-65		G40.21-44W	8, 10	A516-70	9	A633 D	
A516-70		G40.21-50W	8, 10	G40.21-44W	8, 9	A537 Class 1	
A662 B		ISO S275 D	8	G40.21-50W	8, 9	A537 Class 2	12
G40.21-44W	8	ISO S355 D	8				
G40.21-50W	8	ENS275 J2	8				
ISO S275 C	8	EN S355 (J2 or K2)	8			A737 B	
ISO S355 C	8					A841M, Grade A, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN S275 J0	8					A841M, Grade B, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN355 J0	8						
Grade 275	8						

تصویر ۳۹۴: ادامه دسته بندی متریال در استاندارد API-650-2020

۵- برای ضخامت های بیشتر از ۲۰ میلیمتر مقدار منگنز در نمونه های به دست آمده از مذاب باید بین ۱/۲-۰/۸ درصد باشد. به استثناء اینکه به ازاء هر ۰/۰۱ درصد کاهش در حداکثر کربن مشخص شده می توان ۰/۰۶ درصد منگنز به حداکثر مقدار مشخص شده اضافه نمود و مقدار منگنز تا حداکثر ۱/۵۳ مجاز می باشد، ضخامت های ۲۰ میلیمتر و کمتر باید دارای ۱/۲-۰/۸ درصد منگنز باشند.

۶- ضخامت های کمتر یا برابر ۲۵ میلیمتر.

۷- باید فولاد کشته (Killed) باشد.

۸- باید فولاد کشته و دانه ریز باشد.

۹- باید نرماله باشد.

۱۰- باید حداکثر مقدار کربن آن تا ۰/۲ درصد و حداکثر مقدار منگنز آن تا ۱/۶ درصد باشد.

۱۱- بوسیله فرآیند کنترل ترمو مکانیکال (TMCP) تولید گردد.

۱۲- برای تستهای انجام شده بر روی تست کوپنهای شبیه سازی شده برای متریال قطعاتی که مونتاژ و تنش زدایی شده اند به پاراگراف 5.7.4.9 نگاه کنید.

۱۳- برای الزامات تست ضربه (ورقی که در شرایط تست شده است) به پاراگراف 4.2.10 نگاه کنید.

۱۴- متریال A841 کلاس های ۱ و ۲ (فقط گریدهای A و B) با اصلاحات زیر: کربن معادل (CE) باید مطابق الزامات تکمیلی S77 باشد.

متریال های ذکر شده در جدول 4-4b (تصاویر ۳۹۲، ۳۹۱) شامل استانداردهای زیر هستند:

ASTM, CSA, ISO, National Standards

باید توجه داشت، مطابق پاراگراف 9.2.1.3 از استاندارد API 650 دسته بندی متریال در این استاندارد با دسته بندی

متریال در جدول QW-422 از استاندارد ASME Sec. IX متفاوت می باشد. در استاندارد API 650 متریال ها بطور

کلی به سه دسته تقسیم می شوند و ملاک تقسیم آنها بر اساس حداقل استحکام کششی متریال است. همه متریال ها با مشخصه P1 در نظر گرفته شده اند و با دسته بندی (Group) مطابق زیر تقسیم شده اند:

Group-1: متریال هایی که حداقل استحکام کششی آنها کمتر از 485 MPa (70Ksi) است.

Group-2: متریال هایی که حداقل استحکام کششی آنها برابر یا بیشتر از 485 MPa (70Ksi) اما کمتر از 550 MPa (80Ksi) است.

Group-3: متریال هایی که حداقل استحکام کششی آنها برابر یا بیشتر از 550 MPa (80Ksi) است.

9.2.1.3 Material specifications listed in Section 4 of this standard but not included in Table QW-422 of Section IX of the ASME Code shall be considered as P-No. 1 material with group numbers assigned as follows according to the minimum tensile strength specified:

- a) less than 485 MPa (70 ksi)—Group 1;
- b) equal to or greater than 485 MPa (70 ksi) but less than 550 MPa (80 ksi)—Group 2;
- c) equal to or greater than 550 MPa (80 ksi)—Group 3.

Separate welding procedures and performance qualifications shall be conducted for A841M/A841 material.

تصویر ۳۹۵: دسته بندی متریال در استاندارد API-650-2020

تصویر ۳۹۶ کتاب مربوط به تصویر 4-1a از استاندارد API 650 می باشد که حداقل دمای طراحی مجاز فلز برای متریال بکار رفته در بدنه مخازن که به تست ضربه نیاز ندارد را نشان می دهد.

* - تست ضربه در متریال

4.2.9 Impact Testing of Plates

*- پاراگراف 4.2.9 - تست ضربه ورقها:

*- پاراگراف 4.2.9.1 - وقتی با درخواست مشتری یا الزامات پاراگراف 4.2.10 تست ضربه لازم باشد، بایستی یک ست (Set) از نمونه های تست ضربه از ورقهایی که عملیات حرارتی شده اند (چنانچه ورقها عملیات حرارتی شده اند) تهیه شود و نمونه ها باید الزامات انرژی ذکر شده را برآورده نمایند. نمونه های تست (Specimens) باید از محل های مجاور قطعات تست کششی تهیه شوند، محور مرکزی هر نمونه تست ضربه با ابعاد کامل باید تا آنجا که ضخامت ورق اجازه می دهد در نزدیکی صفحه ای باشد که در فاصله $\frac{1}{4}$ از ضخامت ورق قرار دارد.

*- پاراگراف 4.2.9.2 - وقتی لازم باشد بایستی نمونه های تست (Specimen) از تست کوپنهای جداگانه ای تهیه شوند یا وقتی ورقها بصورت نورد گرم تولید می شوند سپس توسط سازنده، عملیات حرارتی می گردند روش اجرا (Procedure) باید با استاندارد ASTM A20 مطابقت داشته باشند.

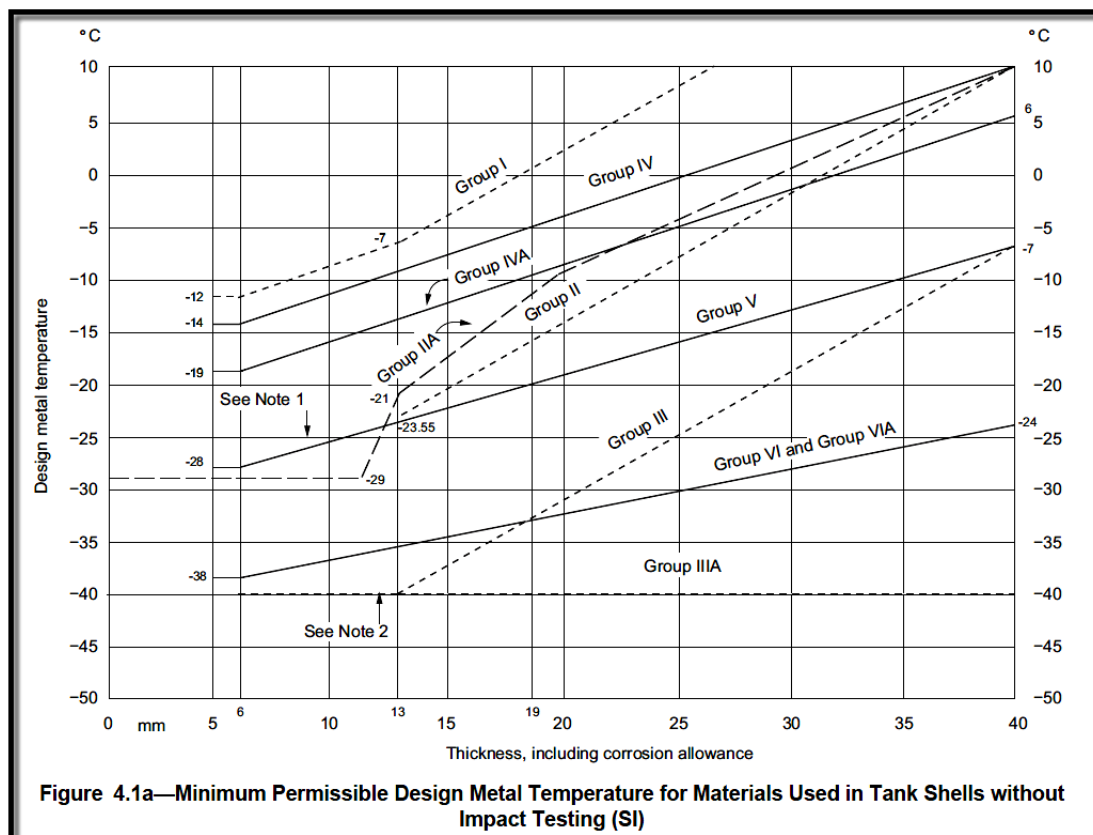
*- پاراگراف 4.2.9.3 - تست ضربه باید بر روی سه نمونه ای که از یک تست کوپن یا یک محل انتخاب شده است، انجام شود. میانگین انرژی جذب شدهی نمونه ها (انرژی جذب شده بوسیله یک نمونه از حداقل مقدار مشخص شده می تواند کمتر باشد) باید حداقل مقدار مشخص شده را برآورده نمایند. چنانچه بیشتر از یک نمونه دارای انرژی جذب شدهی کمتر از حداقل انرژی مشخص شده باشند یا اندازهی انرژی جذب شده یکی از نمونه ها از دو سوم حداقل انرژی مشخص شده کمتر باشد، سه نمونهی دیگر باید مجدداً تهیه و تست (Retest) گردد و انرژی جذب شده در هر کدام از نمونه های جدید باید برابر یا بیشتر از حداقل مقدار مشخص شده باشد.

*- پاراگراف 4.2.9.4 - نمونه های تست ضربه باید مطابق با نمونه های نوع A در تست ضربه (Charpy V-Notch) (به ASTM A370 نگاه کنید) باشند. شیار باید عمود بر سطح ورق تست ایجاد گردد.

*- پاراگراف 4.2.9.5 - برای ورقهایی که ضخامت آنها برای تهیه ی نمونه ها با ابعاد کامل $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ کافی نمی باشند، تست ضربه باید بر روی نمونه های با بزرگترین ابعاد قابل تهیه از ورق انجام شود. در نمونه هایی که در ابعاد کمتر از سایز استاندارد (Subsize) تهیه می شوند، شیار بایستی در امتداد ضخامت آنها که حداقل برابر ۸۰ درصد ضخامت اولیه ورق می باشد ایجاد می گردد

*- پاراگراف 4.2.9.6 - مقدار انرژی جذب شده در نمونه های تست Subsize نباید کمتر از میزان انرژی لازم برای نمونه های Full-size همان متریکال باشد.

*- پاراگراف 4.2.9.7 - دستگاه تست از جمله کالیبراسیون دستگاههای تست ضربه و تغییرات مجاز در درجه حرارت نمونه ها باید با استاندارد و یا یک دستگاه تست معادل که با استانداردهای ملی یا ایزو همخوانی دارد مطابقت داشته باشد.



تصویر ۳۹۶: نمودار مربوط به دسته بندی متریکال در رابطه با تست ضربه در استاندارد API-650-2020

یادداشتهای تصویر Fig. 4-1a:

- ۱- خطوط مربوط به گروه II و گروه V در ضخامت های کمتر از ۱۳ میلیمتر با هم تلاقی می کنند.
- ۲- خطوط مربوط به گروه III و گروه IIIA در ضخامت های کمتر از ۱۳ میلیمتر با هم تلاقی می کنند.
- ۳- متریکال مربوط به هر گروه در جدول 4.4a & 4.4b لیست شده است.
- ۴- حذف شده.
- ۵- از منحنی های گروه های IIA و VIA برای لوله و فلنج استفاده می شود. (پاراگراف های 4.5.4.2 و 4.5.4.3 را نگاه کنید).

6- معادلات خطی ارائه شده در جدول 4.3a می تواند برای محاسبه‌ی دمای طراحی فلز (DMT) برای هر گروه متریال API و محدوده‌ی ضخامتی، مورد استفاده قرار گیرند.

*- پاراگراف 4.2.10 - الزامات تست چقرمگی

*- پاراگراف 4.2.10.1 - ضخامت و درجه حرارت طراحی فلز ورقهای بدنه، ورقهای تقویتی بدنه (Reinforcing Pads)، ورقهای تقویتی جاسازی شده و ضخیم در بدنه (Shell Insert Plates and thickened insert plates)، ورقهای کف جوش داده شده به ورقهای بدنه، ورقهای بکار رفته برای ساخت گلولی نازلها و منهلها، ورقهای بکار رفته در ساخت فلنجهای نازلها، درپوش فلنجهای (Blind Flanges) و درپوش منهلها باید مطابق تصویر 4-1a & 4-1b از استاندارد API 650 باشد. ارزیابی چقرمگی فلنجهای ساخته شده از ورق، درپوش فلنجهای و درپوش منهلها باید بر اساس ضخامت تعیین شده در پاراگراف 4.5.4.3 (Governing Thickness) باشد بعلاوه، ورقهای با ضخامت بیشتر از ۴۰ میلیمتر باید از فولاد کشته (Killed Steel) و دانه ریز باشد و بوسیله عملیات نرمالیز و نرمالیز - تمپر یا کوئینچ - تمپر کردن، عملیات حرارتی شوند و بایستی بر روی هر ورق در وضعیت عملیات حرارتی شده (As heat treated) مطابق با پاراگراف 4.2.11.2 تست ضربه انجام شود.

هر ورق یا متریال A841 که بوسیله فرآیند TMCP (Thermo-Mechanical-Control-Process) تهیه شده باشد باید مورد تست ضربه قرار گیرد. درجه حرارت و انرژی لازم برای تست ضربه ی آنها باید مطابق با پاراگراف 4.2.11.2 باشد.

*- پاراگراف 4.2.10.2 - چنانچه خریدار تایید نماید، ممکن است ورقهایی که با فرایند کنترل مکانیکی - حرارتی (TMCP) تولید می شوند (ورقهایی که برای افزایش چقرمگی آنها به روش نورد مکانیکی - حرارتی تولید می شوند) جایگزین ورقهایی گردند که بوسیله‌ی پاراگراف 4.2.10.1 به علت ضخامت بالای (1.5 in.) ۴۰ میلیمتر عملیات حرارتی شده اند. در این زمینه هر ورقی که به روش مکانیکی - حرارتی نورد شده است باید آزمایش انرژی ضربه آن (V-notch) مطابق با پاراگراف های 4.2.9، 4.2.10 و 4.2.11 انجام شود، وقتی فولادهایی که به روش نورد مکانیکی - حرارتی تولید می شوند بایستی شرایط سرویس لیست شده در پاراگراف 5.3.3 مورد توجه قرار گیرد.

*- پاراگراف 4.2.10.3 - ورقهای با ضخامت (1.5 in.) ۴۰ میلیمتر یا کمتر را می توان در دمای طراحی یا بالاتر از دمای طراحی نشان داده شده در تصویر 4-1a & 4-1b از استاندارد API 650 مورد استفاده قرار داد بدون اینکه مورد تست ضربه قرار گیرند. برای استفاده ورق ها در دمای طراحی کمتر از دماهای نشان داده شده در تصویر 4-1a & 4-1b، باید مقاومت کافی در برابر ضربه را طبق پاراگراف 4.2.11.3 از خود نشان دهند مگر اینکه خریدار پاراگراف های 4.2.11.2 یا 4.2.11.4 را به عنوان معیار جایگزین معرفی کرده باشد. برای ورقهایی که عملیات حرارتی (نرماله و نرماله - تمپر یا کوئینچ - تمپر کردن) شده اند (وقتی که الزامات 4.2.11.2 مورد نظر است) تست ضربه باید بر روی هر ورق که عملیات حرارتی شده است، انجام شود. خطوط رسم شده در تصویر 4-2 از استاندارد API 650 پایین ترین دمای متوسط یک روز را نشان داده است.

*- پاراگراف 4.2.10.4 - ورق تقویت نازلهای بدنه (shell opening) و ورقهای تقویتی جاسازی شده و ضخیم در بدنه (Insert Plates or thickened insert plates)، باید از نوع ورق بدنه مخزن یا از متریال های مناسبی باشند که در جدول های 4.4a و 4.4b و تصاویر 4.1a & 4.1b از استاندارد API 650 نشان داده شده است. به استثناء گلولی نازلها و منهلها، استحکام تسلیم و کششی متریال باید معادل یا بیشتر و قابل مقایسه با متریال بدنه باشد. (به پاراگراف 4.2.10.1 و آیتم d از پاراگراف 5.7.2.3 نگاه کنید)

*- پاراگراف 4.2.10.5 - الزامات مندرج در پاراگراف 4.2.10.4 تنها در مورد نازلها و منهول های بدنه مخزن بکار برده می شود. متریال های نازلها و منهول های سقف نیاز به تست ضربه ندارد.

*- پاراگراف 4.2.11 - روشهای تست ضربه (تعیین چقرمگی)

*- پاراگراف 4.2.11.1 - وقتی لازم است چقرمگی یک متریال تعیین گردد، این کار باید مطابق با پاراگراف 4.2.10 بوسیله یکی از روشهای شرح داده شده در پاراگراف های 4.2.11.2, 4.2.11.3 و 4.2.11.4 انجام شود.

*- پاراگراف 4.2.11.2 - هر ورق در شرایط نورد شده یا عملیات حرارتی شده باید مطابق با پاراگراف 4.2.9 در حداقل دمای طراحی یا کمتر از آن و بر روی نمونه های تهیه شده در جهت های طولی یا عرضی نورد، مورد تست ضربه قرار گیرد تا نشان داده شود مقدار انرژی جذب شده، الزامات مندرج در جدول 4-5a & 4-5b (برای حداقل میزان قابل قبول یک نمونه یا نمونه های Subsize تهیه می شود به پاراگراف 4.2.9 نگاه کنید) را رعایت نموده است. هر گاه در اینجا عبارت ورق نورد شده (As rolled) مورد استفاده قرار می گیرد در واقع به تعداد ورق نورد شده که بر اساس محل و تعداد نمونه ها از تخته (Slab) یا بطور مستقیم از یک شمش تهیه می شوند اشاره دارند نه اینکه اشاره به موقعیت یا شرایط ورقها دارد.

توجه: (As rolled) به معنی ورقی که هیچگونه عملیات حرارتی در حین ساخت بر روی آن انجام نمی شود و ممکن است خریدار به درخواست خود عملیات حرارتی بر روی آن انجام دهد)

*- پاراگراف 4.2.11.3 - برای ورقی که بصورت نورد شده تولید شده است (As rolled) باید از هر شماره ذوب (Heat) آن ضخیم ترین ورق تست ضربه شود. برای متریال هایی که به روش مکانیکی - حرارتی (TMCP) تولید شده اند، هر ورق نورد شده بایستی مطابق پاراگراف 4.2.9 تست ضربه شود و بایستی تمام الزامات و شرایط تست ضربه در پاراگراف 4.2.11.2 را در دمای طراحی برآورده نماید.

*- پاراگراف 4.2.11.4 - سازنده باید اطلاعات مربوط به تست ورقها را به مشتری ارائه نماید و نشان دهد که متریال مورد نظر بر اساس آخرین محصول کارخانه، چقرمگی لازم را در دمای طراحی دارا می باشد.

*- مقدار انرژی جذب شده لازم برای تست ضربه در ورقها

Table 4.5a—Minimum Impact Test Requirements for Plates (SI) (See Note)

Plate Material ^a and Thickness (t) in mm	Thickness	Average Impact Value of Three Specimens ^b	
		Longitudinal	Transverse
	mm	J	J
Groups I, II, III, and IIIA $t \leq$ maximum thicknesses in 4.2.2 through 4.2.5		20	18
Groups IV, IVA, V, and VI (except quenched and tempered and TMCP)	$t \leq 40$	41	27
	$t = 45$	48	34
	$t = 50$	54	41
	$t = 100$	68	54
Group VI (quenched and tempered and TMCP)	$t \leq 40$	48	34
	$t = 45$	54	41
	$t = 50$	61	48
	$t = 100$	68	54

تصویر ۳۹۷: بررسی نتایج تست ضربه برای ورقها در استاندارد API-650-2020

یادداشت های جدول 4.5a (تصویر ۳۹۷):

a- به جدول 4.4a نگاه کنید.

b- وقتی حداقل مقدار میانگین انرژی ضربه برای ضخامت ورقی که ضخامت آن مابین ضخامتهای مشخص شده ای قرار دارد مشخص باشد، میان یابی مجاز می باشد.

یادداشت: برای فلنجهای رینگی که از ورق ساخته می شوند حداقل الزامات تست ضربه برای تمام ضخامتها باید مطابق الزاماتی باشد که برای ضخامت های کمتر یا برابر با 40mm در نظر گرفته شده است.

* - تست ضربه در خط جوش طولی لوله ها

* - پاراگراف 4.5 Piping and Forgings

* - پاراگراف 4.5.3 - ردیف (d) تست ضربه برای تأیید روش جوشکاری خط جوش لوله ها باید مطابق پاراگراف 9.2.2 انجام شود.

* - پاراگراف 4.5.4.4 - وقتی مطابق با پاراگرافهای 4.5.4.1 و 4.5.4.3 انجام تستهای ضربه لازم می باشد، این تستها باید مطابق با الزامات ASTM A 333M / A333, Grade 6 برای لوله یا ASTM A 350M / A350, Grade LF1 برای قطعات آهنگری (Forge) شده از جمله الزامات حداقل انرژی آنها، در دمایی بالاتر از دمای طراحی نباشد، انجام شود. به استثناء ورق مشخص شده در پاراگراف 4.2.9.2، متریال مشخص شده در پاراگراف 4.5.1 و 4.5.2 برای نازلها و منهول های بدنه و تمام قطعات آهنگری شده بکار رفته در Opening های بدنه باید دارای حداقل استحکام ضربه 18J (نمونه تست با ابعاد کامل) باشد و بایستی در درجه حرارتی که بیشتر از درجه حرارت طراحی نباشد، انجام گیرد.

* - تست ضربه در جوش و منطقه HAZ

* - پاراگراف 9.2 Qualification of Welding Procedures

* - پاراگراف 9.2 - تأیید روشهای جوشکاری

* - پاراگراف 9.2.2 - تستهای ضربه: Impact Tests

* - پاراگراف 9.2.2.1 - تستهای ضربه برای ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری باید با شرایط مندرج در پاراگراف 4.2.9 منطبق بوده و در درجه حرارت طراحی فلز و یا کمتر از آن انجام گیرد.

* - پاراگراف 9.2.2.2 - وقتی طبق پاراگراف های 4.2.9 و 4.2.10 و 4.5.4 تست ضربه متریال لازم الاجرا باشد، در تمام فرآیندهای جوشکاری اتوماتیک و نیمه اتوماتیک باید از ناحیه متأثر از جوش (HAZ) تست ضربه به عمل آید.

* - پاراگراف 9.2.2.3 - برای کلیه متریال هایی که باید در دمای طراحی فلز (Design Metal Temperature) زیر دمای 10°C (50°F) مورد استفاده قرار گیرند، ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری در اتصالات عمودی (Vertical Joints) باید شامل تست ضربه فلز جوش باشد. چنانچه اتصالات عمودی بوسیله فرآیندهای اتوماتیک و نیمه اتوماتیک جوشکاری گردند باید تست ضربه از ناحیه متأثر از جوش (HAZ) به عمل آید.

* - پاراگراف 9.2.2.4 - وقتی درجه حرارت طراحی فلز (Design Metal Temperature) زیر دمای -7°C (20°F) باشد، بایستی در تمام روشهای جوشکاری برای اجزاء تشکیل دهنده ای که در پاراگراف 4.2.10.1 آورده شده اند و برای جوشکاری متعلقات به این اجزاء و نیز برای ساخت نازلها و منهول های بدنه از لوله ها و قطعات آهنگری لیست شده در پاراگراف 4.5 تست ضربه فلز جوش انجام گیرد.

نکته بسیار مهم:

دمای طراحی فلز (Design Metal Temperature) چگونه مشخص می شود؟ عبارتی از کجا به دمای طراحی فلز پی ببریم؟ مثلاً متریال مخزن که از جنس SA-516-Gr. 70 با ضخامت ۲۰ میلیمتر است. می خواهیم بدانیم دمای طراحی این فلز چقدر است؟ چه باید کرد؟

برای پاسخ به این سؤالات به جواب زیر دقت شود.

در زیر نوشته شماره ۶ تصویر ۳۹۶ (SI) 4-1a از استاندارد API-650-2020 چنین آمده که:

۶- معادلات خطی ارائه شده در جدول 4.3a می تواند برای محاسبه دمای طراحی فلز (DMT) برای هر گروه متریال API و محدوده‌ی ضخامتی، مورد استفاده قرار گیرند.

بنابراین با توجه به معادلات خطی ارائه شده در جدول 4.3a می توان به دمای طراحی فلز پی برد.

Table 4.3a—Linear Equations for Figure 4.1a (SI)

API Group #	Thickness Range	Equation
I	$6 \leq X < 13$	$Y = 0.714X - 16.286$
I	$13 \leq X \leq 25$	$Y = 1.417X - 25.417$
II	$6 \leq X < 13$	$Y = 0.634X - 31.81$
II	$13 \leq X \leq 40$	$Y = 1.243X - 39.72$
IIA	$10 \leq X < 13$	$Y = 2.667X - 55.667$
IIA	$13 \leq X \leq 19$	$Y = 2X - 47$
IIA	$19 \leq X \leq 40$	$Y = 0.905X - 26.19$
III	$6 \leq X \leq 13$	$Y = -40$
III	$13 \leq X \leq 40$	$Y = 1.222X - 55.89$
IIIA	$6 \leq X \leq 40$	$Y = -40$
IV	$6 \leq X \leq 40$	$Y = 0.7059X - 18.235$
IVA	$6 \leq X \leq 40$	$Y = 0.7353X - 23.412$
V	$6 \leq X \leq 40$	$Y = 0.6176X - 31.71$
VI, VIA	$6 \leq X \leq 40$	$Y = 0.4112X - 40.471$
$Y = \text{Design Metal Temperature } (^{\circ}\text{C})$		
$X = \text{Thickness including corrosion (mm)}$		

تصویر ۳۹۸: جدول 4-3a (SI) بررسی فرمول محاسبه دمای طراحی فلز (DMT)

مثال ۱: متریال مخزن از جنس A 516-Gr. 70 با ضخامت ۲۰ میلیمتر است. دمای طراحی این فلز چقدر است؟

جواب: در ابتدا به جدول Table 4.4b-(USC) Material Groups رجوع می کنیم تا گروه متریال A 516-Gr. 70 مشخص شود. باید دقت کرد که متریال مورد نظر نرمالیز نیست پس مشخص می شود که این متریال در گروه متریال های IV قرار دارد.

Group IV As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IVA As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group V Normalized, Killed Fine-Grain Practice		Group VI Normalized or Quenched and Tempered, Killed Fine-Grain Practice Reduced Carbon	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A573-65		A662 C		A573-70	9	A131 EH 36	
A573-70		A573-70	10	A516-65	9	A633 C	
A516-65		G40.21-44W	8, 10	A516-70	9	A633 D	
A516-70		G40.21-50W	8, 10	G40.21-44W	8, 9	A537 Class 1	
A662 B		ISO S275 D	8	G40.21-50W	8, 9	A537 Class 2	12
G40.21-44W	8	ISO S355 D	8				
G40.21-50W	8	ENS275 J2	8				
ISO S275 C	8	EN S355 (J2 or K2)	8			A737 B	
ISO S355 C	8					A841M, Grade A, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN S275 J0	8					A841M, Grade B, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN355 J0	8						
Grade 275	8						

تصویر ۳۹۹: دسته بندی متریال در استاندارد API 650-2020- Table 4.4b-(USC) Material Groups

مطابق جدول Table 4.4b-(USC) Material Groups متریال A 516-Gr. 70 مربوط به گروه چهار IV است. پس از مشخص شدن گروه متریالی این متریال به جدول 4-3a-(SI) رجوع می کنیم تا بر اساس معادله ی خطی مربوط به گروه IV و با توجه به ضخامت این متریال دمای طراحی آنرا محاسبه کنیم. چون ضخامت این متریال 20mm است. بنابراین:

Table 4.3a—Linear Equations for Figure 4.1a (SI)		
API Group #	Thickness Range	Equation
IV	$6 \leq X \leq 40$	$Y = 0.7059X - 18.235$
$Y = \text{Design Metal Temperature } (^{\circ}\text{C})$		
$X = \text{Thickness including corrosion (mm)}$		
$Y = 0.7059 X - 18.235$		
$X = 20 \text{ mm}$		
$Y = (0.7059 \times 20) - 18.235 = -4.117$		
$-4.117^{\circ}\text{C} + 8^{\circ}\text{C} = 3.883$		
$3.883^{\circ}\text{C} < 10^{\circ}\text{C}$ Impact test is require		

تصویر ۴۰۰: جدول 4-3a-(SI) بررسی فرمول محاسبه دمای طراحی فلز A 516 Gr. 70

نتیجه: مطابق پاراگراف 9.2.2.3- چون دمای طراحی فلز (DMT) مورد نظر زیر دمای 10°C (50°F) می باشد ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری در اتصالات عمودی (Vertical Joints) باید شامل تست ضربه فلز جوش باشند. مثال-۲: متریال مخزن از جنس A 516-Gr. 70N با ضخامت ۲۰ میلیمتر است. دمای طراحی این فلز چقدر است؟ جواب: در ابتدا به جدول Table 4.4b-(USC) Material Groups رجوع می کنیم تا گروه متریال A 516-Gr. 70N مشخص شود. باید دقت کرد که متریال مورد نظر نرمالیز شده است پس مشخص می شود که این متریال در گروه متریال های V قرار دارد. بنابراین داریم:

Group IV As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IVA As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group V Normalized, Killed Fine-Grain Practice		Group VI Normalized or Quenched and Tempered, Killed Fine-Grain Practice Reduced Carbon	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A573-65		A662 C		A573-70	9	A131 EH 36	
A573-70		A573-70	10	A516-65	9	A633 C	
A516-65		G40.21-44W	8, 10	A516-70	9	A633 D	
A516-70		G40.21-50W	8, 10	G40.21-44W	8, 9	A537 Class 1	
A662 B		ISO S275 D	8	G40.21-50W	8, 9	A537 Class 2	12
G40.21-44W	8	ISO S355 D	8				
G40.21-50W	8	ENS275 J2	8				
ISO S275 C	8	EN S355 (J2 or K2)	8			A737 B	
ISO S355 C	8					A841M, Grade A, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN S275 J0	8					A841M, Grade B, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN355 J0	8						
Grade 275	8						

تصویر ۴۰۱: جدول 4-3a-(SI) بررسی فرمول محاسبه دمای طراحی فلز A 516 Gr. 70N

Table 4.3a—Linear Equations for Figure 4.1a (SI)		
API Group #	Thickness Range	Equation
V	$6 \leq X \leq 40$	$Y = 0.6176X - 31.71$
Y = Design Metal Temperature (°C)		
X = Thickness including corrosion (mm)		
$Y = 0.6176 X - 31.71$		
$X = 20 \text{ mm}$		
$Y = (0.6176 \times 20) - 31.71 = -19.358$		
$-19.358 \text{ °C} + 8 \text{ °C} = -11.358$		
$-11.358 \text{ °C} < -7 \text{ °C}$ Impact test is require		

تصویر ۴۰۲: جدول 4-3a-(SI) بررسی فرمول محاسبه دمای طراحی فلز A 516 Gr. 70N

نتیجه: لطفاً به مثال ۱ و ۲ در مورد اینکه متریال نرمالیز باشد یا نباشد دقت شود.

مطابق پاراگراف (9.2.2.4) چون دمای طراحی فلز (DMT) مورد نظر زیر دمای (20°F) 7°C- می باشد، تست ضربه فلز جوش در تمام روشهای جوشکاری برای اجزاء تشکیل دهنده ای که در پاراگراف 4.2.9.1 ذکر شده اند و برای جوشکاری متعلقات به این اجزاء و نیز برای ساخت نازلها و منھول های بدنه از لوله ها و قطعات آهنگری لیست شده در پاراگراف 4.5 بایستی انجام گیرد.

مثال ۳- متریال مخزن از جنس A283-Gr. C با ضخامت ۱۵ میلیمتر است. دمای طراحی این فلز DMT چقدر است؟
جواب: در ابتدا به جدول Table 4.4b-(USC) Material Groups رجوع می کنیم تا گروه متریال A283-Gr. C مشخص شود که مطابق جدول Table 4.4b متریال A283-Gr. C مربوط به گروه Group I است.

(See Figure 4.1b and Note 1 below.)

Table 4.4b—Material Groups (USC)

Group I As Rolled, Semi-killed		Group II As Rolled, Killed or Semi-killed		Group III As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IIIA Normalized, Killed Fine-Grain Practice	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A283 C		A131 B	6	A573-58		A573-58	9
A285 C	2	A36	5	A516-55		A516-55	9
A131 A		G40.21-38W		A516-60		A516-60	9
A36	3	Grade 250	7	G40.21-38W	8	G40.21-38W	8, 9
Grade 235	3			Grade 250	8	Grade 250	8, 9
Grade 250	5						

تصویر ۴۰۳: جدول دسته بندی متریال در استاندارد API 650-2020- Table 4.4b-(USC) Material Groups پس از مشخص شدن گروه متریالی این متریال به جدول 4-3a-(SI) رجوع می کنیم تا بر اساس معادله ی خطی مربوط به گروه I و با توجه به ضخامت این متریال دمای طراحی آنرا محاسبه کنیم. چون ضخامت این متریال 15mm است بنابراین:

Table 4.3a—Linear Equations for Figure 4.1a (SI)		
API Group #	Thickness Range	Equation
I	$13 \leq X \leq 25$	$Y = 1.417X - 25.417$
$Y = \text{Design Metal Temperature } (^{\circ}\text{C})$ $X = \text{Thickness including corrosion (mm)}$		
$Y = 1.417 X - 25.417$ $X = 15 \text{ mm}$ $Y = (1.417 \times 15) - 25.235 = - 3.98$ $- 3.98 ^{\circ}\text{C} + 8 ^{\circ}\text{C} = 4.02$ $4.02 ^{\circ}\text{C} < 10 ^{\circ}\text{C}$ Impact test is require		

تصویر ۴۰۴: جدول 4-3a-(SI) بررسی فرمول محاسبه دمای طراحی فلز A 283 Gr. C نتیجه: مطابق پاراگراف 9.2.2.3- چون دمای طراحی فلز (DMT) مورد نظر زیر دمای 10°C (50°F) می باشد ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری در اتصالات عمودی (Vertical Joints) باید شامل تست ضربه فلز جوش باشد. مثال-۴: متریال مخزن از جنس A283-Gr. C با ضخامت ۲۵ میلیمتر است. دمای طراحی این فلز چقدر است؟ چون مطابق جدول Table 4.4b متریال A283-Gr. C مربوط به گروه I است. بنابراین بر اساس معادله ی خطی مربوط به گروه I و با توجه به ضخامت 25mm این متریال دمای طراحی آنرا محاسبه می کنیم:



Table 4.3a—Linear Equations for Figure 4.1a (SI)

API Group #	Thickness Range	Equation
I	$13 \leq X \leq 25$	$Y = 1.417X - 25.417$
$Y = \text{Design Metal Temperature } (^{\circ}\text{C})$		
$X = \text{Thickness including corrosion (mm)}$		

$$Y = 1.417 X - 25.417$$

$$X = 25 \text{ mm}$$

$$Y = (1.417 \times 25) - 25.235 = 10.19$$

$$10.19^{\circ}\text{C} + 8^{\circ}\text{C} = 18.19$$

18.19 °C > 10 °C Impact test is not require

تصویر ۴۰۵: جدول 4-3a-(SI) بررسی فرمول محاسبه دمای طراحی فلز A 283M C

نتیجه: مطابق پاراگراف 9.2.2.3- چون دمای طراحی فلز (DMT) مورد نظر بالای دمای 10°C (50°F) می باشد ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری در اتصالات عمودی (Vertical Joints) نیاز به تست ضربه فلز جوش ندارند. توجه ویژه:

در سه مثال فوق به عدد محاسبه شده دمای (DMT design metal temperature) مقدار 8°C اضافه می شود چرا؟ این قانون در پاراگراف 3.8 از استاندارد API 650-2020 قید شده است.

3.8

design metal temperature

The lowest temperature considered in the design, which, unless experience or special local conditions justify another assumption, shall be assumed to be 8°C (15°F) above the lowest one-day mean ambient temperature of the locality where the tank is to be installed. Isothermal lines of lowest one-day mean temperature are shown in Figure 4.2. The temperatures are not related to refrigerated-tank temperatures (see 1.1.1).

تصویر ۴۰۶: قانون اضافه کردن 8°C به DMT محاسبه شده در API-650-2020

***- پاراگراف 3.8 (design metal temperature):

پایین ترین دمای در نظر گرفته شده در طراحی، بایستی 8°C (15°F) بالاتر از کمترین میانگین دمای محیط در یک روز در مکانی که قرار است مخزن در آنجا نصب گردد، محاسبه شود. مگر اینکه تجربه و شرایط خاص اقلیمی فرضیه دیگری را ارائه نماید. میانگین کمترین دمای یک روز مربوط به خطوط هم دما در تصویر ۴۰۸ (Figure 4.2) نشان داده شده است. دماها مربوط به مخازن با دمای برودتی نمی باشند. (به پاراگراف 1.1.1 نگاه کنید). بنابراین، باید طبق معادله خطی که در جدول Table 4.3a ذکر شده است، دمای DMT متریک را محاسبه نمود و سپس به دمای بدست آمده، 8°C (15°F) اضافه شود.

نکته ای بسیار مهم و قابل تأمل:

در استاندارد API 650-2020 به نقشه تحت عنوان خطوط ایزوترمال (خطوط هم دما) (مربوط به یک مکان) کمترین درجه حرارت متوسط یک روزه ($^{\circ}\text{F}$) با شماره Figure 4.2 تهیه شده برای کشور آمریکا، در نتیجه در آمریکا به شیوه استفاده از فرمول محاسبه DMT متریک استفاده نمی شود و شیوه محاسبه DMT متریک براساس فرمول معادله خطی برای کشورهای دیگر نقاط دنیا است که چنین نقشه ای ندارند.

این مطلب در کتاب 1 Part Guide to Storage Tanks & Equipment عنوان شده است.

10.3 The design metal temperature

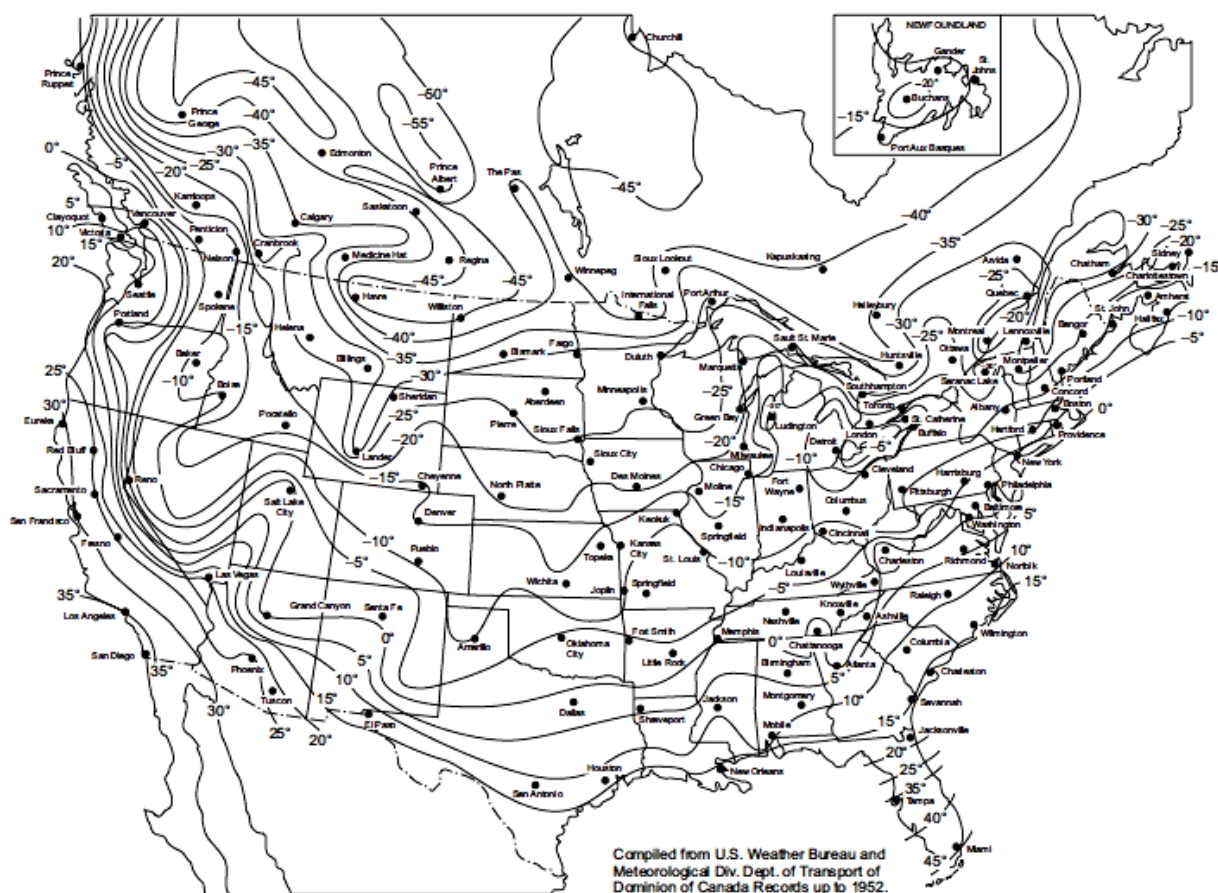
1 0.3.1 Minimum temperatures

API 650 The design metal temperature shall be assumed To be 8 °C (15 °F) above the lowest one day mean ambient temperature of the locality of the area where the tank is to be installed. For mainland USA these are shown in Figure 10.2. For other areas of the world, suitable equivalent data must be obtained.

Source: Guide to storage tanks & equipment

تصویر ۴۰۷: موضوع محاسبه DMT برای کشورهای دیگر به غیر از امریکا

*- نقشه خطوط ایزوترمال (خطوط هم دما) (مربوط به یک مکان) کمترین درجه حرارت متوسط یک روزه (°F)



NOTE °C = (°F - 32)/1.8

Figure 4.2—Isothermal Lines of Lowest One-Day Mean Temperatures (°F)

تصویر ۴۰۸: نقشه خطوط ایزوترمال (خطوط هم دما) در امریکا

این دستور یا قانون در استاندارد IPS-G-ME-100 نیز آمده است:

2.2.9 Toughness requirements

2.2.9.3 The design metal temperature shall be the lower of the lowest one day mean ambient temperature plus 8 °C and the minimum temperature of the contents. The mean temperature is defined as one half of the sum of maximum temperature and minimum temperature. (Mod)

تصویر ۴۰۹: قانون اضافه کردن 8 °C به DMT محاسبه شده در IPS-G-ME-100

❖ پاراگراف 2.2.9 (Toughness requirements): الزامات چقرمگی

❖ پاراگراف 2.2.9.3 (design metal temperature): دمای طراحی فلز

دمای طراحی فلز پایه می بایستی از کمترین میانگین دمای محیط در یک روز بعلاوه 8 °C و حداقل دمای متعلقات کمتر باشد. دمای میانگین بعنوان یک دوم مجموع حداکثر و حداقل دما مشخص شده است.

■ - مقدار انرژی جذب شده ی لازم برای تست ضربه در جوش و منطقه HAZ

❖ پاراگراف 9.2.2.5- برای پذیرش نتیجه تستهای ضربه باید حداقل انرژی جذب شده مطابق با پاراگراف 4.2.9.3 و

موارد زیر باشد:

برای متریال P1 Group 1 میانگین سه قطعه 20J (15ft-lbf)

برای متریال P1 Group 2 میانگین سه قطعه 27J (20ft-lbf)

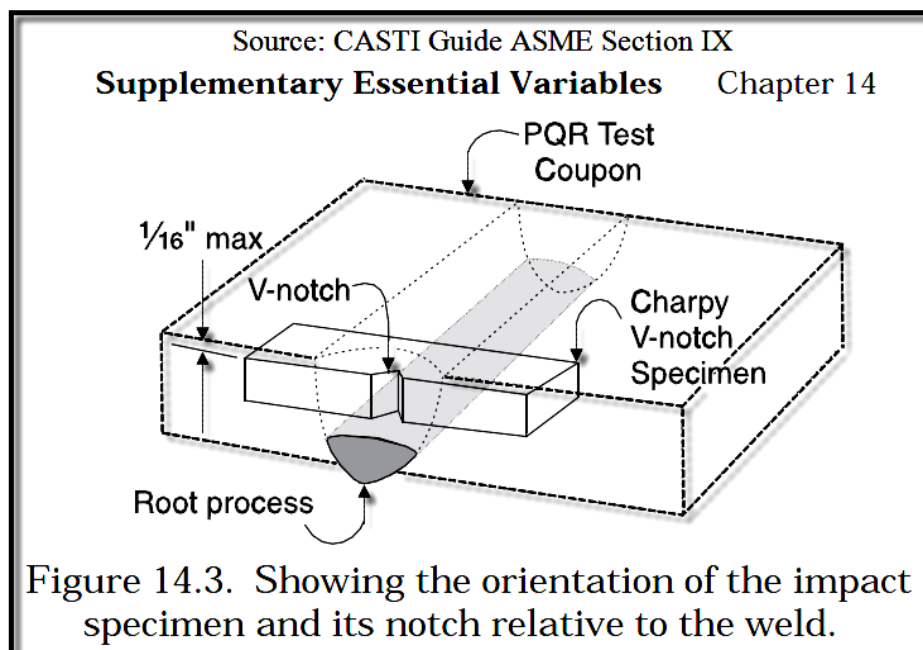
برای متریال P1 Group 3 میانگین سه قطعه 34J (25ft-lbf)

برای ورقهای بدنه با ضخامت بیشتر از ۴۰ میلیمتر (1 ½ in.) این ارقام می تواند به ازای هر ۱۳ میلیمتر ضخامت اضافه، به اندازه ی ۷ ژول افزایش یابد. برای ضخامت های بیشتر و یا کمتر از ۱۳ میلیمتر می توان با در نظر گرفتن تناسب، مقدار افزایش انرژی لازم را بدست آورد. درون یابی نیز مجاز می باشد.

❖ پاراگراف 9.2.2.6- نمونه های تست ضربه فلز جوش باید عمود بر جوش بوده و یک وجه آن به موازات

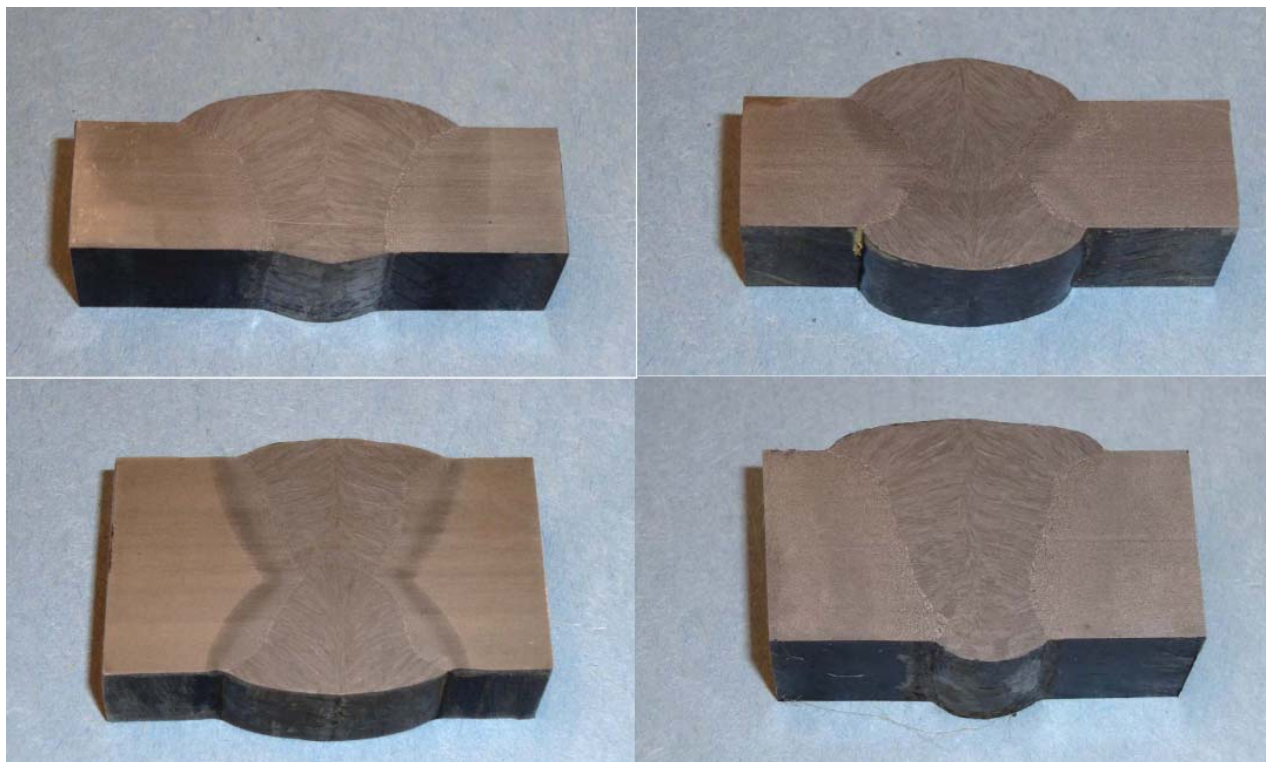
1.5 mm (1/16 in.) زیر سطح متریال باشد. شیار (Notch) باید عمود بر سطح اولیه متریال بوده و فلز جوش باید کاملاً در

منطقه شکست قرار داشته باشد. به تصویر ۴۱۰ توجه شود.



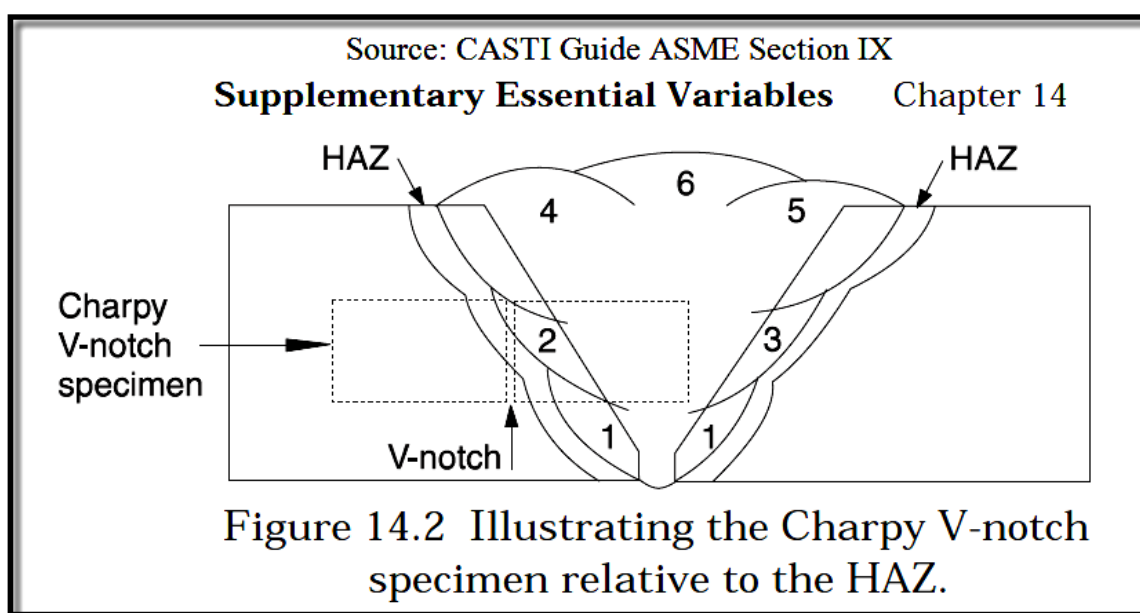
تصویر ۴۱۰: محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه در جوش

*- پاراگراف 9.2.2.7- نمونه های تست ضربه‌ی ناحیه متأثر از حرارت جوش (HAZ) نیز باید عمود بر جوش و تا حد امکان نزدیک به سطح متریال باشد. هر نمونه باید اچ (Etch) شود تا ناحیه متأثر از حرارت جوش (HAZ) مشخص شود و شیار (Notch) باید عمود بر سطح اولیه متریال بوده و ناحیه متأثر از حرارت جوش تا حد امکان در ناحیه شکست قرار گیرد. به تصویر ۴۱۱ توجه فرمایید.



تصویر ۴۱۱: Etching کردن برای تشخیص میزان منطقه‌ی HAZ

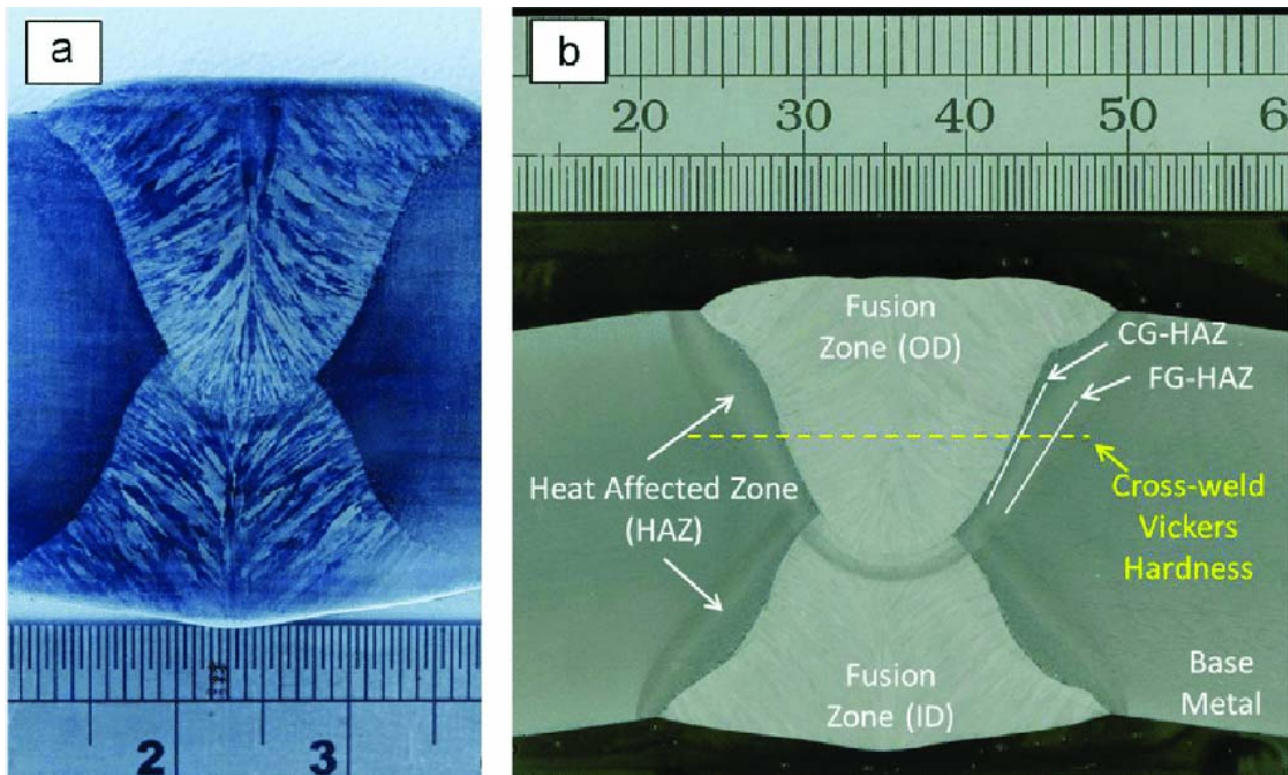
*- پاراگراف 9.2.2.8- فعالیت‌های جوشکاری باید مطابق با روش‌های جوشکاری تأیید شده انجام شود ولی تهیه ورق‌های تست (Production-weld test plates) نیازی نمی باشد.



تصویر ۴۱۲: محل برش قطعه چارپی مورد نیاز برای تست ضربه از منطقه HAZ

نکته‌ی مهم:

چنانچه هنگام انجام آزمایش PQR، به تست ضربه نیاز باشد می بایست به نکته ظریفی دقت کرد. هنگام انجام آزمایش PQR، در فرآیندهای SMAW و GTAW بایستی WPS ها را مطابق با جدول های QW-253 و QW-256 استاندارد ASME Sec. IX تهیه و تنظیم نمود. در این جدولها پارامترهایی به عنوان متغیرات تکمیلی (Supplementary Essential) وجود دارد که هنگام نیاز به تست ضربه به حالت متغیرات اساسی (Essential) تغییر می یابند یعنی هرگونه تغییر در پارامترهای مربوط به این ستون در جدولهای فوق الذکر منجر به تهیه PQR جدید می شود. در این جدولها یکی از آیتم هایی که تغییر در آن نیاز به PQR جدید دارد تغییر در Gr. No. هر متریل است. به عنوان مثال، چنانچه PQR از متریل A516 Gr.60 با مشخصه P No.1- Gr. No.1 تهیه شده باشد، این PQR، نمی تواند WPS مربوط به متریل A516 Gr.70 با مشخصه P No.1- Gr. No.2 را پشتیبانی (Support) کند، زیرا Gr. No. متریل تغییر کرده است. حال نکته ظریف اینجاست، وقتی مطابق با پاراگراف QW-403.5، تست ضربه درخواستی شامل تست ضربه از منطقه متأثر از حرارت جوش (HAZ) نباشد موضوع تغییر در Gr. No. متریل در تست PQR تاثیر ندارد و نیازی به PQR جدید ندارد. این مطلب زمانی در مخازن ذخیره ای کاربرد مهمی محسوب می شود که مطابق پاراگراف 9.2.2.3 از استاندارد API 650 تست ضربه از منطقه متأثر از حرارت جوش (HAZ) درخواست شده است که از فرآیندهای جوش اتوماتیک و نیمه اتوماتیک استفاده شده باشد در غیر اینصورت نیازی نیست و مطابق این پاراگراف چنانچه درخواست تست ضربه از منطقه متأثر از حرارت جوش (HAZ) نشده باشد، تغییر در Gr. No. نیاز به PQR جدید ندارد و این موضوع نکته بسیار ظریفی برای متریل های مختلف از یک گروه P No. ولی با Gr. No. های متفاوت می باشد.



تصویر ۴۱۳: Etching کردن برای تشخیص میزان منطقه‌ی HAZ

☀ - تست ضربه در Piping براساس استاندارد ASME B31.3-2016

متریال هایی که بر اساس دمای سرویس نیاز به انجام تست ضربه دارند بطور مفصل در Chapter III Materials در استاندارد ASME B31.3 توضیح داده شده است.

* - پاراگراف 323.2.2 (Lower Temperature Limits, Listed Materials):

محدوده‌ی دماهای پایین تر، متریال های لیست شده. به Appendix F پاراگراف F323.2.2 نگاه کنید.

(a) - متریالی که در لیست قرار دارد ممکن است در هر درجه حرارتی که کمتر از مقدار نشان داده شده در جدول Table A-1 or A-1M نباشد مورد استفاده قرار گیرد مشروط بر اینکه فلز پایه، فلز جوشهای رسوب یافته و ناحیه متأثر از حرارت جوش (HAZ) چنانچه در ستون A از جدول 323.2.2 لازم دیده باشد مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته باشند.

(b) - برای فولادهای کربنی که در ستون مربوط به حداقل درجه حرارت جدول Table A-1 or A-1M با یک حرف علامت گذاری شده اند حداقل درجه حرارت آنها بوسیله منحنی مربوطه و یادداشتهای تصویر ۴۲۰ Fig 323.2.2A تعیین می گردد. چنانچه ترکیبی از حداقل درجه حرارت طراحی و ضخامت در روی منحنی یا بالای منحنی قرار داشته باشند تست ضربه نیاز نمی باشد.

(c) - متریالی که در لیست قرار دارد می تواند در دمایی کمتر از حداقل دمای نشان داده شده در جدول Table A-1 یا A-1M تصویر ۴۲۰ Fig.323.2.2A (از جمله یادداشتهای آن) مورد استفاده قرار گیرد مگر اینکه در جدول 323.2.2 یا جدول Table A-1 یا در هر جای دیگر کد، منع شده باشد و مشروط بر اینکه فلز پایه، فلز جوش رسوب یافته و ناحیه متأثر از حرارت (HAZ) چنانچه در ستون (B) از جدول 323.2.2 لازم دیده باشد مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته باشد.

(d) - تصویر ۴۲۴ Fig.323.2.2B زمینه های بیشتری برای استفاده از فولادهای کربنی که بوسیله پاراگرافهای (b), 323.2.2(a) پوشش داده شده است را فراهم می سازد بدون اینکه تست ضربه انجام شود وقتی که تمام موارد زیر کاربرد داشته باشد.

● - در سرویس دمای بالا (elevated temperature service) نباشد.

● - برای تحمل کردن بارگذاری ضربه ای و ناگهانی یا کرنش حرارتی هیچ انتظار یا توقعی وجود نداشته باشد.

● - شامل جوشهای مابین متریال های غیر هم جنس (مثل اتصالات جوشی بین فولادهای زنگ نزن آستنیتی و فولادهای فریتی) نباشد.

● - جاییکه نسبت تنش تعریف شده در تصویر ۴۲۴ Fig.323.2.2B کمتر از یک باشد،

(1) - برای حداقل دمای طراحی -48°C (-55°F) و بالاتر، پایین ترین دمای طراحی فلز که مطابق با پاراگراف های (b) 323.2.2 نیاز به انجام تست ضربه ندارند (معافیت دمایی)، ممکن است برای متریال و ضخامت های مشخص شده به میزان کاهش دمای ارائه شده در تصویر ۴۲۴ Fig.323.2.2B و به نسبت تنش قابل کاربرد، کاهش یابد. اگر درجه حرارت حاصله کمتر از حداقل درجه حرارت طراحی فلز باشد لازم نیست آن متریال تست ضربه شود در این صورت سیستم لوله کشی باید با الزامات زیر مطابقت داشته باشد:

(a) - فشار تست نشت یابی (Leak test) لوله کشی های فرآیندی نباید از ۱/۵ برابر فشار طراحی کمتر باشد.

توجه ویژه: در این پاراگراف بنظر تناقضی وجود دارد. این پاراگراف در ویرایش سال 2016 تغییر کرده است و بجای واژه‌ی هیدرواستاتیک تست (Hydrostatic test) از واژه‌ی تست نشت یابی (Leak test) استفاده شده است. وقتی به پاراگراف 345 از همین استاندارد یعنی ASME B31.3 مراجعه کنیم مشخص می شود واژه‌ی (Leak test) بصورت یک واژه‌ی عام آمده است یعنی (Leak test) شامل تستهای زیر می شود:

Hydrostatic leak test ●→ The hydrostatic test pressure at every point in a metallic piping system shall be as follows: (a) not less than 1.5 times the design pressure. (b) when the design temperature is greater than the test temperature, the minimum test pressure, at the point under consideration, shall be calculated using eq. (24).

Pneumatic leak test ●→ The test pressure shall be not less than 1.1 times the design pressure and shall not exceed the lesser of (a) 1.33 times the design pressure (b) the pressure that would exceed 90% of the pressure described in para. 345.2.1(a)

Initial service leak test ●→ This test is applicable only to piping in Category D Fluid Service

Sensitive leak test ●→ the test pressure shall be at least the lesser of 105 kPa (15 psi) gage or 25% of the design pressure.

Alternative leak test ●→ Circumferential, longitudinal, and spiral (helical seam) groove welds shall be 100% radiography or 100% ultrasonic and All welds, including structural attachment welds, shall be examined using the PT or MT

با توجه به مطالب فوق می بینیم عملاً با در نظر گرفتن دامنهی (Leak test) نمی تواند فشار مشخص ۱/۵ برابر فشار طراحی را داشته باشد و این تناقض است.

(b) - به جزء در مورد لوله های با ضخامت اسمی $1/2$ in. (13mm) یا کمتر، سیستم لوله کشی باید در هنگام تست از بارهای خارجی از قبیل بارهای نگهدارنده، بارهای ضربه ای و شوک های حرارتی بطور ایمنی محافظت گردد (ضمیمه D را ببینید.)

(2) - برای حداقل دمای طراحی کمتر از 48°C - تست ضربه برای تمام متریال ها بجز آنهایی که در یادداشت کلی b در تصویر ۴۲۴ Fig. 323.2.2B آمده است، باید انجام گردد.

(e) - تنش مجاز یا تنش اسمی قطعات در هر دمایی زیر حداقل دمای نشان داده شده در جدولهای A-1 or A-1M یا تصویر ۴۲۰ Fig 323.2.2A نباید از مقدار تنش قطعه در حداقل دمای قید شده در جدول A-1 or A-1M یا استاندارد تجاوز کند.

(f) - برای ترکیبی از شرایط فلز جوش و حداقل دمای طراحی به شرح ذیل، تست ضربه نیاز نمی باشد:

(1) - برای فلزات پایه که فولاد زنگ نزن آستنیتی هستند و مقدار کربن آنها بیشتر از ۰/۱ درصد نباشد و بدون استفاده از فیلر متال جوش شده باشند و حداقل دمای طراحی آنها -101°C (-150°F) و بیشتر باشد.

(2) - برای فلز جوشهای آستنیتی که:

(a) - مقدار کربن آنها از ۰/۱ درصد بیشتر نباشد و بوسیله فیلر متالی تولید شده باشند که با AWS A5.4, A5.9, A5.11, A5.14 و یا AWS A5.22 مطابقت داشته باشند و حداقل دمای طراحی آنها -101°C (-150°F) و بیشتر باشد و یا:

(b) - مقدار کربن آنها از ۰/۱ درصد تجاوز نماید و بوسیله فیلر متالی تولید شده باشند که با AWS A5.4, A5.9, A5.11, A5.14 و یا AWS A5.22 مطابقت داشته باشند و حداقل دمای طراحی آنها -48°C (-55°F) و بیشتر باشد.

توضیح:

جدول 323.2.2 در سه ستون تنظیم شده است، ستون اول مربوط به دسته بندی متریال ها در دو گروه "لیست شده و لیست نشده" می باشند، ستون دوم تحت نام ستون (A) مقرراتی است که برای متریالی هایی کاربرد دارند که دارای حداقل دمای طراحی برابر یا بالاتر از حداقل دمای مشخص شده در جدولهای Table A-1 or A-1M یا در تصویر ۴۲۰

Fig 323.2.2A می باشند، ستون سوم تحت نام ستون (B) مقرراتی است که برای متریال هایی کاربرد دارند که دارای حداقل دمای طراحی، پایین تر از حداقل دمای مشخص شده در جدول Table A-1 or A-1M یا در تصویر ۴۲۰ Fig 323.2.2A می باشند

خلاصه ای از توضیحات بالا:

ابتدا به جدول 323.2.2 رجوع میکنیم، ضمن شناسایی گروه متریال با توجه به ستون (A) یا (B) این جدول ضرورت تست ضربه (Impact) مشخص می شود. در Fig 323.2.2A، نمودار حداقل دمای بدون نیاز به تست ضربه (Impact) برای کربن استیل ها مشخص شده است. در این نمودار ستون عمودی مربوط به حداقل دما و ستون افقی مربوط به ضخامت است. در این نمودار چهار منحنی (Curve) تحت عنوانهای A, B, C & D وجود دارد که هر منحنی (Curve) نماینده یک گروه از متریال ها است. چنانچه محل تلاقی ضخامت و دما در زیر منحنی (Curve) واقع شود آن متریال با آن ضخامت و در آن دما نیاز به تست ضربه (Impact) دارد.

سوال: هر منحنی (Curve) نماینده کدام متریال هاست؟ برای اینکه بدانیم متریال مورد نظر متعلق به کدامیک از منحنی ها می باشد، به جدول Table A-1 که در انتهای استاندارد B31.3 است رجوع می کنیم. در جدول های Table A-1 or A-1M حداقل دمای متریال به دو شکل عددی مانند -20°F یا حروفی مانند B یا A نشان داده شده است که این حروف لاتین نمایانگر منحنی (Curve) متریال ها هستند که در تصویر ۴۲۰ Fig 323.2.2A قابل مشاهده می باشد مانند موارد زیر:

- *- منحنی (Curve) مربوط به متریال A 106 Gr. A منحنی B است.
- *- منحنی (Curve) مربوط به متریال A 672 Gr. A50 منحنی B است.
- *- حداقل دمای مربوط به متریال 6 A 333 Gr. دمای -45°C (-50°F) است
- *- منحنی (Curve) مربوط به متریال A 671 Gr. CC60 منحنی C است.
- *- منحنی (Curve) مربوط به متریال A 671 Gr. CD70 منحنی D است.

نکته‌ی قابل توجهی این جدول اینست که مشخصات برخی از لوله های درز دار با مشخصات شکل تولید اولیه‌ی آنها که بصورت ورق می باشد متفاوت است و در این جدول برای مشخص نمودن خواص مکانیکی آنها بایستی به مشخصات تولید لوله آنها که ورق می باشد مراجعه نمود. لازم بذکر است در این جدول در کنار مشخصات چنین لوله هایی مشخصات ورق آنها نیز قید شده است مثل نمونه های زیر:

A 516 Gr. 60 (Plate)-----A 671 Gr CC60 (Pipe)
 A 285 Gr. A (Plate)-----A 672 Gr A45 (Pipe)
 A 285 Gr. C (Plate)-----A 672 Gr A55 (Pipe)
 A 285 Gr. A (Plate)-----A 134 Gr 1 (Pipe)

نمونه ای از جدول های Table A-1 or A-1M از استاندارد ASME B31.3-2016 که حداقل دمای مشخص شده برحسب فارینهایت و سانتیگراد مربوط به متریال ها را نشان می دهد که بعضاً بصورت حرف انگلیسی که نماینده نمودار متریال و بعضاً عدد است که حداقل دمای آن متریال می باشد را در این جدول می توان دید.

مثال: با استفاده از جدول A-1M حداقل و حداکثر دمای متریال های A53 Gr. A, A420 Gr. WPL6 را مشخص نمایید.

با بررسی جدول Table A-1M حداقل و حداکثر دمای استفاده از متریال های فوق به شرح زیر است:

- *- متریال A53 Gr. A حداقل 7°C و حداکثر 204°C
- *- متریال A420 Gr. WPL6 حداقل 46°C و حداکثر 538°C

(16) **Table A-1M Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Metric) (Cont'd)**
Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	UNS No.	Class/Cond./Temper	Size, mm	P-No. (5)	Notes	Min. Temp., °C (6)	Min. Tensile Str., MPa	Min. Yield Str., MPa	Max. Use Temp., °C
6	Carbon steel	Pipe & tube	A53	A	K02504	...	...	1	(2)(8a)	-7	331	207	204
112	Carbon steel	Forgings & fittings	A420	WPL6	K03006	...	...	1	(57)	-46	414	241	538

تصویر ۴۱۴: نمونه ای از پیدا کردن حداقل و حداکثر دما از جدول ASME B31.3-2016 -Table-A-1M
توجه: حداقل دمای بعضی از متریالها با یکی از حروف انگلیسی A, B, C & D مشخص شده که نمایانگر Curve مربوط به آن متریال است. مانند متریالهای زیر:

(16) **Table A-1M Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Metric) (Cont'd)**
Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	UNS No.	Class/Cond./Temper	Size, mm	P-No. (5)	Notes	Min. Temp., °C (6)	Min. Tensile Str., MPa	Min. Yield Str., MPa	Max. Use Temp., °C
7	Carbon steel	Pipe & tube	A139	A	...	...	...	1	(2)(8b)	A	331	207	149
24	Carbon steel	Pipe & tube	A671	CB60	K02401	...	...	1	(2)(57)(67)	B	414	221	593
23	Carbon steel	Pipe & tube	A671	CC60	K02100	...	...	1	(2)(57)(67)	C	414	221	538
59	Carbon steel	Pipe & tube	A691	CMSH-70	K12437	...	≤64	1	(2)(67)	D	483	345	371

تصویر ۴۱۵: حداقل دمای متریال ها که با Curve مشخص شده، در جدول ASME B31.3-2016 -Table-A-1M

***- در جدول Table A-1 همه متریال ها بصورت زیر دسته بندی شده اند:

- **Iron Casting** (Gray, Cupola malleable, Malleable, Ferritic ductile, Austenitic ductile, Ductile)
- **Carbon Steel** (Pipes, Tubes, Pipes (Structural Grade) Plates, Bars, Shapes, Sheets, Forgings and Fittings, Castings)
- **Low and Intermediate Alloy Steel** (Pipes, Tubes, Plates, Forgings, Fittings, Castings)
- **Stainless Steel** (Pipes, Tubes, Plates, Sheets, Forgings, Fittings, Bar, Castings)
- **Copper and Copper Alloy** (Pipes, Tubes, Plates, Sheets, Forgings, Castings, Rod)
- **Nickel and Nickel Alloy** (Pipes, Tubes, Plates, Sheets, Forgings, Fittings, Rod, Bar, Castings,)
- **Titanium and Titanium Alloy** (Pipes, Tubes, Plates, Sheets, Forgings)
- **Zirconium and Zirconium Alloy** (Pipes, Tubes, Plates, Sheets, Forgings, Bar)
- **Aluminum Alloy** (Seamless and Welded Pipes and Tubes, Structural Tubes, Plates, Sheets, Forgings, Fittings, Castings)

یادداشت‌های جدول 323.2.2:

(۱)- فولادهای کربنی که با موارد زیر مطابقت دارند شامل محدودیت های بیان شده در ردیف B-2 می گردند:
ورق های ASTM A36 و A283 و A570 و لوله های ASTM A134 که از این نوع ورقها ساخته شده اند و قالبهای ساختمانی ASTM A992 و لوله های ASTM A53 Type F و API 5L Gr. A25 که بصورت لب به لب جوشکاری می شوند.

(۲)- تست های ضربه ای که الزامات جدول 323.3.1 را برآورده می نمایند و به عنوان بخشی از ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری، تمام الزامات پاراگراف 323.2.2 را بر آورده نموده اند برای جوشهای Production نیازی به انجام تکرار ندارند.

Table A-1 Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Cont'd)
Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Material	Spec. No.	Type/ Grade	UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size, in.	P-No. (5)	Notes	 Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi		Min. Temp. to 100	200	300
									Tensile	Yield			
Carbon Steel													
Pipes and Tubes (2)													
A285 Gr. A	A134	...	...	...	...	1	(8b)(57)	B	45	24	15.0	14.7	14.2
A285 Gr. A	A672	A45	K01700	...	...	1	(57)(59)(67)	B	45	24	15.0	14.7	14.2
Butt weld Smls & ERW	API 5L	A25	...	...	...	1	(8a)(77)	-20	45	25	15.0	15.0	14.7
	API 5L	A25	...	...	...	1	(57)(59)(77)	B	45	25	15.0	15.0	14.7
...	A179	...	K01200	...	...	1	(57)(59)	-20	47	26	15.7	15.7	15.3
Type F	A53	A	K02504	...	...	1	(8a)	20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A139	A	...	...	...	1	(8b)	A	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A587	...	K11500	...	...	1	(57)(59)	-20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A53	A	K02504	...	...	1	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A106	A	K02501	...	...	1	(57)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A135	A	...	...	...	1	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A369	FPA	K02501	...	...	1	(57)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	API 5L	A	...	...	...	1	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
A285 Gr. B	A134	...	...	...	...	1	(8b)(57)	B	50	27	16.7	16.5	15.9
A285 Gr. B	A672	A50	K02200	...	...	1	(57)(59)(67)	B	50	27	16.7	16.5	15.9
A285 Gr. C	A134	...	...	...	...	1	(8b)(57)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A524	II	K02104	...	...	1	(57)	-20	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A333 1	1	K03008	...	...	1	(57)(59)	-50	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A334 1	1	K03008	...	...	1	(57)(59)	-50	55	30	18.3	18.3	17.7
A285 Gr. C	A671	CA55	K02801	...	...	1	(59)(67)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
A285 Gr. C	A672	A55	K02801	...	...	1	(57)(59)(67)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
A516 Gr. 55	A672	C55	K01800	...	...	1	(57)(67)	C	55	30	18.3	18.3	17.7
A516 Gr. 60	A671	CC60	K02100	...	...	1	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
A515 Gr. 60	A671	CB60	K02401	...	...	1	(57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A515 Gr. 60	A672	B60	K02401	...	...	1	(57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A516 Gr. 60	A672	C60	K02100	...	...	1	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
...	A139	B	K03003	...	...	1	(8b)	A	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A135	B	K03018	...	...	1	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A524	I	K02104	...	...	1	(57)	-20	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A53	B	K03005	...	...	1	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A106	B	K03006	...	...	1	(57)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A333 6	6	K03006	...	...	1	(57)	-50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A334 6	6	K03006	...	...	1	(57)	-50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A369	FPB	K03006	...	...	1	(57)	-20	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A381	Y35	...	...	...	1	...	A	60	35	20.0	20.0	20.0
...	API 5L	B	...	...	...	1	(57)(59)(77)	B	60	35	20.0	20.0	20.0

تصویر ۴۱۶: نمونه ای از جدول ASME B31.3-2016-Table-A-1

- (۳) - برای فولادهای کربنی، چنانچه حداقل دمای طراحی برابر یا بیشتر از -104°C (-155°F) باشد و حداقل دمای بدون تست ضربه برابر یا کمتر از حداقل دمای طراحی باشد که بر اساس قانون نسبت تنش (Stress Ratio) که در تصویر ۴۲۴ 323.2.2B مشخص شده است، مورد استفاده قرار گیرند، تست ضربه ضروری نمی باشد.
- (۴) - وقتی حداکثر عرض (در امتداد شیار) نمونه تهیه شده برای تست ضربه کمتر از 2.5mm (0.098in.) باشد، تست ضربه الزامی نمی باشد، تحت این شرایط و جایی که نسبت تنش (Stress Ratio) تعریف شده در تصویر 323.2.2B از 0.3 تجاوز کرده باشد حداقل دمای طراحی نباید کمتر از دمای پایینی -48°C (-55°F) یا حداقل دمای مشخص شده در جدول Table A-1 or A-1M باشد.

Table A-1M Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Metric) (Cont'd)
Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	UNS No.	Class/Cond./Temper	Size, mm	P-No. (5)	Notes	Min. Temp., °C (6)	Min. Tensile Str., MPa	Min. Yield Str., MPa	Max. Use Temp., °C
30	Carbon steel	Pipe & tube	A53	B	K03005	...	...	1	(2)(57)(59)	B	414	241	593
31	Carbon steel	Pipe & tube	A106	B	K03006	...	...	1	(2)(57)	B	414	241	593
32	Carbon steel	Pipe & tube	A333	6	K03006	...	...	1	(2)(57)	-46	414	241	593
33	Carbon steel	Pipe & tube	A334	6	K03006	...	...	1	(2)(57)	-46	414	241	593
34	Carbon steel	Pipe & tube	A369	FPB	K03006	...	...	1	(2)(57)	-29	414	241	593
35	Carbon steel	Pipe & tube	A381	Y35	...	...	...	1	(2)	A	414	241	593
36	Carbon steel	Pipe & tube	API 5L	B	...	...	...	1	(2)(57)(59)(77)	B	414	241	593
37	Carbon steel	Pipe & tube	A139	C	K03004	...	...	1	(2)(8b)	A	414	290	149
38	Carbon steel	Pipe & tube	A139	D	K03010	...	...	1	(2)(8b)	A	414	317	149
39	Carbon steel	Pipe & tube	API 5L	X42	...	...	...	1	(2)(55)(77)	A	414	290	204
40	Carbon steel	Pipe & tube	A381	Y42	...	...	...	1	(2)	A	414	290	204
41	Carbon steel	Pipe & tube	A381	Y48	...	...	...	1	(2)	A	427	331	343
42	Carbon steel	Pipe & tube	API 5L	X46	...	...	...	1	(2)(55)(77)	A	434	317	204
43	Carbon steel	Pipe & tube	A381	Y46	...	...	...	1	(2)	A	434	317	204
44	Carbon steel	Pipe & tube	A381	Y50	...	...	...	1	(2)	A	441	345	343
45	Carbon steel	Pipe & tube	A671	CC65	K02403	...	...	1	(2)(57)(67)	B	448	241	538
46	Carbon steel	Pipe & tube	A671	CB65	K02800	...	...	1	(2)(57)(67)	A	448	241	593
47	Carbon steel	Pipe & tube	A672	B65	K02800	...	...	1	(2)(57)(67)	A	448	241	593
48	Carbon steel	Pipe & tube	A672	C65	K02403	...	...	1	(2)(57)(67)	B	448	241	593
49	Carbon steel	Pipe & tube	A139	E	K03012	...	...	1	(2)(8b)	A	455	359	149
50	Carbon steel	Pipe & tube	API 5L	X52	...	...	...	1	(2)(55)(77)	A	455	359	204
51	Carbon steel	Pipe & tube	A381	Y52	...	...	...	1	(2)	A	455	359	204
52	Carbon steel	Pipe & tube	A671	CC70	K02700	...	...	1	(2)(57)(67)	B	483	262	538
53	Carbon steel	Pipe & tube	A671	CB70	K03101	...	...	1	(2)(57)(67)	A	483	262	593
54	Carbon steel	Pipe & tube	A672	B70	K03101	...	...	1	(2)(57)(67)	A	483	262	593
55	Carbon steel	Pipe & tube	A672	C70	K02700	...	...	1	(2)(57)(67)	B	483	262	593
56	Carbon steel	Pipe & tube	A106	C	K03501	...	...	1	(2)(57)	B	483	276	427
57	Carbon steel	Pipe & tube	A671	CD70	K12437	...	≤64	1	(2)(67)	D	483	345	371
58	Carbon steel	Pipe & tube	A672	D70	K12437	...	≤64	1	(2)(67)	D	483	345	371
59	Carbon steel	Pipe & tube	A691	CMSH-70	K12437	...	≤64	1	(2)(67)	D	483	345	371

تصویر ۴۱۷: نمونه ای از جدول ASME B31.3-2016 -Table-A-1M

(۵) - وقتی حداکثر عرض (در امتداد شیار) نمونه تهیه شده برای تست ضربه کمتر از 2.5mm (0.098in.) باشد، تست ضربه الزامی نمی باشد.

(۶) - برای فولادهای زنگ نزن آستنیتی تست ضربه الزامی نمی باشد، اگر حداقل دمای طراحی بیشتر یا برابر با دمای -104°C (-155°F) باشد و نسبت تنش (Stress Ratio) تعریف شده در تصویر ۴۲۴ Fig. 323.2.2B از 0.3 تجاوز نکرده باشد.

(۷) - تستها ممکن است شامل ازدیاد کشش (درصد تغییر طول)، استحکام کششی با شیار (در مقایسه با استحکام کششی بدون شیار) و یا دیگر تستها در حداقل دمای طراحی یا زیر حداقل دمای طراحی انجام شوند. همچنین به پاراگراف 323.3.4 نگاه کنید.

Table 323.2.2 الزامات تستهای چقرمگی در درجه حرارت پایین برای فلزات این الزامات تستهای چقرمگی علاوه بر تستها ئی است که بنا به مشخصات متریال لازم است انجام شود							نوع متریال	323
ستون B حداقل درجه حرارت طراحی کمتر از حداقل درجه حرارت مندرج در جدول های (A-1 or A-1M) یا شکل (323.2.2A)		ستون A حداقل درجه حرارت طراحی در، یا بالا تر از حداقل درجه حرارت مندرج در جدول های (A-1 or A-1M) یا شکل (323.2.2A)						
۱	چدن خاکستری	A-1	بدون الزامات اضافی	B-1	بدون الزامات اضافی			
۲	چدن مایلبل و چدن داکتیل، فولاد کربن استیل طبق یادداشت (1)	A-2	بدون الزامات اضافی	B-2	متریال مشخص شده در ردیف دو(۲) نباید مورد استفاده قرار گیرد.			
		(a)	فلز مبنا	(b)	فلز جوش و ناحیه متاثر از جوش (HAZ) یادداشت ۲			
۳	سایر فولادهای کربنی، فولادهای کم آلیاژی و آلیاژ متوسط، فولاد فریتی پر الیاژ، فولاد زنگ نزن دوپلکس (دو فازی)	A-3(a)	بدون الزامات اضافی	A-3(b)	اگر حداقل درجه حرارت طراحی کمتر از (۲۰-) درجه فارینهایت یا (۲۹-) درجه سانتیگراد باشد فلز جوش رسوب یافته طبق پاراگراف (323.3) باید مورد تست ضربه قرار گیرد به استثناء مواردی که در یادداشتهای (۳) و (۴) قید گردیده و همچنین به استثناء موارد زیر: برای متریال های لیست شده برای منحنی های C و D از شکل (323.2.2A) که متریال جوشکاری مصرف شونده مربوطه توسط تست ضربه در حداقل درجه حرارت طراحی یا کمتر از آن مطابق مشخصات فنی (AWS) مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته باشند تست اضافی نیاز نمی باشد.	B-3	به استثناء مواردی که در یادداشتهای (۳) و (۴) قید گردیده، فلزات مبنا را که طبق مشخصات (ASTM) در پاراگراف (323.3.2) لیست شده اند باید مورد عملیات حرارتی قرار گرفته و سپس فلز مبنا، فلز جوش رسوب یافته و ناحیه متاثر از حرارت جوش (HAZ) طبق پاراگراف (۳۲۳.۳) مورد تست ضربه قرار گیرند (به یادداشت (۲) نگاه کنید) و قتیکه حداقل درجه حرارت طراحی فلزات در زیر منحنی مربوطه شان باشد همانطور که یادداشتهای (۲) و (۳) از شکل (323.2.2A) مجاز می دانند، فلز جوش و ناحیه متاثر از حرارت جوش (HAZ) باید مورد تست ضربه قرار گیرند(به یادداشت (۲) نگاه کنید)	
۴	فولاد زنگ نزن آستنیتی	A-4(a)	اگر: (۱) - مقدار کربن بیشتر از (۰.۰۱٪) درصد باشد یا (۲) - متریال مورد عملیات حرارتی اتحالی قرار نگرفته باشد تست ضربه طبق پاراگراف (۳۲۳.۳) در حداقل درجه حرارت طراحی کمتر از (۲۰-) درجه فارینهایت یا (۲۹-) درجه سانتیگراد انجام می گیرد به استثناء موارد قید شده در یادداشتهای (۵) و (۶).	A-4(b)	اگر حداقل درجه حرارت طراحی کمتر از (۲۰-) درجه فارینهایت یا (۲۹-) درجه سانتیگراد باشد فلز جوش رسوب یافته باید مورد تست ضربه قرار گیرد به استثناء موارد قید شده در یادداشتهای (۵) و (۶).	B-4	فلزات مبنا و جوشهای رسوب یافته باید طبق پاراگراف (۳۲۳.۳) مورد تست ضربه قرار گیرند (به یادداشتهای (۲) و (۵) و (۶) نگاه کنید)	
۵	چدن داکتیل آستنیتی، ASTM A 571	A-5(a)	بدون الزامات اضافی	A-5(b)	جوشکاری مجاز نمی باشد.	B-5	فلز مبنا باید طبق پاراگراف (۳۲۳.۳) مورد تست ضربه قرار گیرد. درجه حرارتهای کمتر از (۱۹۶-) درجه سانتیگراد یا (۳۲۰-) درجه فارینهایت را یکبار نبرید. جوشکاری مجاز نمی باشد.	
۶	آلومینیوم، مس، نیکل و آلیاژهای آنها، تیتانیوم غیر آلیاژی	A-6(a)	بدون الزامات اضافی	A-6(b)	الزامات اضافی وجود ندارد مگر اینکه ترکیب شیمیایی فلز پر کننده خارج از محدوده ترکیب فلز مبنا باشد که در این صورت طبق ستون (B-۶) تست باید انجام گردد.	B-6	طراح باید بوسیله تستهای (به یادداشت (۷) نگاه کنید) مناسب مطمئن گردد که فلز مبنا، فلز جوش رسوب یافته و ناحیه متاثر از حرارت جوش (HAZ) برای حداقل درجه طراحی مناسب می باشند	
۷	متریالی که در لیست قرار ندارد باید با مشخصات فنی شناخته شده ای مطابقت داشته باشد و جایی که ترکیب، عملیات حرارتی و شکل محصول قابل مقایسه با متریالی باشد که در لیست قرار دارد، الزامات مربوط به متریالی را که در لیست قرار دارد باید برآورده نماید. سایر متریالهایی که در لیست قرار ندارند چنانچه در مقطع قابل کاربرد در ستون (B) مورد نیاز باشد باید مورد ارزیابی کیفی قرار گیرد.							متریال لیست نشده

تصویر ۴۱۸: مقررات تست ضربه برای فلزات در دمای منفی طبق ASME B31.3-2016

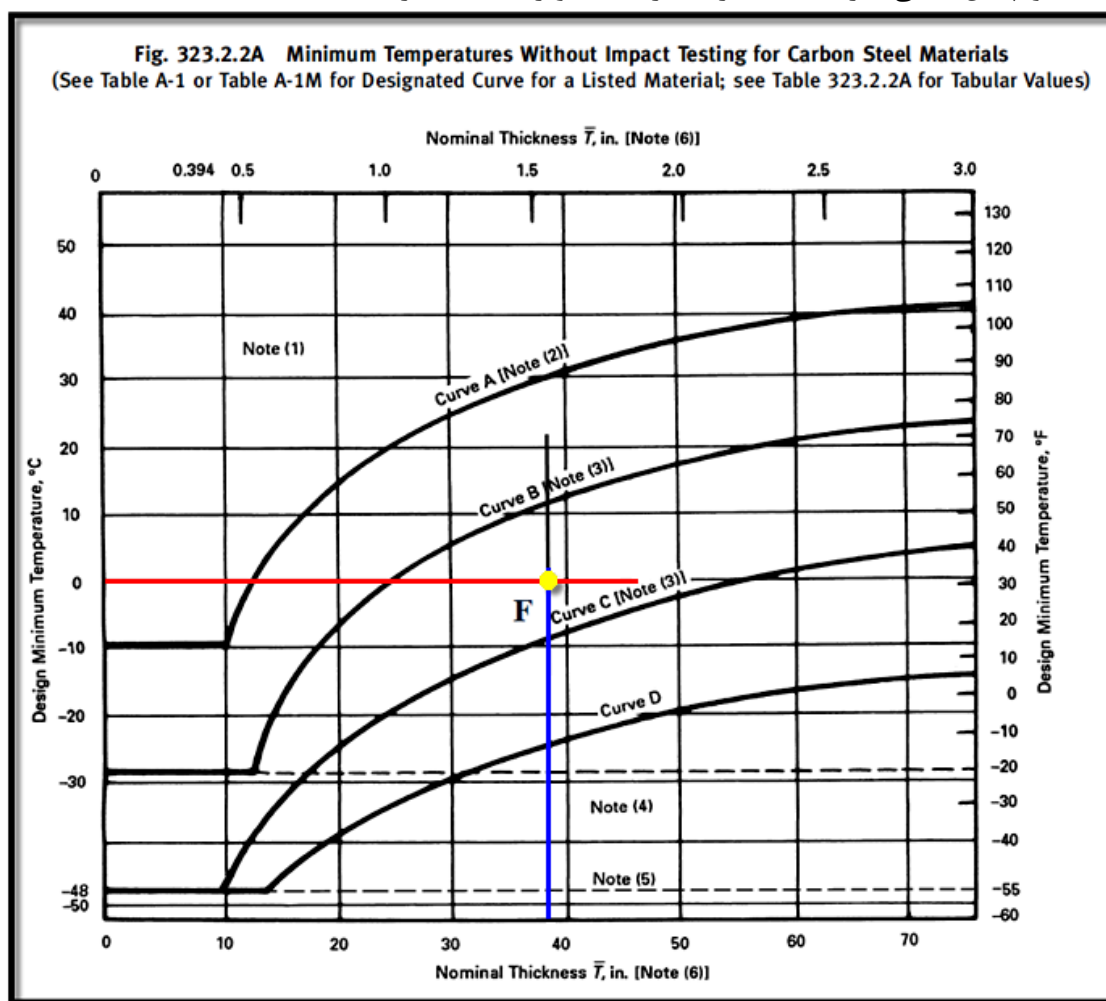
مثال برای اینکه نیاز به تست ضربه‌ی یک متریل چگونه محاسبه می‌شود:
متریل لوله با مشخصه‌ی A671 Gr CC60-Size 20 in. Sch 120 است.
ضخامت لوله 38.1mm است. (مطابق ASME B36.10M)
دمای سرویس خط 0°C است.
با توجه به جدول Table A-1M منحنی مربوط به این متریل، منحنی (C) است.

(16)

Table A-1M Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Metric) (Cont'd)
Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	Class/Cond./UNS No.	Size, mm (5)	P-No. (5)	Notes	Min. Temp., °C (6)	Min. Tensile Str., MPa	Min. Yield Str., MPa	Max. Use Temp., °C
23	Carbon steel	Pipe & tube	A671	CC60	K02100	...	...	1 (2)(57)(67) →	C	414	221	538

تصویر ۴۱۹: حداقل دما برای متریل A671 Gr. CC60 در جدول Table A-1M طبق ASME B31.3-2016
با رسم خطوط دما و ضخامت می‌بینیم محل تقاطع در بالای منحنی (C) است یعنی نقطه‌ی F، بنابراین این متریل با چنین ضخامتی و چنین دمایی نیاز به تست ضربه ندارد. به تصویر ۴۲۰ دقت فرمایید.



تصویر ۴۲۰: نمودار حداقل دما بدون نیاز به تست ضربه برای کربن استیل ها طبق ASME B31.3-2016

یادداشتهای نمودار Fig. 323.2.2A

Fig. 323.2.2A Minimum Temperatures Without Impact Testing for Carbon Steel Materials

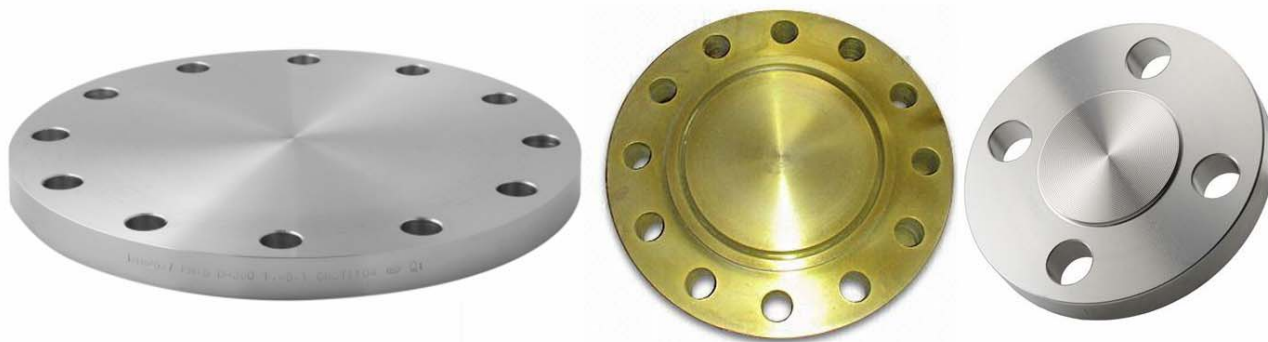
NOTES:

- (1) Any carbon steel material may be used to a minimum temperature of -29°C (-20°F) for Category D Fluid Service.
- (2) X Grades of API 5L, and ASTM A381 materials, may be used in accordance with Curve B if normalized or quenched and tempered.
- (3) The following materials may be used in accordance with Curve D if normalized:
 - (a) ASTM A516 plate, all grades
 - (b) ASTM A671 pipe made from A516 plate, all grades
 - (c) ASTM A672 pipe made from A516 plate, all grades
- (4) A welding procedure for the manufacture of pipe or components shall include impact testing of welds and HAZ for any design minimum temperature below -29°C (-20°F), except as provided in Table 323.2.2, A-3(b).
- (5) Impact testing in accordance with para. 323.3 is required for any design minimum temperature below -48°C (-55°F), except as permitted by Note (3) in Table 323.2.2.
- (6) For blind flanges and blanks, T shall be $\frac{1}{4}$ of the flange thickness.

تصویر ۴۲۱: یادداشتهای شکل B31.3-2016-Fig. 323.2.2A

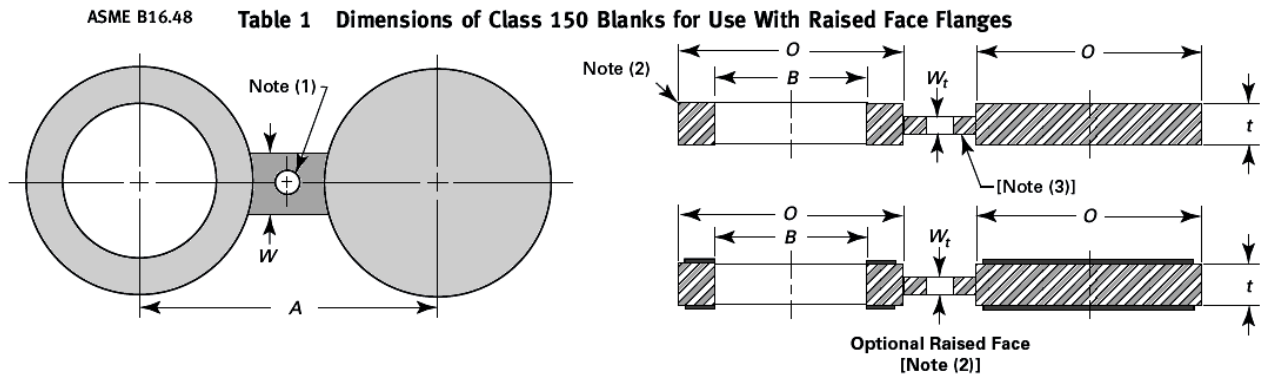
- (۱) - برای دسته‌ی گروه D هر متریال کربن استیلی ممکن است در حداقل دمای -29°C (-20°F) استفاده شود.
- (۲) - متریالهای ASTM A381 و گریدهای لوله های X Grades of API 5L اگر نرمالیز یا کوئینچ و تمپر شده باشند ممکن است از این متریالها مطابق نمودار Curve B استفاده شود.
- (۳) - متریالهای قید شده در زیر اگر نرمالیز شده باشند ممکن است از این متریالها مطابق نمودار Curve D استفاده شود.
 - (a) متریال ورق ASTM A516، تمام گریدهایش
 - (b) متریال لوله‌ی ASTM A671 چنانچه از متریال ورق ASTM A516، تمام گریدهایش ساخته شده باشد.
 - (b) متریال لوله‌ی ASTM A672 چنانچه از متریال ورق ASTM A516، تمام گریدهایش ساخته شده باشد.
- (۴) - سازنده‌ی لوله یا کلیه‌ی اجزای سیستم لوله کشی صنعتی می بایست دستورالعمل جوشکاری او برای حداقل دمای طراحی زیر -29°C (-20°F) شامل تست ضربه از جوش و منطقه‌ی متأثر از حرارت جوش (HAZ) باشد مگر اینکه مطابق شرایط A-3(b) از جدول Table 323.2.2 تهیه شده باشد.
- (۵) - مطابق پاراگراف 323.2.2 برای هر حداقل دمای طراحی زیر -48°C (-55°F) تست ضربه نیاز است مگر اینکه مطابق زیرنویس (3) از جدول Table 323.2.2 مجاز شناخته شده باشد.
- (۶) - برای دریوش فلنجهای (Blind flanges) و مسدود کننده‌ی بین فلنجهای (Blanks) ضخامت اسمی T آنها می بایست $\frac{1}{4}$ ضخامت فلنج باشد.

Blind Flange. A flange used to close the end of a pipe. It produces a blind end which is also known as a dead end.



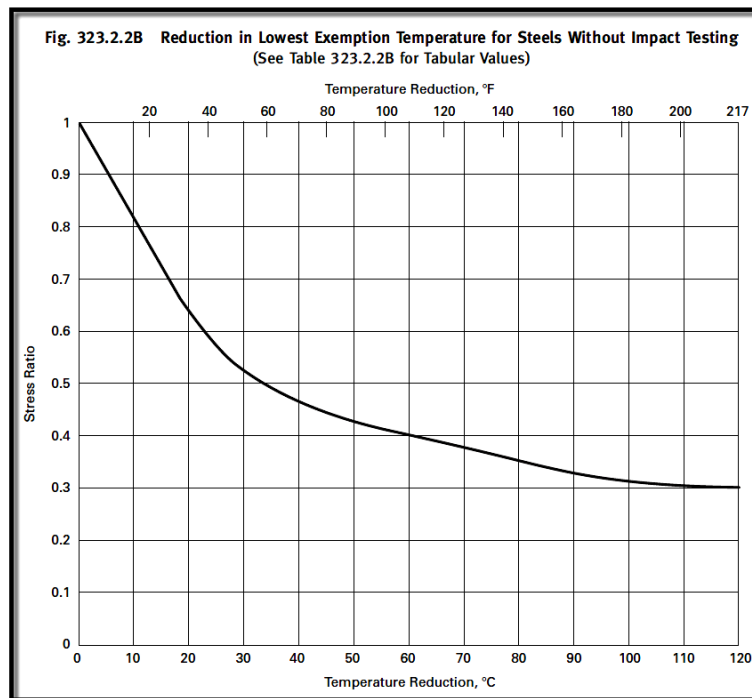
تصویر ۴۲۲: Blind Flange

Blank Flange. A flange that is not drilled but is otherwise complete.



تصویر ۴۲۳: Blank Flange

***- نمودار معافیت کاهش دمای پایین تر برای فولادها بدون نیاز به تست ضربه



تصویر ۴۲۴: کاهش در حداقل دمای طراحی بدون نیاز به تست ضربه مطابق ASME B31.3-2016

یادداشت‌های مربوط به نمودار Fig. 323.2.2B:

(a) - نسبت تنش به معنی حداکثر موارد زیر تعریف گردیده است:

(1) - تنش فشاری محیطی در نظر گرفته شده برای شرایط زیر (بر اساس مقادیر مجاز حداقل ضخامت لوله) تقسیم بر (S) حداقل درجه حرارت طراحی.

(2) - برای اجزاء تشکیل دهنده سیستم لوله کشی با درجات متفاوت فشار، میزان فشار تحت شرایط مورد نظر تقسیم بر میزان فشار در شرایط مورد نظر.

(3) - تنش ترکیبی ناشی از فشار، بارهای مرده و زنده (dead loads, live loads) و کشش (ازدیاد طول) ناشی از جابجایی برای شرایط مورد نظر تقسیم بر تنش مجاز اصلی در شرایط مورد نظر. در محاسبه‌ی تنش ترکیبی ناشی از فشار و گشتاورهای سیستم لوله کشی و برای نگهداری این بارهای ترکیبی و کشش (ازدیاد طول) ناشی از جابجایی می بایست با

استفاده از ابعاد اسمی و تنشها مطابق معادله های (23a) through (23d) eqs. با گرفتن تمام شاخص های تنش بعنوان $I_a = I_i = I_o = I_t = 1.0$ و با استفاده از خصوصیات سطح مقطع مبنی بر کاهش ابعاد اسمی ناشی از خوردگی و همچنین با نگاه کردن به Appendix F, para. F323.2.2 محاسبه گردد.

(b) - تست ضربه الزامی نمی باشد، اگر حداقل دمای طراحی بیشتر یا برابر با دمای -104°C (-155°F) باشد و نسبت تنش (Stress Ratio) (تعریف شده در تصویر ۴۲۴ (Fig. 323.2.2B) از 0.3 تجاوز نکرده باشد.

(c) - وقتی نسبت تنش (Stress Ratio) تعریف شده در تصویر ۴۲۴ (Fig. 323.2.2B) از 0.3 بیشتر باشد پایین ترین دما، حداقل دمای طراحی مجاز -48°C (-55°F) می باشد.

مثالی برای استفاده از نمودار Fig. 323.2.2B

جهت محاسبه ی ضخامت یک خط Piping با اطلاعات زیر داریم:

Material: A106 Gr. B (Seamless)

OD Pipe size: 12.75 in.

Design Temperature: 0°C

Design Pressure: 500 Psi

Basic Allowable Stresses in Tension (From Table A-1) $\rightarrow 20000$ Psi

E (quality factor from Table A-1B): $\rightarrow = 1$

W (Weld Joint Strength Reduction Factor): From para. 302.3.5(e) $\rightarrow = 1$

Y = (Table 304.1.1 Values of Coefficient Y for $t < D/6$) : $\rightarrow = 0.4$

$t = ?$ From para. 304.1.2 Straight Pipe Under Internal Pressure $\rightarrow$ For $t < D/6$

$$(3a) \quad t = \frac{PD}{2(SEW + PY)}$$

$$t = 500 \times 12.75 / 2 (20000 \times 1 \times 1 + 500 \times 0.4) \rightarrow t = 0.158 \text{ in.} \rightarrow t = 4 \text{ mm}$$

Sch 5 (according ASME B36.10M) $\rightarrow$ Thickness = 3.9 mm (0.156 in.)

*- طبق محاسبه فوق با توجه به داده ها برای این خط Piping ضخامت 0.158 in. مناسب است که این ضخامت تقریباً معادل Sch 5 (0.156 in.) می باشد. حال چنانچه از لوله ای با مشخصه ی Sch 20 که دارای ضخامت (0.25 in.) می باشد استفاده شود. در اینصورت با این افزایش ضخامت یک معافیت کاهش دمای پایین تر برای این متریکال بدون نیاز به تست ضربه حاصل می شود. حال میزان این کاهش چند درجه است؟ اول می بایست مقدار Basic Allowable Stresses in Tension حقیقی این ضخامت جدید را حساب کرد. بصورت زیر:

$$(3a) \quad t = \frac{PD}{2(SEW + PY)}$$

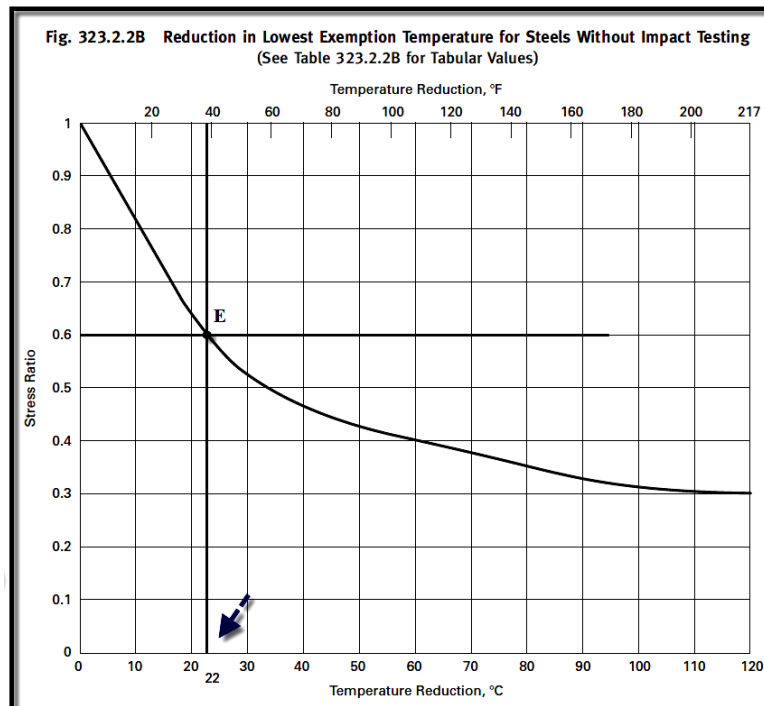
$$0.25 = 500 \times 12.75 / 2 (S \times 1 \times 1 + 500 \times 0.4) \rightarrow 0.25 = 6375 / 2S + 400$$

$$\rightarrow 0.50S = 6375 / (0.25 \times 400) \rightarrow 0.50S = 6375 - 100 \rightarrow S = 6275 / 0.50 \rightarrow S = 12550$$

$$\text{Stress Ratio} = \text{Actual Ratio} / \text{Basic Allowable Stresses} \rightarrow \text{Stress Ratio} = 12550/20000$$

$$\rightarrow \text{Stress Ratio} = 0.6$$

حال مطابق نمودار Fig. 323.2.2B از 0.6 خطی افقی رسم می کنیم تا خط قوسی نمودار را در نقطه ی E قطع کند سپس از نقطه E به خط افقی نمودار خطی عمود رسم می کنیم تا میزان کاهش دما بدون نیاز به تست ضربه مشخص گردد. به نمودار دقت شود، منظور دمای 22°C است. یعنی این متریکال تا دمای -22°C نیاز به تست ضربه ندارد.



تصویر ۴۲۵: کاهش 22°C در حداقل دمای طراحی بدون نیاز به تست ضربه

■ - معیار پذیرش تست ضربه در Piping

برای قضاوت در مورد پذیرش یا عدم پذیرش نتیجه تست ضربه برای کربن استیل و استنلس استیل بایستی به پاراگراف 323.3.5 Acceptance Criteria و جدول 323.3.5 مراجعه شود.

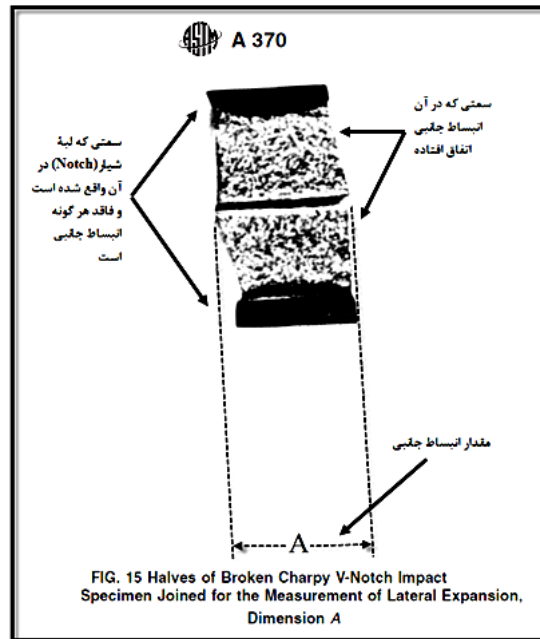
پاراگراف 323.3.5-Acceptance Criteria:

(a) - الزامات حداقل انرژی جذب شده: به استثناء متریکال بکار رفته در پیچ مهره ها، الزامات حداقل انرژی جذب شده برای فولادهای کربنی و کم آلیاژ که حداقل استحکام کششی آنها کمتر از 656 MPa (95 Ksi) باشد باید مطابق با ارقام نشان داده شده در جدول 323.3.5 باشد.

(b) - الزامات انبساط جانبی: میزان انبساط جانبی در طرف مقابل شیار در نمونه های تست سایر فولادهای کربنی و کم آلیاژ که حداقل استحکام کششی آنها معادل یا بیشتر از 656 MPa (95 Ksi) می باشد و تمام متریکال هایی که برای پیچ مهره بکار برده می شوند و تمام فولادهای پر آلیاژ با مشخصه 6, 7 & 8 P No. نباید در هر اندازه کمتر از 0.38mm (0.015in.) باشد. انبساط جانبی عبارت است از اضافه پهنای نمونه ای تست شکسته شده نسبت به نمونه ای تست قبل از شکسته شدن در وجهی از نمونه که تحت ضربه قرار گرفته و در امتداد شیار است. (برای توضیحات بیشتر به استاندارد ASTM A370 مراجعه فرمایید)

(c) - الزامات تست ضربه جوش: وقتی دو فلز پایه که مقدار انرژی جذب شده در تست ضربه آنها متفاوت باشد و بوسیله جوشکاری به همدیگر متصل شده اند، الزامات ارقام انرژی جذب شده در تست ضربه فلز جوش باید با الزامات انرژی جذب شده فلزی که حداقل استحکام کششی آن به حداقل استحکام کششی فلز جوش نزدیکتر باشد، مطابقت داشته باشد.

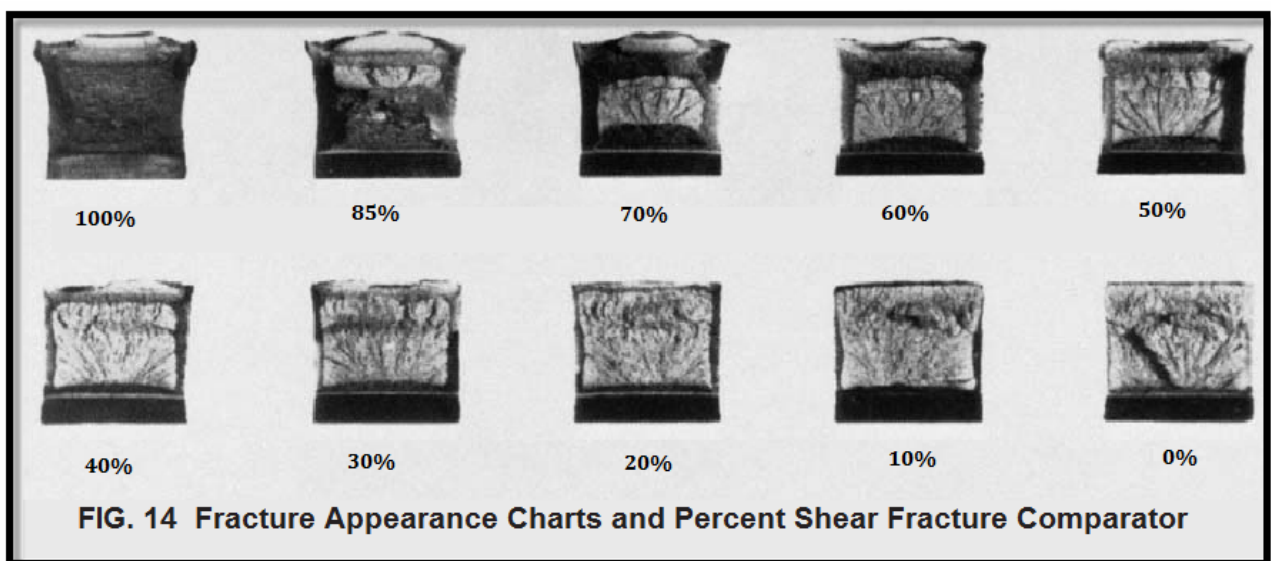
***- توضیح: در اتصالات جوشی دو متریکال با استحکام کششی مختلف، همانطور که برای انتخاب الکتروود مطابق پاراگراف (a) 328.3 در چنین اتصالاتی ملاک استحکام کششی متریکال ضعیف تر است در اینجا نیز در تست ضربه مقدار ژول انرژی لازم طبق جدول (Table 323.3.5) در دو متریکال با استحکام کششی مختلف، ملاک متریکال ضعیف تر است.



تصویر ۴۲۶: نحوه اندازه گیری مقدار انبساط جانبی مطابق ASTM A370-2019 بصورت دستی



تصویر ۴۲۷: نحوه اندازه گیری مقدار انبساط جانبی با گیج (Guage) مخصوص این کار



تصویر ۴۲۸: چارت ظاهری شکست و مقایسه نمودن درصد شکست ناشی از نیروی برش

جدول 323.3.5 به دو بخش تقسیم شده است:

- (a) - مربوط به فولادهای کربنی و فولادهای کم آلیاژ می باشد.
 (b) - مربوط به فولادهای زنگ نزن استنلس استیل با P-No. 8 و فولادهای پر آلیاژ P-No. 6,7 و همچنین متریال ها با حداقل استحکام کششی 656 MPa (95 Ksi) و بیشتر می باشد.

Table 323.3.5 Minimum Required Charpy V-Notch Impact Values					
Specified Minimum Tensile Strength	No. of Specimens [Note (1)]	Energy [Note (2)]			
		Fully Deoxidized Steels		Other Than Fully Deoxidized Steels	
		Joules	ft-lbf	Joules	ft-lbf
(a) Carbon and Low Alloy Steels					
448 MPa (65 ksi) and less	Average for 3 specimens	18	13	14	10
	Minimum for 1 specimen	14	10	10	7
Over 448 to 517 MPa (75 ksi)	Average for 3 specimens	20	15	18	13
	Minimum for 1 specimen	16	12	14	10
Over 517 but not incl. 656 MPa (95 ksi)	Average for 3 specimens	27	20	...	...
	Minimum for 1 specimen	20	15	...	...
Lateral Expansion					
656 MPa and over [Note (3)]	Minimum for 3 specimens	0.38 mm (0.015 in.)			
(b) Steels in P-Nos. 6, 7, and 8					
	Minimum for 3 specimens	0.38 mm (0.015 in.)			

تصویر ۴۲۹: معیار پذیرش تست ضربه در جدول 323.3.5 در ASME B31.3

***- یادداشتهای جدول 323.3.5 :

- (۱) - برای تست های مجدد (Retest) به پاراگراف 323.3.5(d) نگاه کنید.
 (۲) - انرژی جذب شده در این جدول برای نمونه های با ابعاد استاندارد (Full Size) می باشد. برای نمونه های زیر استاندارد (Subsize) این ارقام باید در نسبت عرض نمونه واقعی به عرض نمونه با ابعاد کامل (10mm) ضرب شود. (مثال: چنانچه نمونه کامل بایستی 18J انرژی جذب نماید ولی ابعاد نمونه موجود 3mm است و زیر سایز استاندارد می باشد، مقدار انرژی جذب شده بوسیله این نمونه باید $0.3 \times 18 = 5.4J$ باشد).
 (۳) - برای پیچ و مهره هایی که سطح استحکام آنها در اندازه های M52 و کمتر می باشد، ممکن است الزامات تست ضربه ذکر شده در استاندارد ASTM A320 بکار برده شود. برای پیچ و مهره های بالا تر از M52 الزامات این جدول بکار برده می شود.

■ - تست مجدد ضربه (Retest) در سیستم های لوله کشی (Process Piping)
 323.3.5 (d) - تست مجدد ضربه (Retest)

(1) - برای مواردی که انرژی جذب (For Absorbed Energy Criteria) شده ملاک است: وقتی میانگین ارقام تست ضربه سه نمونه با مقدار حداقل مجاز تعیین شده برای یک نمونه تکی برابر یا بیشتر باشد و رقم دو نمونه یا بیشتر، کمتر از مقدار میانگین مورد نیاز باشد یا وقتی مقدار یکی از نمونه ها کمتر از حداقل مقدار مجاز برای یک نمونه تکی باشد باید سه نمونه دیگر تست ضربه (Retest) به عمل آید. رقم هر یک از نمونه های تست مجدد (Retest) باید معادل یا بیشتر از رقم میانگین مورد لزوم باشد.

مثال: تست مجدد برای مواردی که انرژی جذب شده ملاک است مطابق جدول 323.3.5

※ حداقل استحکام کششی متریال مورد تست ضربه برابر است با 80 Ksi

※ دمای تست ضربه -46°C

※ حداقل میانگین مقدار انرژی ارقام تست ضربه برای سه نمونه طبق جدول 323.3.5 برابر با 27 J است.

※ حداقل مقدار انرژی برای یک نمونه تکی طبق جدول 323.3.5 برابر با 20 J است.

TOUGHNESS/IMPACT TEST (QW-170)												
Specimen No.	Notch Location	Specimen Size(mm)	Test Temp. (°C)	lateral expansion(mm)			Average	Absorbed Energy (J)			Ave. (J)	Result Acc/Rej
WW	WM	55*5*10	-46	N/A	N/A	0.34	N/A	25	22	27	25	Rej
HH	HAZ	55*5*10	-46	N/A	N/A	0.19	N/A	42	35	40	39	ACC
BB	BM	55*5*10	-46	N/A	N/A	0.17	N/A	15	35	38	29	Rej

تصویر ۴۳۰: نمونه‌ی تست مجدد برای مواردی که انرژی جذب شده ملاک است مطابق جدول 323.3.5

توضیح در باره مثال فوق:

الف) در سه قطعه‌ی WW اولاً- حداقل مقدار انرژی میانگین سه قطعه (25 J) از حداقل مقدار انرژی برای یک نمونه تکی (20 J) بیشتر است. ثانیاً- دو قطعه از سه قطعه دارای انرژی کمتری نسبت به حداقل مقدار انرژی میانگین سه قطعه (27 J) دارا هستند. بنابراین قطعات فلز جوش می بایست مجدداً تست ضربه شوند.

ب) در سه قطعه‌ی BB انرژی جذب شده یکی از قطعات از حداقل مقدار انرژی لازم برای یک نمونه تکی (20 J) کمتر است. بنابراین قطعات فلز جوش می بایست مجدداً تست ضربه شوند.

(2)- برای مواردی که انبساط جانبی (For Lateral Expansion Criterion) ملاک است: اگر مقدار انبساط

جانبی برای یک نمونه در یک دسته‌ی سه تایی زیر 0.38 mm باشد ولی نباید زیر 0.25 mm باشد و چنانچه میانگین مقدار سه نمونه برابر یا بیشتر از 0.38 mm گردد ممکن است سه نمونه اضافی دیگر آزمایش مجدد شوند و هر یک از آنها (هر کدام از سه نمونه) بایستی برابر یا بیشتر از حداقل مقدار 0.38 mm باشند.

در خصوص متریالهایی که عملیات حرارتی شده اند چنانچه مقدارهای مورد نیاز در آزمایش مجدد بدست نیامده باشد یا چنانچه مقادیر خواسته شده در تست اولیه کمتر از حداقل مقدار مجاز برای تست مجدد باشد، متریال ممکن است عملیات حرارتی و تست مجدد گردد. پس از عملیات حرارتی بایستی یک مجموعه شامل سه نمونه تهیه و تست مجدد گردد. برای معیار پذیرش، انبساط جانبی هر یک از نمونه ها بایستی حداقل برابر یا بیشتر از حداقل مقدار 0.38 mm باشد.

مثال: تست مجدد برای مواردی که انبساط جانبی ملاک است مطابق جدول 323.3.5

※ متریال مورد تست، استنلس استیل با P-No. 8

※ دمای تست ضربه -120°C

※ حداقل میانگین مقدار انبساط جانبی برای سه نمونه برابر یا بیشتر از 0.38 mm باشد.

TOUGHNESS/IMPACT TEST (QW-170)											
Specimen No.	Notch Location	Specimen Size(mm)	Test Temp. (°C)	lateral expansion (mm)			Average (mm)	Absorbed Energy (J)		Ave. (J)	Result Acc/Rej
W1, 2, 3	WM	55*5*10	-120	0.41	0.45	0.43	0.43				ACC
H1, 2, 3	HAZ	55*5*10	-120	0.55	0.49	0.58	0.54				ACC
B1, 2, 3	BM	55*5*10	-120	0.27	0.44	0.54	0.42				Rej

تصویر ۴۳۱: نمونه‌ی تست مجدد برای مواردی که انرژی جذب شده ملاک است مطابق جدول 323.3.5

توضیح در باره مثال فوق:

الف) در سه قطعه‌ی 3, 2, 1 چونکه حداقل میانگین مقدار انبساط جانبی برای سه نمونه بیشتر از 0.38 mm می باشد. اما یکی از این قطعات از مقدار 0.38 mm کمتر ولی طبق استاندارد از مقدار 0.25 mm بیشتر است، بنابراین می توان برای این تست سه نمونه اضافی تست مجدد انجام داد.

(3)- برای نتایج تست غیر معقول: وقتی بعلت یک نمونه‌ی معیوب یا بعلت وجود یک دستورالعمل نامناسب یک

نتیجه غیر معقول بدست آید، انجام تست مجدد مجاز می باشد.

مثال: تست مجدد برای مواردی که نتایج غیر معقول را نشان دهد مطابق جدول 323.3.5

※ حداقل استحکام کششی متریال مورد تست ضربه برابر است با 70 Ksi

※ دمای تست ضربه 38 °C-

※ حداقل میانگین مقدار انرژی تست ضربه برای سه نمونه طبق جدول 323.3.5 برابر با 20 J است.

※ حداقل مقدار انرژی برای یک نمونه تکی طبق جدول 323.3.5 برابر با 16 J است.

TOUGHNESS/IMPACT TEST (QW-170)										
Specimen No.	Notch Location	Specimen Size(mm)	Test Temp. (°C)	lateral expansion (mm)			Average (mm)	Absorbed Energy (J)		
WW1, 2, 3	WM	55*5*10	-38					48	55	67
HH1, 2, 3	HAZ	55*5*10	-38					67	75	63
BB1, 2, 3	BM	55*5*10	-38					405	58	77
									180	
										ACC
										ACC
										Rej

تصویر ۴۳۲: نمونه‌ی تست مجدد برای مواردی که نتایج غیر معقول را نشان می دهد مطابق جدول 323.3.5

توضیح در باره مثال فوق:

الف) در سه قطعه‌ی 3, 2, 1 BBI با توجه به حداقل مقدار انرژی نمونه های مربوط به Base Metal برای یک نمونه تکی طبق جدول 323.3.5 مقدار (16 J) است اما نتایج بدست آمده برای سه قطعه، سه عدد را نشان می دهد که یکی از آنها هیچ سنخیتی با دو عدد دیگر ندارد. سه عدد مورد نظر به ترتیب 405, 58, 77 می باشند که عدد 405 یک نتیجه‌ی غیر معقول است و به این دلیل درخواست تست مجدد می شود.

برای تهیه‌ی قطعات جهت تست مجدد به این پاراگراف از استاندارد ASME Sec. IX-2019 دقت شود:

***- پاراگراف QW-202.1-Mechanical Tests- تستهای مکانیکی

نوع و تعداد نمونه های آزمایشی که بایستی برای تایید یک دستورالعمل جوش شیاری (Groove Weld) آزمایش شوند در QW-451 بیان شده است. این قطعات یا نمونه ها بایستی همانند آنچه در تصاویر (a) QW-463.1 تا (f) QW-463.1 نشان داده شده اند، برداشته شوند. چنانچه هر نمونه آزمایش که بوسیله‌ی QW-451 مورد نیاز می باشد مطابق معیارهای پذیرش نباشد باید مردود در نظر گرفته شود. وقتی بتوان مشخص نمود علت شکست (مردود شدن) مربوط به پارامترهای جوشکاری نمی باشد ممکن است یک قطعه تست دیگر با همان پارامترهای یکسان و همانند جوشکاری گردد.

بعنوان یک راهکار جایگزین: چنانچه از قطعه‌ی اصلی تست (Test Coupon) به مقدار کافی موجود باشد، ممکن است نمونه های اضافی مورد نیاز تست را تا جایی که امکان دارد از محل اصلی نمونه گیری برداشته و جایگزین نمونه های مردود شده نمود.

☀ - تست ضربه در Pipeline براساس استاندارد API-1104-2018

10.3.7.4 Impact Tests**10.3.7.4.1 General**

When required by 10.3.3, Charpy impact testing shall be performed at locations in the weld as specified by the company.

10.3.7.4.2 Preparation

For each repair procedure, both the weld metal and the HAZ shall be tested. Each test (of weld metal or HAZ) shall consist of at least three valid specimen tests performed at or below the minimum design temperature. The exact size of the specimens depends on the weld thickness but the largest possible size shall be selected. The specimens shall be machined, notched, and tested in accordance with ASTM E23. The notch shall be oriented in the through-thickness direction.

10.3.7.4.3 Requirements

The minimum average value and minimum individual value of impact energy for each set of three specimens when tested at the minimum design temperature shall not be less than the minimum values specified for qualification of the production weld or as otherwise specified by the company.

تصویر ۴۳۳: معیار پذیرش تست ضربه در خطوط لوله بر اساس استاندارد API-1104-2018

* - پاراگراف 10.3.7.4 Impact Test تست ضربه:

* - پاراگراف 10.3.7.4.1 General بطور کلی: وقتی مطابق پاراگراف 10.3.3 (در ادامه آمده) تست ضربه لازم باشد باید در موقعیتهایی از جوش که توسط کارفرما (Company) مشخص شده، انجام گردد.

* - پاراگراف 10.3.7.4.2 General آماده سازی

برای هر دستورالعمل جوش تعمیری، هر دو یعنی هم فلز جوش و هم منطقه‌ی متأثر از حرارت جوش (HAZ) می بایست تست شوند. هر تست (فلز جوش و یا منطقه‌ی متأثر از حرارت جوش) باید حداقل شامل سه قطعه سالم باشد. تستها در حداقل دمای طراحی یا پایین تر از این دما انجام شود. سائز دقیق قطعات به ضخامت جوش بستگی دارد اما بزرگترین سائزی که امکان پذیر می باشد می بایست انتخاب شود. قطعات می بایست ماشینکاری و شیار زده شوند و مطابق با استاندارد ASTM E23 تست شوند. موقعیت شیار می بایست در جهت تمامی ضخامت باشد.

* - پاراگراف 10.3.7.4.3 General الزامات

حداقل میانگین مقدار انرژی و حداقل مقدار انرژی تکی تست ضربه برای هر ست (Set) سه قطعه ای وقتی که تست در حداقل دمای طراحی انجام می شود نباید کمتر از حداقل مقدار مشخص شده برای تایید صلاحیت دستورالعمل جوش باشد یا باید با دستورالعملی که بوسیله‌ی کارفرما مشخص شده است، مطابقت داشته باشد.

* - پاراگراف 10.3.3 Qualification (تایید) صلاحیت:

دستورالعمل تعمیرات (جوش) می بایست بوسیله‌ی بازرسی های چشمی و آزمایشات مخرب گواهی صلاحیت شود. تستهای غیر مخرب ممکن است به صلاحدید کارفرما لازم باشد. تست های مخرب و غیر مخرب بر روی نمونه ای که برای گواهی صلاحیت دستورالعمل تعمیرات (جوش) تهیه می شود زمانی باید انجام شود که اجازه داده شود تا قطعه‌ی مورد نظر بعد از تعمیر جوش تا دمای محیط سرد شده باشد.

حداقل مجموع تعداد قطعات و نوع تستهای مخرب که در جدول Table 5 نشان داده شده است می بایست برای هر دستورالعمل تعمیرات (جوش) ارائه گردد. به صلاحدید کارفرما، انواع و تعداد تستهای اضافی ممکن است لازم باشد. وقتی دستورالعمل جوش تولید شده با تست ضربه چارپی تایید صلاحیت شود، برای تایید صلاحیت دستورالعمل تعمیرات (جوش) ضخامت جزئی (Partial thickness) و ضخامت کامل (Full thickness) نیز می بایست تست ضربه چارپی انجام شود.

مطابق یادداشتهای در Table 5 وقتی ضخامت دیواره بیشتر از 0.500 in. (12.7 mm) باشد تست های خمش جانبی side bend test می بایست جایگزین تستهای خمش سطح face bend و یا خمش ریشه root bend شوند. یادداشت: کارفرما ممکن است با توجه به متریال لوله و فرایند جوشکاری، الزامات اضافی در رابطه با سرد شدن قطعه قبل از انجام تستهای مخرب و غیر مخرب را لازم بداند.

Table 5—Type and Number of Butt Weld Test Specimens per Repair Type for Repair Procedure Qualification

Repair Type	Tensile Strength	Nick Break	Root Bend	Face Bend	Side Bend	Macro/ Hardness ^b	Total (Minimum)	Charpy Impact
Full thickness	1	1	1 ^a	1 ^a	0	1	5	Note c
Internal partial thickness	1	1	1 ^a	0	0	1	4	Note c
External partial thickness	1	1	0	1 ^a	0	1	4	Note c
Cover pass	0	0	0	1	0	1	2	0
Back weld	0	1	1 ^a	0	0	1	3	0

^a Side bend tests are substituted for face bend or root bend tests when wall thickness is over 0.500 in. (12.7 mm).

^b The hardness survey is made on the macrosection test specimen.

^c When required by the company.

تصویر ۴۳۴: نوع و تعداد قطعات BW تعمیری برای PQR تعمیری در خطوط لوله API-1104-2018

جدول شماره ۵: نوع و تعداد قطعات تست جوش لب به لب جهت هر نوع تعمیر برای تایید صلاحیت دستورالعمل تعمیر

(a) - وقتی ضخامت دیواره بیشتر از 0.500 in. (12.7 mm) باشد تست های خمش جانبی side bend test می بایست جایگزین تستهای خمش سطح face bend و یا خمش ریشه root bend شوند.

(b) - ارزیابی سختی سنجی بر روی سطح مقطع قطعه‌ی تست انجام شود.

(c) - وقتی توسط کارفرما نیاز باشد.

توجه: در خواست تست ضربه برای تعمیرات نوع Full thickness و Internal partial thickness و همچنین برای نوع External partial thickness مطابق یادداشت (c) زمانی نیاز است که توسط کارفرما اعلام نیاز شود.

Annex A (normative)

Alternative Acceptance Standards for Girth Welds

A.3.4.2 Charpy Impact Energy

A.3.4.2.1 Specimen Preparation

Charpy V-notch impact test specimens shall be prepared with their lengths parallel to the pipe axis. The largest size specimens permitted by the pipe wall thickness should be used. The thickness of subsized specimens should have at least 80 % of the wall thickness. Six specimens shall be removed from each of the following positions: 12, 6, and 3 or 9 o'clock, for a total of 18 specimens. For each of these positions, three specimens shall have the V-notch placed in the weld centerline; and the other three shall have the V-notch placed in the HAZ as shown in Figure A.2.

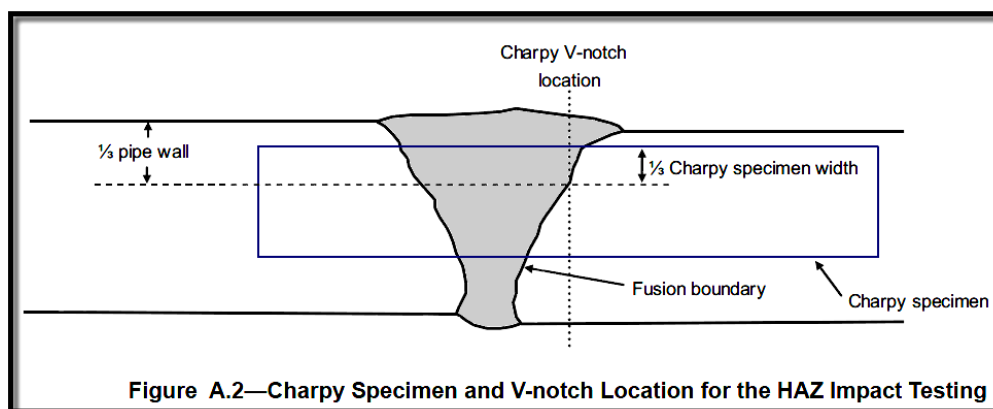
تصویر ۴۳۵: معیار پذیرش تست ضربه در خطوط لوله بر اساس استاندارد API-1104-2018

***- ضمیمه A - استانداردهای جایگزین برای معیار پذیرش جوشهای محیطی

*- پاراگراف A.3.4.2- انرژی ضربه چارپی

*- پاراگراف A.3.4.2.1- آماده سازی نمونه ها

نمونه های تست ضربه باید در جهت محور طولی لوله تهیه شوند. بایستی بزرگترین اندازه نمونه که بوسیله ضخامت لوله مجاز می باشد استفاده شود. ضخامت نمونه های Subsize بایستی حداقل 80% درصد ضخامت واقعی قطعه را دارا باشند. از هر یک از موقعیت های ساعت 6, 12 و 3 یا 9 (از جوش محیطی لوله) بایستی 6 نمونه برداشته شود در مجموع 18 نمونه برداشته شود. که برای هر یک از موقعیتهای، شیار (V-notch) 3 نمونه در مرکز جوش و 3 نمونه دیگر در منطقه‌ی HAZ بطوریکه در تصویر ۴۳۶ A-2 نشان داده شده، ایجاد شود.



تصویر ۴۳۶: محل برش نمونه برای تست ضربه بر اساس استاندارد API-1104-2018

A.3.4.2.2 Testing

At least nine valid specimens for each notch location (weld metal or HAZ) shall be tested at or below the minimum design temperature in accordance with the requirements of ASTM E23.

A.3.4.2.3 Requirements

The impact energy for each notch location (weld metal or HAZ) is acceptable when the following criteria are met:

- the average absorbed energy for each set of three specimens equals or exceeds 30 ft-lb (40 J);
- the minimum individual absorbed energy for each set of three specimens equals or exceeds 22 ft-lb (30 J);
- when subsize Charpy specimens are used, the energy requirements, without correction or conversion, as stated in Items a) and b) above shall apply.

تصویر ۴۳۷: نحوه‌ی آزمایش و الزامات تست ضربه بر اساس استاندارد API-1104-2018

*- پاراگراف A.3.4.2.2 - آزمایش کردن

حداقل 9 قطعه سالم برای هر موقعیت شیار (فلز جوش یا منطقه‌ی متأثر از حرارت جوش HAZ) بایستی مطابق الزامات ASME E23 در حداقل دمای طراحی یا پایین تر از این دما تست ضربه شوند.

*- پاراگراف A.3.4.2.3 - الزامات

انرژی ضربه چارپی برای هر موقعیت شیار (فلز جوش یا منطقه‌ی متأثر از حرارت جوش HAZ) زمانی قابل قبول است که معیارهای زیر رعایت شده باشند.

(a) - میانگین انرژی جذب شده برای هر ست از سه قطعه برابر یا از 30 ft-lb (40 J) تجاوز کند.

(b) - حداقل انرژی جذب شده یک قطعه‌ی تکی برای هر ست از سه قطعه برابر یا از 22 ft-lb (30 J) تجاوز کند.

(c) - وقتی برای تست ضربه از قطعات زیر سایز استاندارد (Subsize) استفاده می شود الزامات انرژی (جذب شده)

بایستی مطابق آنچه در آیتم (a) یا (b) در بالا شرح داده شده است، بدون اصلاح یا تغییر بکار برده شود.

A.3.4.2.4 Retesting

Retesting is permitted when no more than one specimen in each group of nine specimens (weld metal or HAZ) generates an absorbed energy less than 22 ft-lb (30 J), but the average absorbed energy from the set of three specimens that contains the low individual value exceeds 30 ft-lb (40 J). The retest requirements are as follows:

- a) the three retest specimens shall be extracted from a location as close as possible to the location of the specimen that generated the low result,
- b) the absorbed energy of all three retest specimens shall meet or exceed 30 ft-lb (40 J).

If the above retest criteria are satisfied, the Charpy results are acceptable. If the above criteria are not satisfied, no further retesting is permitted and the weld is rejected.

تصویر ۴۳۸: تکرار تست ضربه بر اساس استاندارد API-1104-2018

❖- پاراگراف A.3.4.2.4 - تکرار آزمایش (Retesting)

وقتی که انرژی جذب شده یک قطعه (no more than one) در هر گروه (هر گروه یک ست سه قطعه ای است) از 9 قطعه (منظور سه ست است) (از فلز جوش باشد یا از منطقه‌ی متأثر از حرارت جوش HAZ) کمتر از 22 ft-lb (30 J) باشد اما میانگین انرژی جذب شده برای هر سه ست قطعه بیشتر از 30 ft-lb (40 J) باشد ولی انرژی جذب شده یکی از قطعات تکی آن کم باشد، تکرار آزمایش مجاز است.

TOUGHNESS/IMPACT TEST											
Specimen No.	Notch Location	Specimen Size(mm)	Test Temp. (°C)	lateral expansion(mm)			Average	Absorbed Energy (J)			Ave. Result (J) Acc/Rej
1,2,3	WM(hr12)	55*10*10	-30	N/A	N/A	N/A	N/A	48	53	28	43 Rej
4,5,6	WM(hr3)	55*10*10	-30	N/A	N/A	N/A	N/A	50	26	55	44 Rej
7,8,9	WM(hr6)	55*10*10	-30	N/A	N/A	N/A	N/A	69	70	65	68 ACC
10,11,12	HAZ (hr12)	55*10*10	-30	N/A	N/A	N/A	N/A	73	68	53	65 ACC
13,14,15	HAZ (hr3)	55*10*10	-30	N/A	N/A	N/A	N/A	27	65	59	50 Rej
16,17,18	HAZ (hr6)	55*10*10	-30	N/A	N/A	N/A	N/A	70	75	67	71 ACC

تصویر ۴۳۹: مثالی برای نتایج تست ضربه بر اساس استاندارد API-1104-2018

مثال فوق:

(1-) به نتیجه‌ی تست ضربه‌ی قطعه‌های شماره 5 & 3 مربوط به فلز جوش و قطعه‌ی شماره‌ی 13 مربوط به HAZ دقت شود، مقدار ژول جذب شده توسط آنها کمتر از 22 ft-lb (30 J) است اما چون مقدار انرژی میانگین از 30 ft-lb (40 J) بیشتر است در نتیجه انجام تکرار تست برای این قطعات مجاز می باشد.

الزامات تکرار آزمایش بشرح ذیل است:

(a) سه قطعه‌ی تست مجدد (Retset) تا جایی که امکان پذیر است می بایست از موقعیتی نزدیک به موقعیت محلی که نتیجه ای ضعیف ارائه داده بود، استخراج شوند.

(b) مقدار انرژی که تمام سه قطعه‌ی تست مجدد می بایست جذب کنند باید مطابق (برابر) یا از 30 ft-lb (40 J) تجاوز کنند.

چنانچه معیارهای تست مجدد که در بالا آمده، رضایت بخش باشند نتایج تست چارپی (تست ضربه) مورد قبول است. چنانچه معیارهای تست مجدد که در بالا آمده، رضایت بخش نباشند، تست مجدد بیشتر مجاز نمی باشد و جوش می بایست مردود اعلام شود.

☀ - محدوده‌ی ضخامت تست ضربه در PQR براساس استاندارد ASME Sec. IX-2019

***- برای روشهای SMAW, GTAW: پاراگراف QW-403.6-T Limits impact

(جزء متغییرات تکمیلی اساسی است)

QW-403.6 The minimum base metal thickness qualified is the thickness of the test coupon T or $\frac{5}{8}$ in. (16 mm), whichever is less. However, where T is $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) or less, the minimum thickness qualified is $\frac{1}{2}T$. This variable does not apply when a WPS is qualified with a PWHT above the upper transformation temperature or when an austenitic or P-No. 10H material is solution annealed after welding.

تصویر ۴۴۰: پاراگراف ASME Sec. IX-2019-QW-403.6

ترجمه: حداقل ضخامت فلز مبنا که تأیید می گردد برابر است با ضخامت T =Test Coupon یا $\frac{5}{8}$ in. 16mm هر کدام که کوچکتر است. با اینحال اگر ضخامت T =Test Coupon برابر یا کوچکتر از $\frac{1}{4}$ in. (6mm) باشد حداقل ضخامت فلز مبنا که تأیید می گردد برابر است با نصف ضخامت T =Test Coupon ($\frac{1}{2}T$). این متغیر زمانی که WPS در شرایطی تأیید شده که PWHT در درجه حرارتی بالاتر از حرارت استحالته‌ی فازی انجام شده و یا زمانی که یک متریال آستنیتی یا P-No.10H بعد از جوشکاری Solution Annealing شده باشد، بکار برده نمی شود.

توضیح:

پاراگراف: QW-403.6-T Limits impact

این پاراگراف که جزء متغیرهای تکمیلی اساسی است زمانی کاربرد دارد که تست PQR نیاز به تست ضربه داشته باشد.

محدوده‌ی ضخامتی این پاراگراف را می توان در سه سطح ضخامتی تعریف کرد:

۱- بیشتر از 16mm ، حداقل ضخامت این محدوده 16mm است.

۲- کمتر از 16mm تا 6mm) حداقل ضخامت این محدوده T test coupon است. (6mm جزء این محدوده نیست)

۳- 6mm و کمتر، حداقل ضخامت این محدوده $\frac{1}{2}T$ test coupon است.

حداکثر ضخامت این سه سطح باید مطابق QW-451.1 باشد.

مثال: ۱- اگر PQR دارای ضخامت 32mm باشد حداقل ضخامتی که برای این PQR تأیید می شود 16mm است.

مثال: ۲- اگر PQR دارای ضخامت 12mm باشد حداقل ضخامتی که برای این PQR تأیید می شود 12mm است.

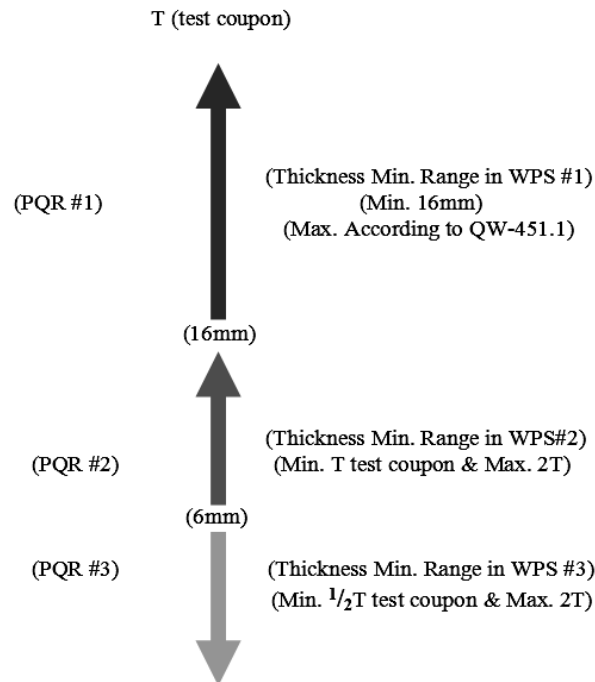
مثال: ۳- اگر PQR دارای ضخامت 5mm باشد حداقل ضخامتی که برای این PQR تأیید می شود 2.5mm است.

نتیجه: هنگامی که PQR نیاز به تست ضربه دارد رعایت حداقل ضخامت بسیار مهم و قابل توجه می باشد. بنابراین با انتخاب محدوده‌های ضخامتی مناسب می توان تعداد PQR ها را کاهش داد.

این پاراگراف فقط در مورد حداقل ضخامت، محدودیتهایی تعیین کرده است اما در مورد حداکثر ضخامت، همان معیارهای جدول QW-451.1 لحاظ میگردد.

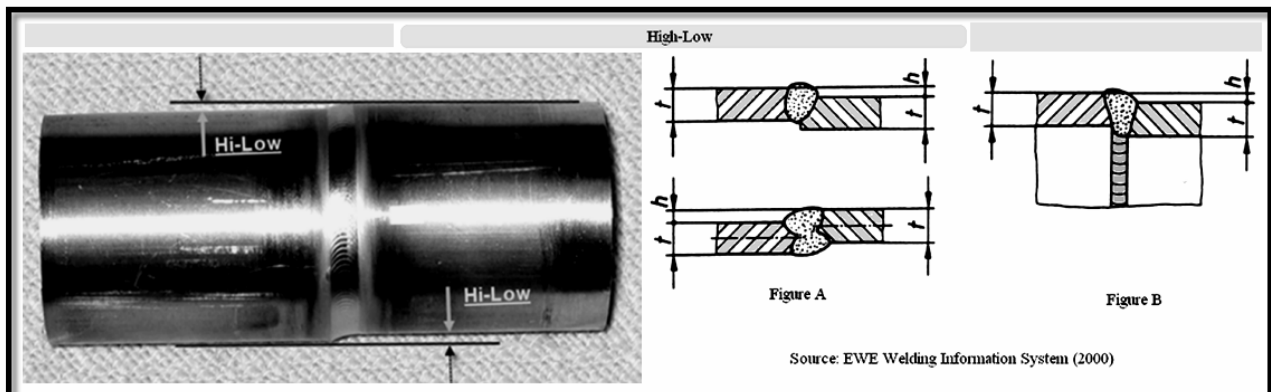
***- بر گرفته از کتاب تهیه و تنظیم، کنترل و بررسی (WPS, PQR) و (WQT) برای دو فرایند SMAW & GTAW بر

اساس استاندارد ASME Section IX-2019 از همین نویسندگان - منوچهر تقوی



تصویر ۴۴۱: نمودار پاراگراف ASME Section IX-2019-QW-403.6

(۲۰) High-Low عدم هم ترازی مجاز



تصویر ۴۴۲: تصاویری از High-Low

☀ High-Low عدم هم ترازی مجاز در ASME Sec. VIII Div.1-2019

مقدار High-Low مجاز بر اساس استاندارد ASME Sec. VIII Div.1 در جدول UW-33 مشخص شده است.

UW-33 ALIGNMENT TOLERANCE

(a) Alignment of sections at edges to be butt welded shall be such that the maximum offset is not greater than the applicable amount for the welded joint category (see UW-3) under consideration, as listed in Table UW-33. The section thickness t is the nominal thickness of the thinner section at the joint.

Table UW-33

SI Units		
Section Thickness, mm	Joint Categories	
	A	B, C, and D
Up to 13, incl.	$\frac{1}{4}t$	$\frac{1}{4}t$
Over 13 to 19, incl.	3 mm	$\frac{1}{4}t$
Over 19 to 38, incl.	3 mm	5 mm
Over 38 to 51, incl.	3 mm	$\frac{1}{8}t$
Over 51	Lesser of $\frac{1}{16}t$ or 10 mm	Lesser of $\frac{1}{8}t$ or 19 mm

تصویر ۴۴۳: مقدار High-Low مجاز طبق ASME Sec. VIII Div.1-2019, Table UW-33

☀ High-Low مجاز در مخازن ذخیره ای مطابق با API 650-2020

☀- پاراگراف 7.2.3 (Shells): بدنه ها

☀- پاراگراف 7.2.3.1 (Misalignment): میزان مجاز برای جوشهای عمودی در مخازن اتمسفریک، در دو محدوده‌ی ضخامت مشخص شده است، یکی برای ضخامت بالاتر از 16 mm ($5/8 \text{ in.}$) ۱۶ میلیمتر که نباید از ۱۰ درصد ضخامت یا 3 mm ($1/8 \text{ in.}$) ۳ میلیمتر، (هر کدام کمتر است) تجاوز کند. دومی، برای ضخامت کوچکتر یا برابر با 16 mm ($5/8 \text{ in.}$) ۱۶ میلیمتر که نباید از 1.5 mm ($1/64 \text{ in.}$) ۱.۵ میلی‌متر تجاوز کند.

☀- پاراگراف 7.2.3.2 (Misalignment): میزان مجاز High-Low در جوشهای لب به لب افقی مخازن اتمسفریک، در ضخامت ورق بالایی در کلیه نقاط نباید بیشتر از ۲۰ درصد نسبت به لبه ی ورق پایینی نا ترازی داشته باشد ولی در هر حال مقدار این نا ترازی نباید بیشتر از 3 mm ($1/8 \text{ in.}$) ۳ میلیمتر باشد. به هر حال برای ورقهای بالایی با ضخامت کمتر از $5/16 \text{ in.}$ ۸ میلیمتر حداکثر نا ترازی نباید بیشتر از 1.5 mm ($1/16 \text{ in.}$) ۱.۵ میلی‌متر باشد.

☀- پاراگراف 7.2.3.3: وقتی که ورق بالایی در یک اتصال افقی لب به لب بیش از ۳ میلیمتر ضخیم تر از ورق پایینی باشد بایستی ضخامت ورق بالایی با نسبت ۴:۱ تا حد ضخامت ورق پایینی کاهش یابد، در واقع تراشیده (Taper) شود.

7.2.3 Shells

7.2.3.1 Plates to be joined by butt welding shall be matched accurately and retained in position during the welding operation. Misalignment in completed vertical joints for plates greater than 16 mm ($5/8 \text{ in.}$) thick shall not exceed 10 % of the plate thickness or 3 mm ($1/8 \text{ in.}$), whichever is less; misalignment for plates less than or equal to 16 mm ($5/8 \text{ in.}$) thick shall not exceed 1.5 mm ($1/16 \text{ in.}$).

7.2.3.2 In completed horizontal butt joints, the upper plate shall not project beyond the face of the lower plate at any point by more than 20 % of the thickness of the upper plate, with a maximum projection of 3 mm ($1/8 \text{ in.}$); however, for upper plates less than 8 mm ($5/16 \text{ in.}$) thick, the maximum projection shall be limited to 1.5 mm ($1/16 \text{ in.}$).

7.2.3.3 The upper plate at a horizontal butt joint shall have a 4:1 taper when its thickness is more than 3 mm ($1/8 \text{ in.}$) greater than the lower plate.

تصویر ۴۴۴: میزان High-Low مجاز در استاندارد API 650-2020

☀ High-Low مجاز مخازن در API 620-2018

در پاراگراف API 620 Para. 6.14 High-Low (Misalignment) مجاز در مخازن کم فشار قید شده است. مطابق این پاراگراف میزان High-Low برای دو محدوده ضخامت مشخص شده است، یکی برای ورقهای با ضخامت های $1/4 \text{ in.}$ ۶ میلیمتر و کمتر که میزان مجاز ناترازی آن برابر با $1/16 \text{ in.}$ ۱/۱۶ میلیمتر می باشد و دیگری برای ورقهای با ضخامت های بالاتر از $1/4 \text{ in.}$ ۶ میلیمتر که میزان مجاز ناترازی آن برابر با ۲۵ درصد ضخامت ورق یا 3 mm ($1/8 \text{ in.}$) ۳ میلیمتر (هر کدام که کمتر است) می باشد.

6.14 Aligning of Main Joints

Particular care shall be taken in matching up the edges of all plates within the tolerances of offset as follows:

- for plates $1/4 \text{ inch}$ in thickness and less, $1/16 \text{ in.}$;
- for plates over $1/4 \text{ inch}$ in thickness, 25 % of the plate thickness or $1/8 \text{ in.}$, whichever is smaller.

تصویر ۴۴۵: میزان High-Low مجاز در API 620-2018

ASME B31.3-2016 High-Low مجاز در Piping مطابق با استاندارد

■ High-Low در جوشهای محیطی و جوشهای خطی

مطابق با پاراگراف (a), (b), (c), 328.4.3، میزان مجاز High-Low داخلی لوله در جوشهای محیطی بایستی در WPS یا در مدارک فنی مهندسی (Engineering Design) قید شود و High-Low بیرون لوله نیز بایستی تراش (Taper) شود. در جوشهای خطی نیز بایستی مانند جوشهای محیطی عمل نمود.

328.4.3 Alignment

(a) Circumferential Welds

(1) Inside surfaces of components at ends to be joined in girth or miter groove welds shall be aligned within the dimensional limits in the WPS and the engineering design.

(2) If the external surfaces of the components are not aligned, the weld shall be tapered between them.

(b) *Longitudinal Welds.* Alignment of longitudinal groove welds (not made in accordance with a standard listed in Table A-1, Table A-1M, or Table 326.1) shall conform to the requirements of para. 328.4.3(a).

(c) Branch Connection Welds

(1) Branch connections that abut the outside surface of the run pipe shall be contoured for groove welds that meet the WPS requirements [see Fig. 328.4.4, illustrations (a) and (b)].

(2) Branch connections that are inserted through a run opening shall be inserted at least as far as the inside surface of the run pipe at all points [see Fig. 328.4.4, illustration (c)] and shall otherwise conform to para. 328.4.3(c)(1).

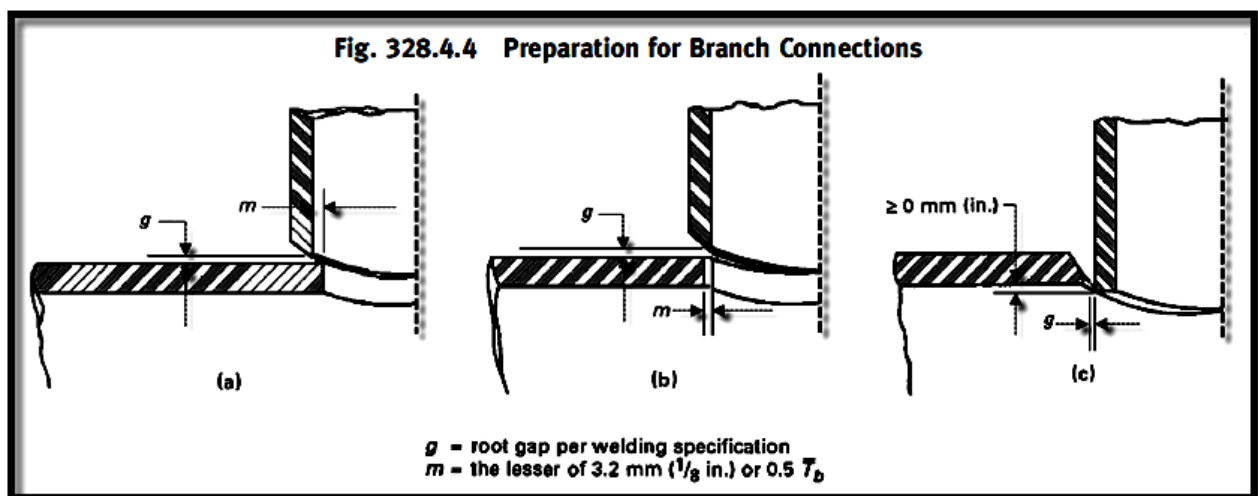
(3) Run openings for branch connections shall not deviate from the required contour more than the dimension m in Fig. 328.4.4. In no case shall deviations of the shape of the opening cause the root spacing tolerance limits in the WPS to be exceeded. Weld metal may be added and refinished if necessary for compliance.

(d) *Spacing.* The root opening of the joint shall be within the tolerance limits in the WPS.

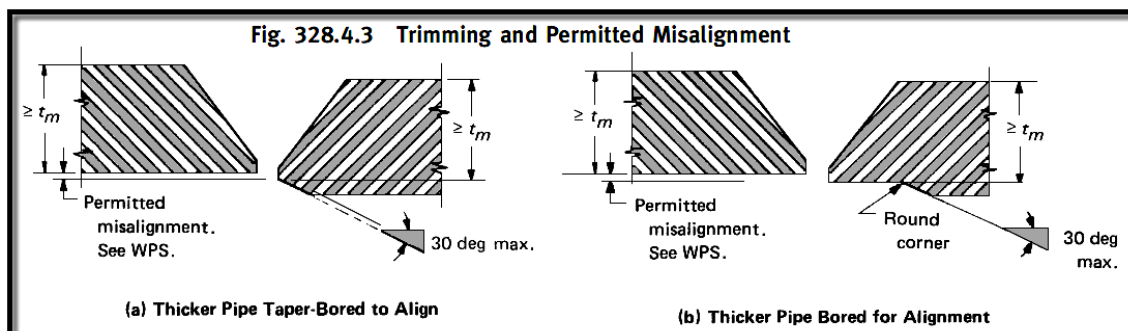
تصویر ۴۴۶: میزان High-Low در استاندارد ASME B31.3-2016

■ High-Low در انشعابات (Branches)

High-Low انشعابات، در تمامی سرویسها بجز سرویس High-Pressure Piping مطابق تصویر ۴۴۶ مشخص می شود. وقتی لوله انشعاب روی لوله اصلی یا هدر نصب می شود (بصورت Stub on) ممکن است مطابق تصویر ۴۴۷ وضعیت High-Low به صورتی باشد که قطر سوراخکاری شده روی لوله اصلی نسبت به قطر لوله انشعاب کوچکتر یا بزرگتر باشد. در هر دو حالت میزان مجاز High-Low برابر با m است که مقدار آن 3.2mm یا $0.5T_b$ (ضخامت لوله انشعاب) هر کدام که کمتر است) می باشد.



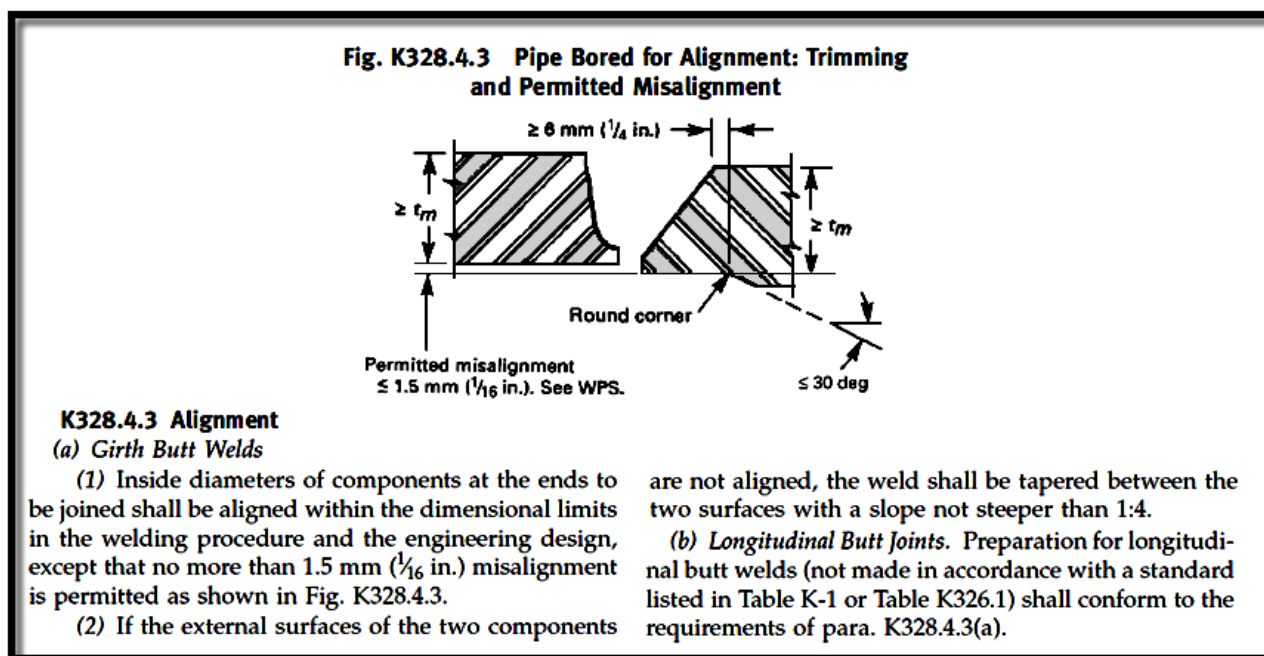
تصویر ۴۴۷: میزان High-Low انشعابات در استاندارد ASME-B31.3-2016



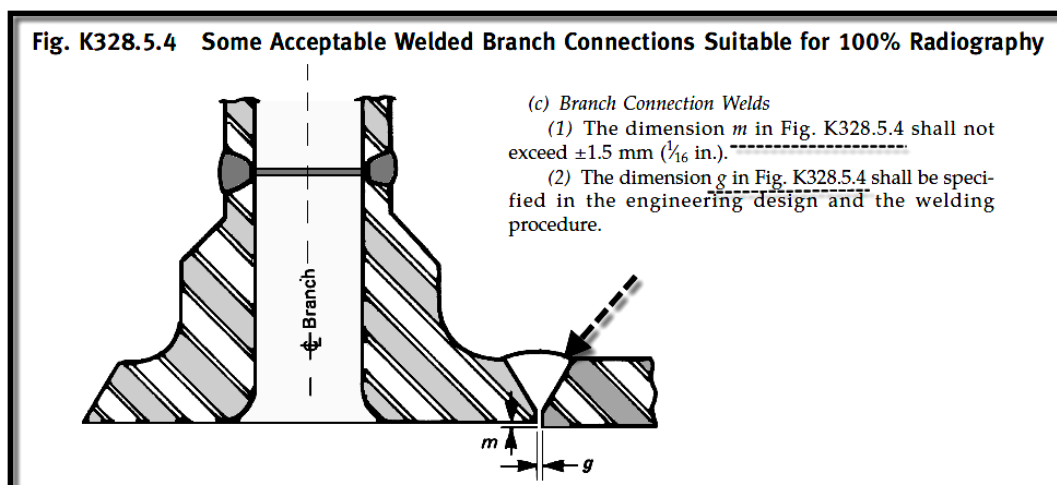
تصویر ۴۴۸: میزان High-Low in Piping در (ASME-B31.3-2016)

■ High-Low در سرویس High-Pressure Piping

در پاراگراف K328.4.3 از استاندارد ASME B31.3 میزان ناترازی (High-Low) در سرویس های خطوط High-Pressure Piping برای جوش های محیطی و جوشهای عرضی و جوش انشعابات 1.5 mm است.



تصویر ۴۴۹: میزان High-Low در سرویس B31.3-2016-High-Pressure Piping



تصویر ۴۵۰: میزان High-Low در انشعابات سرویس ASME B31.3-2016-High-Pressure Piping

نحوه‌ی انشعاب‌گیری در سرویس خطوط High-Pressure Piping نسبت به وضعیت معمولی متفاوت می‌باشد،
 * - پاراگراف (c) K328.4.3 (Alignment) : هم تراز

(1) - ابعاد m در تصویر Fig. K328.5.4 نباید از میزان $\pm 1.5 \text{ mm}$ ($\frac{1}{16} \text{ in.}$) تجاوز نماید.

(2) - ابعاد g در تصویر Fig. K328.5.4 باید در دستورالعمل‌های جوشکاری و اطلاعات مهندسی مشخص شود.

☀ - High-Low - مجاز در Pipeline در استاندارد API 1104-2018

7.2 Alignment

The alignment of abutting ends shall minimize the offset between surfaces. For pipe ends of the same specified thickness, the offset should not exceed $\frac{1}{8} \text{ in.}$ (3 mm). Larger variations are permissible provided the variation is caused by variations of the pipe end dimensions within the pipe purchase specification tolerances, and such variations have been distributed essentially uniformly around the circumference of the pipe. Hammering of the pipe to obtain proper lineup should be kept to a minimum.

تصویر ۴۵۱: High-Low مجاز در API 1104-2018-Pipeline

*** - پاراگراف 7.2 (Alignment) : هم تراز (هم محور کردن)

برای هم محور کردن اتصالات مجاور بایستی میزان جابجایی سطوح آنها را به حداقل امکان رساند. وقتی انتهای دو لوله هم مجاور دارای ضخامت یکسان باشند میزان بالا و پایین بودن سطوح آنها نباید از $\frac{1}{8} \text{ in.}$ (3mm) تجاوز نماید. البته نا ترازهای بیشتر نیز مجاز می‌باشد مشروط بر اینکه ناترازی ایجاد شده به علت اختلاف ابعاد انتهای لوله با مشخصات تلورانس خریدار باشد و بطور یکسان در محیط لوله توزیع شده باشد. چکش کاری لوله جهت تراز کردن لبه‌های آن باید به حداقل برسد.

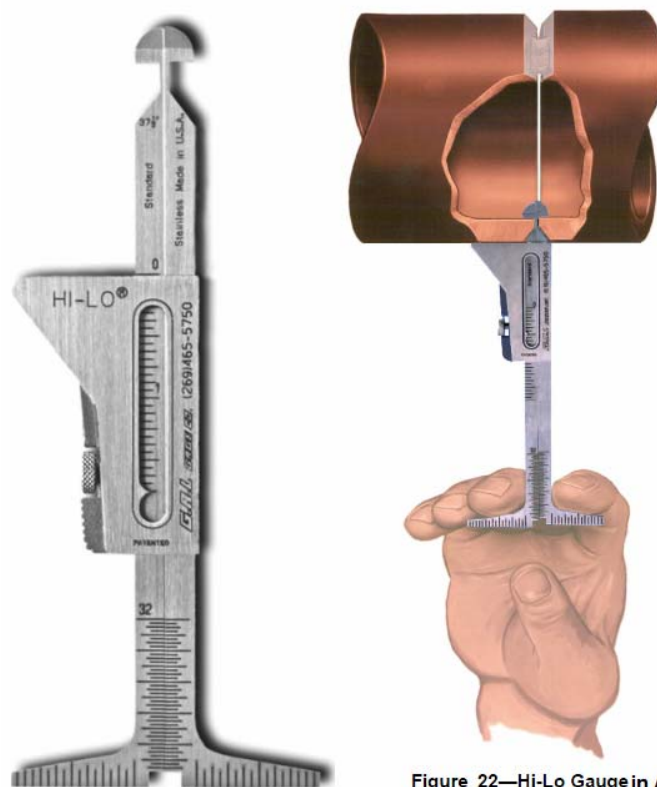


Figure 22—Hi-Lo Gauge in API 577

تصویر ۴۵۲: گیج (Gauge) اندازه‌گیری میزان High-Low

(۲۱) Reinforcement (گرده مجاز جوش)



تصویر ۴۵۳: مقدار مجاز جوش

☼ Reinforcement (گرده مجاز جوش در مخازن تحت فشار)

مقدار گرده مجاز جوش (Reinforcement)، بر اساس استاندارد ASME Sec. VIII Div.1-2019 در پاراگراف UW-35 Para.(d) مشخص شده است.

UW-35 FINISHED LONGITUDINAL AND CIRCUMFERENTIAL JOINTS	SI Units		
	Maximum Reinforcement, mm		
	Material Nominal Thickness, mm	Categories B and C Butt Welds	Other Welds
(d) To assure that the weld grooves are completely filled so that the surface of the weld metal at any point does not fall below the surface of the adjoining base materials, ⁷³ weld metal may be added as reinforcement on each face of the weld. The thickness of the weld reinforcement on each face shall not exceed the following:	Less than 2.4	2.5	0.8
	2.4 to 4.8, incl.	3	1.5
	Over 4.8 to 13, incl.	4	2.5
	Over 13 to 25, incl.	5	2.5
	Over 25 to 51, incl.	6	3
	Over 51 to 76, incl.	6	4
	Over 76 to 102, incl.	6	5.5
	Over 102 to 127, incl.	6	6
	Over 127	8	8

تصویر ۴۵۴: مقدار Reinforcement مجاز جوش طبق ASME Sec. VIII Div.1-2019-UW-35

☼ - پاراگراف: UW-35 Para. (d) - برای اطمینان از جوش، شیارها باید بطور کامل پر شوند بطوری که سطح فلز جوش در هر نقطه پایین تر از سطح اتصال فلز پایه نباشد. فلز جوش ممکن است بعنوان تقویت جوش بر روی سطح جوش اضافه گردد. ضخامت گرده جوش در هر طرف نباید از مقادیر داده شده در زیر (جدول روبروی پاراگراف) تجاوز نماید.

☼ Reinforcement (گرده مجاز جوش در سیستم لوله کشی فرایند)

مقدار گرده مجاز جوش (Reinforcement)، بر اساس استاندارد ASME B31.3-2016 در جدول Table 341.3.2 مشخص شده است. چون در بخش رادیوگرافی این مسئله توضیح داده شده است لطفاً به مبحث رادیوگرافی رجوع شود.

☼ Reinforcement (گرده مجاز جوش) در مخازن API 620-2018

در استاندارد API 620 در جدول 3-6 گرده مجاز جوش که به ضخامت ورق بستگی دارد، قید شده است.

6.12 Reinforcement on Welds

6.12.1 Butt joints shall have complete joint penetration and complete fusion for the full length of the weld and shall be free from undercuts, overlaps, or abrupt ridges or valleys. To ensure that the weld grooves are completely filled so that the surface of the weld metal at any point does not fall below the surface of the adjoining plate, weld metal may be built up as reinforcement on each side of the plate. The thickness of the reinforcement on each side of the plate shall not exceed the thickness listed in Table 6-3, but the reinforcement need not be removed except when it exceeds the permissible thickness or when required in 7.15.1.

تصویر ۴۵۵: مقدار Reinforcement مجاز جوش طبق API 620-2018

***- پاراگراف 6.12 (Reinforcement on Welds): تقویت روی جوشها

*- پاراگراف (6.12.1): ضخامت (جوش) تقویت شده در هر طرف از ورق نباید از ضخامت لیست شده در جدول 6-3 تجاوز کند. نیازی نیست که ضخامت تقویت شده جوش برداشته شود بجزه وقتی که این ضخامت از محدوده مجاز شناخته شده تجاوز کند و یا وقتی که بوسیله پاراگراف 7.15.1 لازم شناخته شده باشد.

توجه: هنگام تفسیر فیلم رادیوگرافی برای محاسبه ضخامت مورد نظر در ارتباط با IQI می بایست ضخامت گرده مجاز جوش دو طرف را در نظر گرفت.

Table 6-3—Maximum Thickness of Reinforcement on Welds

Dimensions in inches.

Plate Thickness	Maximum Reinforcement	
	Vertical Joints	Horizontal Joints
$\leq 1/2$	$3/32$	$1/8$
$> 1/2$ thru 1	$1/8$	$3/16$
> 1	$3/16$	$1/4$

تصویر ۴۵۶: مقدار Reinforcement مجاز جوش طبق API 620-2018

☀ Reinforcement (گردهی مجاز جوش) در مخازن API 650-2020

8.5 Visual Examination

8.5.2 A weld shall be acceptable by visual examination if the inspection shows the following.

- d) The reinforcement of the welds on all butt joints on each side of the plate shall not exceed the following thicknesses:

Plate Thickness mm (in.)	Maximum Reinforcement Thickness mm (in.)	
	Vertical Joints	Horizontal Joints
≤ 13 ($1/2$)	2.5 ($3/32$)	3 ($1/8$)
> 13 ($1/2$) to 25 (1)	3 ($1/8$)	5 ($3/16$)
> 25 (1)	5 ($3/16$)	6 ($1/4$)

The reinforcement need not be removed except to the extent that it exceeds the maximum acceptable thickness or unless its removal is required by 8.1.3.4 for radiographic examination.

تصویر ۴۵۷: Reinforcement مجاز جوش در مخازن API 650-2020

***- پاراگراف 8.5 (Visual Examination): بازرسی چشمی

*- پاراگراف 8.5.2 - چنانچه در بازرسی چشمی از یک جوش موارد زیر مشاهده شود باید مورد قبول واقع شود:

(d) - گردهی تمام جوشهای اتصالات لب به لب در هر سمت از ورق نباید از ضخامتهای زیر تجاوز نماید. گرده جوش نباید برداشته شود مگر اینکه از حداکثر ضخامت گرده مجاز جوش تجاوز کند یا اینکه مطابق پاراگراف 8.1.3.4 برداشتن گرده جوش جهت تست رادیوگرافی مورد نیاز باشد.

☀ Reinforcement (گرده مجاز جوش) در خطوط لوله API 1104-2018

استاندارد API 1104 مربوط به قوانین جوش و جوشکاری خطوط لوله انتقال سیالات مایع یا گاز است

*- پاراگراف 7.8.2 (Filler and Finsh Beads): سطح گردهی جوش در هیچ نقطه ای نباید از سطح لوله پایین تر باشد همچنین برآمدگی گرده جوش در بالای سطح دائمی لوله نباید بیشتر از $1/16$ in. (1.6 mm) باشد.

7.8 Position Welding

7.8.2 Filler and Finish Beads

For position welding, the number of filler and finish beads shall allow the completed weld a substantially uniform cross section around the entire circumference of the pipe. At no point shall the crown surface fall below the outside surface of the pipe, nor should it be raised above the parent metal by more than $\frac{1}{16}$ in. (1.6 mm).

تصویر ۴۵۸: Reinforcement مجاز جوش در استاندارد API 1104-2018

*- پاراگراف 13.8.4 (Rejection Based on Reinforcement): مردود شدن بر اساس گردهی جوش

13.8.4 Rejection Based on Reinforcement

The ID weld reinforcement shall not be raised above the parent material by more than $\frac{1}{16}$ in. (2 mm). The OD weld reinforcement shall not be raised above the parent material by more than $\frac{1}{8}$ in. (3 mm).

تصویر ۴۵۹: Reinforcement مجاز جوش در استاندارد API 1104-2018

در روش جوشکاری اتوماتیک، گرده جوش داخلی نباید بیشتر از 2 mm از سطح متریال بالاتر باشد و گرده جوش بیرونی نباید بیشتر از 3 mm از سطح متریال بالاتر باشد

مشخص کردن این محدوده ها در کجا کاربرد دارند؟ جواب این است که دو کاربرد مهم دارد.

11.1.5 Selection of IQIs

NOTE For purposes of IQI selection, when the SWE/SWV or DWE/SWV technique is used, the thickness of the weld means specified wall thickness plus the weld reinforcement (internal plus external combined). When the "elliptical" DWE/DWV technique is used, the thickness of the weld means twice the specified wall thickness plus the single weld reinforcement (internal plus external combined). When the "superimposed" DWE/DWV technique is used, the thickness of the weld means twice the specified wall thickness plus twice the weld reinforcement (internal plus external combined).

تصویر ۴۶۰: نقش ضخامت گردهی جوش در انتخاب IQIs در استاندارد API 1104-2018

۱- مطابق با زیر نویس پاراگراف 11.1.5 از استاندارد API 1104 در انتخاب IQI مناسب برای پرتونگاری و همچنین تفسیر فیلمهای رادیوگرافی کاربرد دارد. در چنین شرایطی ضخامت جوش بایستی از طریق ضخامت دیواره بعلاوه ضخامت گرده بیرونی و داخلی جوش بدست آید.

بنابراین وقتی ضخامت گرده بیرونی و داخلی جوش مشخص شده باشند می توان برای ضخامت جوش به عدد صحیحی دست یافت. وقتی ضخامت جوش مشخص شود می توان شماره وایر مجاز IQI را که باید در فیلم رادیو گرافی استفاده شود مشخص نمود. (لطفاً به جدولهای 8 و 9 از استاندارد API 1104-2018 مراجعه شود).

۲- برخی مواقع در تفسیر فیلمهای رادیوگرافی با عیب نفوذ اضافی (Excess Penetration) مواجه می شویم در استانداردهای مختلف مقدار مجاز این عیب (نفوذ اضافی) مشخص شده است اما در استاندارد API 1104-2018 به صراحت مشخص نشده است و در چنین مواردی ممکن است مفسر دچار مشکل شود.

☼ Reinforcement (گرده مجاز جوش) در استاندارد AWS D1.1-2020

در این استاندارد میزان مجاز گردهی جوش (Reinforcement) در پاراگراف 5.23.3 مشخص شده است.

5.23 Weld Profiles

All welds shall meet the visual acceptance criteria of Tables 6.1 and 9.16, and shall be free from cracks, overlaps, and the unacceptable profile discontinuities exhibited in Figure 5.4, Table 5.8, and Table 5.9, except as otherwise allowed in 5.23.1, 5.23.2, and 5.23.3.

5.23.3 Groove Welds. Groove weld reinforcement shall comply with Tables 5.8, and 5.9 and with the provisions below. Welds shall have a gradual transition to the plane of the base metal surfaces.

تصویر ۴۶۱: Reinforcement مجاز جوش در استاندارد AWS D1.1-2020

Table 5.8
Weld Profiles^a (see 5.23)

Weld Type	Joint Type					
	Butt	Corner—Inside	Corner—Outside	T-Joint	Lap	Butt with Shelf Bar
Groove (CJP or PJP)	Figure 5.4A	Figure 5.4B ^b	Figure 5.4C	Figure 5.4D ^b	N/A	Figure 5.4G
	Schedule A	Schedule B	Schedule A	Schedule B	N/A	See Note c
Fillet	N/A	Figure 5.4E	Figure 5.4F	Figure 5.4E	Figure 5.4E	N/A
	N/A	Schedule C	Schedule C or D ^d	Schedule C	Schedule C	N/A

^a Schedules A through D are given in Table 5.9.

^b For reinforcing fillet welds required by design, the profile restrictions apply to each groove and fillet, separately.

^c Welds made using shelf bars and welds made in the horizontal position between vertical bars of unequal thickness are exempt from R and C limitations. See Figures 5.4G and 5.4H for typical details.

^d See Figure 5.4F for a description of where Schedule C and D apply.

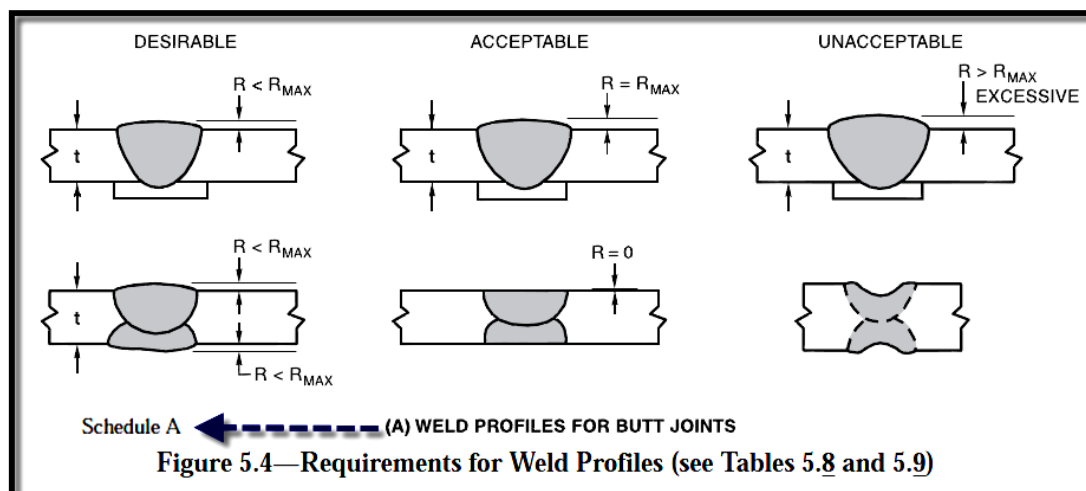
تصویر ۴۶۲: Reinforcement مجاز جوش در استاندارد AWS D1.1-2020

Table 5.9
Weld Profile Schedules (see 5.23)

Schedule A	(t = thickness of thicker plate joined for CJP; t = weld size for PJP)		
	t	R min.	R max.
	≤ 1 in [25 mm]	0	1/8 in [3 mm]
	> 1 in [25 mm], ≤ 2 in [50 mm]	0	3/16 in [5 mm]
	> 2 in [50 mm]	0	1/4 in [6 mm] ^a

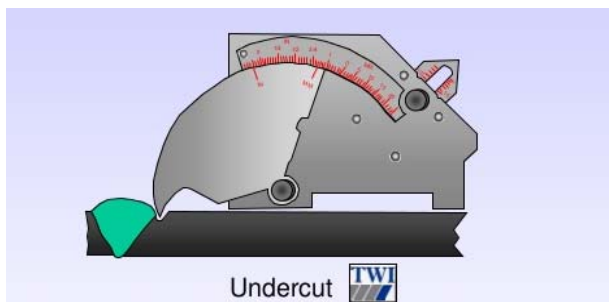
تصویر ۴۶۳: Reinforcement مجاز جوش در استاندارد AWS D1.1-2020

میزان مجاز گردهی جوش (Reinforcement) در تصویر ۴۶۴ - Figure 5.4 به خوبی نشان داده شده است. باید در نظر داشت که میزان مجاز گردهی جوش در جدول Table 5.8-Weld Profile Schedules برای جوشهای شیاری در چهار دسته تحت عنوان Schedule A, Schedule B, Schedule C, Schedule D فهرست بندی شده اند که در این فهرستها میزان مجاز گردهی جوش با توجه به ضخامت از 3 mm, 5 mm و 6 mm متغیر است که به نوع اتصال بستگی دارد.

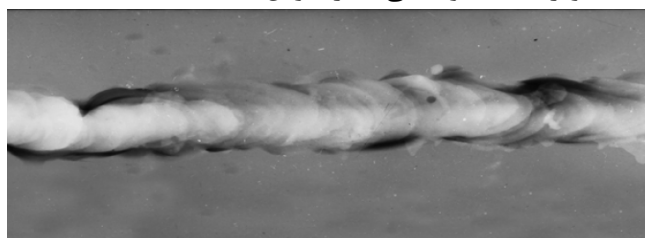


تصویر ۴۶۴: Reinforcement مجاز جوش در استاندارد AWS D1.1-2020

(۲۲) - معیار پذیرش سوختگی کنار جوش (Undercut) در استانداردها



تصویر ۴۶۵: سوختگی کنار جوش (Undercutting)



تصویر ۴۶۶: سوختگی کنار جوش (Undercutting)

☀ - معیار پذیرش U/C در استانداردهای API & ASME

■ - میزان مجاز U/C در استاندارد API 650-2020 (مخازن اتمسفری)

8.5 Visual Examination

8.5.2 A weld shall be acceptable by visual examination if the inspection shows the following.

- b) Maximum permissible undercut is 0.4 mm ($1/64$ in.) in depth for vertical butt joints, vertically oriented permanent attachments, attachment welds for nozzles, manholes, flush-type openings, and the inside shell-to-bottom welds. For horizontal butt joints, horizontally oriented permanent attachments, and annular-ring butt joints, the maximum permissible undercut is 0.8 mm ($1/32$ in.) in depth.

تصویر ۴۶۷: حد پذیرش U/C در API 650-2020

* - پاراگراف 8.5.2.(b): حداکثر عمق U/C مجاز در جوشهای لب به لب سربالا (Vertical) و جوشهای نازلها، منهول ها، flush-type (دریچه های تمیز کاری) و جوشهای بدنه به کف مخزن از داخل 0.4 mm است و در جوشهای افقی (Horizontal) و جوشهای لب به لب اتصالات Annular حداکثر 0.8 mm می باشد.

■ - میزان قابل قبولی U/C در استاندارد API 620-2018

6.13 Merging Weld With Plate Surface

Source: API 620-2009

The edges of the weld shall merge smoothly with the surface of the plate without a sharp angle. Maximum permissible weld undercut is $1/64$ in. for longitudinal or meridional butt joints, similarly oriented permanent attachments, attachment welds for nozzles, manholes, flush-type openings, and the inside shell-to-flat bottom welds. For circumferential and latitudinal butt joints, similarly oriented permanent attachments, and annular ring butt joints, the maximum permissible undercutting is $1/32$ in.

تصویر ۴۶۸: حد پذیرش U/C در API 620-2018- Para. 6.13

*** - پاراگراف 6.13: حداکثر عمق U/C مجاز در جوشهای لب به لب سربالا (Vertical) و جوشهای نازلها، منهول ها، flush-type (دریچه های تمیز کاری) و جوشهای بدنه به کف مخزن از داخل 0.4 mm است و در جوشهای افقی (Horizontal) و جوشهای لب به لب اتصالات Annular حداکثر 0.8 mm می باشد.

توجه: در استانداردهای API 650-2020 و همچنین API 620-2018 برای طول U/C معیار پذیرش مشخص نشده است.

■ - میزان قابل قبولی U/C در استاندارد API 1104-2018

✱ - پاراگراف 9.3.11 - سوختگی کنار جوش (Undercutting):

9.3.11 Undercutting

Undercutting is defined as a groove melted into the parent material adjacent to the toe or root of the weld and left unfilled by weld metal. Undercutting adjacent to the cover pass (EU) or undercutting adjacent to root pass (IU) shall be considered a defect should any of the following conditions exists:

- a) the aggregate length of indications of EU and IU, in any combination, in any continuous 12 in. (300 mm) length of weld exceeds 2 in. (50 mm);
- b) the aggregate length of indications of EU and IU, in any combination, exceeds one-sixth of the weld length.

تصویر ۴۶۹: حد پذیرش U/C در API 1104-2018

سوختگی کنار جوش (Undercutting) عبارت است از شیاری که در اثر ذوب فلز پایه در کنار پاس رو یا ریشه جوش ایجاد می شود و بوسیله فلز جوش پر نشده است. سوختگی کنار پاس رو (EU) یا ریشه جوش (IU) که به عنوان یک عیب تلقی می گردد باید دارای شرایط زیر باشد:

- (a) - مجموع طول نشانه های سوختگی لبه های خارجی (EU) و داخلی (IU) در هر ترکیبی، در هر 12 in. (۳۰۰ میلیمتر) طول پیوسته جوش از 2 in. (۵۰ میلیمتر) بیشتر باشد.
- (b) - مجموع طول نشانه های سوختگی لبه های خارجی (EU) و داخلی (IU) در هر ترکیبی، از $\frac{1}{6}$ (یک ششم) طول جوش تجاوز نماید.

یادداشت: وقتی برای استانداردهای پذیرش سوختگی لبه ها از اندازه گیری های مکانیکی یا بازرسی چشمی استفاده می شود به پاراگراف 9.7 نگاه کنید.

✱✱✱ - پاراگراف 9.7 - استانداردهای پذیرش چشمی سوختگی لبه ها (Undercutting):

9.7 Visual Acceptance Standards for Undercutting

9.7.1 General

Undercutting is defined in 9.3.11. The acceptance standards in 9.7.2 supplement but do not replace visual inspection requirements found elsewhere in this standard.

9.7.2 Acceptance Standards

When visual and mechanical means are used to determine depth, undercutting adjacent to the cover or root bead shall not exceed the dimensions given in Table 4. When both mechanical and radiographic measurements are available, the mechanical measurements shall govern.

تصویر ۴۷۰: حد پذیرش U/C در API 1104-2018

✱ - پاراگراف 9.7.1 - کلیات: سوختگی لبه ها (Undercutting) در پاراگراف 9.3.11 تعریف شده است. استانداردهای پذیرش ذکر شده در پاراگراف 9.7.2 الزامات بازرسی چشمی را در هر جایی از این استاندارد که آورده شده است را تکمیل می نماید ولی نمی تواند جایگزین آن شود.

✱ - پاراگراف 9.7.2 استانداردهای پذیرش:

وقتی ابزارهای مکانیکی و چشمی برای تعیین عمق سوختگی لبه ها مورد استفاده قرار می گیرد، سوختگی (Undercutting) کنار پاس ریشه نباید از ابعاد داده شده در جدول Table-4 تجاوز نماید. وقتی ارزیابی مکانیکی یا رادیوگرافی امکان پذیر می باشد، ارزیابی مکانیکی ارجحیت دارد.

Table 4—Maximum Dimensions of Undercutting

Depth	Length
$>1/32$ in. (0.8 mm) or $>12.5\%$ of pipe wall thickness, whichever is smaller	Not acceptable
$>1/64$ in. (0.4 mm) but $\leq 1/32$ in. (0.8 mm) or $>6\%$ but $\leq 12.5\%$ of pipe wall thickness, whichever is smaller	2 in. (50 mm) in a continuous 12 in. (300 mm) weld length or one-sixth the weld length, whichever is smaller
$\leq 1/64$ in. (0.4 mm) or $\leq 6\%$ of pipe wall thickness, whichever is smaller	Acceptable, regardless of length

تصویر ۴۷۱: حد پذیرش U/C در API 1104-2018

جدول ۴ - حداکثر ابعاد زیر برش (Undercutting)	
عمق	طول
عمق بیشتر از $[0.8\text{mm (0.031 in.)}]$ یا بیشتر از (12.5%) درصد ضخامت لوله (هر کدام که کمترند) باشد	غیر قابل قبول
عمق بیشتر از $[0.4\text{ mm (0.016 in.)}]$ ولی کمتر یا مساوی $[0.8\text{mm (0.031 in.)}]$ یا بزرگتر از 6% درصد ولی کمتر از (12.5%) درصد ضخامت لوله (هر کدام که کمترند) باشد	$[50\text{mm (2 in.)}]$ در طول پیوسته ای از جوش به اندازه $[300\text{mm (12 in.)}]$ یا $(1/6)$ یک ششم طول جوش (هر کدام که کمترند)
عمق کمتر یا مساوی $[0.4\text{ mm (0.016 in.)}]$ یا کمتر یا برابر با 6% درصد ضخامت لوله (هر کدام که کوچکتر است) باشد	طول هر چه باشد قابل قبول است.

تصویر ۴۷۲: حد پذیرش U/C در API 1104-2018

■ - میزان مجاز U/C در استاندارد API-5L-2018

***- پاراگراف 9.10.2- سوختگی کنار جوش (Undercutting):

9.10.2 Undercuts

Undercuts in SAW and COW pipes shall be investigated, classified, and treated as follows.

- Undercuts that have a depth $\leq 0.4\text{ mm (0.016 in.)}$ are acceptable, regardless of length, and shall be treated in accordance with Clause C.1.
- Undercuts that have a depth $> 0.4\text{ mm (0.016 in.)}$ but $\leq 0.8\text{ mm (0.031 in.)}$ are acceptable provided they are treated in accordance with Clause C.2 and provided that:
 - their individual lengths are $\leq 0.5\ t$,
 - their individual depths are $\leq 0.1\ t$, and
 - there are no more than two such undercuts in any 300 mm (12.0 in) length of weld.
- Undercuts that exceed the limits specified in item b) shall be classified as defects and shall be treated in accordance with Clause C.3.

NOTE Undercuts can best be located visually.

تصویر ۴۷۳: حد پذیرش U/C در API 5L-2018

سوختگی کنار جوش (Undercutting) در لوله های درز دار با جوش SAW و COW که بوسیله بازرسی چشمی دیده می شوند مطابق زیر دسته بندی می شوند:

SAW pipe: Submerged-Arc Welded pipe

COW: COMbination Welding process for pipe during manufacturing

(a) - Undercutting هایی که دارای عمقی کمتر یا برابر 0.4mm (0.016 in.) هستند صرفنظر از طول آنها مورد قبول می باشند و مطابق بند C.1 با آن برخورد می شود.

(b) - Undercutting هایی که دارای عمقی بیشتر از 0.4mm (0.016 in.) اما کمتر یا برابر 0.8mm (0.031 in.) هستند.

قابل قبول می باشند به شرطی که :

۱- طول تکی آنها کمتر یا برابر $(0.5t)$ باشد، و

۲- عمق تکی آنها کمتر یا برابر $(0.1t)$ باشد، و

۳- در هر 300 mm (12 in.) طول جوش، دو Undercut با خصوصیات دو مورد قبلی وجود نداشته باشد و

(c) - Undercut هایی که از محدوده های مشخص شده در قسمت (b) تجاوز کنند به عنوان عیوب، طبقه بندی می شوند و مطابق بند (C.3) با آنها برخورد می شود.

☀ - معیار پذیرش U/C در ASME Sec. VIII Div.1-2019-Para. UW-35

UW-35 FINISHED LONGITUDINAL AND CIRCUMFERENTIAL JOINTS

(b) A reduction in thickness due to the welding process is acceptable provided all of the following conditions are met:

(1) The reduction in thickness shall not reduce the

material of the adjoining surfaces below the design thickness at any point.

(2) The reduction in thickness shall not exceed $\frac{1}{32}\text{ in.}$ (1 mm) or 10% of the nominal thickness of the adjoining surface, whichever is less.⁷⁰

تصویر ۴۷۴: حد پذیرش U/C در ASME Sec. VIII Div.1-2019 , UW-35 (b)

***- پاراگراف UW-35 (b): کاهش ضخامت بر اساس فرآیند جوشکاری قابل قبول است بشرطی که تمام شرایط زیر در نظر گرفته شود:

(۱)- این کاهش ضخامت نباید باعث شود که در هر نقطه ای از محل اتصال، ضخامت فلز مبنا کمتر از حداقل ضخامت طراحی شود.

(۲)- این کاهش ضخامت نباید از $\frac{1}{32}\text{ in.}$ (1 mm) یا 10% از ضخامت اسمی در محل اتصال تجاوز کند، هر کدام که کمتر هستند ملاک است.

☀ - معیار پذیرش سوختگی کنار جوش (U/C) در استاندارد ASME B31.3-2016

معیار پذیرش Undercutting در استاندارد B31.3 به سرویس خط بستگی دارد. حد پذیرش Undercutting در استاندارد مذکور در مورد عمق و طول آن است و در زمینه طول سوختگی لبه ها (Undercutting) در سرویس های متفاوت یکسان است.

حد پذیرش (U/C) در جدول Table 341.3.2 برای سرویس های مختلف مطابق زیر مشخص شده است:

U/C در سرویس های High Pressure Piping

حد پذیرش Undercutting در سرویس های High Pressure Piping در جوشهای محیطی و طولی صفر است

U/C در سرویس های Category M یا Normal Fluid Service

در سرویس Category M یا Normal Fluid Service در جوشهای محیطی:

عمق: 1 mm یا $T/4$ (یک چهارم ضخامت)، هر کدام که کمتر باشد قابل قبول است.

طول: کوچکتر یا مساوی 38 mm در هر 150 mm (6 in.) طول جوش یا 25% از کل طول جوش ، هر کدام که کمتر باشد ملاک است و برای جوشهای طولی صفر است.

U/C در سرویس های Category D Fluid Service

در سرویس Category D Fluid Service در جوشهای محیطی:

عمق: 1.5mm و 1mm یا T/4 (یک چهارم ضخامت) ، هر کدام که کمتر باشد قابل قبول است.

طول: کوچکتر یا مساوی 38 mm در هر 150 mm (6 in.) طول جوش یا 25% از کل طول جوش ، هر کدام که کمتر باشد ملاک است و برای جوشهای طولی صفر است.

U/C در سرویس های Severe Cyclic Condition

سوختگی لبه ها در سرویس های خطوط Severe Cyclic Condition در جوشهای طولی و محیطی صفر است.

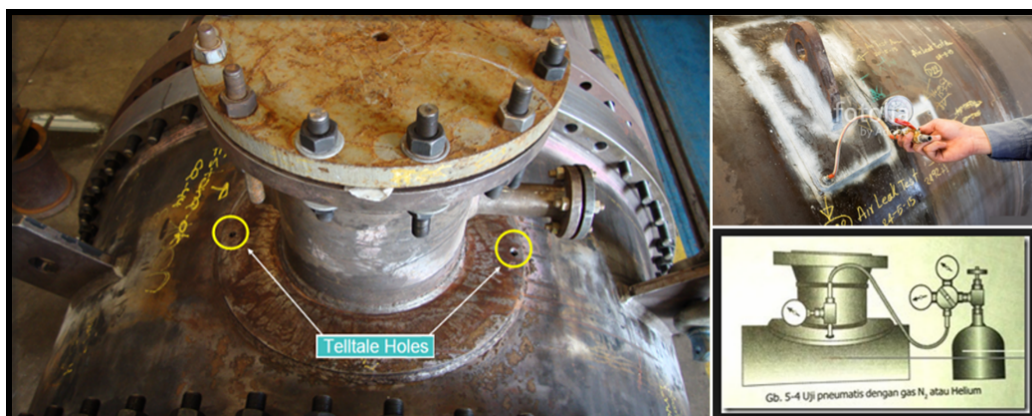
Table 341.3.2 Acceptance Criteria for Welds — Visual and Radiographic Examination											Examination Methods	
Criteria (A to M) for Types of Welds and for Service Conditions [Note (1)]												
Normal and Category M Fluid Service			Severe Cyclic Conditions			Category D Fluid Service						
Type of Weld			Type of Weld			Type of Weld						
Girth, Miter Groove & Branch Connection [Note (2)]	Longitudinal Groove [Note (3)]	Filler [Note (4)]	Girth, Miter Groove & Branch Connection [Note (2)]	Longitudinal Groove [Note (3)]	Filler [Note (4)]	Girth and Miter Groove	Longitudinal Groove [Note (3)]	Filler [Note (4)]	Branch Connection [Note (2)]		Visual	Radiography
H	A	H	A	A	A	I	A	H	H	Weld Imperfection		
Undercutting											✓	✓
Criterion Value Notes for Table 341.3.2												
Criterion												
Symbol	Measure					Acceptable Value Limits [Note (6)]						
A	Extent of imperfection					Zero (no evident imperfection)						
H	Depth of undercut					$\leq 1 \text{ mm } (1/32 \text{ in.})$ and $\leq T_w/4$						
	Cumulative length of internal and external undercut					$\leq 38 \text{ mm } (1.5 \text{ in.})$ in any 150 mm (6 in.) weld length or 25% of total weld length, whichever is less						
I	Depth of undercut					$\leq 1.5 \text{ mm } (1/16 \text{ in.})$ and $\leq T_w/4$ or 1 mm (1/32 in.)						
	Cumulative length of internal and external undercut					$\leq 38 \text{ mm } (1.5 \text{ in.})$ in any 150 mm (6 in.) weld length or 25% of total weld length, whichever is less						

تصویر ۴۷۵: حد پذیرش U/C در ASME B31.3-2016

(۲۳) Pneumatic Leak Test برای پدهای تقویتی (Reinforcement)

■ نیوماتیک تست پدهای تقویتی در مخازن تحت فشار ASME Sec. VIII Div.1-2019

***- پاراگراف UW-46 برای انجام تستها بر روی ورقهای تقویتی به پاراگراف (g) UG-37 ارجاع داده شده است.



تصویر ۴۷۶: تست نشت یابی پدهای تقویتی اطراف نازلها

INSPECTION AND TESTS

UW-46 GENERAL

The rules in the following paragraphs apply specifically to the inspection and testing of pressure vessels and vessel parts that are fabricated by welding and shall be used in conjunction with the general requirements for *Inspection and Tests* in [Subsection A](#), and with the specific requirements for *Inspection and Tests* in [Subsection C](#) that pertain to the class of material used. [For tests on reinforcing plates, see [UG-37\(g\)](#).]

UG-37 REINFORCEMENT REQUIRED FOR OPENINGS IN SHELLS AND FORMED HEADS

(g) Reinforcing plates and saddles of nozzles attached to the outside of a vessel shall be provided with at least one vent hole [maximum diameter $\frac{7}{16}$ in. (11 mm)] that may be tapped with straight or tapered threads. These vent holes may be left open or may be plugged when the vessel is in service. If the holes are plugged, the plugging material used shall not be capable of sustaining pressure between the reinforcing plate and the vessel wall.

تصویر ۴۷۷: تست نشستی از Reinforcing Plate مطابق ASME Sec. VIII Div.1-2019-UG-37 (g)

***- پاراگراف (g) UG-37 (Reinforcing Plate): پدهای تقویتی نازلها که بر روی سطح بیرونی مخزن متصل شده اند بایستی با حداقل یک سوراخ (Vent hole) و حداکثر قطر ۱۱ میلیمتر تهیه شوند که ممکن است بوسیله‌ی رزوه‌های مستقیم یا مخروطی مسدود شوند. این سوراخ‌ها ممکن است در زمان سرویس باز باقی بمانند یا ممکن است مسدود شوند البته اگر مسدود می‌شوند متریال مسدود کننده‌ها باید طوری باشد که توانایی نگهداری فشار مابین پد تقویتی و جداره مخزن را نداشته باشند. درمورد این پاراگراف، تفسیر شماره VIII-1-13-10 Interpretation: آمده است:

Interpretation: VIII-1-13-10

SECTION VIII-1 — INTERPRETATIONS VOL. 63

Subject: UG-37(g), Split Reinforcement Pads (2010 Edition, 2011 Addenda)

Date Issued: April 25, 2013

File: 13-115

Question: Is the compressed-air and soapsuds test mandatory for split reinforcement pads?

Reply: No.

تصویر ۴۷۸: تفسیر VIII-1-13-10 Interpretation: در مورد ASME Sec. VIII Div.1-UG-37 (g)

*- سوال: آیا برای پدهای تقویتی چند تیکه، تست هوای فشرده و تست کف صابون اجباری است؟
*- جواب: خیر.

در زمان انجام هیدروتست، جهت جلوگیری از نشستی بهتر است قبل از عملیات هیدروتست، پدهای تقویتی تست شوند تا چنانچه نشستی وجود داشته باشد قبل از آبیگری مخزن این عیب بر طرف گردد. در استاندارد، حداقل یا حداکثر فشار تست این پدها قید نشده است اما معمولاً مقدار فشار لازم برای Air Leak Test در Spec ها بطور متفاوت قید شده است مثلاً در Spec مربوط به شرکتهای Uhde & Sazeh فشار 0.3 bar پیشنهاد شده است.

 Uhde مشاوران مشاوران SAZEH CONSULTANTS	PVC Arvand General Engineering Spec f. Pressure Vessels and Heat Exchanger	 National Petrochemical company Arvand Petrochemical Company
Uhde Project No: 03-3039 Job Code: PVC Arvand	Sazeh Project No: 8047 Job Code:	Owner Project No: 8408205 Owner Job Code: PVC Arvand
Page 5 of 11		
3.5. Nozzles and inspection openings 3.5.1. General: Reinforcements shall be considered as per code and fabricated from the same material as the shell and be provided with a test hole NPT 1/8". The reinforcements shall be tested by means of a foaming agent and air at a pressure of approx. 0.3 bar. After the test, the test holes shall be sealed at least with silicone.		

تصویر ۴۷۹: تست هوا و تست کف صابون برای جوش پدهای تقویتی اتصالات مطابق Uhde & Sazeh Spec

■ - نیوماتیک تست پدهای تقویتی در مخازن ذخیره ای API 650-2020

7.3.5 Inspection of Reinforcing-Plate Welds

After fabrication is completed but before the tank is filled with test water, the reinforcing plates shall be tested by the Manufacturer by applying up to 100 kPa (15 lbf/in.²) gauge pneumatic pressure between the tank shell and the reinforcement plate on each opening using the telltale hole specified in 5.7.5.1. While each space is subjected to such pressure, a soap film, linseed oil, or another material suitable for the detection of leaks shall be applied to all attachment welding around the reinforcement, both inside and outside the tank.

تصویر ۴۸۰: تست نشتی Reinforcing Plate مطابق API 650-2020

***- پاراگراف 7.3.5 (Rienforcement-Plate): بازرسی جوش ورقهای تقویتی

پس از تکمیل ساخت مخازن (مخزن ذخیره ای) و قبل از آب گیری، ورقهای تقویت کننده میان دیواره تانک و ورقهای تقویتی در هر Opening بایستی توسط سازنده و از طریق سوراخهایی که در پاراگراف 5.7.5.1 یاد شده است با فشار هوای 100 Kpa (15lbf/in²) تست شوند. وقتی این فضا (فضای بین بدنه و ورقهای تقویتی) تحت فشار قرار می گیرد یک فیلم (لایه نازک) صابون، روغن برزک یا ماده دیگری بایستی برای آشکار سازی نشتی از داخل و بیرون مخزن به تمام متعلقات جوش در محیط ورقهای تقویت کننده اعمال گردد.

■ - نیوماتیک تست پدهای تقویتی در مخازن ذخیره ای API 620-2018

***- پاراگراف 7.18.2.1 (Test Preliminaries): تست مقدماتی (اولیه)

*- پاراگراف 7.18.2.1 - قبل از اینکه مخزن آبدگیری شود یک سری کارهای مقدماتی که در پاراگراف های 7.18.2.2 تا 7.18.2.6 شرح داده شده است می بایست انجام شوند.

7.18.2 Test Preliminaries

7.18.2.1 Before water is introduced into the tank, the preliminary operations described in 7.18.2.2 through 7.18.2.6 shall be performed.

7.18.2.3 Following the examination specified in 7.18.2.2, air at a pressure of 15 lbf/in.² gauge (or, if the parts involved cannot safely withstand this pressure, as near this pressure as the parts should safely withstand) shall be introduced between the tank wall and the reinforcing plate, saddle flange, or integral reinforcing pad on each opening, using the telltale holes specified in 5.16.10. While each space is subject to the pressure, a solution film shall be applied to all attachment welding around the reinforcement, both inside and outside the tank.

تصویر ۴۸۱: تست نشتی Reinforcing Plate مطابق API 620-2018

*- پاراگراف 7.18.2.3 - پیرو آزمایشات مشخص شده در پاراگراف 7.18.2.2 تست هوای فشرده با فشاری معادل یکبار یا 15 lbf/in.² gauge (یا اگر قسمتهایی که درگیر این تست هستند از لحاظ ایمنی تحمل این فشار را ندارند، تقریباً نزدیک به این فشار که از لحاظ ایمنی تحمل دارند تست شوند) می بایست با استفاده از یک سوراخ (telltale) که در پاراگراف (5.16.10) مشخص شده، مابین جداری مخزن و پد تقویتی، پد اتصالات (saddle flange) یا پدهای تقویتی یکپارچه اطراف هر دریچه تست شوند. تا زمانی که هر فضایی از مخزن در معرض فشار است باید با استفاده از یک لایه نازک (Film) محلول (مثل کف و صابون)، اطراف پدهای تقویتی و اتصالات جوش شده به مخزن را از دو طرف یعنی از داخل و بیرون چک و کنترل نمود (تا اطمینان حاصل شود که هیچگونه نشتی وجود ندارد).

Joint Efficiency - (۲۴)

تعریف اصطلاح واژه‌ی Joint Efficiency مطابق با استاندارد AWS A3.0 نسبت استحکام اتصال به استحکام فلز پایه

(Base Meal) که به صورت درصد بیان میشود.

Joint efficiency: The ratio of Strength of a joint to the Strength of the base metal, expressed in percent.

تصویر ۴۸۲: تعریف Joint Efficiency طبق AWS A3.0-2010

Joint Efficiency مطابق با استاندارد ASME Sec. VIII Div.1-2019-Para.-UW-12 به جز در مواردی که در پاراگراف UW-11(a)(5) آمده است، صرفاً به نوع و میزان آزمایش NDE آن اتصال بستگی دارد و به میزان آزمایش اتصال دیگری بستگی ندارد و در محاسبات با حرف (E) نشان داده می شود.

UW-12 JOINT EFFICIENCIES

Table UW-12 gives the joint efficiencies E to be used in the equations of this Division for joints completed by an arc or gas welding process. Except as required by

UW-11(a)(5), a joint efficiency depends only on the type of joint and on the degree of examination of the joint and does not depend on the degree of examination of any other joint.

تصویر ۴۸۳: تعریف Joint Efficiency طبق ASME Sec. VIII Div.1-2019-Para.-UW-12

توجه: عدد E Joint Efficiency در فرمول محاسبه‌ی ضخامت نیز تأثیر گذار است.

E = For welded vessels, use the efficiency specified in UW-12.

UG-27 THICKNESS OF SHELLS UNDER INTERNAL PRESSURE

$$(1) \text{ Circumferential Stress (Longitudinal Joints). } t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \quad \text{or} \quad P = \frac{SEt}{R + 0.6t} \quad (1)$$

$$(2) \text{ Longitudinal Stress (Circumferential Joints). } t = \frac{PR}{2SE + 0.4P} \quad \text{or} \quad P = \frac{2SEt}{R - 0.4t} \quad (2)$$

$$(d) \text{ Spherical Shells. } t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} \quad \text{or} \quad P = \frac{2SEt}{R + 0.2t} \quad (3)$$

تصویر ۴۸۴: نقش Joint Efficiency در محاسبه‌ی ضخامت

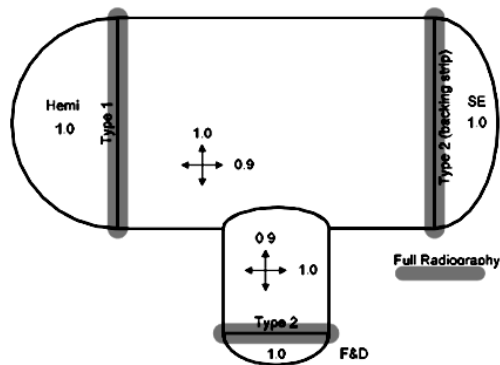
این ضریب چون در مخرج کسر فرمول محاسبه‌ی ضخامت قرار دارد در نتیجه با افزایش آن، درصد NDE افزایش و ضخامت کاهش می یابد و همچنین برعکس آن.

TYPES OF WELDED JOINT			JOINT EFFICIENCY, E When the Joint:		
TYPES CODE UW-12			a, Fully Radio- graphed	b, Spot Examined	c, Not Examined
1		Butt joints as attained by double-welding or by other means which will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surface. Backing strip if used shall be removed after completion of weld.	1.00	0.85	0.70
2		Single-welded butt joint with backing strip which remains in place after welding. <i>For circumferential joint only</i>	0.90	0.80	0.65

TYPES OF WELDED JOINT			JOINT EFFICIENCY, E When the Joint:		
TYPES CODE UW-12			a, Fully Radio- graphed	b, Spot Examined	c, Not Examined
3		Single - welded butt joint without use of backing strip.	***	***	0.60
4		Double - full fillet lap joint.	***	***	0.55
5		Single - full fillet lap joint with plug welds.	***	***	0.50
6		Single - full fillet lap joint with plug welds.	***	***	0.45

تصویر ۴۸۵: Joint Efficiency طبق ASME Sec. VIII Div.1-2019-(UW-12)

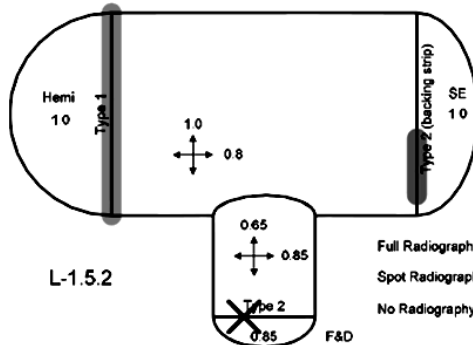
نقش E Joint Efficiency در درصد NDE مطابق زیر است:



Example-1

Comments:

1) All efficiencies are from Table UW-12

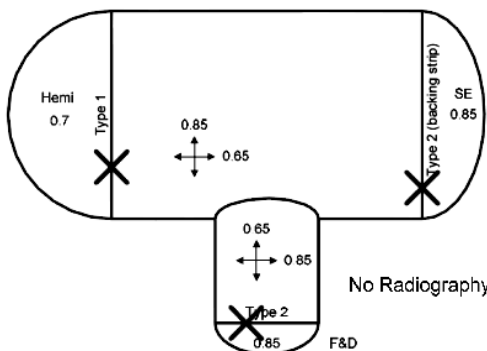


Example-2

Comments:

1) $E = 0.85$ for the sump per UW-12 (d)

2) All other efficiencies are from Table UW-12



Example-4

Comments:

1) $E = 0.85$ for the SE and F&D head per UW-12 (d)

2) All other efficiencies are from Table UW-12

تصویر ۴۸۶: نقش Joint Efficiency در درصد رادیوگرافی

(۲۵) - نازل روی خط جوش

☀ - برخورد نازل با خط جوش در مخازن تحت فشار طبق ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

UW-14 OPENINGS IN OR ADJACENT TO WELDS

(a) Any type of opening that meets the requirements for reinforcement given in UG-37 or UG-39 may be located in a welded joint.

(b) Single openings meeting the requirements given in UG-36(c)(3) may be located in head-to-shell or Category B or C butt welded joints, provided the weld meets the radiographic requirements in UW-51 for a length equal to three times the diameter of the opening with the center

of the hole at midlength. Defects that are completely removed in cutting the hole shall not be considered in judging the acceptability of the weld.

(d) Except when the adjacent butt weld satisfies the requirement for radiography in (b) above, the edge of openings in solid plate meeting the requirements of UG-36(c)(3) shall not be placed closer than $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) from the edge of a Category A, B, or C weld for material $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) thick or less.

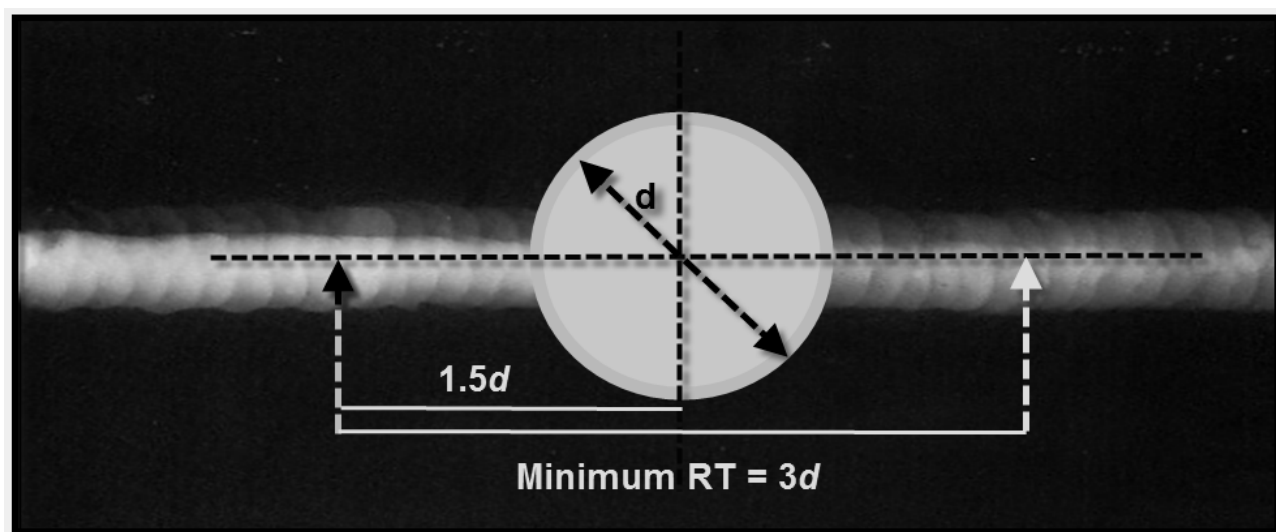
تصویر ۴۸۷: وضعیت نازل روی خط جوش. ASME Sec VIII Div.1-2015-Para. UW-14

***- پاراگراف UW-14 (OPENINGS IN OR ADJACENT TO WELDS):

(a) هر نوع از سوراخ (Opening) که مطابق شرایط الزامات پدهای تقویتی در UG-37 یا UG-39 باشد

ممکن است روی اتصالات جوش قرار گیرد.

(b) یک سوراخ (Opening) تکی که مطابق با شرایط الزامات معین شده در UG-36(c)(3) باشد ممکن است در اتصالات جوشهای لب به لب کلگی به بدنه یا در اتصالات Category B یا Category C قرار گیرد به شرطی که جوش با شرایط الزامات رادیوگرافی مشخص شده در پاراگراف UW-51 برای طولی معادل سه برابر قطر سوراخ از مرکز سوراخ روی خط میانی مطابقت داشته باشد. (در هنگام تفسیر فیلم گرفته شده) عیوبی که هنگام برش بطور کامل برداشته می شوند نباید در ارزیابی قبول شدن جوش در نظر گرفته شوند. (زیرا پس از برش از قسمت کار اصلی حذف می شوند).



تصویر ۴۸۸: وضعیت نازل روی خط جوش. ASME Sec. VIII Div. 1-2019-Para. UW-14

☼ - فاصله نازل با خط جوش در مخازن تحت فشار طبق ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

(d) بجز وقتی که طبق الزامات رادیوگرافی گفته شده در آئتم (b) در بالا سوراخ در مجاورت جوش لب به لب قرار می گیرد، فاصله لبه‌ی سوراخ مطابق شرایط گفته شده در پاراگراف UG-36(c)(3) در متریهالهای 38 mm و کمتر برای اتصالات Category A, Category B و یا Category C نباید نزدیک تر از 13 mm قرار گیرند.

OPENINGS IN PRESSURE VESSELS دریچه ها و پدهای تقویتی

***- پاراگراف UG-36 (OPENINGS IN PRESSURE VESSELS) دریچه ها در مخازن تحت فشار

*- پاراگراف UG-36(c) (*Strength and Design of Finished Openings*) استحکام و طراحی دریچه های بیرونی

(3)- در مخازن دریچه هایی که تابع نوسانات (تغییرات) سریع فشاری نیستند نیاز به پدهای تقویتی ندارند.

به غیر از آنهایی که ذاتاً در مرحله‌ی ساخت تحت شرایط زیر (نیاز ندارند):

(a)- اتصالات جوش شده، لحیم کاری شده و دودکش ها که قوانین کاربردی آنها برای دریچه های کامل شده

بزرگتر از (سایزهای زیر) نباشند:

(1)- قطر (89 mm) $3\frac{1}{2}$ in. در مخازنی که برای بدنه ها و کلگی های آنها حداقل ضخامت (10 mm) یا کمتر

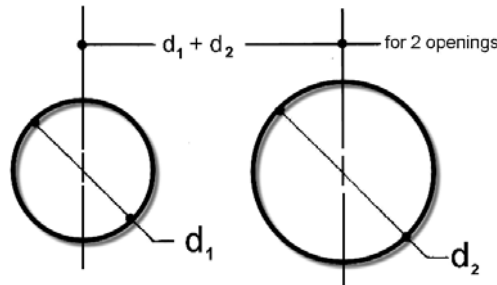
نیاز باشد.

(2)- قطر (60 mm) $2\frac{3}{8}$ in. در مخازنی که برای بدنه ها و کلگی های آنها حداقل ضخامتی بیشتر از (10 mm)

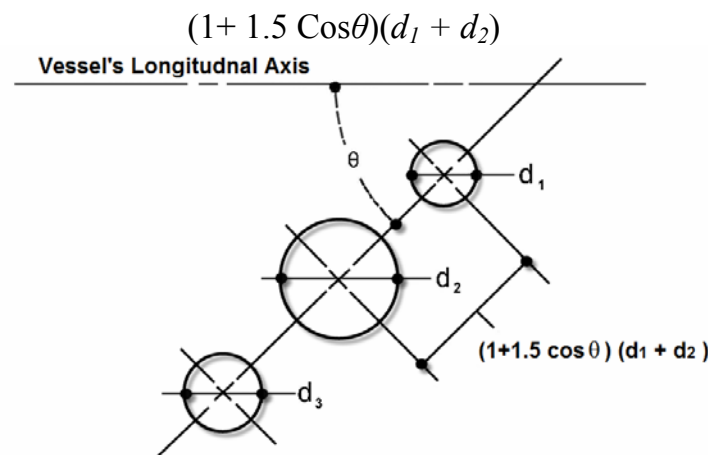
نیاز باشد.

(b-) وقتی سوراخی که برای اتصالات رزوه ای، پیچ و مهره ای یا انبساطی در بدنه یا کلگی ها بریده می شود بزرگتر از $2\frac{3}{8}$ in. (60 mm) نباشد.

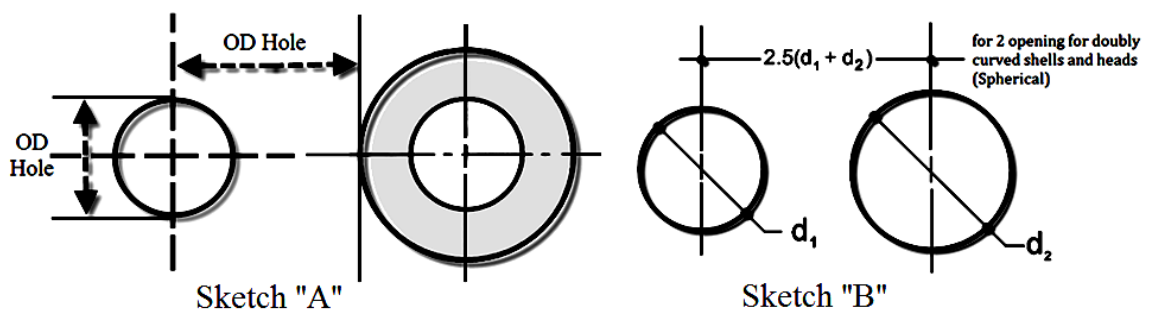
(c-) هیچ کدام از دو دریچه ی بدون پد تقویتی که تکی باشند، مطابق ردیف (a-) و (b-) (قید شده) در بالا نباید مرکزهای آنها نسبت به اندازه ی جمع قطرهایشان به هم نزدیک باشند.



(d-) هیچ کدام از دو دریچه ی بدون پد تقویتی، در میان گروه سه تایی یا بیشتر دریچه های بدون پد تقویتی مطابق ردیف (a-) و (b-) (قید شده) در بالا، نباید مرکزهای آنها نسبت به موارد گفته شده در زیر نزدیکتر باشند:



*- برای بدنه ها و کلگی هایی که بوسیله ی دو قوس شکل داده شده اند یا کلگی های تخت. (به "A" Sketck دقت شود).



جاییکه:

$$d_1 + d_2 = \text{قطر بیرونی دو دریچه مجاور هم و}$$

$$\theta = \text{زاویه ی خط اتصال مرکز دریچه با محور طولی بدنه}$$

فاصله ی مرکز یک دریچه ی فاقد پد تقویتی همانطور که در پاراگراف (a-) و (b-) در بالا شرح داده شده تا متریا ل بکار رفته برای پد تقویتی دریچه مجاور نباید کمتر از قطر بیرونی سوراخ در بدنه ی مخزن باشد. (به "A" Sketck دقت شود).

OPENINGS AND REINFORCEMENTS²⁶

UG-36 OPENINGS IN PRESSURE VESSELS

(c) Strength and Design of Finished Openings

(3) Openings in vessels not subject to rapid fluctuations in pressure do not require reinforcement other than that inherent in the construction under the following conditions:

(-a) welded, brazed, and flued connections meeting the applicable rules and with a finished opening not larger than:

(-1) $3\frac{1}{2}$ in. (89 mm) diameter — in vessel shells or heads with a required minimum thickness of $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) or less;

(-2) $2\frac{3}{8}$ in. (60 mm) diameter — in vessel shells or heads over a required minimum thickness of $\frac{3}{8}$ in. (10 mm);

(-b) threaded, studded, or expanded connections in which the hole cut in the shell or head is not greater than $2\frac{3}{8}$ in. (60 mm) diameter;

(-c) no two isolated unreinforced openings, in accordance with (-a) or (-b) above, shall have their centers closer to each other than the sum of their diameters;

(-d) no two unreinforced openings, in a cluster of three or more unreinforced openings in accordance with (-a) or (-b) above, shall have their centers closer to each other than the following:

for cylindrical or conical shells,

$$(1 + 1.5 \cos \theta)(d_1 + d_2);$$

for doubly curved shells and formed or flat heads,

$$2.5(d_1 + d_2)$$

where

d_1, d_2 = the finished diameter of the two adjacent openings

θ = the angle between the line connecting the center of the openings and the longitudinal axis of the shell

The centerline of an unreinforced opening as defined in (-a) and (-b) above shall not be closer than its finished diameter to any material used for reinforcement of an adjacent reinforced opening.

تصویر ۴۸۹: پاراگراف ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UG-36(c)(3)

☀ - برخورد نازل با خط جوش در مخازن با دمای پایین طبق ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

ULT-18 NOZZLES AND OTHER CONNECTIONS

(a) Nozzles shall not be located in Category A or B joints. When adjacent to Category A or B joints, the near-

est edge of the nozzle-to-shell weld shall be at least five times the nominal thickness of the shell from the nearest edge of the Category A or B joint.

تصویر ۴۹۰: وضعیت نازل روی خط جوش در سرویس های منفی ASME Sec. VIII-Div.1-2019-ULT-18(a)

***- پاراگراف ULT-18 (NOZZLES AND OTHER CONNECTION):

(a) نازلها نباید بر روی اتصالات Category A, Category B قرار گیرند.

☀ - فاصله نازل با خط جوش در مخازن با دمای پایین طبق ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

(a) وقتی که اتصالات Category A, Category B در نزدیکی لبه ی سوراخ Nozzle-to-Shell قرار دارند این

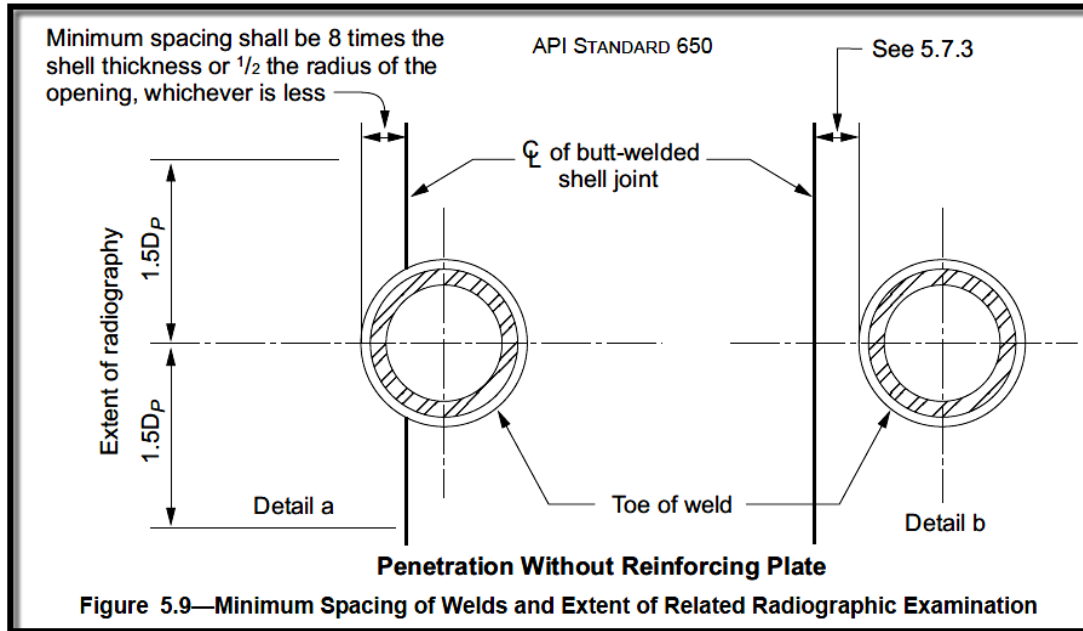
فاصله لبه ی Nozzle-to-Shell تا اینگونه اتصالات باید حداقل ۵ برابر ضخامت اسمی بدنه فاصله ی داشته باشد.



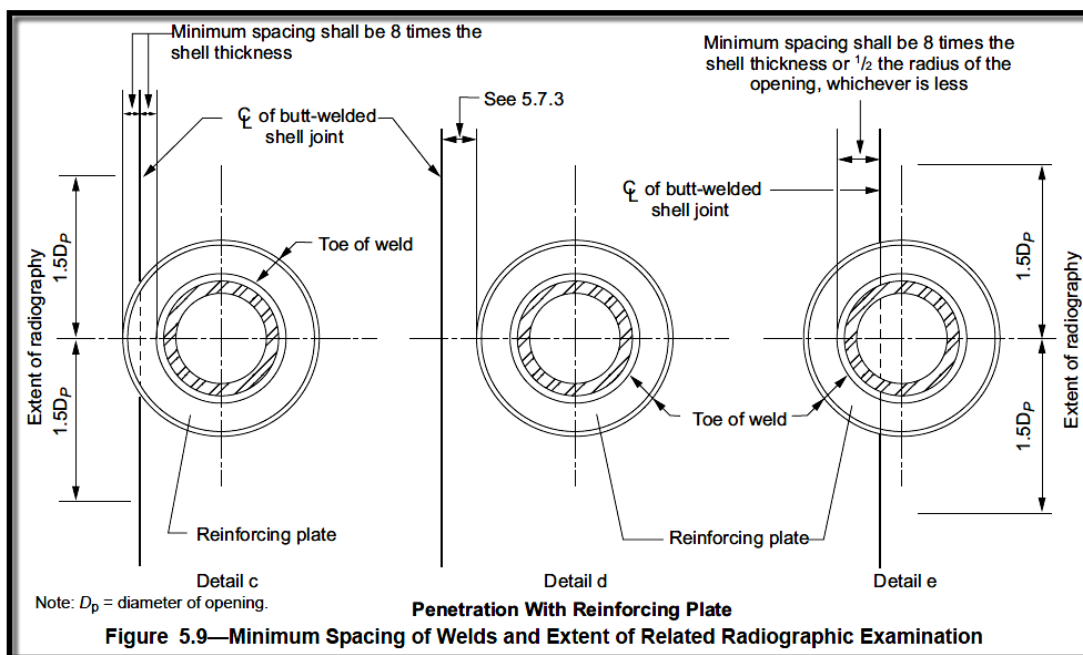
تصویر ۴۹۱: وضعیت نازل روی خط جوش کلگی

☀ - برخورد نازل با خط جوش در مخازن ذخیره ای طبق API 650-2020

در مخازن ذخیره ای همچون مخازن تحت فشار چنانچه نازلی با خط جوش برخورد داشته باشد ۳ برابر قطر Opening آن نازل باید رادیوگرافی شود. نحوه ای انجام عملیات رادیوگرافی در تصاویر زیر نمایش داده شده است.



تصویر ۴۹۲: نحوه ای رادیوگرافی محل برخورد نازل با خط جوش در API 650-2020



تصویر ۴۹۳: نحوه ای رادیوگرافی محل برخورد نازل با خط جوش API 650-2020

یادداشت‌های مربوط به تصویر ۴۹۴ - Fig. 5-6

RTR = ورودی های (Openings) نوع معمولی (منهول یا نازل) که با ورقهای تقویتی گرد یا چند ضلعی یا Insert Plate (ورقی است به ابعاد ورق تقویتی و با ضخامتی معادل ضخامت ورق بدنه و ضخامت ورق تقویتی) و یا ورق ضخیم شده thickened insert plate که تا کف مخزن امتداد ندارند، تقویت شده اند (به تصاویر 5.7A و 5.8 نگاه کنید).

LTR = ورودی های (Openings) نوع معمولی (منهول یا نازل) که از ورق تقویتی به شکل سنگ قبر (Tombstone) و یا Insert Plate و یا ورق ضخیم شده thickened insert plate که تا کف مخزن امتداد ندارند، تقویت شده اند. (به تصویر 5.8 و جزئیات (Details) a و b نگاه کنید)

S-N = ورودی های بدنه که فاقد ورق تقویتی و Insert Plate ضخیم شده می باشند (به عبارت دیگر ورودی های ورق بدنه که بنا به ضخامت بدنه نیاز به تقویت ندارند یا ورودی هایی که اصلاً به تقویت نیاز ندارند).

۱- چنانچه دو الزام وجود داشته باشد، حداقل فاصله بایستی رقم بزرگتر را در نظر گرفت مگر اینکه طور دیگری در نظر گرفته شود..

۲- فاصله جوشها به این شکل اندازه گیری شود، برای جوشهای گوشه ای (Fillet) از پاشنه‌ی جوش (Toe) ، جوشهای لب به لب مربوط به (insert or thickened insert plate) و همچنین جوشهای لب به لب بدنه از خط مرکزی این جوشها.

۳- (t) ضخامت اسمی ورق بدنه است.

۴- W = بزرگترین سائز جوش محیطی اطراف فیتینگها:

برای جوشهای گوشه ای (Fillet) طول پایه جوش (leg length) در امتداد بدنه‌ی مخزن.
برای جوشهای لب به لب ضخامت (insert plate) در محل اتصال جوش است.

۵- D = حداقل فاصله کف مخزن تا مرکز نازل مطابق جدول 5.6a & 5.6b ستون (9)

۶- مجوز قرار گرفتن ورودی ها (نازل ها و منهول ها) در محل جوشهای لب به لب افقی یا عمودی از اختیارات خریدار می باشد. (به تصویر ۴۹۳ (5.9) نگاه کنید).

***- پاراگراف 5.7.3 (Spacing of Welds around Connections) :

1- در این استاندارد مطالب اضافی در مورد فاصله بین جوشها وجود دارد. سایر پاراگرافها و جدول های مربوط به نازلها و منهول ها می توانند حداقل فاصله را افزایش دهند.

2- در این استاندارد هر جا که عبارت Thermal Stress Relife بکار برده می شود منظور عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) است

*- پاراگراف 5.7.3.1 - برای جوش ورقهای بدنه با ضخامت بیشتر از $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) که تنش زدایی نمی شوند حداقل فاصله بین جوشهای اتصالات نفوذی نازلها تا اتصالات مجاور ورق بدنه باید از موارد زیر پیروی نمایند:

(a)- (در ساخت مخزن) فاصله پاشنه جوش گوشه ای (Fillet) که در اطراف جوش نفوذی یک نازل بدون پد تقویتی یا اطراف محیط ورق تقویتی و خط مرکزی جوشهای لب به لب اطراف محیط ورق Thickened insert plate یا ورق insert plate قرار دارند تا بدنه حداقل بایستی بیشتر از ۸ برابر اندازه جوش یا 10 in.(250 mm) فاصله داشته باشد. مطابق آنچه در Figure 5.6 شرح داده شده است (ابعاد A یا B در تصویر ۴۹۴ - 5.6)

(b)- (در ساخت مخزن) فاصله پاشنه جوش گوشه ای (Fillet) که در اطراف جوش نفوذی یک نازل بدون پد تقویتی یا اطراف محیط ورق تقویتی و خط مرکزی جوشهای لب به لب اطراف محیط ورق Thickened insert plate یا ورق insert plate قرار دارند تا بدنه حداقل بایستی بیشتر از ۸ برابر اندازه جوش بزرگتر یا 150 mm نسبت به همدیگر فاصله داشته باشند. (ابعاد E در تصویر ۴۹۴ - Figure 5.6).

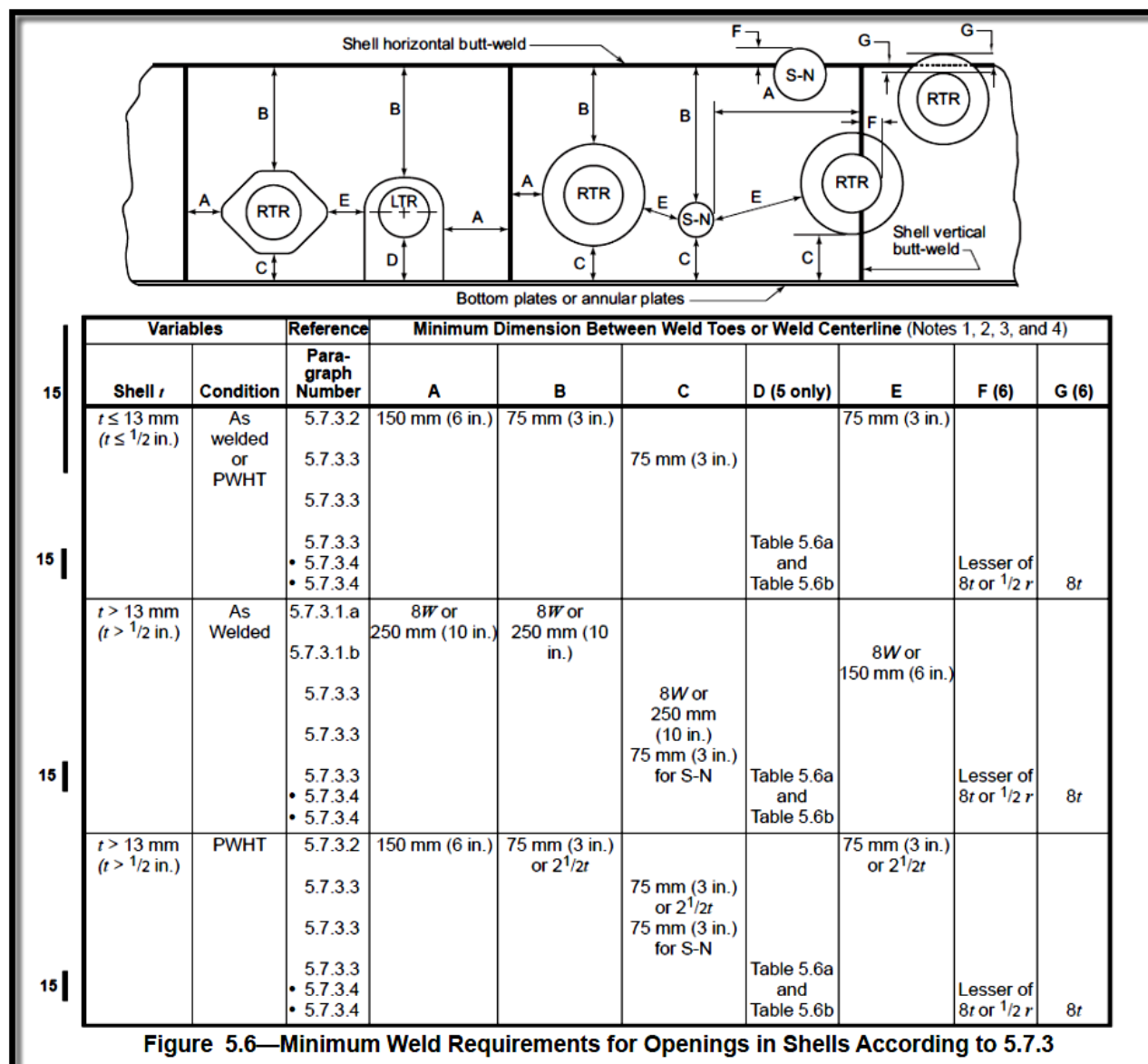


Figure 5.6—Minimum Weld Requirements for Openings in Shells According to 5.7.3

تصویر ۴۹۴: حداقل فاصله بین نازل و خط جوش بدنه در استاندارد API 650-2020

*- پاراگراف 5.7.3.2 - وقتی تنش زدایی جوش محیطی قبل از جوشکاری اتصال ورق بدنه مجاور آن انجام شده باشد یا وقتی بر روی بدنه مخزن، جوش تنش زدایی نشده ای با ضخامت معادل $[1/2 \text{ in. (13 mm)}]$ یا کمتر قرار داشته باشد فاصله آن نسبت به جوشهای عمودی می تواند به اندازه $[6 \text{ in. (150 mm)}]$ (ابعاد A در تصویر ۴۹۴ - Figure 5.6) و جوشهای افقی $(2^{1/2})$ برابر ضخامت، یا $[3 \text{ in. (75 mm)}]$ هر کدام بزرگتر است (ابعاد B در تصویر ۴۹۴ - Figure 5.6) کاهش یابد. جوشهای اطراف محیط یک ورق ضخیم تر Thickened insert plate (که بجای ضخامت بدنه و ورق تقویتی (Rienforcement) بکار برده می شود.) باید بیشتر از $[3 \text{ in. (75 mm)}]$ یا $2^{1/2}$ برابر ضخامت بدنه باشد. (ابعاد E در تصویر ۴۹۴ - Figure 5.6).

*- پاراگراف 5.7.3.3 - مقررات موجود در پاراگرافهای 5.7.3.1 و 5.7.3.2 باید در مورد اتصالات ورق بدنه به کف نیز بکار برده شوند (ابعاد C در تصویر ۴۹۴ - Figure 5.6) مگر اینکه در ساخت مخزن به عنوان یک جایگزین ورق Thickened insert plate یا ورق insert plate تقویتی تا محل اتصال بدنه به کف امتداد یابند و آن اتصال را با

زاویه 90° (ابعاد D در تصویر ۴۹۴- Figure 5.6) قطع نمایند. حداقل بایستی 3 in.(75 mm) بین پاشنه جوش اطراف نازل تقویت نشده (نگاه کنید به پاراگراف 5.7.2.1) و پاشنه جوش بدنه به کف فاصله داشته باشد.

*- پاراگراف 5.7.3.4 - نازلها و منهولها نباید در درز جوشهای بدنه قرار گیرند و ورقهای تقویتی نازلها و منهولها نباید درز جوشهای بدنه را بپوشانند (از مواردی مانند Detail a, c, e در تصاویر ۴۹۲ و ۴۹۳ باید اجتناب شود). چنانچه راهکاری وجود نداشته باشد با درخواست خریدار، محل قرار گرفتن نازلها و ورقهای تقویتی (اگر بکار برده شود) می توانند اتصالات جوشکاری لب به لب را قطع نمایند مشروط بر آنکه حداقل فاصله رعایت گردد و اتصالات جوشهای بدنه رادیوگرافی شوند. اتصال جوشکاری شده بدنه باید به طولی معادل سه برابر قطر دهانه سوراخی که برای نصب نازل یا منهول در بدنه مخزن ایجاد شده بطور کامل رادیوگرافی گردد ولی رادیوگرافی آن قسمت از جوش که در اثر برش خارج می شود الزامی نمی باشد. آزمایش رادیوگرافی باید مطابق با پاراگراف 8.1.3 تا 8.1.8 باشد.

(۲۶) - رادیوگرافی:

■ - زمان انجام آزمایش رادیوگرافی (Time of Examination)

در برخی از متریاها انجام آزمایش رادیوگرافی بایستی 48 ساعت پس از اتمام عملیات جوشکاری صورت پذیرد مانند متریاها P-No. 3 Gr. 3 و A514, A517, A709 Gr. 100 & 100W.

UCS-56 REQUIREMENTS FOR POSTWELD HEAT TREATMENT (f) (5) After the finished repair weld has reached ambient temperature, it shall be inspected using the same non-destructive examination that was used in (3) above, except that for P-No. 3, Group No. 3 materials, the examination shall be made after the material has been at ambient temperature for a minimum period of 48 hr to determine the presence of possible delayed cracking of the weld. If the examination is by the magnetic particle method, only the alternating current yoke type is acceptable.	AWS D1.1/D1.1M <i>Structural Welding Code—Steel,</i> For welds subject to NDT in conformance with 6.10, 6.11, 9.26.2, and 9.27.1, the testing may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A514, A517, and A709 Grade HPS 100W [690W] steels shall be based on NDT performed not less than 48 hours after completion of the welds.
---	---

تصویر ۴۹۵: زمان انجام آزمایش رادیوگرافی در ASME Sec. VIII-Div. 1 & AWS-D1.1-2017

این قانون در مخازن تحت فشار در پاراگراف (5) (f) UCS-56- در مورد تعمیرات متریاها P-No.3 Gr. 3 و در استاندارد AWS D1.1-2020 برای متریاها ASTM A514, A517, and A709 Grade HPS 100W [690W] نیز حاکم است.

☀ - رادیوگرافی در مخازن تحت فشار ASME Sec. VIII Div.1-2019

■ - تفاوت NDE و NDT

این دو اصطلاح در واقع یک معنی دارند با این تفاوت که استاندارد ASTM تست غیر مخرب را NDT و استاندارد ASME آنرا NDE معرفی میکند. این تفاوتها در مورد متریاها نیز وجود دارد به عنوان مثال متریا 105 در استاندارد ASME با عنوان SA-105 معرفی شده است در حالیکه این متریا در استاندارد ASTM با عنوان A105 معرفی شده است.

■ - عوامل تعیین کننده انجام رادیوگرافی در مخازن تحت فشار

رادیوگرافی در مخازن تحت فشار به چندین عامل بستگی دارد، در اینجا به ۶ عامل از آنها اشاره می شود که عبارتند از :

سرویس - ضخامت - Joint Efficiency - جنس متریا - نوع مخزن - نوع فرآیند جوشکاری

الف (سرویس: پاراگراف UW-2(a) : وقتی مخازن حاوی مواد کشنده (Lethal) چه بصورت مایع و چه بصورت گاز باشد، تمامی اتصالات جوش شده لب به لب بایستی بصورت کامل (Full) مطابق پاراگراف UW-51 رادیوگرافی شوند. بجز جوشهای لب به لب که تحت قوانین بخش ۳۰۲ زیر قرار دارند و همچنین پاراگراف UW-11(a)(4) و جوشهای لب به لب در رینگهای تقویتی که تحت قوانین UG-29 طراحی شده اند. (در بخش تنش زدایی بر اساس سرویس در مورد سرویس Lethal توضیح داده شده است).

UW-2 SERVICE RESTRICTIONS

(a) When vessels are to contain lethal⁶⁴ substances, either liquid or gaseous, all butt-welded joints shall be fully radiographed in accordance with UW-51, except for butt welds subject to the provisions of (2) and (3) below and UW-11(a)(4), and butt welds in stiffening rings designed under the rules of UG-29.

تصویر ۴۹۶: وضعیت رادیوگرافی براساس سرویس ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

ب (ضخامت: مقدار ضخامت، ممکن است تعیین کننده رادیوگرافی باشد. مطابق جدول UCS-57 برای P No. های مختلف محدوده ای که نیاز اجباری (Mandatory) به رادیوگرافی دارند مشخص شده است. به عنوان مثال برای P No. 1 Gr.No. 1, 2, 3 ضخامت بالاتر از 32mm بایستی رادیوگرافی شوند.

UCS-57 RADIOGRAPHIC EXAMINATION

In addition to the requirements of UW-11, complete radiographic examination is required for each butt-welded joint at which the thinner of the plate or vessel wall thicknesses at the welded joint exceeds the thickness limit above which full radiography is required in Table UCS-57.

Table UCS-57
Thickness Above Which Full Radiographic Examination of Butt-Welded Joints Is Mandatory

P-No. and Group No. Classification of Material	Nominal Thickness Above Which Butt-Welded Joints Shall Be Fully Radiographed, in. (mm)
1 Gr. 1, 2, 3	1 ¹ / ₄ (32)
3 Gr. 1, 2, 3	3 ³ / ₄ (19)
4 Gr. 1, 2	5 ⁵ / ₈ (16)
5A Gr. 1, 2	0 (0)
5B Gr. 1	0 (0)
5C Gr. 1	0 (0)
15E, Gr. 1	0 (0)
9A Gr. 1	5 ⁵ / ₈ (16)
9B Gr. 1	5 ⁵ / ₈ (16)
10A Gr. 1	3 ³ / ₄ (19)
10B Gr. 1	5 ⁵ / ₈ (16)
10C Gr. 1	5 ⁵ / ₈ (16)

تصویر ۴۹۶: وضعیت رادیوگرافی براساس ضخامت ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

پ (Joint Efficiency: مقدار Joint Efficiency ممکن است تعیین کننده رادیوگرافی باشد که بصورت درصد مشخص می شود. Joint Efficiency مطابق با جدول UW-12 بیان شده است و انتخاب مناسب آن به عهده طراح (Designer) می باشد.

مقدار Joint Efficiency بر اساس جدول UW-12

- Joint Efficiency = 1.00, 0.9 → Degree of Radiographic Examination → Full
- Joint Efficiency = 0.85, 0.80 → Degree of Radiographic Examination → Spot

- Joint Efficiency = 0.70, 0.65, 0.55, 0.50, 0.45 → Degree of Radiographic Examination → None

Table UW-12 Maximum Allowable Joint Efficiencies for Arc and Gas Welded Joints						
Type No.	Joint Description	Limitations	Joint Category	Degree of Radiographic Examination		
				(a) Full [Note (1)]	(b) Spot [Note (2)]	(c) None
(1)	Butt joints as attained by double-welding or by other means that will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surfaces to agree with the requirements of UW-35. Welds using metal backing strips that remain in place are excluded.	None	A, B, C, and D	1.00	0.85	0.70
(2)	Single-welded butt joint with backing strip other than those included under (1)	(a) None except as in (b) below (b) Circumferential butt joints with one plate offset; see UW-13(b)(4) and Figure UW-13.1, sketch (i)	A, B, C, and D A, B, and C	0.90 0.90	0.80 0.80	0.65 0.65
(3)	Single-welded butt joint without use of backing strip	Circumferential butt joints only, not over $\frac{5}{8}$ in. (16 mm) thick and not over 24 in. (600 mm) outside diameter	A, B, and C	NA	NA	0.60
(4)	Double full fillet lap joint	(a) Longitudinal joints not over $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) thick (b) Circumferential joints not over $\frac{5}{8}$ in. (16 mm) thick	A B and C [Note (3)]	NA NA	NA NA	0.55 0.55
(5)	Single full fillet lap joints with plug welds conforming to UW-17	(a) Circumferential joints [Note (4)] for attachment of heads not over 24 in. (600 mm) outside diameter to shells not over $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) thick (b) Circumferential joints for the attachment to shells of jackets not over $\frac{5}{8}$ in. (16 mm) in nominal thickness where the distance from the center of the plug weld to the edge of the plate is not less than $1\frac{1}{2}$ times the diameter of the hole for the plug.	B C	NA NA	NA NA	0.50 0.50
(6)	Single full fillet lap joints without plug welds	(a) For the attachment of heads convex to pressure to shells not over $\frac{5}{8}$ in. (16 mm) required thickness, only with use of fillet weld on inside of shell; or (b) for attachment of heads having pressure on either side, to shells not over 24 in. (600 mm) inside diameter and not over $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) required thickness with fillet weld on outside of head flange only	A and B A and B	NA NA	NA NA	0.45 0.45
(7)	Corner joints, full penetration, partial penetration, and/or fillet welded	As limited by Figure UW-13.2 and Figure UW-16.1	C and D [Note (5)]	NA	NA	NA
(8)	Angle joints	Design per U-2(g) for Category B and C joints	B, C, and D	NA	NA	NA

تصویر ۴۹۷: وضعیت رادیوگرافی براساس Joint Efficiency بر اساس ASME Sec. VIII-Div. 1-UW-12-2019

(ت) جنس متریال: جنس متریال مخزن ممکن است تعیین کننده رادیوگرافی باشد. مطابق پاراگراف UNF-57 چنانچه متریال مخزن از فلز غیر آهنی (Nonferrous) باشد بایستی مطابق الزامات UW-11 رادیوگرافی شود علاوه بر آن مخازنی که از متریالهای تیتانیوم، زیرکونیوم و آلیاژهای آنها ساخته می شوند بایستی تمام اتصالات جوشهای Category A & B آنها بصورت کامل رادیوگرافی شوند.

UNF-57 RADIOGRAPHIC EXAMINATION

(a) Vessels or parts of vessels constructed of nonferrous materials shall be radiographed in accordance with the requirements of UW-11.

(b) In addition, for vessels constructed of titanium or zirconium and their alloys, all joints of Categories A and B shall be fully radiographed in accordance with UW-51.

تصویر ۴۹۸: وضعیت رادیوگرافی براساس جنس مخزن ASME Sec. VIII-Div. 1-2019-Para.-UNF-57

(ت) نوع مخزن: ممکن است تعیین کننده رادیوگرافی، نوع مخزن باشد.

مطابق پاراگراف های ULW-51, ULW-52(d), ULW-54 در مخازن چند لایه ای، اتصالات جوشهای Category A & B در بدنه های داخلی (Inner shell) و کلهیهای داخلی (Inner heads) باید بصورت کامل رادیوگرافی شوند.

ULW-2 NOMENCLATURE

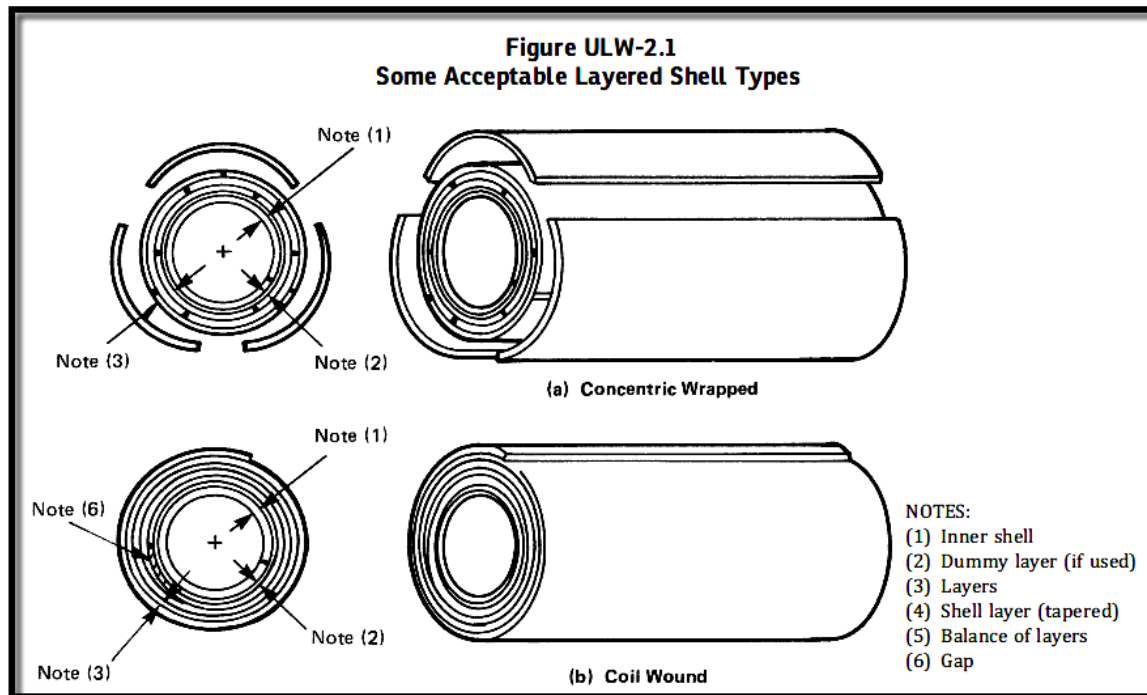
The following terms are used in **Part ULW** relative to layered vessels:

(a) *Layered Vessel*. A vessel having a shell and/or heads made up of two or more separate layers.

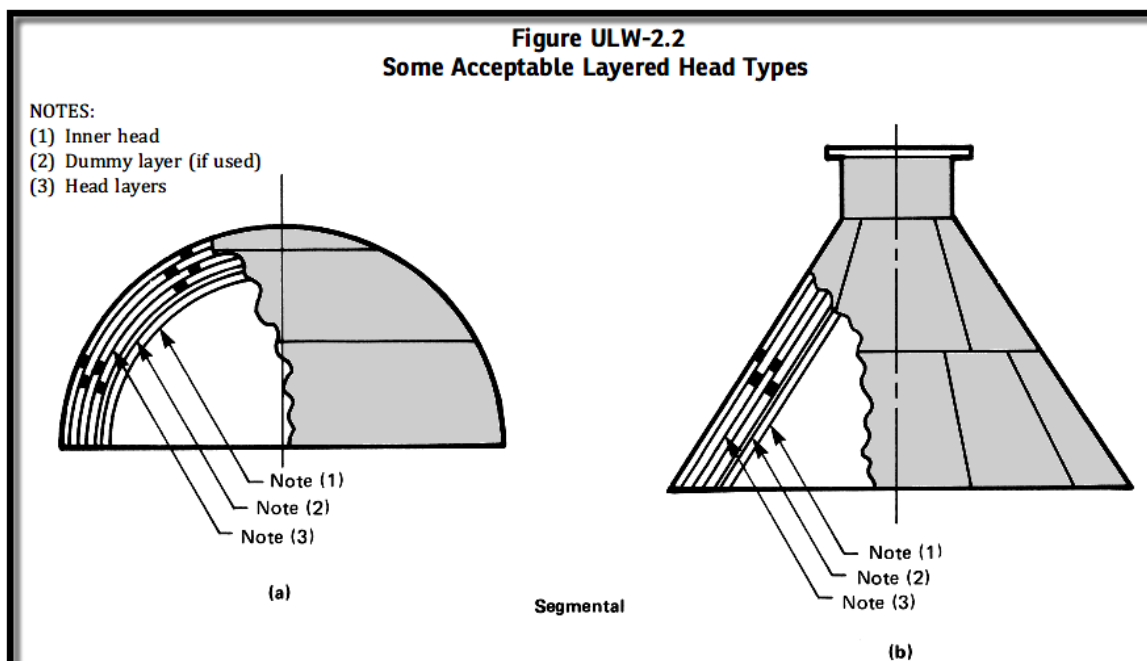
ULW-51 INNER SHELLS AND INNER HEADS

Category A and B joints in the inner shells of layered shell sections, and in the inner heads of layered heads before application of the layers, shall be examined throughout their entire length by radiography and meet the requirements of **UW-51**.

تصویر ۴۹۹: وضعیت رادیوگرافی براساس نوع مخزن 51-ULW-2, 1-2019-Para. VIII-Div. ASME



تصویر ۵۰۰: وضعیت مخزن چند لایه قسمت بدنه 51-ULW-2, 1-2019 (Shell) ASME



تصویر ۵۰۱: وضعیت مخزن چند لایه قسمت کلگی 51-ULW-2, 1-2019-(Head) ASME

ج (نوع فرآیند جوشکاری: تعیین کننده رادیوگرافی ممکن است نوع فرآیند جوشکاری باشد. مطابق پاراگراف UW-11(6) تمام اتصالات جوشکاری شده به وسیله فرآیند Electroslag بایستی به صورت کامل رادیوگرافی شوند.

UW-11 RADIOGRAPHIC AND ULTRASONIC EXAMINATION

(a) *Full Radiography.* The following welded joints shall be examined radiographically for their full length in the manner prescribed in UW-51:

(6) all butt welds joined by electrogas welding with any single pass greater than $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) and all butt welds joined by electroslog welding;

تصویر ۵۰۲: وضعیت رادیوگرافی براساس نوع فرآیند جوشکاری ASME Sec. VIII-Div. 1-UW-11-2019

با توجه به توضیحات فوق ممکن است رادیوگرافی مخازن تحت فشار بصورت کامل (Full) یا بصورت نقطه ای (Spot) انجام شود. برخی مخازن نیز رادیوگرافی نیاز ندارند و رادیوگرافی آنها (None) است. شرایط و چگونگی انجام رادیوگرافی دو حالت Full & Spot:

■ - مقررات وضعیت رادیوگرافی کامل (Full)

***- پاراگراف UW-11 (RADIOGRAPHIC AND ULTRASONIC EXAMINATION):

(a) *Full Radiography* رادیوگرافی بطور کامل: اتصالات جوشکاری شده تحت شرایط زیر و تحت شرایطی که در UW-51 آمده است باید بصورت کامل (Full) مورد آزمایش رادیوگرافی قرار گیرند.

(۱) - تمام جوشهای لب به لب در بدنه و کُلگی مخازنی که حاوی مواد سمی و کشنده هستند. [See UW-2(a)];

(۲) - تمام جوشهای لب به لب در مخازنی که ضخامت اسمی آنها در محل اتصال جوشکاری شده از ۳۸ میلیمتر بیشتر باشد یا از حداقل ضخامتهای شرح داده شده در UCS-57, UNF-57, UHA-33, UCL-35 & UCL-36 بیشتر باشد. یا طور دیگری که در پاراگراف های UHT-57, UHT-57, ULW-51, 52(d), 54, ULT-57 شرح داده شده است.

(۳) - تمام جوشهای لب به لب در بدنه و کُلگی دیگهای بخار (Unfired Steam Boilers) که فشار طراحی آنها:

(a) - از 50 psi (350 kPa) تجاوز کند [به پاراگراف UW-2(c) نگاه شود.]

(b) - از 50 psi (350 kPa) تجاوز نکند [به پاراگراف UW-2(c) نگاه شود.] اما ضخامت اسمی محل اتصال جوش از

ضخامت مشخص شده در پاراگراف ۲ در بالا تجاوز کند.

(۴) - همه جوشهای لب به لب در نازلها و محفظه های رابط که ضخامت اسمی محل اتصال جوش آنها از ضخامتی که در بند ۲ بالا تجاوز کند یا اتصالاتی که به بدنه یا کُلگی های مخازنی که تحت شرایط بندهای ۱ و ۲ که در بالا گفته شده می بایست بصورت کامل رادیوگرافی شوند. بنابراین، به استثناء الزامات مندرج در UHT-57(a) همه جوشهای لب به لب Category B و Category C در نازلها و محفظه های رابط که قطر اسمی (NPS) آنها بیشتر از ۱۰ اینچ (DN 250) و ضخامت آنها نیز بیشتر از ۲۹ میلیمتر نمی باشد، نیاز به آزمایشات رادیوگرافی ندارند.

(۵) - همه جوشهای لب به لب Category A و Category D در کُلگی و بدنه مخازنی که طراحی اتصال جوش آنها بر اساس Joint Efficiency های مجاز در پاراگراف UW-12(a) انجام شده باشند، در این صورت:

(-a) جوشهای Category A و Category B که به کلگی ها و بدنه های مخازن متصل می گردند باید نوع ۱ و یا ۲ از جدول UW-12 باشند.

(-b) جوشهای لب به لب Category B و Category C (به جز نازلها و محفظه های ارتباطی به جز مواردی که الزامات آنها در بند ۴ در بالا گفته شده) که جوشهای لب به لب Category A در کلگی ها و بدنه ها از مخزن را قطع می کنند یا بدنه های مخازن بدون درز یا کلگی ها را متصل می نمایند باید حداقل مطابق با UW-52 بصورت نقطه ای (Spot) رادیوگرافی شوند. رادیوگرافی انجام شده در این پاراگراف مستقل بوده و نمی توان آنها را جایگزین رادیوگرافی نقطه ای (Spot) انجام شده به علت الزامات دیگر، قرار داد.

(۶-) همه اتصالات لب به لب انجام شده بوسیله فرآیند Electroslag که ضخامت هر پاس آن از ۳۸ میلیمتر تجاوز نماید و تمام اتصالات جوشکاری که بوسیله فرآیند Electroslag انجام شده اند.

(۷-) همه جوشهای Category A در یک تیوب شیت (tubesheet) باید از نوع ۱ از جدول UW-12 باشد.

(۸-) معافیت های رادیوگرافی برای جوشهای مشخص شده در نازلها و محفظه های ارتباطی آن گونه که در بالا در پاراگرافهای ۲، ۴ و ۵ شرح داده شده است بر الزامات رادیوگرافی مندرج در قسمت (C) از این بخش ارجحیت دارد.

■ - مقررات وضعیت رادیوگرافی Spot

(b) (*Spot Radiography*) رادیوگرافی نقطه ای: به استثناء وقتی که برای جوشهای لب به لب اتصالات Category B & C که توسط الزامات مندرج در بالا (a)(5)(-b) به رادیوگرافی نقطه ای نیاز دارند، اتصالات جوشکاری شده لب به لب از نوع شماره ۱ یا ۲ از جدول UW-12 که نباید طبق بند (a) در بالا بطور کامل (Full) رادیوگرافی شوند می توانند بصورت نقطه ای (Spot) رادیوگرافی شوند. رادیوگرافی نقطه ای (Spot) باید مطابق با UW-52 انجام شود. اگر رادیوگرافی نقطه ای (Spot) برای کل مخزن منظور شده باشد، اتصالات لب به لب جوشکاری شده از Category B & C در نازلها و محفظه های ارتباط دهنده که قطر اسمی آنها بیشتر از ۱۰ اینچ یا (DN250) و ضخامت آنها بیشتر از ۲۹ میلیمتر تجاوز نکند نیاز به رادیوگرافی ندارند.

(c) (*No Radiography*) فاقد نیاز به رادیوگرافی: به استثناء مطابق آنچه که در پاراگراف (a) بالا ضروری می باشد، به آزمایش رادیوگرافی برای اتصالات جوش شده برای مخزن یا قسمتی از مخزن که فقط برای فشار خارجی طراحی شده باشند یا وقتی که طراحی اتصال آنها بر اساس (c) UW-12 انجام شده باشد، نیازی نمی باشد.

■ - معیار پذیرش عیوب برای رادیوگرافی کامل (Full) - UW-51(b)

*- پاراگراف UW-51(b): نشانه هایی که در فیلمهای رادیوگرافی جوشها به عنوان عیوب مشخص شده اند مطابق شرایط زیر غیر قابل قبول می باشند و باید مطابق پاراگراف UW-38 تعمیر شوند و مجدداً مطابق پاراگراف UW-51 رادیوگرافی شوند.

۱- هر گونه ترک (Crack)، عدم ذوب (Lack of Fusion)، عدم نفوذ (Lack of Penetration)

۲- هر گونه نشانه ای ممتد که طول آن بزرگتر از :

(-a) ۶ میلیمتر برای (t) تا ضخامت ۱۹ میلیمتر،

(-b) یک سوم (t) برای (t) از ضخامت ۱۹ میلیمتر تا ضخامت ۵۷ میلیمتر،

(c) ۱۹ میلیمتر برای (t) بیشتر از ۵۷ میلیمتر،

(-a) $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) for t up to $\frac{3}{4}$ in. (19 mm)

(-b) $\frac{1}{3}t$ for t from $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) to $2\frac{1}{4}$ in. (57 mm)

(-c) $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) for t over $2\frac{1}{4}$ in. (57 mm)

جاییکه:

مقدار (t) شامل ضخامت جوش بدون احتساب لایه تقویتی (Reinforcement) مجاز آن می باشد. برای اتصالاتی که از دو فلز با ضخامتهای متفاوت تشکیل شده اند (t) شامل ضخامت عضو نازکتر می باشد.

۳- در صورتی که در محدوده ای به طول ۱۲ برابر (t) طول مجموعه ای از نشانه ها که بصورت خطی قرار گرفته اند از یک (t) بیشتر باشد. به استثناء زمانی که فاصله بین نشانه ها بیشتر از ۶ برابر طول بزرگترین نشانه در گروه باشد.

۴- نشانه های مدوری که بزرگتر از اندازه های مجاز مشخص شده بوسیله استانداردهای ذکر شده در ضمیمه ای اجباری Appendix 4 باشند.

■ - نشانه های مدور (Mandatory Appendix 4)

۱- (۴-۱) کاربرد این استانداردها: این استانداردها برای فولادهای فریتی، آستنیتی و فلزات غیر آهنی بکار برده می شوند.

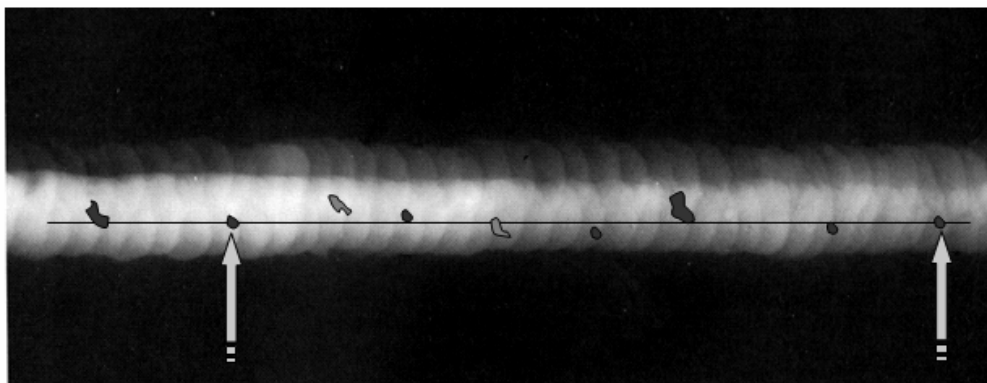
۲- (۴-۲) اصطلاحات علمی

Rounded Indications. (a)

نشانه های مدور: در فیلم رادیوگرافی نشانه هایی که حداکثر طول آنها کمتر یا سه برابر عرض عیب می باشند را نشانه مدور می گویند. این نشانه ها ممکن است گرد، بیضوی، مخروطی یا دارای شکل نامنظم باشند و ممکن است دارای دم یا دنباله باشند. هنگام ارزیابی یک نشانه باید دنباله یا دم را جزء طول عیب دانست. این نشانه ممکن است بیانگر یکی از عیوب جوش مانند خلل و فرج (Porosity)، سرباره (Slag) یا تنگستن (Tungsten) باشد.

Aligned Indications. (b)

نشانه های خطی (ردیفی): رشته ای متشکل از چهار نشانه مدور یا بیشتر را باید نشانه خطی فرض کرد مشروط بر آنکه این نشانه ها با خطی که موازی امتداد خط جوش باشد در تماس باشند و وقتی این خط رسم شود (خطی که موازی خط جوش است) از مرکز دو نشانه مدور عبور کند.



تصویر ۵۰۳: وضعیت نشانه های خطی (ردیفی)

Thickness t. (c)

ضخامت t: عبارت است از ضخامت جوش منهای گردهی جوش. در اتصال دو قطعه با ضخامت های متفاوت (t) شامل ضخامت قطعه نازکتر است. اگر یک جوش با نفوذ کامل شامل یک جوش گوشه ای (Fillet) نیز باشد اندازه ی گلوبی (Throat) جوش گوشه ای (Fillet) نیز باید به ضخامت (t) جوش نفوذی افزوده شود.

(c) Thickness t . t is the thickness of the weld, excluding any allowable reinforcement. For a butt weld joining two members having different thicknesses at the weld, t is the thinner of these two thicknesses. If a full penetration weld includes a fillet weld, the thickness of the throat of the fillet shall be included in t .

تصویر ۵۰۴: وضعیت (t) در جوشها ASME Sec. VIII-Div. 1-App. 4-2019

ACCEPTANCE CRITERIA-(4-3)

معیارهای پذیرش مطابق با ضمیمه اجباری ۴ (Appendix 4):

۴-۳- ضوابط پذیرش

Image Density. (a)

(a) دانسیته تصویر: دانسیته تصاویر نشانه ها ممکن است متغیر باشد و ملاکی برای پذیرش یا عدم پذیرش آن نمی باشد.

Relevant Indications. (b)

(b) نشانه های در خور ارزیابی :

تنها آن دسته از نشانه های مدور که از اندازه های زیر تجاوز نمایند باید نشانه های در خور ارزیابی تلقی گردند.

(1) $\frac{1}{10}t$ برای ضخامت های کمتر از $\frac{1}{8}$ in. (۳ میلیمتر).

(2) $\frac{1}{64}$ in. (۰/۴ میلیمتر) برای ضخامت های از $\frac{1}{8}$ in. (۳ میلیمتر) تا $\frac{1}{4}$ in. (۶ میلیمتر)

(3) $\frac{1}{32}$ in. (۰/۸ میلیمتر) برای ضخامت های بیشتر از $\frac{1}{4}$ in. (۶ میلیمتر) تا ۲ in. (۵۰ میلیمتر)

(4) $\frac{1}{16}$ in. (۱/۶ میلیمتر) برای ضخامت های بیشتر از ۲ in. (۵۰ میلیمتر)

(b) Relevant Indications. (See Table 4-1 for examples.)
Only those rounded indications which exceed the following dimensions shall be considered relevant.
(1) $\frac{1}{10}t$ for t less than $\frac{1}{8}$ in. (3 mm)
(2) $\frac{1}{64}$ in. for t from $\frac{1}{8}$ in. to $\frac{1}{4}$ in. (3 mm to 6 mm), incl.
(3) $\frac{1}{32}$ in. for t greater than $\frac{1}{4}$ in. to 2 in. (6 mm to 50 mm), incl.
(4) $\frac{1}{16}$ in. for t greater than 2 in. (50 mm)

تصویر ۵۰۵: معیار پذیرش عیوب ASME Sec. VIII-Div. 1-App. 4-2019

Maximum Size of Rounded Indication (c)

(c) حداکثر اندازه ی نشانه های مدور :

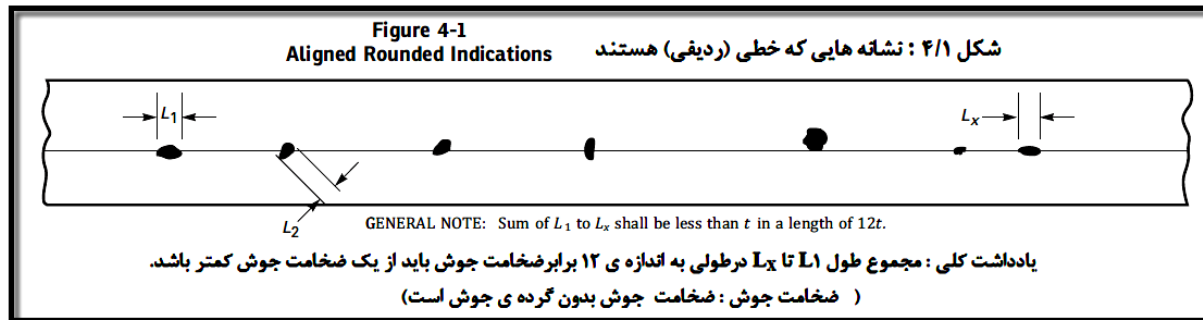
حداکثر اندازه ی مجاز هر نشانه مدور باید $\frac{1}{4}t$ یا $\frac{5}{32}$ in. (۴ میلیمتر) (هر کدام کوچکتر است) باشد. ولی چنانچه نشانه ای منفرد (تکی) فاصله اش تا نشانه ی مجاور برابر یا بیشتر از ۱ in. (25.4mm) باشد این اندازه می تواند $\frac{1}{3}t$ یا $\frac{1}{4}$ in. (۶ میلیمتر) (هر کدام کوچکتر است) باشد. برای ضخامتهای بیشتر از ۲ in. (۵۰ میلیمتر) حداکثر اندازه ی مجاز برای یک نشانه مدور باید $\frac{3}{8}$ in. (۱۰ میلیمتر) باشد.

Aligned Rounded Indications. (d)

(d) نشانه های مدور ردیفی (خطی) :

اگر مجموع قطر نشانه ها در طولی به اندازه ۱۲ برابر ضخامت جوش (بدون ضخامت گرده جوش) کمتر از یک ضخامت جوش باشد این نشانه ها قابل قبول هستند.

طول هر گروه از نشانه های مدور ردیفی و فاصله بین این گروه ها باید مطابق الزامات مندرج در (Fig.4-2) باشد.

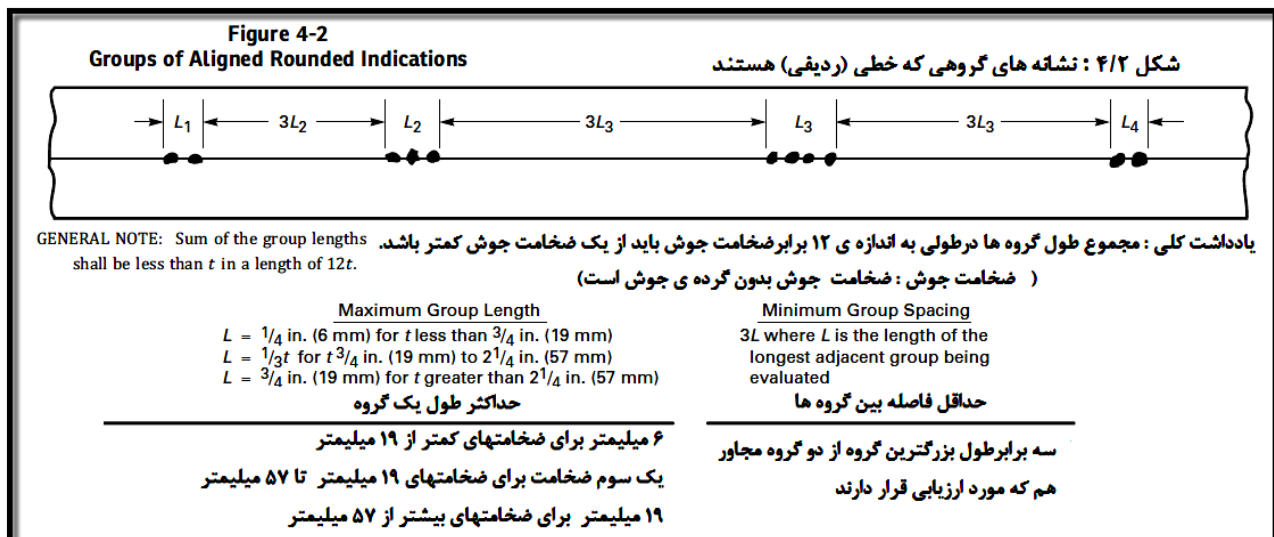


تصویر ۵۰۶: وضعیت نشانه های مدور خطی (مطابق تصویر ۵۰۷ (۱-۴) ASME Sec. VIII-Div. 1-App. 4-2019)

Table 4-1
SI Units

Thickness, t , mm	Maximum Size of Acceptable Rounded Indication, mm		Maximum Size of Nonrelevant Indication, mm
	Random	Isolated	
Less than 3	$\frac{1}{4} t$	$\frac{1}{3} t$	$\frac{1}{10} t$
3	0.79	1.07	0.38
5	1.19	1.60	0.38
6	1.60	2.11	0.38
8	1.98	2.64	0.79
10	2.31	3.18	0.79
11	2.77	3.71	0.79
13	3.18	4.27	0.79
14	3.61	4.78	0.79
16	3.96	5.33	0.79
17	3.96	5.84	0.79
19.0 to 50, incl.	3.96	6.35	0.79
Over 50	3.96	9.53	1.60

تصویر ۵۰۷: وضعیت نشانه های در خور ارزیابی جدول ۴-۱ ASME Sec. VIII-Div. 1-App. 4-2019



تصویر ۵۰۸: وضعیت حداکثر طول و حداقل فاصله نشانه های گروهی مدور خطی (مطابق جدول ۴-۲)

Spacing. (e)

(e) فاصله :

فاصله بین نشانه های مدور مجاور، معیاری برای رد یا پذیرش یک عیب نیست مگر در مواردی که برای نشانه های منفرد (تکی) یا گروه های نشانه های مدور ردیفی ذکر شده باشد.

Rounded Indication Charts. (f)

(f) چارت نشانه های مدور :

نشانه های مدوری که به عنوان عیب مشخص شده اند از آنچه در چارتهای نشان داده شده است نباید تجاوز نماید. این چارتهای در تصویرهای ۳-۴ تا ۸-۴ انواع مختلف نشانه های مدور منفرد (تکی)، خوشه ای و پراکنده را برای ضخامتهای مختلف جوش بیشتر از ۳ میلیمتر ($1/8$ in.) نشان می دهند. این چارتهای حداکثر محدوده ی تراکم مجاز برای نشانه های مدور را ارائه می نمایند. چارتهای هر محدوده ضخامت، تصاویر فیلمهای رادیوگرافی را در مقیاس کامل ۱۵۰ میلیمتر (6 in.) ارائه می نمایند و تصاویر فیلمهای رادیوگرافی (تصاویر چارتهای) نباید بزرگتر یا کوچکتر شوند. در تمامی تصاویر فیلمهای رادیوگرافی پراکندگی نشانه ها در چارتهای لزوماً به یک تصویر دیده نخواهند شد بلکه تصاویر نمونه ای از اندازه ها و تراکم نشانه های مجاز می باشند.

Weld Thickness t less than $1/8$ in. (g)

(g) ضخامت جوش (t) کمتر از ۳ میلیمتر ($1/8$ in.):

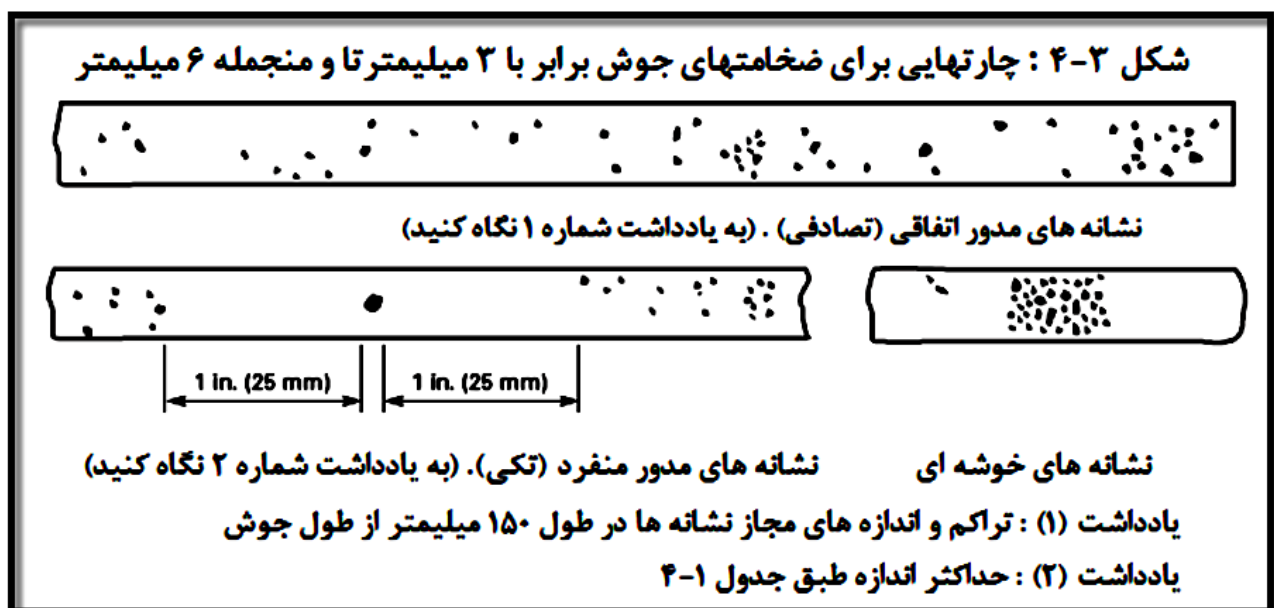
برای ضخامت جوش (t) کمتر از ۳ میلیمتر ($1/8$ in.) حداکثر تعداد نشانه های مدور در ۱۵۰ میلیمتر (6 in.) از طول جوش نباید بیشتر از ۱۲ عدد باشد. در طول جوشهای کمتر از ۱۵۰ میلیمتر (6 in.)، متناسب با آن تعداد، نشانه ها می تواند کمتر باشد.

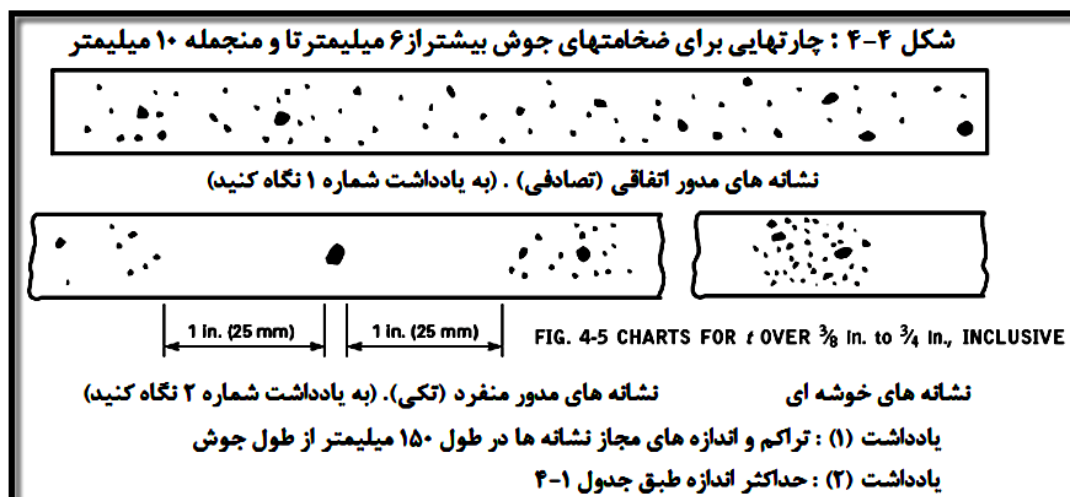
Clustered Indications (h)

(h) نشانه های خوشه ای:

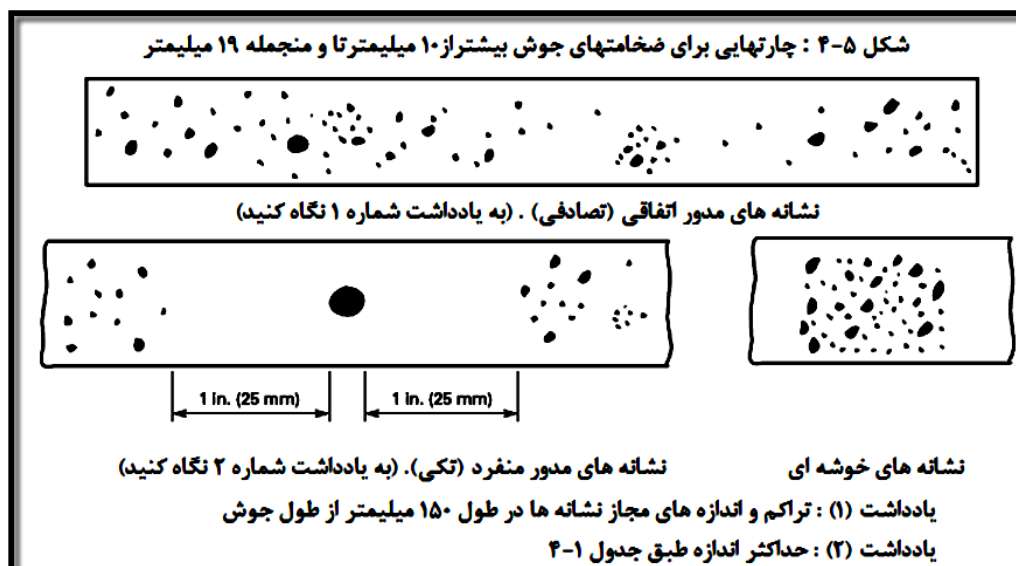
چنانچه تعداد نشانه های مدور متراکم در یک محدوده موضعی چهار برابر میانگین تراکم نشانه های مدور پراکنده باشد آن نشانه ها را خوشه ای (Cluster) می گویند. طول مجاز یک نشانه خوشه ای نباید از 25.4mm (1 in.) یا دو برابر ضخامت جوش (2t) (هر کدام کوچکتر است) تجاوز نماید. در صورتی که تعداد نشانه های خوشه ای بیشتر از یک مورد باشد طول مجموعه ی این خوشه ها در ۱۵۰ میلیمتر (6 in.) از طول جوش نباید بیشتر از 25.4mm (1 in.) باشد.

چارتهای:

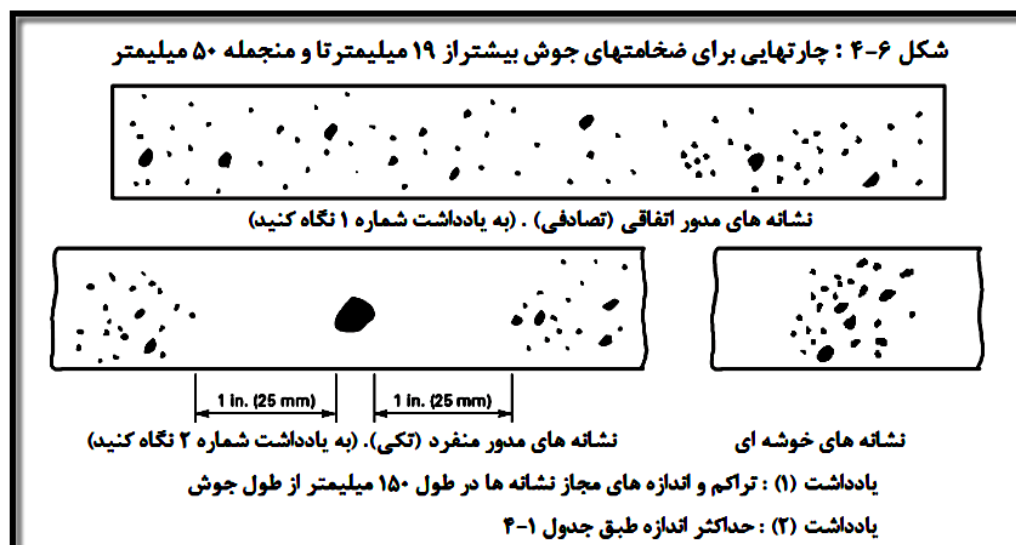




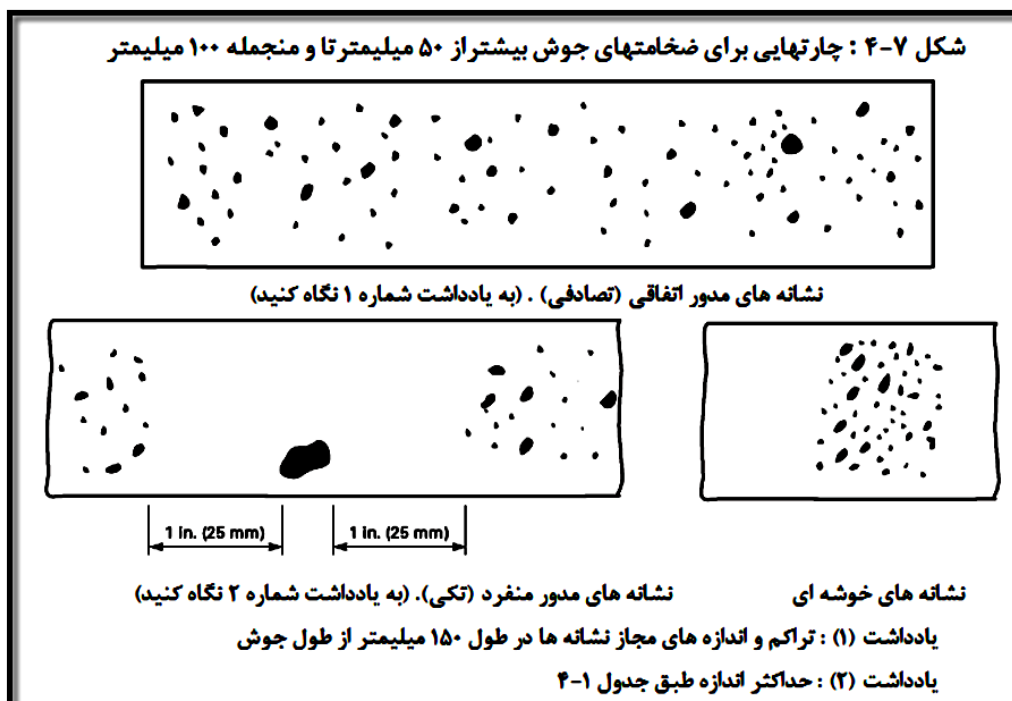
تصویر ۵۱۰: چارت ۴-۴ در ASME Sec. VIII-Div. 1-App. 4-2019



تصویر ۵۱۱: چارت ۴-۵ در ASME Sec. VIII-Div. 1-App. 4-2019



تصویر ۵۱۲: چارت ۴-۶ در ASME Sec. VIII-Div. 1-App. 4-2019



تصویر ۵۱۳: چارت ۴-۷ در ASME Sec. VIII-Div. 1-App. 4-2019

■ - معیار پذیرش عیوب بر اساس UW-52 در رادیوگرافی نقطه ای (Spot)

*** - پاراگراف UW-52 رادیوگرافی نقطه ای (Spot) اتصالات جوشکاری شده:

یادداشت:

رادیوگرافی نقطه ای (Spot) از اتصالات جوشکاری شده ابزار مناسبی برای بازرسی تشخیص داده شده است. مقررات رادیوگرافی نقطه ای (Spot) همچنین به عنوان کمک به کنترل کیفیت مد نظر قرار گرفته است. رادیوگرافی های نقطه ای (Spot) از جوشهای یک جوشکار یا اپراتور جوشکاری ثابت می کند که عملیات جوشکاری با موفقیت انجام شده است یا خیر؟ اگر عملیات موفقیت آمیز نباشد تصمیمات اصلاحی باید انجام گردد تا عملیات جوشکاری در فعالیت های بعدی بهبود یابد.

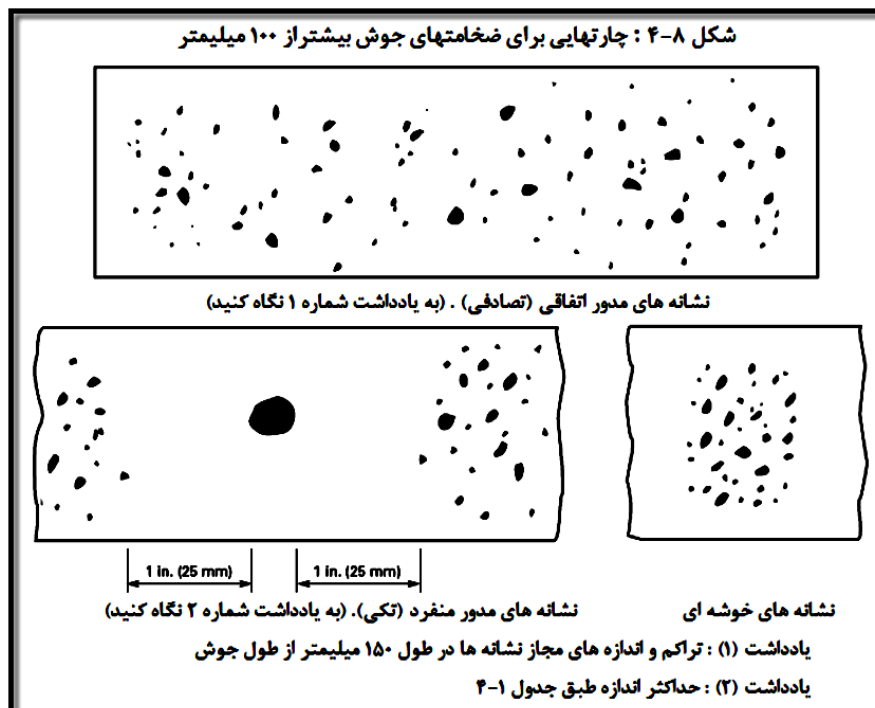
رادیوگرافی نقطه ای (Spot) طبق این مقررات، سطح کیفی کاملاً از پیش تعیین شده ای را تضمین نمی کند. باید به این نکته توجه نمود که مخزنی که تحت این مقررات رادیوگرافی نقطه ای (Spot) شده است ممکن است هنوز دارای عیوبی باشد که در اثر آزمایشات بیشتر می توانند آشکار شوند. برای اینکه تمام عیوب جوش موجود در یک مخزن بطور کامل مرتفع گردند بایستی رادیوگرافی بطور 100% (صد در صد) انجام گیرد.

(a) اتصالات لب به لب جوشکاری شده ای که بطور نقطه ای (Spot) رادیوگرافی می گردند بایستی طبق شرایط زیر بطور موضعی مورد آزمایش قرار گیرند:

(b) حداقل دامنه (تعداد) آزمایشات رادیوگرافی نقطه ای (Spot):

(۱) - در هر مخزن به ازای هر ۵۰ فوت (۱۵ متر) یا کسری از آن برای جوشهایی که طبق جدول UW-12 دارای

Joint Efficiency های 0.85 یا 0.80 می باشند بایستی رادیوگرافی منظور شود و معمولاً یک فیلم Spot باید رادیوگرافی گردد.



تصویر ۵۱۴: چار ت ۸-۴ در ASME Sec. VIII-Div. 1-App. 4-2019

بنابراین، مخازن یا قسمتهایی مشابه که طول جوشهای آنها کمتر از ۵۰ فوت (۱۵ متر) باشد بایستی طبق ستون (b) از جدول UW-12 بطور Spot رادیوگرافی گردند، معمولاً بازای هر ۵۰ فوت (۱۵ متر) از طول مجموع جوشهای این مخازن می توان یک فیلم Spot رادیوگرافی نمود.

(۲)- برای جوشها باید تعداد کافی رادیوگرافی Spot در نظر گرفته شود تا عملیات انجام شده توسط هر جوشکار یا اپراتور جوشکاری مورد سنجش قرار گیرد. چنانچه دو جوشکار یا بیشتر یا اپراتور جوشکاری لایه های مختلف یک اتصال یا یک اتصال لب به لب دو طرفه را جوشکاری کنند یک فیلم نقطه ای (Spot) می تواند عملیات انجام شده توسط این جوشکاران را پوشش دهد.

(۳)- در رادیوگرافی نقطه ای (Spot) حتی الامکان به محض اینکه طول عملیات جوشکاری به حد لازم برای رادیوگرافی مطابق پاراگراف (b)(1) رسیده باشد بایستی یک فیلم نقطه ای (Spot) رادیوگرافی گردد، محل رادیوگرافی نقطه ای (Spot) باید توسط بازرس تعیین گردد مگر اینکه قبلاً به بازرس اطلاع داده شده باشد و ایشان به دلایلی برای انتخاب رادیوگرافی نتواند حضور یابد، در این صورت سازنده می تواند با تشخیص خود محلهایی را برای رادیوگرافی نقطه ای (Spot) تعیین نماید.

(۴)- رادیوگرافی هایی که مطابق الزامات سایر پاراگرافها مانند UW-9(d)، UW-11(a)(5)(-b)، UW-14(b) برای محل های خاصی انجام شده باشد نباید جزء رادیوگرافی های نقطه ای (Spot) منظور گردند.

(c) استانداردهای آزمایشات رادیوگرافی نقطه ای (Spot):

(c) آزمایش رادیوگرافی نقطه ای (Spot) باید مطابق با تکنیک های شرح داده شده در UW-51(a) انجام گیرد. حداقل طول فیلم رادیوگرافی باید ۶ اینچ باشد. سازنده می تواند پس از تأیید مخزن توسط بازرس، فیلم های رادیوگرافی نقطه ای (Spot) را نگه دارد یا آنها را دور بریزد. قابلیت پذیرش جوشهای آزمایش شده بوسیله رادیوگرافی نقطه ای (Spot) باید بوسیله استاندارد های زیر ارزیابی گردند.

(۱)- جوشهایی که نشانه های موجود در فیلمهای رادیوگرافی آنها بیانگر وجود ترک، یا ذوب ناقص و یا نفوذ ناقص می باشد قابل قبول نمی باشند.

(۲)- جوشهایی که در فیلمهای رادیوگرافی آنها نشانه ها بیانگر ناخالصی سرباره ای یا حفره (Cavity) (حالت تقعر) است که در پاس ریشه اتفاق می افتد) است در صورتی که طول هر نشانه ای بیشتر از $\frac{2}{3}(t)$ باشد قابل قبول نمی باشد.

(t) عبارت است از ضخامت جوش محل اتصال منهای ضخامت گرده جوش در اتصال لب به لب دو ورق با ضخامت متفاوت، (t) شامل ضخامت ورق نازکتر است. اگر یک جوش نفوذی کامل شامل یک جوش گوشه ای (Fillet) نیز باشد ضخامت گلوبی جوش گوشه ای (Fillet) باید به (t) اضافه شود. اگر نشانه های متعدد با محدوده های قابل قبول بالا در یک ردیف قرار داشته باشند باید آن جوش مورد پذیرش قرار گیرد مشروط بر آنکه مجموع طول بزرگترین ابعاد چنین نشانه هایی در طولی به اندازه ۶ برابر ضخامت فلز از یک ضخامت فلز تجاوز ننماید. (برای طولهای کمتر از ۶ برابر ضخامت حد قبولی متناسب با آن می تواند کم شود) همچنین مشروط بر آنکه بزرگترین نشانه های مورد بحث حداقل به اندازه $3L$ جوش قابل قبول از هم فاصله داشته باشند، L طول بزرگترین نشانه است.

حداکثر طول نشانه های قابل قبول باید ۱۹ میلیمتر یا $(\frac{3}{4} \text{ in.})$ باشد. چنین نشانه هایی با طول کمتر از ۶ میلیمتر $(\frac{1}{4} \text{ in.})$ باید برای هر ضخامتی قابل قبول باشد.

(۳)- در جوشهایی که رادیوگرافی آنها به صورت صد در صد (۱۰۰٪) الزامی نمی باشد نشانه های مدور (تخلخلهای داخل جوش همچون Internal Porosity ها) فاکتوری برای قابلیت پذیرش جوش محسوب نمی شود.

■ - اصطلاح "پنالتی" برای جوشهای تعمیری در مخازن تحت فشار

(d) ارزیابی و تستهای مجدد (Evaluation and Retests):

(۱)- وقتی جوشی طبق الزامات (b)(1) یا (b)(2) رادیوگرافی نقطه ای (Spot) شده است و طبق (c)(1) یا (c)(2) در بالا پذیرفته شده است، چنانچه ۵۰ فوت (۱۵ متر) از جوشها بوسیله رادیوگرافی نقطه ای مورد پذیرش قرار گیرند این مقدار جوش (۱۵ متر) بایستی بعنوان نماینده تمام جوشها در نظر گرفته شود.

(۲)- وقتی که طبق الزامات (b)(1) یا (b)(2) یک جوش رادیوگرافی نقطه ای (Spot) شود و مشخص شود که حداقل الزامات کیفی قید شده در (c)(1) یا (c)(2) در بالا تامین نشده است. دو فیلم اضافی در نقاطی دورتر از فیلم Spot اولیه از همان جوشهایی که فیلم Spot اولیه نماینده آنها است باید رادیوگرافی گردد. محل انجام رادیوگرافی های اضافی مانند آنچه در مورد فیلم Spot اولیه مطابق پاراگراف (b)(3) آورده شده است بایستی توسط بازرس یا سازنده تعیین گردد.

(a)- اگر دو فیلم Spot اضافی اثبات نماید، جوشها دارای حداقل الزامات کیفی قید شده در (c)(1) یا (c)(2) می باشند تمام جوشهایی که این سه فیلم Spot نماینده آنها می باشند قابل قبول محسوب می شوند، مشروط بر آنکه عیوب آشکار شده در فیلم Spot اولیه توسط جوشکار تعمیر شده باشد و جوش تعمیری باید طبق الزامات UW-52 مورد آزمایش رادیوگرافی قرار گیرد.

(b)- اگر هر یک از دو فیلم Spot اضافی اثبات نماید، جوشها فاقد حداقل الزامات کیفی قید شده در (c)(1) یا (c)(2) می باشند تمام جوشهایی که این سه فیلم Spot نماینده آنها می باشند باید مردود اعلام گردند. تمام فلز جوشهای مردودی باید برداشته شوند و مجدداً جوشکاری گردند یا در صورت موافقت سازنده تمام جوشهای مردودی بطور کامل رادیوگرافی شده و تنها عیوب تعمیر گردند.

(c-) جوشهای تعمیری باید مطابق با روش تأیید شده انجام شود و مورد تأیید بازرس باشد. اتصال دوباره جوشکاری شده یا نواحی تعمیر شده جوش، بایستی طبق الزامات UW-52 رادیوگرافی Spot گردند.

☀ - حالت‌های مختلف NDE در استاندارد ASME B31.3-2016

مطابق پاراگراف 344.1.3 انواع حالت‌های آزمایشات NDE توضیح داده شده است.

*- پاراگراف 344.1.3- تعاریف: عبارتهای زیر در مورد هر یک از آزمایشات بکار برده می شود.

حالت 100% Examination:

آزمایشات 100% شامل آزمایشی کامل از تمام انواع موارد تعیین شده در گروه مشخص شده ای از لوله کشی ها (Piping) است.

پاورقی شماره ۲- گروه مشخص شده، تعدادی از لوله کشی ها (Piping) هستند که مطابق الزامات این کد باید آزمایشات در مورد آنها انجام شود. تعداد یا وسعت یک گروه مشخص باید قبل از شروع کار با توافق طرفین قرارداد تعیین گردد. برای انواع مختلف عملیات لوله کشی (Piping) بیشتر از یک نوع گروه مشخص شده می تواند تعیین گردد.

344 TYPES OF EXAMINATION

344.1.3 Definitions. The following terms apply to any type of examination:

100% examination: complete examination of all of a specified kind of item in a designated lot of piping²

random examination:³ complete examination of a percentage of a specified kind of item in a designated lot of piping²

spot examination:³ a specified partial examination of each of a specified kind of item in a designated lot of piping,² e.g., of part of the length of all shop-fabricated welds in a lot of jacketed piping

random spot examination:³ a specified partial examination of a percentage of a specified kind of item in a designated lot of piping²

تصویر ۵۱۵: انواع حالت‌های آزمایشات NDE در استاندارد ASME B31.3-2016

حالت Random Examination

آزمایشات اتفاقی (Random) شامل آزمایشی کامل برای درصدی از موارد تعیین شده در گروه مشخص شده ای از لوله کشی ها (Piping) می باشد.

حالت Spot Examination

آزمایشات موضعی (Spot) شامل مقدار آزمایش مشخص شده ای برای هر یک از انواع موارد تعیین شده در گروه مشخص شده ای از لوله کشی ها (Piping) می باشد. بطور مثال، بخشی از طول تمام جوشهایی که در کارگاه در گروه مشخص شده ای از لوله کشی های دوجداره (Jacketed) قرار دارند.

حالت Random Spot Examination

آزمایشات اتفاقی - موضعی (Random-Spot) شامل آزمایش بخش معینی از درصدی از موارد تعیین شده در گروه مشخص شده ای از لوله کشی (Piping) می باشد.

پاورقی شماره ۳- آزمایشات اتفاقی (Random) یا موضعی (Spot) تعیین کننده سطح کیفی محصولات تولید شده نیستند، سرجوشهایی که تحت چنین آزمایشاتی در هر گروه از لوله کشی ها (Piping) آزمایش نمی شوند ممکن است دارای عیوبی باشند که با آزمایشات بیشتری می توانند آشکار شوند. بطور خاص، برای بر طرف نمودن تمام عیوب موجود در جوش لوله کشی ها بایستی برای آنها آزمایش صد در صد پرتونگاری در نظر گرفته شود.

*- پاراگراف 344.5- آزمایشات رادیوگرافی:

※- پاراگراف 344.5.1- روش:

آزمایشات برای قطعات ریخته گری در پاراگراف 302.3.3 ذکر شده است. آزمایشات رادیوگرافی جوشها و اجزای غیر از قطعات ریخته گری شده باید مطابق با BPV Code, Section V, Article 2 انجام شود.

■ - گستره رادیوگرافی در استاندارد ASME B31.3-2016

※- پاراگراف 344.5.2- گستره رادیوگرافی:

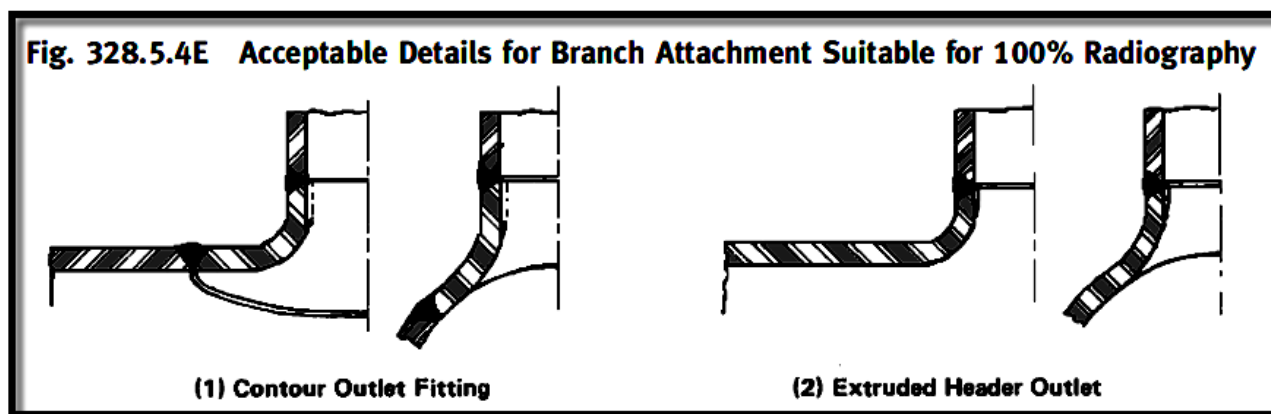
(a) - رادیوگرافی 100%: رادیوگرافی 100% صرفاً در مورد جوشهای شیار محیطی (Girth) و مایتر (Miter) و جوشهای اتصال انشعابها (Branches) که مانند تصویر 328.5.4(e) هستند، بکار برده می شود.

(b) - رادیوگرافی اتفاقی (Random): رادیوگرافی اتفاقی (Random) تنها در مورد جوشهای شیار محیطی (Girth) و مایتر (Miter) بکار برده می شود.

(c) - رادیوگرافی موضعی (Spot): رادیوگرافی موضعی (Spot) لازم است برای بخشی از گستره مشخص شده از عملیات جوشکاری یک فیلم با اندازه معین طبق پاراگراف 344.5.1 انجام گردد. برای جوشهای شیار، انشعابها (Branches) و مایترها (Miter) و همچنین جوشهای محیطی (Girth) حداقل الزامات عبارتند از:

(۱)- برای اندازه های با قطر اسمی (NPS) برابر یا کمتر از $DN\ 65\ (NPS\ 2\ \frac{1}{2})$ بایستی یک فیلم که شامل تمام جوش محیطی است گرفته شود.

(۲)- برای اندازه های با قطر اسمی (NPS) بزرگتر از $DN\ 65$ فیلمی با طول معادل 25% از محیط داخلی لوله یا 6 in. (150 mm) (هر کدام کوچکتر است) گرفته شود.



تصویر ۵۱۶: انواع جوش در اتصالات انشعابات در استاندارد ASME B31.3-2016

***- پاراگراف 341.4- گستره آزمایشات مورد نیاز (Extent of Required Examination):

※- پاراگراف 341.4.1- آزمایشاتی که بطور عادی مورد نیاز می باشند (Examination, Normal Fluid Service):

- لوله کشی سرویس های نرمال (Normal Fluid Service)

باید طبق محدوده های مشخص شده در اینجا یا طبق هر محدوده ی بیشتری که مهندسی طراحی مشخص نموده است مورد آزمایش قرار گیرند. ضوابط معیار پذیرش در پاراگراف 341.3.2 و جدول 341.3.2 برای سرویس نرمال (Normal Fluid Service) بیان گردیده است.

■ - وضعیت رادیوگرافی در سرویس های نرمال (Category Normal Fluid Service)

* - پاراگراف 341.4.1(b) - سایر آزمایشات:

(۱) - نباید کمتر از 5% از جوشهای لب به لب محیطی و جوشهای شیاری مایترها (Mitters) در تستهای راندوم مطابق با پاراگراف 344.5 بطور کامل رادیوگرافی شوند یا مطابق با پاراگراف 344.6 بطور کامل مورد آزمایش اولتراسونیک قرار گیرند. جوشهایی که مورد آزمایش قرار می گیرند باید به گونه ای انتخاب شوند که اطمینان حاصل گردد شامل نمونه هایی از کار تمام جوشکاران یا اپراتورهای جوشکاری می باشند که در آن فعالیت داشته اند. همچنین سر جوشها باید تا حد امکان از محل تقاطع با جوشهای طولی انتخاب شوند. وقتی جوش محیطی که بوسیله جوشهای طولی قطع شده است، مورد آزمایش قرار می گیرد بایستی حداقل ۳۸ میلیمتر از هر جوش طولی در محل تقاطع مورد آزمایش قرار گیرد.

مطابق با پاراگراف 344.7، آزمایش در حین کار (In-Process Examination) بر روی جوشها می تواند جایگزین آزمایشات رادیوگرافی یا اولتراسونیک آن جوشها گردد مشروط بر آنکه توسط مهندسی طراحی یا بطور اخص توسط بازرس مشخص شده باشد.

(۲) - مطابق با پاراگراف (344.7) نباید کمتر از 5% از اتصالاتی که لحیم سخت (brazed) شده اند در حین کار (In-Process Examination) مورد آزمایش قرار گیرند.

اتصالات انتخاب شده برای آزمایش باید به گونه ای باشد که اطمینان حاصل گردد شامل نمونه هایی از کار تمام جوشکاران یا اپراتورهای جوشکاری می باشند که در آن فعالیت داشته اند.

■ - وضعیت رادیوگرافی در سرویس های Sever Cyclic Conditions

* - پاراگراف (b) 341.4.3 - سایر آزمایشات (Other Examination):

تمام جوشهای لب به لب محیطی و جوشهای شیاری مایترها (Mitters) و تمام جوشهای اتصالات انشعابات (Branch) مشابه Fig. 328.5.4(E) بایستی مطابق با پاراگراف 344.5 بطور صد در صد مورد آزمایش رادیوگرافی قرار گیرند و یا (اگر در مدارک مهندسی طراحی مشخص شده باشد) بطور 100% مورد آزمایش اولتراسونیک قرار گیرند. جوشهای Socket و جوشهای انشعابات که رادیوگرافی نشده اند باید مطابق با پاراگراف 344.3 یا 344.4 به ترتیب مورد آزمایشات ذرات مغناطیسی (MT) یا مایع نافذ (PT) قرار گیرند.

* - پاراگراف 341.5 - آزمایشات تکمیلی (Supplementary Examination):

هر یک از روشهای آزمایش شرح داده شده در پاراگراف 344 می توانند توسط مهندسی طراحی برای تکمیل کردن آزمایشاتی که طبق پاراگراف 341.4 الزامی می باشند مشخص گردند. گستره آزمایشات تکمیلی که باید انجام گیرند و نیز هر گونه معیار پذیرشی که متفاوت از شرایط مندرج در پاراگراف 341.3.2 می باشند باید توسط مهندسی طراحی مشخص گردد.

■ - وضعیت رادیوگرافی در سرویس های Category M Fluid Service

* - پاراگراف M341.4 - گستره آزمایشات مورد نیاز:

* - پاراگراف (b) M341.4 - سایر آزمایشات:

الزامات مندرج در پاراگراف (1)(b) 341.4.1 در مورد آزمایشات رادیوگرافی یا التراسونیک بکار برده می شوند با این استثناء که حداقل 100% از جوشهای اتصالات لب به لب محیطی، مایتر (Miter) و همچنین جوشهای فلنجهای

Fabricated Laps و اتصالات انشعاب ها که مشابه اتصالات تصویر 328.5.4E و Sketch (طرح) (d) و (e) از تصویر 328.5.5 می باشند باید آزمایش گردد.

■ وضعیت رادیوگرافی در سرویس های Category High Pressure Piping

※ - پاراگراف K341.4.2 - آزمایش رادیوگرافی و التراسونیک:

- (a) - تمام جوشهای محیطی (Girth)، طولی (Longitudinal) و اتصالات انشعاب ها (Branch) باید بصورت 100% رادیوگرافی شوند. بجز هنگامی که پاراگراف b آنرا مجاز دانسته است.
- (b) - وقتی در مدارک و نقشه های مهندسی مشخص شده باشد و کارفرما نیز آن را تأیید کرده باشد ممکن است آزمایش التراسونیک برای ضخامت های برابر یا بیشتر از ۱۳ میلیمتر جایگزین آزمایش رادیوگرافی گردد.
- (c) - آزمایش در حین کار (In-Process Examination) نباید جایگزین آزمایش رادیوگرافی یا التراسونیک گردد. (به پاراگراف 344.7 نگاه کنید).

■ رادیوگرافی موضعی (Spot) در سرویس های Normal Fluid Service

※ - پاراگراف 341.5.1 - رادیوگرافی موضعی (Spot):

- (a) - جوشهای طولی: رادیوگرافی موضعی جوشهای شیاری طولی که فاکتور اتصال (E_j) آنها برابر با 0.9 می باشند باید مطابق با پاراگراف 344.5 حداقل 300 mm (1 ft) از هر 30m(100 ft) جوش هر جوشکار و یا اپراتور جوشکاری انجام شود. ضوابط پذیرش در جدول 341.3.2 برای رادیوگرافی سرویس های سیال نرمال (Normal Fluid Service) شرح داده شده است.
- (b) - جوشهای لب به لب محیطی و سایر جوشها: توصیه شده است گستره آزمایشات رادیوگرافی در هر ۲۰ سر جوش برای هر جوشکار یا اپراتور جوشکاری کمتر از یک فیلم نباشد، مگر اینکه به طور دیگری تعیین شده باشد. ضوابط پذیرش رادیوگرافی سرویس سیال نرمال (Normal Fluid Service) برای نوع اتصال مورد آزمایش در جدول 341.3.2 شرح داده شده است.

■ - آزمایش در حین کار (In-Process Examination) چیست؟

※ - پاراگراف 344.7 - آزمایش در حین کار:

※ - پاراگراف 344.7.1 - تعاریف: آزمایشات در حین کار شامل آزمایش موارد زیر می باشد:

- (a) - آماده سازی اتصال و تمیز کردن آن
- (b) - پیشگرمی
- (c) - تراز کردن لبه های اتصال (Fit Up)، تنظیم اندازه دهانه اتصال (Gap) و تنظیم اتصال از داخل
- (d) - متغیرهای مشخص شده بوسیله روش اتصال از جمله
 - (۱) - (برای جوشکاری) وضعیت اتصال و الکتروود
 - (۲) - (برای لحیم کاری) وضعیت اتصال و فلاکس (Flux)، درجه حرارت لحیم کاری، تر کنندگی مناسب و اثر مویینگی (Capillary action)
- (e) - شرایط پاس ریشه (برای جوشکاری) پس از تمیز کاری - وقتی در طراحی (نقشه های) مهندسی مشخص شده است، سطح خارجی و در صورت دسترسی سطح داخلی بوسیله تست های مایع نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT) آزمایش شوند.
- (f) - بر طرف نمودن سرباره جوش (Slag) از میان پاسها در شرایط جوشکاری

(g) - ظاهر اتصال تکمیل شده نشان داده شود.

■ Acceptance Criteria فیلمهای رادیوگرافی مطابق ASME B31.3-2016

Acceptance Criteria در همه سرویس ها بجز High Pressure Category High Pressure Piping برای همه Category ها بجز High Pressure Piping در جدول 341.3.2 آمده است. اما Acceptance Criteria فیلمهای رادیوگرافی برای High Pressure Piping در جدول K341.3.2 بیان شده است.

*- پاراگراف 341.3.2 - ضوابط پذیرش (Acceptance Criteria) :

ضوابط پذیرش باید طبق نظر مهندسی طراحی باشد و حداقل الزامات شرح داده شده در زیر را بر آورده نماید.
(a) - جوشها (Welds)

(۱) - برای رادیوگرافی RT و بازرسی چشمی VT نگاه کنید به جدول Table 341.3.2

(۲) - برای تست ذرات مغناطیسی MT نگاه کنید به پاراگراف 344.3.2

(۳) - برای تست مایع نافذ PT نگاه کنید به پاراگراف 344.4.2

(۴) - برای تست امواج صوتی التراسونیک UT نگاه کنید به پاراگراف 344.6.2

(b) - ریخته گری Castings : معیار پذیرش برای قطعات ریخته گری در پاراگراف 302.3.3 مشخص شده است.

***- یادداشتهای عمومی مربوط به جدول 341.3.2 :

(a) - نواقص جوش که مطابق پاراگرافهای 341.4.1, 341.4.2, 341.4.3 و 341.4.4 یا توسط مهندسی طراحی

مشخص شده اند بوسیله یکی (یا بیشتر) از انواع روشهای آزمایش ارائه شده، ارزیابی شوند.

(b) - عبارت (N/A) بیانگر این است که کد برای آن، ضوابط پذیرش تعیین نکرده است یا ارزیابی برای این نوع نقص را الزامی نمی داند.

(c) - علامت (√) روش آزمایش بکار رفته برای ارزیابی این نوع نقص را بطور کلی نشان می دهد.

(d) - علامت (...) نشان می دهد بطور کلی برای ارزیابی این نوع نقص، آزمایشی در نظر نگرفته است.

***- یادداشتهای مربوط به جدول 341.3.2 :

(۱) - ضوابط ارائه شده برای آزمایشات مورد نیاز تعیین شده اند. ضوابط سختگیرانه تری ممکن است توسط مهندسی

طراحی تعیین گردد. پاراگراف های 341.5 و 341.5.3 را نگاه کنید.

(۲) - جوشهای مربوط به اتصالات انشعابات شامل جوشهایی می شوند که در انشعابات و فلنج های Fabricated Laps

تحت فشار قرار دارند.

(۳) - جوشهای شیاری طولی (Longitudinal groove weld) شامل درز جوشهای مستقیم و مارپیچ می باشند.

این ضوابط برای جوشهایی که مطابق با استانداردهای ارائه شده در جدول A-1 یا جدول 326.1 ساخته شده اند بکار برده نمی شوند. برای آزمایش این جوشها می توان به عنوان جایگزین از Leak Test استفاده نمود. پاراگراف 345.9 را نگاه کنید.

(۴) - جوشهای گوشه ای (Fillet) شامل جوشهای آب بندی (Seal weld) و جوشهای Socket weld و جوشهای

فلنجهای Slip-On و ورقهای تقویتی انشعابات (Branch Reinforcement) و ساپورتها می باشند.

(۵) - این نقایص فقط برای جوشهای با ضخامت اسمی کمتر یا برابر با ۵ میلیمتر مورد ارزیابی قرار گرفته اند.

(۶) - وقتی دو عدد به عنوان حد پذیرش منظور شده است و بوسیله‌ی کلمه " و " ("and") از هم تفکیک شده اند مقدار کوچکتر تعیین کننده حد پذیرش می باشد. وقتی دو مجموعه از ارقام بوسیله کلمه " یا " ("or") از هم جدا شده باشند بزرگترین رقم، قابل قبول می باشد.

(۷) - برای اتصالات جوش شده‌ی شیاری محیطی در لوله، تیوب و هدرهایی که تماماً بدون اضافه کردن فیلر متال ساخته شده اند، عیب تقعر (Concavity) بیرونی آنها از 1 mm یا 10% ضخامت محل اتصال هر کدام که کمتر است نباید تجاوز کند. حد مرز تقعر با فلز پایه می بایست صاف و یکدست شود. مجموع ضخامت محل اتصال که شامل هر گونه گرده‌ی جوش نیز می باشد نباید کمتر از حداقل ضخامت دیواره‌ی لوله (t_m) باشد.

Table 341.3.2 Acceptance Criteria for Welds — Visual and Radiographic Examination											Examination Methods	
Criteria (A to M) for Types of Welds and for Service Conditions [Note (1)]												
Normal and Category M Fluid Service			Severe Cyclic Conditions			Category D Fluid Service						
Type of Weld			Type of Weld			Type of Weld						
Girth, Miter Groove & Branch Connection [Note (2)]	Longitudinal Groove [Note (3)]	Fillet [Note (4)]	Girth, Miter Groove & Branch Connection [Note (2)]	Longitudinal Groove [Note (3)]	Fillet [Note (4)]	Girth and Miter Groove	Longitudinal Groove [Note (3)]	Fillet [Note (4)]	Branch Connection [Note (2)]	Weld Imperfection	Visual	Radiography
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Crack	✓	✓
A	A	A	A	A	A	C	A	N/A	A	Lack of fusion	✓	✓
B	A	N/A	A	A	N/A	C	A	N/A	B	Incomplete penetration	✓	✓
E	E	N/A	D	D	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Rounded Indications	...	✓
G	G	N/A	F	F	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Elongated indications	...	✓
H	A	H	A	A	A	I	A	H	H	Undercutting	✓	✓
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Surface porosity or exposed slag inclusion [Note (5)]	✓	...
N/A	N/A	N/A	J	J	J	N/A	N/A	N/A	N/A	Surface finish	✓	...
K	K	N/A	K	K	N/A	K	K	N/A	K	Concave surface, concave root, or burn-through	✓	✓
L	L	L	L	L	L	M	M	M	M	Weld reinforcement or internal protrusion	✓	...

تصویر ۵۱۷: معیار پذیرش عیوب در جوشها مطابق سرویسهای ذکر شده ASME B31.3-2016

(۸) - در جوشهای شیاری، ارتفاع در واقع کمتر از مقدار اندازه گیری شده سطوح اجزاء مجاور می باشد. گرده جوش بیرونی و گرده جوش داخلی در جوش مجاز می باشند. برای جوشهای گوشه ای (Fillet) ارتفاع از روی گلویی تئوریک یک جوش اندازه گیری می شود. تصویر (Fig. 328.5.2A)

(۹) - فقط برای جوشهای آلیاژهای آلومینیوم گرده جوش داخلی نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

(a) - $1.5 \text{ mm } (1/16 \text{ in.})$ برای ضخامتهای ۲ میلیمتر و کمتر

(b) - $2.5 \text{ mm } (3/32 \text{ in.})$ برای ضخامتهای بیشتر از ۲ میلیمتر و کمتر یا مساوی $6 \text{ mm } (1/4 \text{ in.})$

برای ضخامتهای بیشتر و گرده جوش بیرونی به جدول بندی سیمبل (L) نگاه کنید.

(۱۰) - تخلخل و ناخالصی مثل سرباره جوش یا تنگستن که بعنوان شاخص های مدور یا گرد تعریف شده اند. جاییکه

حداکثر طول آن سه برابر عرض آن یا کمتر باشد. این شاخص ها ممکن است به شکل گرد، بیضی یا شکلی بدون قاعده

داشته باشند در ضمناً ممکن است دم نیز داشته باشند و ممکن است دارای دانسیته‌ی متفاوتی باشند. شاخصی که طول آن

بیشتر از سه برابر عرض آن باشد بعنوان شاخص های کشیده شده و همچنین ممکن است بعنوان سرباره جوش، تخلخل یا تنگستن تعریف شوند.

Criterion Value Notes for Table 341.3.2												
Symbol	Criterion Measure	Acceptable Value Limits [Note (6)]										
A	Extent of imperfection	Zero (no evident imperfection)										
B	Cumulative length of incomplete penetration	$\leq 38 \text{ mm (1.5 in.)}$ in any 150 mm (6 in.) weld length or 25% of total weld length, whichever is less										
C	Cumulative length of lack of fusion and incomplete penetration	$\leq 38 \text{ mm (1.5 in.)}$ in any 150 mm (6 in.) weld length or 25% of total weld length, whichever is less										
D	Size and distribution of rounded indications	See BPV Code, Section VIII, Division 1, Appendix 4 [Note (10)]										
E	Size and distribution of rounded indications	For $\bar{T}_w \leq 6 \text{ mm } (\frac{1}{4} \text{ in.})$, limit is same as D [Note (10)] For $\bar{T}_w > 6 \text{ mm } (\frac{1}{4} \text{ in.})$, limit is $1.5 \times D$ [Note (10)]										
F	Elongated indications Individual length Individual width Cumulative length	$\leq \bar{T}_w/3$ $\leq 2.5 \text{ mm } (\frac{3}{32} \text{ in.})$ and $\leq \bar{T}_w/3$ $\leq \bar{T}_w$ in any $12\bar{T}_w$ weld length [Note (10)]										
G	Elongated indications Individual length Individual width Cumulative length	$\leq 2\bar{T}_w$ $\leq 3 \text{ mm } (\frac{1}{8} \text{ in.})$ and $\leq \bar{T}_w/2$ $\leq 4\bar{T}_w$ in any 150 mm (6 in.) weld length [Note (10)]										
H	Depth of undercut Cumulative length of internal and external undercut	$\leq 1 \text{ mm } (\frac{1}{32} \text{ in.})$ and $\leq \bar{T}_w/4$ $\leq 38 \text{ mm (1.5 in.)}$ in any 150 mm (6 in.) weld length or 25% of total weld length, whichever is less										
I	Depth of undercut Cumulative length of internal and external undercut	$\leq 1.5 \text{ mm } (\frac{1}{16} \text{ in.})$ and $\leq \bar{T}_w/4$ or $1 \text{ mm } (\frac{1}{32} \text{ in.})$ $\leq 38 \text{ mm (1.5 in.)}$ in any 150 mm (6 in.) weld length or 25% of total weld length, whichever is less										
J	Surface roughness	$\leq 12.5 \mu\text{m (500 } \mu\text{in.)}$ R_a in accordance with ASME B46.1										
K	Depth of surface concavity, root concavity, or burn-through	Total joint thickness, incl. weld reinf., $\geq \bar{T}_w$ [Notes (7) and (11)]										
L	Height of reinforcement or internal protrusion [Note (8)] in any plane through the weld shall be within limits of the applicable height value in the tabulation at right, except as provided in Note (9). Weld metal shall merge smoothly into the component surfaces.	<table><tr><th>For $\bar{T}_w$, mm (in.)</th><th>Height, mm (in.)</th></tr><tr><td>$\leq 6 (\frac{1}{4})$</td><td>$\leq 1.5 (\frac{1}{16})$</td></tr><tr><td>$> 6 (\frac{1}{4})$, $\leq 13 (\frac{1}{2})$</td><td>$\leq 3 (\frac{1}{8})$</td></tr><tr><td>$> 13 (\frac{1}{2})$, $\leq 25 (1)$</td><td>$\leq 4 (\frac{3}{32})$</td></tr><tr><td>$> 25 (1)$</td><td>$\leq 5 (\frac{1}{4})$</td></tr></table>	For $\bar{T}_w$, mm (in.)	Height, mm (in.)	$\leq 6 (\frac{1}{4})$	$\leq 1.5 (\frac{1}{16})$	$> 6 (\frac{1}{4})$, $\leq 13 (\frac{1}{2})$	$\leq 3 (\frac{1}{8})$	$> 13 (\frac{1}{2})$, $\leq 25 (1)$	$\leq 4 (\frac{3}{32})$	$> 25 (1)$	$\leq 5 (\frac{1}{4})$
For $\bar{T}_w$, mm (in.)	Height, mm (in.)											
$\leq 6 (\frac{1}{4})$	$\leq 1.5 (\frac{1}{16})$											
$> 6 (\frac{1}{4})$, $\leq 13 (\frac{1}{2})$	$\leq 3 (\frac{1}{8})$											
$> 13 (\frac{1}{2})$, $\leq 25 (1)$	$\leq 4 (\frac{3}{32})$											
$> 25 (1)$	$\leq 5 (\frac{1}{4})$											
M	Height of reinforcement or internal protrusion [Note (8)] as described in L. Note (9) does not apply.	Limit is twice the value applicable for L above										

تصویر ۵۱۸: معیار پذیرش عیوب در جوشها مطابق سرویسهای ذکر شده ASME B31.3-2016

(۱۱) - برای رادیوگرافی ممکن است معیار پذیرش بوسیله‌ی مقایسه‌ی دانسیته‌ی میانه‌ی شکل با منطقه‌ی متأثر از دانسیته‌ی سرتاسر فلز مبنا همجوار (T_w) تعیین شود. اگر از رادیوگرافی دیجیتالی استفاده می شود درخشندگی یا روشنی ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. نسبت یک دانسیته تاریکتر از دانسیته‌ی فلز مبنا مجاور دلیل بر مردود شدن می باشد.

ترجمه مطالب حدود اندازه های قابل قبول جدول 341.3.2 :

حدود اندازه های قابل قبول:

- (A) حد و اندازه نقص
(B) مجموع طول عیب نفوذ ناقص
(C) مجموع طول عیوب عدم ذوب و نفوذ ناقص
(D) اندازه و پراکندگی خلل و فرج داخلی
(E) اندازه و پراکندگی خلل و فرج داخلی
- صفر (هیچ نقص قابل مشاهده ای قابل قبول نیست).
مجموع طول عیب نفوذ ناقص 38 mm (1.5 in) در هر 150 mm طول جوش یا 25% مجموع طول جوش هر کدام کوچکتر بود.
مجموع طول عیوب عدم ذوب و نفوذ ناقص 38 mm (1.5 in) در هر 150 mm طول جوش یا 25% مجموع طول جوش هر کدام کوچکتر است.
به 4 APP.1 Div. VIII BPV Code Sec. نگاه کنید. [Note (10)]
برای $T_w \leq 6 \text{ mm}$ معیار پذیرش همان است که در (D) اشاره شده است. [Note (10)]
برای $T_w > 6 \text{ mm}$ معیار پذیرش X1.5 (D) است. [Note (10)]

لازم به توضیح است برای مشخص کردن محدوده های قابل قبول برای خلل و فرج (Porosity) باید به استاندارد مربوط به ساخت مخازن تحت فشار با آدرس ASME Sec.VIII Div.1 App.4 مراجعه کرد. وقتی خلل و فرج (Porosity) در متریالهای با ضخامت جوش کمتر یا برابر 6mm باشد ملاک همان ابعاد داده شده در App.4 است اما چنانچه ضخامت جوش از 6mm بیشتر شد ابعاد قابل قبول برای خلل و فرج (Porosity) همان ابعاد داده شده در App.4 را ضربدر 1.5 می کنیم تا ابعاد قابل قبول بدست آید.

(F) ناخالصی سرباره ای، تنگستن یا نشانه های خطی:

$$\begin{aligned} & \leq T_W / 3 \quad \text{طول تکی} \\ & \leq 2.5 \text{ mm } (3/32 \text{ in.}) \text{ و } \leq T_W / 3 \quad \text{عرض تکی} \\ & \leq T_W \text{ در هر } 12 T_W \text{ طول جوش [Note (10)]} \quad \text{مجموع طولها} \end{aligned}$$

(G) ناخالصی سرباره ای، تنگستن یا نشانه های خطی:

$$\begin{aligned} & \leq 2 T_W \quad \text{طول تکی} \\ & \leq 3 \text{ mm } (1/8 \text{ in.}) \text{ و } \leq T_W / 2 \quad \text{عرض تکی} \\ & \leq 4 T_W \text{ در هر } 150 \text{ mm } (6 \text{ in.}) \text{ طول جوش [Note (10)]} \quad \text{مجموع طولها} \end{aligned}$$

(H) عمق سوختگی کنار جوش

$$\begin{aligned} & \leq 38 \text{ mm } (1.5 \text{ in.}) \text{ در هر } 150 \text{ mm } (6 \text{ in.}) \text{ طول جوش} \\ & \text{یا } 25\% \text{ مجموع طول جوش هر کدام کوچکتر بود.} \end{aligned}$$

(I) عمق سوختگی کنار جوش

$$\begin{aligned} & \leq 1.5 \text{ mm } (1/16 \text{ in.}) \text{ و } [\leq T_W / 4 \text{ یا } 1 \text{ mm } (1/32 \text{ in.})] \\ & \leq 38 \text{ mm } (1.5 \text{ in.}) \text{ در هر } 150 \text{ mm } (6 \text{ in.}) \text{ طول جوش} \\ & \text{یا } 25\% \text{ مجموع طول جوش هر کدام کوچکتر بود.} \end{aligned}$$

(J) زبری سطح $\leq 500 \text{ min. } R_O$ مطابق استاندارد ASME B46.1

(K) عمق تقعر سطح ریشه یا سوختگی ریشه مجموع ضخامت اتصال به همراه گرده جوش ($\geq T_W$)

به این یادداشتهای برای عمق تقعر سطح ریشه یا سوختگی ریشه نگاه کنید. [Notes (7) and (11)]

(L) ارتفاع گرده جوش یا بیرون زدگی جوش در ریشه (Note 8) در هر مقطع جوش باید در محدوده ای مجاز اشاره شده در زیر باشد، به استثناء مواردی که مشروط به (Note 8) می باشند:

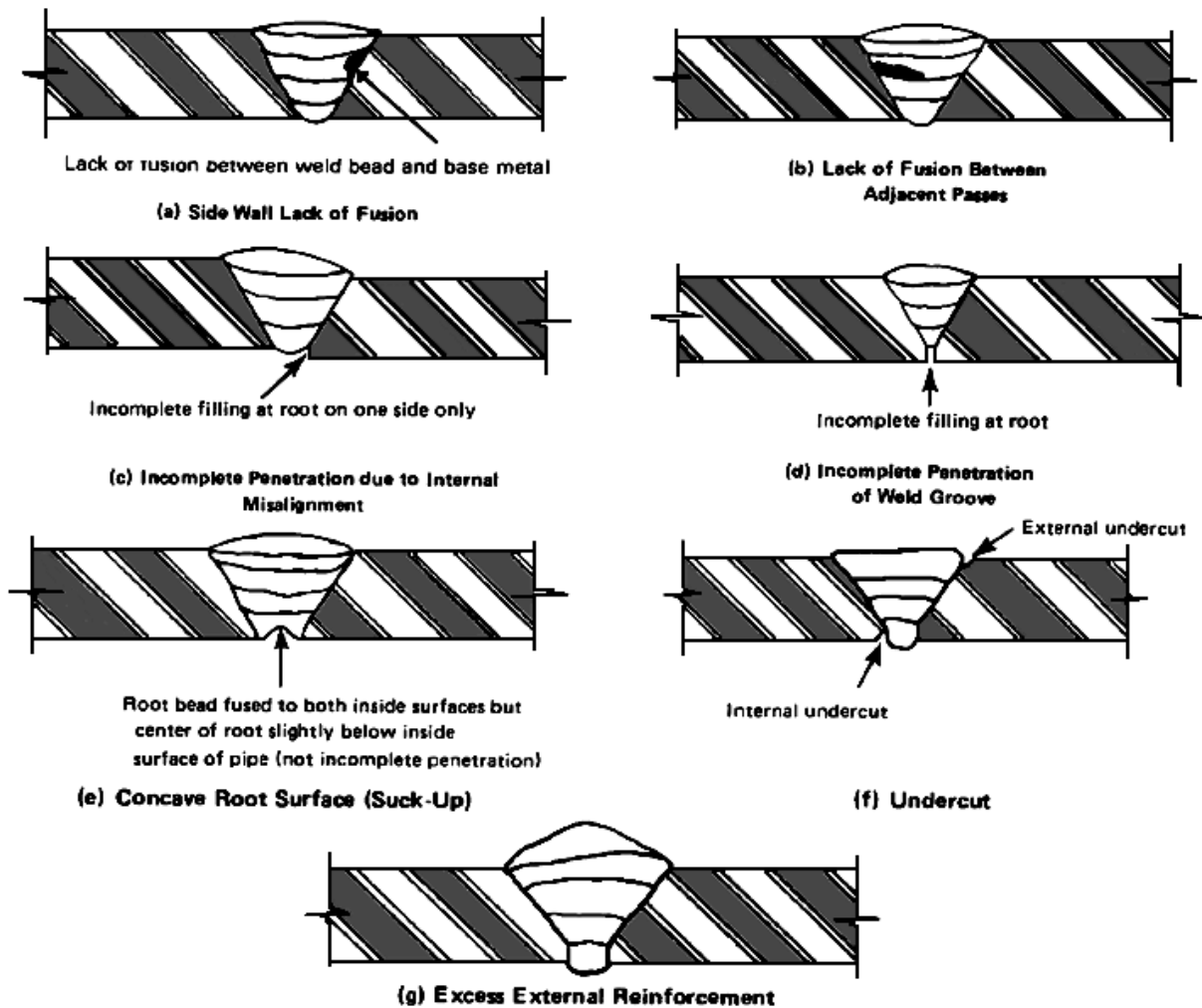
ضخامت اتصال جوش For $\bar{T}_w$, mm (in.)	ارتفاع گرده یا ریشه جوش Height, mm (in.)
$\leq 6 (1/4)$	$\leq 1.5 (1/16)$
$> 6 (1/4), \leq 13 (1/2)$	$\leq 3 (1/8)$
$> 13 (1/2), \leq 25 (1)$	$\leq 4 (5/32)$
$> 25 (1)$	$\leq 5 (3/16)$

تصویر ۵۱۹: معیار پذیرش گرده و نفوذ اضافی در جوشها بر اساس استاندارد ASME B31.3-2016

(M) ارتفاع گرده جوش یا بیرون زدگی جوش در ریشه (Note 8) آنطور که در (L) شرح داده شده است.

(Note 9) کاربردی ندارد. حدود دو برابر اندازه های داده شده در بالا (L) می باشد.

Fig. 341.3.2 Typical Weld Imperfections



تصویر ۵۲۰: انواع مختلف عیوب در جوش ASME B31.3-2016

■ Acceptance Criteria - فیلمهای رادیوگرافی در سرویس High Pressure Piping

Table K341.3.2 Acceptance Criteria for Welds

Type of Imperfection	Criteria (A-F) for Types of Welds, and for Required Examination Methods [Note (1)]					
	Methods		Type of Weld			
	Visual	Ultrasonics or Radiography	Girth Groove	Longitudinal Groove [Note (2)]	Fillet [Note (3)]	Branch Connection [Note (4)]
Crack	✓	✓	A	A	A	A
Lack of fusion	✓	✓	A	A	A	A
Incomplete penetration	✓	✓	A	A	A	A
Internal porosity	...	✓	B	B	N/A	B
Internal slag inclusion, tungsten inclusion, or elongated indication	...	✓	C	C	N/A	C
Undercutting	✓	✓	A	A	A	A
Surface porosity or exposed slag inclusion	✓	...	A	A	A	A
Concave root surface (suck-up)	✓	✓	D	D	N/A	D
Surface finish	✓	...	E	E	E	E
Reinforcement or internal protrusion	✓	...	F	F	F	F

تصویر ۵۲۱: معیار پذیرش عیوب در جوشهای سرویس High Pressure Piping در ASME B31.3-2016

Criterion Value Notes for Table K341.3.2										
Criterion										
Symbol	Measure	Acceptable Value Limits [Note (5)]								
A	Extent of imperfection	Zero (no evident imperfection)								
B	Size and distribution of internal porosity	See BPV Code, Section VIII, Division 1, Appendix 4								
C	Internal slag inclusion, tungsten inclusion, or elongated indication. Indications are unacceptable if the amplitude exceeds the reference level, or indications have lengths that exceed Individual length [Note (6)] Cumulative length	6 mm (¹ / ₄ in.) for $\bar{T}_w \leq 19$ mm (³ / ₄ in.) $\bar{T}_w / 3$ for $19 \text{ mm } (\frac{3}{4} \text{ in.}) < \bar{T}_w \leq 57 \text{ mm } (2\frac{1}{4} \text{ in.})$ 19 mm (³ / ₄ in.) for $\bar{T}_w > 57 \text{ mm } (2\frac{1}{4} \text{ in.})$ $\leq \bar{T}_w$ in any 12 $\bar{T}_w$ weld length								
D	Depth of root surface concavity	<table><tr><th>Wall Thickness, $\bar{T}_w$, mm (in.)</th><th>Depth of Surface Concavity, mm (in.)</th></tr><tr><td>≤ 13 (¹/₂)</td><td>≤ 1.5 (¹/₁₆)</td></tr><tr><td>> 13 (¹/₂) and ≤ 51 (2)</td><td>≤ 3 (¹/₈)</td></tr><tr><td>> 51 (2)</td><td>≤ 4 (⁵/₃₂)</td></tr></table> and total joint thickness including weld reinforcement $\geq \bar{T}_w$	Wall Thickness, $\bar{T}_w$, mm (in.)	Depth of Surface Concavity, mm (in.)	≤ 13 (¹ / ₂)	≤ 1.5 (¹ / ₁₆)	> 13 (¹ / ₂) and ≤ 51 (2)	≤ 3 (¹ / ₈)	> 51 (2)	≤ 4 (⁵ / ₃₂)
Wall Thickness, $\bar{T}_w$, mm (in.)	Depth of Surface Concavity, mm (in.)									
≤ 13 (¹ / ₂)	≤ 1.5 (¹ / ₁₆)									
> 13 (¹ / ₂) and ≤ 51 (2)	≤ 3 (¹ / ₈)									
> 51 (2)	≤ 4 (⁵ / ₃₂)									
E	Surface roughness	$\leq 12.5 \text{ }\mu\text{m}$ (500 $\mu\text{in.}$) R_a (see ASME B46.1 for definition of roughness average, R_a)								
F	Height of reinforcement or internal protrusion [Note (7)] in any plane through the weld shall be within the limits of the applicable height value in the tabulation at the right. Weld metal shall be fused with and merge smoothly into the component surfaces.	<table><tr><th>Wall Thickness, $\bar{T}_w$, mm (in.)</th><th>External Weld Reinforcement or Internal Weld Protrusion, mm (in.)</th></tr><tr><td>≤ 13 (¹/₂)</td><td>≤ 1.5 (¹/₁₆)</td></tr><tr><td>> 13 (¹/₂) and ≤ 51 (2)</td><td>≤ 3 (¹/₈)</td></tr><tr><td>> 51 (2)</td><td>≤ 4 (⁵/₃₂)</td></tr></table>	Wall Thickness, $\bar{T}_w$, mm (in.)	External Weld Reinforcement or Internal Weld Protrusion, mm (in.)	≤ 13 (¹ / ₂)	≤ 1.5 (¹ / ₁₆)	> 13 (¹ / ₂) and ≤ 51 (2)	≤ 3 (¹ / ₈)	> 51 (2)	≤ 4 (⁵ / ₃₂)
Wall Thickness, $\bar{T}_w$, mm (in.)	External Weld Reinforcement or Internal Weld Protrusion, mm (in.)									
≤ 13 (¹ / ₂)	≤ 1.5 (¹ / ₁₆)									
> 13 (¹ / ₂) and ≤ 51 (2)	≤ 3 (¹ / ₈)									
> 51 (2)	≤ 4 (⁵ / ₃₂)									

تصویر ۵۲۲: معیار پذیرش عیوب در جوشهای سرویس High Pressure Piping در ASME B31.3-2016

***- یادداشتهای کلی مربوط به جدول (Table K341.3.2):

- (a) ارزیابی عیوب جوش بوسیله چندین روش آزمایش که در پاراگراف K341.4.1 و K341.4.2 مشخص شده است.
- (b) برای مشخصه‌ی "N/A" در این بخش معیار پذیرشی لحاظ نشده است یا این نوع از عیوب برای این نوع از جوش نیاز به ارزیابی ندارد.
- (c) چک (✓) مشخصه‌ی روش کلی آزمایش مورد استفاده برای ارزیابی این نوع از عیوب جوش می باشد.
- (d) حذف لغات، (...). مشخصه‌ی روش کلی آزمایش مورد استفاده برای ارزیابی این نوع از عیوب جوش نمی باشد.

Table K341.3.2 Acceptance Criteria for Welds (Cont'd)

NOTES:

- (1) Criteria given are for required examination. More stringent criteria may be specified in the engineering design.
- (2) Longitudinal welds include only those permitted in paras. K302.3.4 and K305. The criteria shall be met by all welds, including those made in accordance with a standard listed in Table K326.1 or in Appendix K.
- (3) Fillet welds include only those permitted in para. K311.2.2.
- (4) Branch connection welds include only those permitted in para. K328.5.4.
- (5) Where two limiting values are given, the lesser measured value governs acceptance. $\bar{T}_w$ is the nominal wall thickness of the thinner of two components joined by a butt weld.
- (6) For ultrasonic examination, refer to para. K344.6.3 for acceptable value limits.
- (7) For groove welds, height is the lesser of the measurements made from the surfaces of the adjacent components. For fillet welds, height is measured from the theoretical throat; internal protrusion does not apply. Required thickness t_m shall not include reinforcement or internal protrusion.

تصویر ۵۲۳: معیار پذیرش عیوب در جوشهای سرویس High Pressure Piping در ASME B31.3-2016

***- یادداشتهای مربوط به جدول (Table K341.3.2):

- ۱- ضوابط برای آزمایشات مورد نیاز ارائه شده است. ممکن است ضوابط سختگیرانه تری توسط مهندسی طراحی مشخص گردد.
- ۲- جوشهای طولی صرفاً شامل آنهایی هستند که در پاراگرافهای K302.3.4 و K305 مجاز شمرده شده اند. معیارهای پذیرش باید با همه جوشها از جمله آنهایی که مطابق با استاندارد لیست شده در جدول K326.1 یا در ضمیمه *Appendix K* مجاز شمرده شده اند مطابقت داشته باشد.
- ۳- جوشهای گوشه ای (Fillet) صرفاً شامل آنهایی می شود که در پاراگراف 311.2.5(b) مجاز شمرده شده اند.
- ۴- جوشهای اتصالات انشعابات (Branch) صرفاً شامل آنهایی می شود که در پاراگراف K328.5.4 مجاز شمرده شده اند.
- ۵- وقتی دو محدوده مجاز وجود دارد محدوده کوچکتر تعیین کننده حد پذیرش می باشد. (T_w) ضخامت اسمی جداره نازکتر دو جزئی که بوسیله جوش لب به لب بهم متصل شده اند.
- ۶- جهت آزمایش امواج صوتی (Ultrasonic) برای معیار پذیرش به پاراگراف K344.6.3 مراجعه شود.
- ۷- در جوشهای شیاری (Groove)، ارتفاع شامل جزء کوچکتر اندازه گیری شده از سطح اجزاء تشکیل دهنده مجاور هم می باشد. در جوشهای گوشه ای (Fillet) ارتفاع از گلوئی تئوری اندازه گیری می شود. بیرون زدگی داخل در اندازه گیری منظور نمی شود. ضخامت مورد نیاز (t_m) نباید شامل گرده جوش یا برآمدگی جوش از داخل باشد. (منظور از ضخامت فقط ضخامت جداره نازکتر در یک اتصال است).

■ - اصطلاح "پنالتی" برای جوشهای تعمیری در ASME B31.3-2016

- ***- پاراگراف 341.3.4 - انتخاب تصاعدی جوش برای آزمایش (Progressive Sampling for Examination):
- وقتی در آزمایشات اتفاقی (Random) یا موضعی (Spot) عیبی آشکار میگردد، بنابراین:
- (a) - دو نمونه دیگر از همان نوع اتصالات جوشکاری شده یا چسب شده بوسیله همان جوشکار یا اپراتور یا فرد چسباننده در همان نوع آزمایش باید انجام شود.
 - (b) - اگر نمونه های فوق الذکر (a) آزمایش شوند و مورد پذیرش قرار گیرند عیب جوش قبلی باید تعمیر شود چنانچه قابل تعمیر نباشد مجدداً عملیات اتصال باید انجام شود و مطابق با پاراگراف 341.3.3 مجدداً مورد آزمایش قرار گیرد. در چنین وضعیتی تمام اتصالاتی که این دو اتصال اضافی به عنوان نمونه از میان آنها انتخاب شده اند باید مورد پذیرش قرار گیرند. ولی:
 - (c) - اگر در هر کدام از اتصالات اشاره شده در (a) که مورد آزمایش قرار گرفته اند عیبی مشاهده شود به ازای هر اتصال معیوب باید دو اتصال اضافی دیگر مورد آزمایش قرار گیرند.
 - (d) - اگر تمام اتصالاتی که در بالا (c) انتخاب شده اند مورد آزمایش قرار گیرند و قابل قبول باشند، اتصالات معیوب باید تعمیر و چنانچه قابل تعمیر نباشد مجدداً عملیات اتصال انجام شود و مطابق با پاراگراف 341.3.3 باید مجدداً مورد آزمایش قرار گیرد، در چنین وضعیتی تمام اتصالاتی که این دو اتصال اضافی به عنوان نمونه از میان آنها انتخاب شده اند باید مورد قبول قرار گیرند. اما:
 - (e) - اگر در هر یک از اتصالات اضافه انتخاب شده در (c) که مورد آزمایش قرار گرفته اند عیبی مشاهده شود تمام اتصالاتی که این دو نمونه از میان آنها انتخاب شده اند باید یا:
- (۱) - تعمیر گردند و یا عملیات اتصال مجدد انجام گیرد و مجدداً مورد آزمایش قرار گیرند یا:

(۲) - تمام آنها مورد آزمایش قرار گرفته و اتصالات معیوب تعمیر گردد و یا عملیات اتصال مجدد انجام گردد و مجدداً مطابق الزامات این کد مورد آزمایش قرار گیرند.

(f) - اگر هر کدام از مواردی که تعمیر یا تعویض یا آزمایش مجدد شده اند و مجدداً در آنها عیب وجود دارد پناستی مطابق پاراگراف (a, c) ادامه می یابد و رعایت پاراگراف (e) برای چنین عیوب جدیدی نیاز نمی باشد، موارد معیوب بایستی تعمیر یا جایگزین و آزمایش مجدد شوند تا مطابق پاراگراف 341.3.3 مورد پذیرش واقع شوند سپس آزمایش نقطه ای (Spot) یا رندوم (هر کدام قابل به کار رفتن می باشد) بر روی اتصالات باقی مانده که آزمایش نشده اند، انجام می گیرد.

☀ - رادیوگرافی در مخازن ذخیره ای مطابق با استاندارد API- 650-2020

***- پاراگراف 8.1 - روش رادیوگرافی: از نظر این بخش، ورقهایی که اختلاف ضخامت آنها بیشتر از ۳ میلیمتر نباشد باید از نظر ضخامت یکسان تلقی گردند.

*- پاراگراف 8.1.1 - کاربرد:

برای جوشهای لب به لب (Butt Weld)، ورقهای بدنه (Shell Plate) (به پاراگراف های 8.1.2.2 و 8.1.2.3 و 8.1.2.4 نگاه کنید) و جوشهای لب به لب (Butt Weld)، ورقهای رینگ حلقه ای کف (Anular Plate) (به پاراگراف 8.1.2.9 نگاه کنید) و اتصالات لب به لب (Butt Weld) از نوع Flush Type (به پاراگراف 5.7.8.11 نگاه کنید) آزمایش رادیوگرافی لازم است.

*- پاراگراف 5.7.8.11 - تمام جوشهای لب به لب (Butt Weld) طولی در لوله نازلها و قطعات ارتباطی (در صورتی که وجود داشته باشد) و اولین جوش محیطی لب به لب (Butt Weld) که کمترین فاصله از بدنه مخزن را داشته باشد به جزء جوش فلنج به لوله باید بصورت صد در صد رادیوگرافی شود. (به پاراگراف 8.1 نگاه کنید)

آزمایش رادیوگرافی برای موارد زیر لازم نیست:

جوشهای ورقهای سقف (Roof - Plate)، جوشهای ورقهای کف (Bottom - Plate)، جوشهایی که نبشی فوقانی (Top - Angle) را به بدنه یا سقف متصل می کند، جوشهایی که ورقهای بدنه را به ورقهای کف متصل می کند، جوشهای لوله های ساخته شده از ورق به نازل و منهول (Welds in nozzle and manway necks made from plate)، جوشهای متعلقات مخزن.

نکته ی مهم:

لوله هایی که از ورق ساخته می شوند دارای یک درز جوش هستند که این درز جوش باید بصورت ۱۰۰ درصد رادیوگرافی شوند

5.7.8.11 All longitudinal butt-welds in the nozzle neck and transition piece, if any, and the first circumferential butt-weld in the neck closest to the shell, excluding neck-to-flange weld, shall receive 100 % radiographic examination (see 8.1).

تصویر ۵۲۴: وضعیت رادیوگرافی خط جوشهای طولی نازلها در مخازن ذخیره ای

■ - تعداد و موقعیت فیلمهای رادیوگرافی در مخازن ذخیره ای

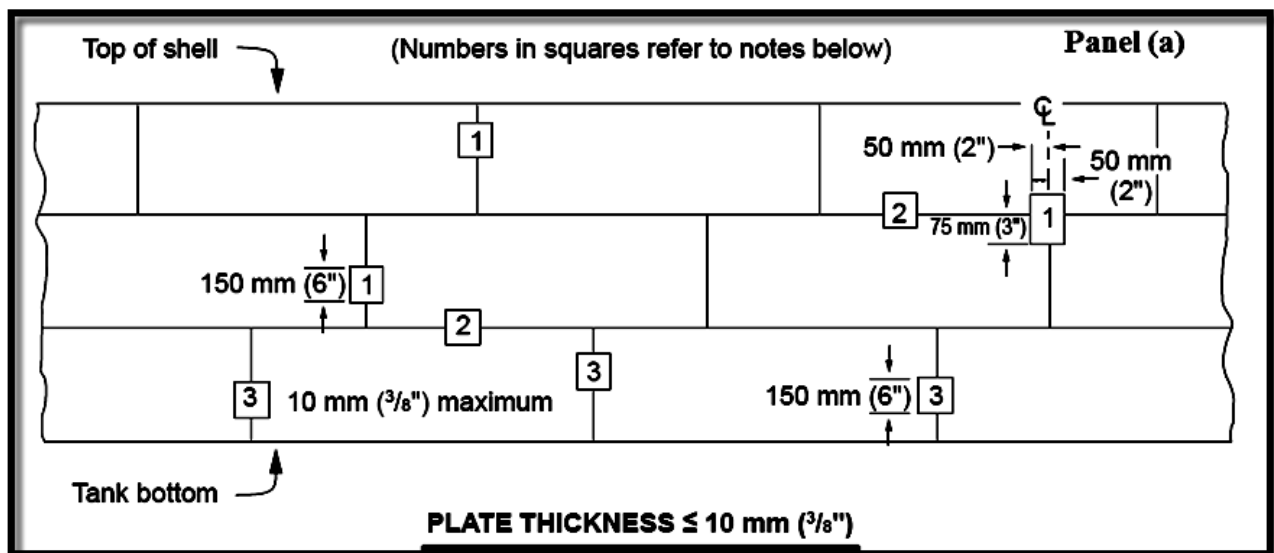
*- پاراگراف 8.1.2 - تعداد و موقعیت رادیوگرافی ها:

به استثناء مواقعی که طبق شرایط A.3.4 حذف شده است، رادیوگرافی ها باید آنطور که در پاراگراف های 8.1.2 تا 8.1.8 مشخص شده است انجام شود.

*- پاراگراف 8.1.2.2- الزامات زیر در مورد اتصالات عمودی به کار برده می شود:

(a) - برای اتصالات جوشکاری شده لب به لب (Butt Weld) که ضخامت ورق نازکتر بدنه آن کمتر یا معادل ۱۰ میلیمتر است از سه متر اول جوشهای عمودی انجام شده توسط جوشکار یا اپراتور جوشکاری از هر نوع طرح اتصال یا ضخامت یک فیلم Spot باید رادیوگرافی گردد.

رادیوگرافی های Spot انجام شده از اتصالات عمودی پایین ترین کورس بدنه (Lowest Course) می تواند جوابگوی الزامات (Note 3) در تصویر 8.1 برای اتصالات منفرد باشد. (طبق این یادداشت همانطور که در تصویر 8.1 با عدد 3 نشان داده شده است به ازای هر جوش عمودی منفرد در پایین ترین کورس بدنه یک مخزن یک فیلم Spot باید رادیوگرافی گردد بنابراین یک فیلم رادیوگرافی Spot انجام شده از سه متر اول هر جوشکار می تواند جایگزین فیلم Spot رادیوگرافی انجام شده از جوشهای عمودی پایین ترین کورس بدنه (Lowest Course) شود) پس از آن صرفنظر از تعداد جوشکاران یا اپراتورهای جوشکاری به ازای هر ۳۰ متر یا ۱۰۰ فوت [30 m (100 ft)] (تقریباً) جوشهای عمودی انجام شده یک فیلم Spot باید رادیوگرافی گردد و به ازای هر کسری از جوشهای عمودی باقیمانده با طرح اتصال و ضخامت یکسان (طبق محدوده ضخامت فوق یعنی ضخامت برابر یا کمتر از ۱۰ میلیمتر) نیز یک فیلم Spot باید رادیوگرافی گردد. حداقل ۲۵٪ درصد فیلمهای Spot انتخاب شده باید از محل تقاطع جوشهای عمودی و افقی (Tee joints) باشند و حداقل در هر مخزن دو فیلم رادیوگرافی Spot از این محلهای تقاطع باید انجام شود. مطابق مطلبی که در پرانتز فوق گفته شده است از همه جوشهای عمودی کورس اول بدنه هر مخزن که در محدوده ضخامت برابر یا کمتر از ۱۰ میلیمتر هستند باید یک فیلم رادیوگرافی Spot انجام شود. مطالب فوق تماماً مربوط به تصویر ۵۲۵ [Panel(a)] است.



تصویر ۵۲۵: الزامات رادیوگرافی برای بدنه مخازنی که محدوده ضخامت آنها برابر یا کمتر از ۱۰ میلیمتر است.



1. Vertical spot radiograph in accordance with 8.1.2.2, Item a: one in the first 3 m (10 ft) and one in each 30 m (100 ft) thereafter, 25 % of which shall be at intersections.
2. Horizontal spot radiograph in accordance with 8.1.2.3: one in the first 3 m (10 ft) and one in each 60 m (200 ft) thereafter.
3. Vertical spot radiograph in each vertical seam in the lowest course (see 8.1.2.2, Item b). Spot radiographs that satisfy the requirements of Note 1 for the lowest course may be used to satisfy this requirement.
4. Spot radiographs of all intersections over 10 mm ($3/8$ in.) (see 8.1.2.2, Item b).
5. Spot radiograph of bottom of each vertical seam in lowest shell course over 10 mm ($3/8$ in.) (see 8.1.2.2, Item b).
6. Complete radiograph of each vertical seam over 25 mm (1 in.). The complete radiograph may include the spot radiographs of the intersections if the film has a minimum width of 100 mm (4 in.) (see 8.1.2.2, Item c).

تصویر ۵۲۶: الزامات رادیوگرافی برای بدنه های مخزن ذخیره ای

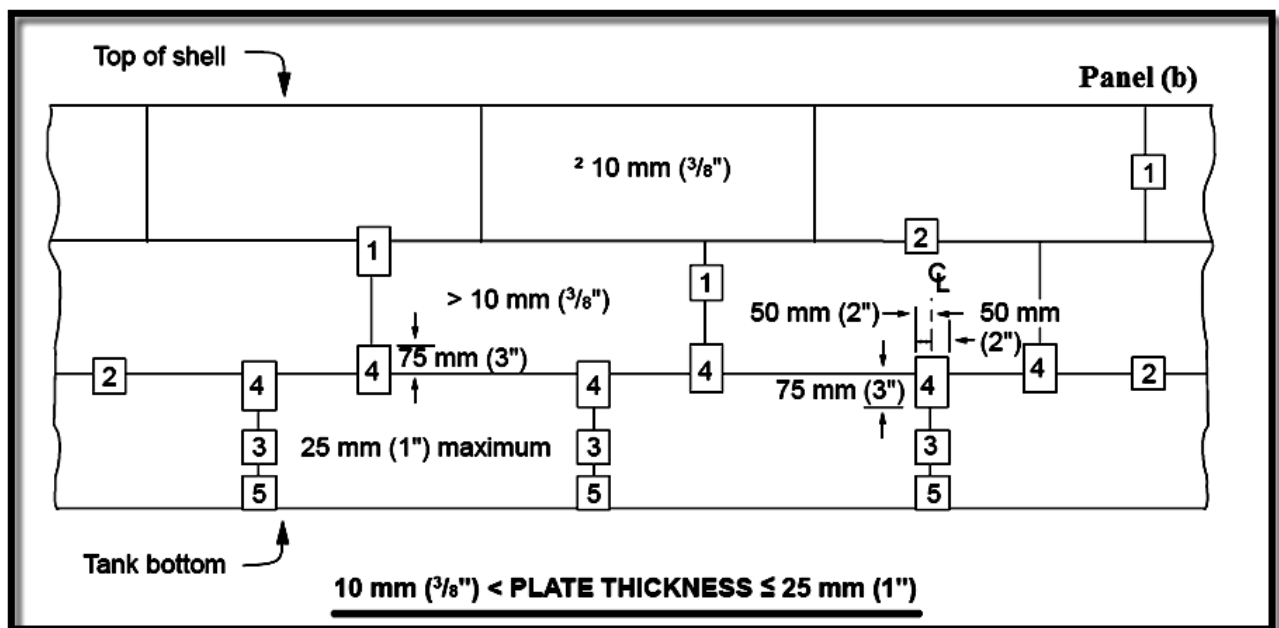
طبق [Panel (a)] برای محدوده‌ی ضخامت برابر یا کمتر از ۱۰ میلیمتر باید به یادداشتهای شماره ۱، ۲، ۳ دقت کرد: یادداشت شماره ۱: رادیوگرافی Spot از جوشهای عمودی (Vertical joint) مطابق با پاراگراف ۸.۱.۲.۲ (a): یک فیلم Spot از سه متر اولیه و پس از آن یک فیلم Spot از هر ۳۰ متر که ۲۵٪ آنها (فیلمهای انتخابی) باید از تقاطع جوشهای افقی و عمودی (Tee Joint) باشند، انتخاب شوند.

یادداشت شماره ۲: رادیوگرافی Spot از جوشهای افقی (Horizontal joint) مطابق با پاراگراف ۸.۱.۲.۳: یک فیلم Spot از سه متر اولیه و پس از آن یک فیلم Spot از هر ۶۰ متر انجام شود.

یادداشت شماره ۳: رادیوگرافی Spot از جوشهای عمودی (Vertical joint) مطابق با پاراگراف ۸.۱.۲.۲ (b): رادیوگرافی های Spot در هر درز جوش عمودی در پایین ترین کورس که الزامات یادداشت شماره ۱ را برای پایین ترین کورس تامین نماید می توانند برای برآورد نمودن این الزامات مورد استفاده قرار گیرند.

(b) - برای اتصالات لب به لب (Butt Weld) که ضخامت ورق نازکتر بدنه آن بیشتر از ۱۰ میلیمتر ولی کمتر یا برابر ۲۵ میلیمتر است رادیوگرافی Spot باید طبق آیت (a) انجام شود علاوه بر این، محل تقاطع جوشهای عمودی و افقی (Tee joints) در این محدوده‌ی ضخامت باید رادیوگرافی شوند.

ابعاد هر فیلم: هر فیلم رادیوگرافی باید حداقل ۷۵ میلیمتر (3 in.) از جوش عمودی و ۵۰ میلیمتر (2 in.) از جوش افقی در طرفین جوش عمودی را به وضوح نشان دهد. (برای این منظور باید از فیلم با عرض ۱۰ سانتیمتری استفاده شود و استفاده از فیلم با عرض ۷ سانتیمتری مجاز نمی باشد). در پایین ترین کورس از هر اتصال عمودی (Vertical joint) دو فیلم Spot باید رادیوگرافی گردد و یکی از آنها باید تا حد امکان به کف مخزن نزدیک باشد و دیگری بطور راندوم انتخاب گردد (به Panel(b) نگاه کنید).



تصویر ۵۲۷: الزامات رادیوگرافی برای بدنه های مخزن

یادداشت شماره ۱: رادیوگرافی Spot از جوشهای عمودی (Vertical joint) مطابق با پاراگراف ۸.۱.۲.۲ (a): یک فیلم Spot از سه متر اولیه و پس از آن یک فیلم Spot از هر ۳۰ متر که ۲۵٪ آنها (فیلمهای انتخابی) باید از تقاطع جوشهای افقی و عمودی (Tee Joint) انتخاب شوند.

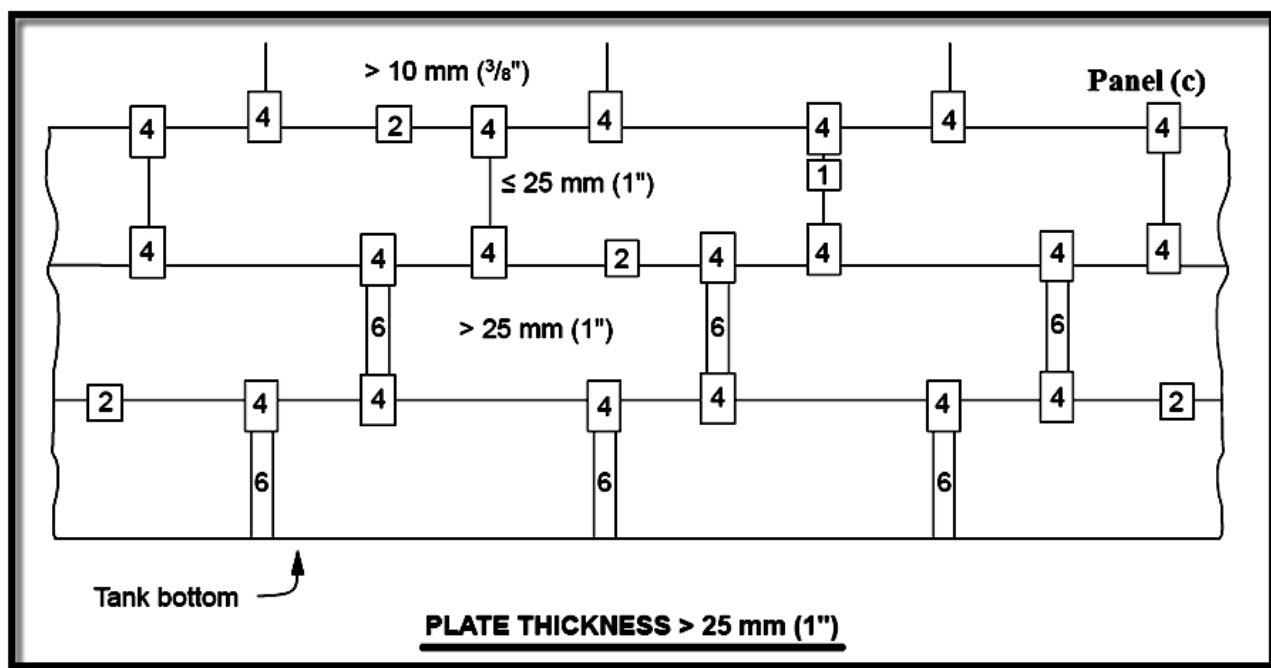
یادداشت شماره ۲: رادیوگرافی Spot از جوشهای افقی (Horizontal joint) مطابق با پاراگراف ۸.۱.۲.۳: یک فیلم Spot از سه متر اولیه و پس از آن یک فیلم Spot از هر ۶۰ متر انجام شود.

یادداشت شماره ۳: رادیوگرافی Spot از جوشهای عمودی (Vertical joint) مطابق با پاراگراف (b) 8.1.2.2: رادیوگرافی های Spot در هر درز جوش عمودی در پایین ترین کورس که الزامات یادداشت شماره ۱ را برای پایین ترین کورس تامین نماید می توانند برای برآورد نمودن این الزامات مورد استفاده قرار گیرند.

یادداشت شماره ۴: رادیوگرافی های Spot از محلهای تقاطع جوشهای افقی و عمودی (Tee Joint) برای ضخامت های بیشتر از ۱۰ میلیمتر انجام شود. (به پاراگراف (b) 8.1.2.2 نگاه کنید)

یادداشت شماره ۵: رادیوگرافی Spot از انتهای هر درز جوش عمودی (Vertical joint) در پایین ترین کورس با ضخامت های بیشتر از ۱۰ میلیمتر انجام شود. (به پاراگراف (b) 8.1.2.2 نگاه کنید).

(c) - اتصالات عمودی (Vertical joint) که ضخامت ورق بدنه آنها بیشتر از ۲۵ میلیمتر است باید بطور صد در صد رادیوگرافی شوند. محل تقاطع تمام جوشهای عمودی و افقی در این محدوده ضخامت باید رادیوگرافی گردد. فیلم رادیوگرافی باید حداقل ۷۵ میلیمتر (3 in.) از جوش عمودی و ۵۰ میلیمتر (2 in.) از جوش افقی در طرفین جوش عمودی را به وضوح نشان دهد. برای این منظور باید از فیلم با عرض ۱۰ سانتیمتری استفاده شود و استفاده از فیلم با عرض ۷ سانتیمتری مجاز نمی باشد. (به Panel (c) نگاه کنید).



تصویر ۵۲۸: الزامات رادیوگرافی برای بدنه های مخزن

یادداشت شماره ۱: رادیوگرافی Spot از جوشهای عمودی مطابق با پاراگراف (a) 8.1.2.2: یک فیلم Spot از سه متر اولیه و پس از آن یک فیلم Spot از هر ۳۰ متر که 25% آنها (فیلمهای انتخابی) باید از تقاطع جوشهای افقی و عمودی (Tee Joint) باشند، انتخاب شود.

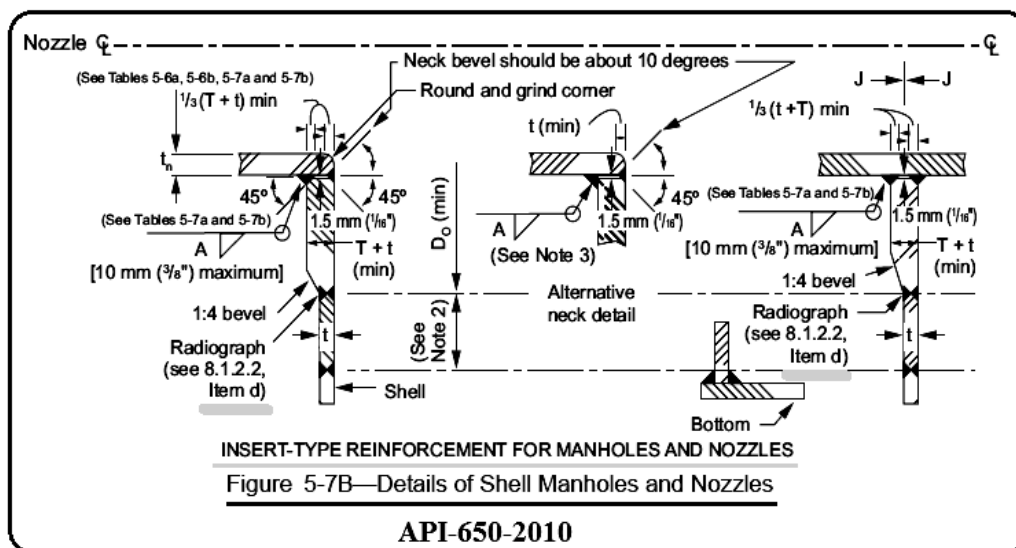
یادداشت شماره ۲: رادیوگرافی Spot از جوشهای افقی مطابق با پاراگراف 8.1.2.3: یک فیلم Spot از سه متر اولیه و پس از آن یک فیلم Spot از هر ۶۰ متر انجام شود.

یادداشت شماره ۴: رادیوگرافی های Spot از محلهای تقاطع جوشهای افقی و عمودی (Tee Joint) برای ضخامت های بیشتر از ۱۰ میلیمتر انجام شود. (به پاراگراف (b) 8.1.2.2 نگاه کنید)

یادداشت شماره ۵: رادیوگرافی کامل از هر جوش عمودی با ضخامت بیشتر از ۲۵ میلیمتر می تواند شامل رادیوگرافی های Spot از محل تقاطع جوشهای افقی و عمودی (Tee Joint) باشد مشروط به اینکه عرض فیلم حداقل ۱۰۰ میلیمتر باشد (به پاراگراف (c) 8.1.2.2 نگاه کنید).

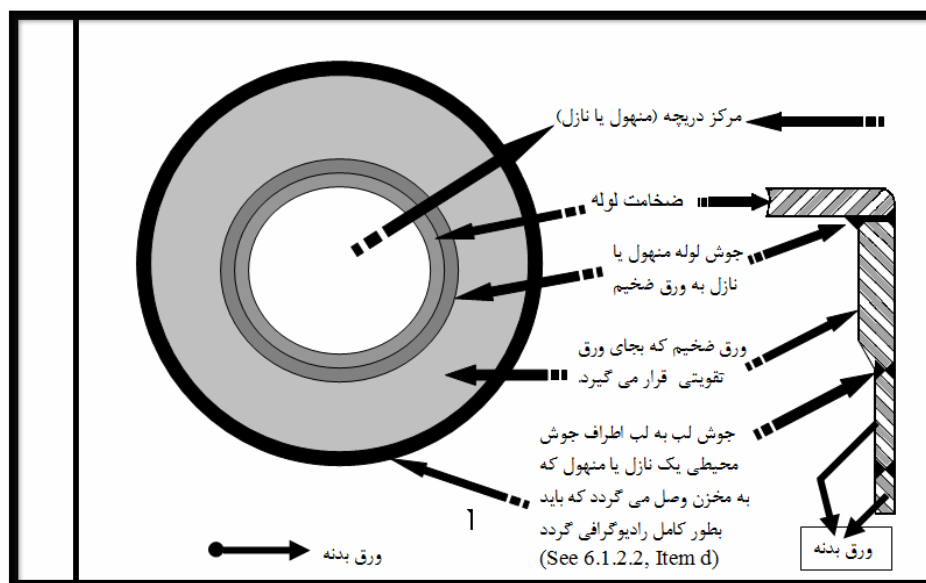
(d) - جوش لب به لب اطراف جوش محیط یک Insert Plate یا Thickened insert plate که کمتر از ارتفاع ورق بدنه مجاور امتداد می یابد و حاوی ورودی هایی در بدنه است (به عبارت دیگر (Nozzle, Man way, Flush Type Clean Out, Flush Type Connection) و اجزاء تقویتی آنها باید بطور کامل رادیوگرافی شوند.

(e) - جوش لب به لب اطراف جوش محیطی Insert Plate یا Thickened insert plate که تا همردیف ارتفاع ورقه بدنه مجاور امتداد می یابد و دارای جوشهای لب به لب عمودی و افقی می باشد و نیز تقاطع جوشهای افقی و عمودی بایستی مطابق با مقرراتی که در مورد جوشهای ورق مجاور بدنه در همان کورس بکار برده می شود رادیوگرافی گردند.



تصویر ۵۲۹: الزامات رادیوگرافی برای پاراگراف (d) مربوط به نازل‌های بدنه مخزن

برای تفهیم بهتر به تصویر ۵۳۰ توجه فرمایید.



تصویر ۵۳۰: موقعیت پاراگراف (d) مربوط به نازل‌های بدنه مخزن

*- پاراگراف 8.1.2.3- از ۳ متر اولیه جوشهای لب به لب (Butt Weld) افقی (Horizontal) که دارای یک ضخامت و از یک نوع می باشند (بر اساس ضخامت فلز نازکتر در محل تقاطع) صرفنظر از تعداد جوشکاران یا اپراتورهای جوشکاری، یک فیلم Spot باید رادیوگرافی گردد سپس از هر ۶۰ متر جوشهای اضافه (علاوه بر ۳ متر اولیه) یک فیلم Spot و همچنین از کسری (باقیمانده از ۶۰ متر) با همان ضخامت و همان نوع اتصال یک فیلم Spot باید رادیوگرافی گردد. این فیلمهای Spot از فیلمهای Spot که باید طبق پاراگراف 8.1.2.2(c) برای محلهای تقاطع جوشهای افقی و عمودی (Tee Joint) انجام شوند مستثنی می باشند.

*- پاراگراف 8.1.2.4- وقتی برای خریدار در یک محل بطور کامل یا بطور جداگانه بیشتر از یک مخزن نصب گردد، می توان در هر مخزن تعداد فیلمهای رادیوگرافی را به جای طول جوش بطور تکی در نظر گرفت. بر این اساس در هر گروه از مخازن، کل طول جوشها باید از یک نوع و با یک ضخامت در نظر گرفته شوند.

*- پاراگراف 8.1.2.5- چنانچه مشخص شود در بیشتر حالات، دو طرف جوش لب به لب (Butt Weld) را یک جوشکار یا اپراتور جوشکاری، جوشکاری نمی کند. اگر دو جوشکار یا اپراتور جوشکاری دو طرف یک اتصال لب به لب (Butt Weld) را جوشکاری می کنند کار آنها می تواند با یک فیلم رادیوگرافی Spot بازرسی گردد. اگر نتیجه رادیوگرافی مردود باشد رادیوگرافی Spot اضافی باید انجام شود تا مشخص شود یک یا هر دو جوشکار یا اپراتور جوشکاری چقدر مقصر هستند.

*- پاراگراف 8.1.2.6- از اتصالات جوشکاری شده توسط هر جوشکار یا اپراتور جوشکاری نسبت به طول جوشی که انجام داده اند به یک اندازه رادیوگرافی Spot انجام شود.

*- پاراگراف 8.1.2.7- به موازات پیشرفت عملیات جوشکاری، رادیوگرافی نیز حتی الامکان باید بلافاصله انجام شود. محلهایی که باید بطور Spot رادیوگرافی گردند می توانند توسط بازرس خریدار تعیین گردند.

*- پاراگراف 8.1.2.8- هر فیلم رادیوگرافی باید حداقل ۱۵۰ میلیمتر از طول جوش را بطور واضح نشان دهد. فیلم باید بر روی جوش متمرکز باشد و به اندازه کافی عریض باشد تا فضای کافی برای قرار گرفتن علائم شناسایی و نشانگر کیفیت تصویر فیلم (IQI) بر روی آن وجود داشته باشد.

*- پاراگراف 8.1.2.9- وقتی طبق پاراگراف 5.5.1 یا M 4.1 قرار گرفتن ورق رینگی کف (Annular Plate) در کف مخزن الزامی می باشد، اتصالات شعاعی (Radial Joints) باید به شرح زیر رادیوگرافی گردند:

(a) برای اتصالات جوشکاری شده لب به لب دو طرفه (Double-Welded Butt Joints)، بایستی 10% از این اتصالات با یک فیلم Spot رادیوگرافی گردند.

(b) برای اتصالات جوشکاری شده لب به لب یک طرفه (Single-Welded Butt Joints) با تسمه پشت بند (Back Strip) دایمی یا موقتی و جدا شدنی باید یک فیلم Spot از 50% اتصالات شعاعی (Radial Joints) رادیوگرافی گردند. در تفسیر فیلمهای رادیوگرافی اتصالات جوشکاری شده یکطرفه که دارای تسمه پشت بند (Back Strip) می باشند دقت فوق العاده ای باید به عمل آید. در بعضی مواقع رادیوگرافی هایی که بیشتر تحت زاویه انجام می گیرد می تواند تعیین نماید که آیا نشانه های مشکوک قابل قبول هستند یا خیر؟ طول فیلم رادیوگرافی انجام شده از هر اتصال شعاعی (Radial Joints) باید حداقل ۱۵۰ میلیمتر باشد.

محل فیلم ها ترجیحاً باید در کناره بیرونی اتصال (جایی که ورقهای بدنه بر روی ورق رینگی کف (Annular Plate) قرار می گیرند) باشند.

■ - مرجع تفسیر فیلمهای رادیوگرافی در مخازن ذخیره ای مطابق استاندارد API 650-2020

*- پاراگراف 8.1.5- استانداردهای رادیوگرافی:

معیار پذیرش جوشهای رادیوگرافی شده باید مطابق با استاندارد ASME Sec. VIII Div.1 Para. UW-51 (b) مورد قضاوت قرار گیرند.

■ - اصطلاح "پنالتی" برای جوشهای تعمیری در مخازن ذخیره ای API 650-2020

پاراگراف 8.1.6- وقتی بوسیله رادیوگرافی مشخص شود بخشی از جوش طبق مقررات مندرج در پاراگراف 8.1.5 قابل قبول نمی باشد یا حدود جوشهای غیر قابل قبول در طرفین معین نباشد، دو فیلم Spot اضافی از طرفین جوش باید رادیوگرافی گردد. بنابراین چنانچه در فیلم رادیوگرافی اولیه در فاصله بین عیب تا هر کدام از لبه های فیلم حداقل ۷۵ میلیمتر جوش سالم وجود داشته باشد نیازی نیست از آن سمتی که ۷۵ میلیمتر جوش سالم وجود دارد رادیوگرافی Spot اضافی (پنالتی) به عمل آید. اگر جوشهای رادیوگرافی شده در هر یک از طرفین مطابق با الزامات مندرج در پاراگراف 8.1.5 نباشد باید رادیوگرافی Spot اضافی انجام شود تا حدود جوشهای غیر قابل قبول مشخص گردد یا اینکه سازنده، جوشهایی که توسط آن جوشکار یا اپراتور جوشکاری شده اند را بر طرف نموده و مجدداً جوشکاری نماید. اگر جوشکاری مجدد انجام شود بازرس این اختیار را دارد که یک فیلم Spot دیگر را از اتصال دیگری که توسط همان جوشکار یا اپراتور جوشکاری انجام شده است درخواست رادیوگرافی نماید. اگر هر کدام از فیلمهای Spot اضافی مطابق با الزامات پاراگراف 8.1.5 نباشد حدود مجاز نبودن جوشکاری باید طبق آنچه که برای اولین جوش مشخص شده است، تعیین گردد.

*- پاراگراف 8.1.7- تعمیر جوشهای معیوب:

*- پاراگراف 8.1.7.1- محل عیوب جوشهای معیوب باید بوسیله سنگ زدن یا گوج کردن از یک سمت یا هر دو سمت اتصال تعمیر گردند و مجدداً جوشکاری شوند. تنها بریدن اتصالات معیوبی الزامی است که بر طرف کردن عیوب آنها از این طریق نیاز باشد.

*- پاراگراف 8.1.7.2- تمام جوشهای تعمیر شده در اتصالات باید با تکرار روشهای بازرسی اولیه و با یکی از روشهای تست پاراگراف 7.3 کنترل شده و مورد تأیید خریدار قرار گیرد.

■ - نمونه ای از Weld Map مخازن ذخیره ای API 650-2020

اطلاعاتی از این مخزن فوق (Tank 11.1A): این مخزن ۸ کورس (S1~S8) دارد. قطر این مخزن 38 M و ارتفاع آن 20 M و ابعاد ورقهای آن عرضی معادل 2.5 M و طول ورقهای آن 12 M و سطح جوشها از داخل مخزن بصورت Flush هستند. ترتیب ضخامتهای کورسهای آن از پایین به بالا ← 8mm, 10mm, 12mm, 18mm, 20mm, 22mm است. مطابق پاراگراف 8.1 اختلاف ضخامت بین دو کورس زمانی مورد نظر است که این اختلاف بیشتر از ۳ میلیمتر باشد بنابراین در این مخزن، بین کورس ۱ و ۲ چون اختلاف ضخامت ۲ میلیمتر است پس آنها را یکسان فرض می کنیم. یعنی فیلمی که از سه متر اول جوش هر جوشکار گرفته میشود برای کورس اول و دوم نیز صدق می کند.

اما در کورس سوم چون ضخامت 18 mm می شود در نتیجه اختلاف آن با ضخامت کورس اول بیشتر از ۳ میلیمتر می شود در نتیجه در کورس سوم هم می بایست از ۳ متر اول هر جوشکاری در جوشهای عمودی یک فیلم گرفته شود. همین قانون (منظور یک فیلم از سه متر اول هر جوشکار) در کورس چهارم که 12 mm می شود صادق است چون اختلاف ضخامت کورس سوم و چهارم بیشتر از سه میلیمتر است. این قانون در کورس ششم نیز باید تکرار شود چون بین کورس ششم و کورس چهارم اختلاف ضخامت بیشتر از سه میلیمتر است.

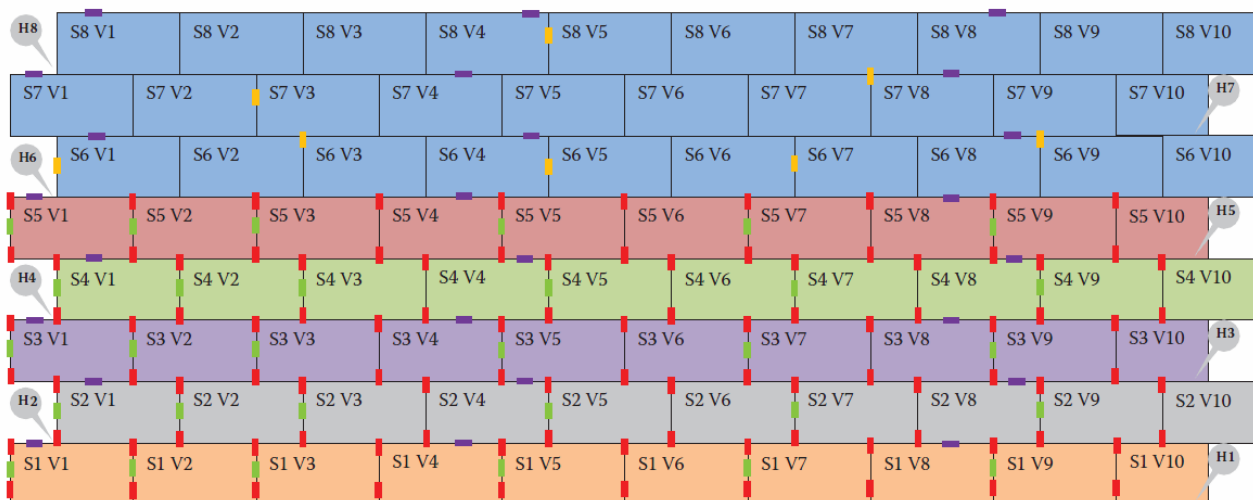
رادیوگرافی جوشهای افقی مخزن Tank 11.1A: مطابق پاراگراف 8.1.2.3 از ۳ متر اولیه جوشهای لب به لب (Butt Weld افقی (Horizontal) که دارای یک ضخامت و از یک نوع می باشند (بر اساس ضخامت فلز نازکتر در محل تقاطع)

صرفنظر از تعداد جوشکاران، رادیوگرافی گرفته می شود مابقی از هر ۶۰ متر نیز یک فیلم. باید توجه داشت که این فیلمهای Spot از فیلمهای Spot که باید طبق پاراگراف 8.1.2.2(c) برای محل های تقاطع جوشهای افقی و عمودی (Tee Joint) انجام شوند، مستثنی می باشند. در ضمن اگر ضخامت ورقها بیشتر از ۳ میلی متر باشد می بایست مجدداً از سه متر اول یک فیلم گرفته شود.

Weld Map with Spot Radiography (Shell thickness 22-8 mm)

Diameter	Height	Plate size	Type of joining of shells
38,000 mm	20,000 mm	12,000mm X 2500 mm	Inside flush

Shell thickness	Shell 1	Shell 2	Shell 3	Shell 4	Shell 5	Shell 6	Shell 7	Shell 8
	22 mm	20 mm	18 mm	12 mm	10 mm	8 mm	8 mm	8 mm



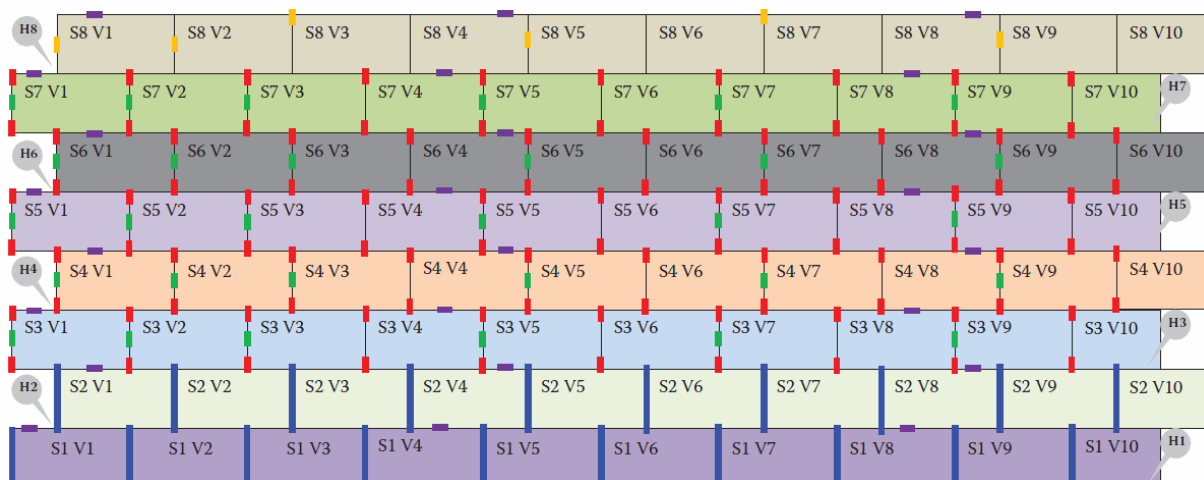
COLOR FIGURE 11.1A, Refer to Rable 11.1

تصویر ۵۳۱: نمونه ای از Weld Map مخازن ذخیره ای

Weld Map with Spot Radiography (Shell Thickness 28-8mm)

Diameter	Height	Plate size	Type of joining of shells
38,000 mm	20,000 mm	12,000mm X 2500 mm	Inside flush

Shell thickness	Shell 1	Shell 2	Shell 3	Shell 4	Shell 5	Shell 6	Shell 7	Shell 8
	28 mm	25 mm	22 mm	19 mm	16 mm	13 mm	10 mm	8 mm



COLOR FIGURE 11.1B, Refer to Rable 11.2

تصویر ۵۳۲: نمونه ای از Weld Map مخازن ذخیره ای

اطلاعاتی از این مخزن فوق (Tank 11.1B): این مخزن ۸ کورس (S1~S8) دارد. قطر این مخزن 38 M و ارتفاع آن 20 M و ابعاد ورقهای آن عرضی معادل 2.5 M و طول ورقهای آن 12 M و سطح جوشها از داخل مخزن بصورت Flush هستند. ترتیب ضخامتهای کورسهای آن از پایین به بالا

8 mm, 10 mm, 13 mm, 16 mm, 19 mm, 22 mm, 25 mm, 28 mm ←←←←

مطابق پاراگراف (c) 8.1.2.2 وقتی ضخامت هر کورس بیشتر از 25 mm باشد رادیوگرافی جوشهای عمودی آن Full می باشد بنابراین رادیوگرافی جوشهای عمودی کورس اول و دوم مخزن Tank 11.1B بصورت کامل است. رادیوگرافی کورس سوم و کورسهای بعدی این مخزن مطابق رویه موجود در مخزن Tank 11.1A می باشد که قبلاً شرح داده شد.

■ - نمونه ای از فرم پر شده‌ی مربوط به رادیوگرافی مخازن ذخیره ای API 650-2020

Radiography Spot Selection (Example for Shell Thickness 22 mm to 8 mm)

Summary of Radiography Requirement Based on Weld Length and Welders Deployed

Serial No.	Weld Seam	Type of Weld	Length (m)	Welder No.	Thickness (mm)	No. of RT Spots Marked	Remarks	Explanation Notes
1	S1 V1	Butt	2.5	W1	22	3	Closing joint	a, c, d
2	S1 V2	Butt	2.5	W1	22	3		b, c, d
3	S1 V3	Butt	2.5	W2	22	3		a, c, d
4	S1 V4	Butt	2.5	W2	22	2		c, d
5	S1 V5	Butt	2.5	W3	22	3		a, c, d
6	S1 V6	Butt	2.5	W3	22	2		c, d
7	S1 V7	Butt	2.5	W4	22	3		a, c, d
8	S1 V8	Butt	2.5	W4	22	2		c, d
9	S1 V9	Butt	2.5	W5	22	3		a, c, d
10	S1 V10	Butt	2.5	W5	22	2		c, d
11	S2 V1	Butt	2.5	W2	20	3	Closing joint	a, d
12	S2 V2	Butt	2.5	W2	20	3		d, e
13	S2 V3	Butt	2.5	W3	20	3		a, d
14	S2 V4	Butt	2.5	W3	20	2		d
15	S2 V5	Butt	2.5	W4	20	3		a, d
16	S2 V6	Butt	2.5	W4	20	2		d
17	S2 V7	Butt	2.5	W5	20	3		a, d
18	S2 V8	Butt	2.5	W5	20	2		d
19	S2 V9	Butt	2.5	W1	20	3		a, d

تصویر ۵۳۳: نمونه ای از فرم پر شده‌ی مربوط به رادیوگرافی مخازن ذخیره ای

☀ - رادیوگرافی در مخازن ذخیره ای کم فشار مطابق با استاندارد API 620-2018

*- پاراگراف 7.15.1.3- معیار پذیرش جوشهای آزمایش شده بایستی مطابق با پاراگرافهای UW-51(b) در کد ASME Sec.VIII-Div. 1-UW-51(b) مورد قضاوت قرار گیرند.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF LARGE, WELDED, LOW-PRESSURE STORAGE TANKS

API STANDARD 620

7.15.1.3 The acceptability of welds examined by radiography shall be judged by the standards of Paragraph UW-51(b) in Section VIII of the ASME Code.

تصویر ۵۳۴: مرجع تفسیر فیلمهای رادیوگرافی جوشهای مربوط به مخازن ذخیره ای کم فشار API 620-2018

DESIGN AND CONSTRUCTION OF LARGE, WELDED, LOW-PRESSURE STORAGE TANKS

API STANDARD 620

Q.5.6.8 For aluminum tanks the radiography shall satisfy API 650, Annex AL.

تصویر ۵۳۵: رادیوگرافی جوشهای مربوط به مخازن ذخیره ای کم فشار آلومینیومی مخصوص سوخت API 620-2018 استاندارد API 620-2018 در ضمیمه Annex Q در پاراگراف Q.5.6.8 انجام رادیوگرافی جوشهای مخازن ذخیره ای کم فشار آلومینیومی را به Annex AL استاندارد API-650 ارجاع داده است.

☀ - رادیوگرافی مخازن ذخیره ای کم فشار آلومینیومی مطابق API 650-2020-Annex AL

Table AL.2—Joint Efficiency

Joint Efficiency (E_j)	Shell Radiography Requirements
1.00	Full radiography required for all vertical joints. Horizontal joints per 0.85 joint efficiency requirements.
0.85	Radiography per 8.1.2 except additional random spot radiography in first course vertical seams is not required.
0.70	No shell radiography required.

تصویر ۵۳۶: رادیوگرافی جوشهای مربوط به مخازن آلومینیومی بر اساس API 650-2020-Annex-AL

جدول Table AL.2—Joint Efficiency از Annex AL به صراحت وضعیت رادیوگرافی جوشهای مخازن ذخیره ای آلومینیومی را بر حسب Joint Efficiency مشخص کرده است. بر اساس این انتخاب، چنانچه در طراحی برای جوشهای عمودی (Vertical Joins) عدد Joint Efficiency-1.00 در نظر گرفته شود به این معنی است که جوشهای عمودی می بایست بصورت کامل Full رادیوگرافی شوند و اگر در همین شرایط برای جوشهای افقی عدد Joint Efficiency-0.85 در نظر گرفته شود یعنی رادیوگرافی آن بصورت Spot است و چنانچه برای جوشهای عمودی نیز این عدد در نظر گرفته شود به معنی Spot است و باید مطابق پاراگراف 8.1.2 رادیوگرافی شوند با این تفاوت که آن فیلم اضافی که برای کورس پایین گرفته می شود برای مخازن آلومینیومی نیاز نمی باشد.

چنانچه در طراحی برای جوشهای عمودی (Vertical Joins) یا افقی عدد Joint Efficiency-0.70 در نظر گرفته شود به این معنی است که اینگونه اتصالات نیازی به آزمایش رادیوگرافی ندارند.

☀ - رادیوگرافی در ساخت لوله بر اساس استاندارد API 5L-2018

*- پاراگراف E.4.5- محدوده های قابل قبول برای عیوب آشکار شده بوسیله آزمایشات رادیوگرافی:

اندازه و توزیع عیوبی مانند حبابهای گازی (Gas - Pocket) یا ناخالصی های سرباره ای (Slag- Inclusion) نباید از مقادیر داده شده در جدول های E.5 یا E.6 بیشتر باشد.

یادداشت شماره (۱) - فاکتورهای مهمی که معیار پذیرش عیوب را تعیین می کند شامل اندازه و فاصله بین عیوب و مجموع قطر آنها در یک فاصله معین می باشد. برای آسان بودن، این فاصله را شش اینچ (6 in.) ۱۵۰ میلیمتر از طول جوش تعیین نموده اند چنین عیوبی معمولاً به شکل ردیفی قرار دارند ولی از نظر پراکندگی یا خطی بودن تمایزی بین آنها وجود ندارد همچنین شکل توزیع آنها می تواند بر حسب اندازه طبقه بندی گردد.

یادداشت شماره (۲) - به جزء مواردی که نواقص ممتد هستند نمی توان با اطمینان مشخص نمود که نشانه های موجود در تصویر رادیوگرافی، ناخالصی های سرباره ای هستند یا حباب های گازی می باشند. بنابراین معیار پذیرش آنها همان محدوده هایی هستند که برای تمام عیوب تیره بکار برده می شوند.

Table E.5 — Elongated slag-inclusion-type imperfections

Maximum dimensions mm (in)	Separation (minimum) mm (in)	Number of imperfections in any 150 mm (6.0 in) length of weld (maximum)	Accumulated length of imperfections in any 150 mm (6.0 in) length of weld (maximum) mm (in)
1,6 (0.063) × 13 (0.50)	150 (6.0)	1	13 (0.50)
1,6 (0.063) × 6,4 (0.25)	75 (3.0)	2	13 (0.50)
1,6 (0.063) × 3,2 (0.125)	50 (2.0)	3	13 (0.50)

تصویر ۵۳۷: معیار قبولی محدوده و تعداد ناخالصی های سرباره ای در یک فاصله معینی از جوش API 5L-2018

❖ - پاراگراف E.4.6 - عیوب آشکار شده بوسیله رادیوگرافی:

ترکها، عدم نفوذ کامل و عدم ذوب کامل در جوشها که بوسیله آزمایشات رادیوگرافی تشخیص داده می شوند باید بعنوان عیوب، دسته بندی گردند. عیوب آشکار شده بوسیله رادیوگرافی که از نظر اندازه یا توزیع بزرگتر از اندازه های ذکر شده در جدول های E.5 یا E.6 هستند باید بعنوان عیب تلقی گردند. لوله هایی که دارای چنین عیوبی هستند باید یک یا چند مورد از موارد قید شده در پاراگراف E.10 برای آنها اعمال گردد.

❖❖❖ - پاراگراف E.10 - مواردی که در مورد لوله های معیوب باید اعمال گردد:

یک یا چند مورد از موارد زیر باید در مورد لوله های دارای عیب اعمال گردد:

(a) - عیوب باید طبق Annex C بوسیله سنگ زدن بر طرف گردند.

(b) - نواحی معیوب باید طبق Annex C بوسیله جوشکاری تعمیر گردند.

(c) - بخشهایی از لوله که دارای عیب هستند باید بریده شوند بطوری که (طول قسمتهای باقی مانده لوله) در

محدوده ای قابل کاربرد باشند.

(d) - کل لوله باید مردود اعلام گردد.

☼ - رادیوگرافی در خطوط لوله مطابق با استاندارد API 1104-2018

❖❖❖ - پاراگراف 9.3 - تست رادیو گرافی:

یادداشت: تمام دانسیته هایی که در پاراگرافهای 9.3.1 تا 9.3.13 به آن اشاره می گردد بر اساس تصاویر نگاتیو می باشند.

❖ - پاراگراف 9.3.1 - نفوذ ناقص بدون داشتن ناترازی:

: Inadequate Penetration Without High – Low (IP)

Table E.6 — Circular slag-inclusion-type and gas-pocket-type imperfections

Size mm (in)	Adjacent size mm (in)	Separation (minimum) mm (in)	Number of imperfections in any 150 mm (6.0 in) length of weld (maximum)	Accumulated diameters of imperfections in any 150 mm (6.0 in) length of weld (maximum) mm (in)
3,2 (0.125) ^a	3,2 (0.125) ^a	50 (2.0)	2	6,4 (0.25)
3,2 (0.125) ^a	1,6 (0.063)	25 (1.0)	varies	6,4 (0.25)
3,2 (0.125) ^a	0,8 (0.031)	13 (0.5)	varies	6,4 (0.25)
3,2 (0.125) ^a	0,4 (0.016)	9,5 (0.4)	varies	6,4 (0.25)
1,6 (0.063)	1,6 (0.063)	13 (0.5)	4	6,4 (0.25)
1,6 (0.063)	0,8 (0.031)	9,5 (0.4)	varies	6,4 (0.25)
1,6 (0.063)	0,4 (0.016)	6,4 (0.25)	varies	6,4 (0.25)
0,8 (0.031)	0,8 (0.031)	6,4 (0.25) ^b	8	6,4 (0.25)
0,8 (0.031)	0,4 (0.016)	4,8 (0.188)	varies	6,4 (0.25)
0,4 (0.016)	0,4 (0.016)	3,2 (0.125)	16	6,4 (0.25)

^a 2,4 mm (0.094 in) for pipe with $t \leq 6,4$ mm (0.250 in).

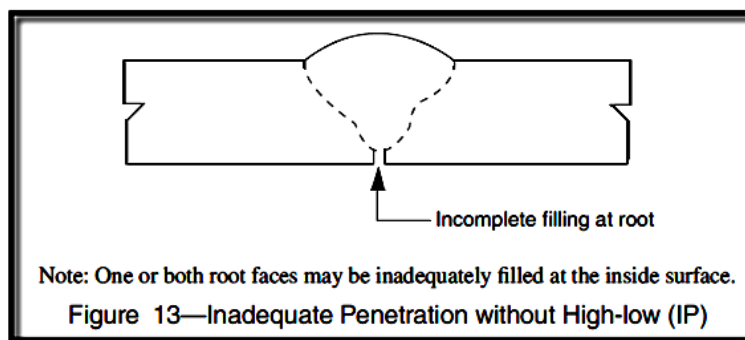
^b Two imperfections $\leq 0,8$ mm (0.031 in) in diameter may be as close as one diameter apart, provided that they are separated from any other imperfection by at least 13 mm (0.5 in).

تصویر ۵۳۸: معیار پذیرش حدود و تعداد ناخالصی های سرباره ای مدور و گازی کروی شکل در فاصله معینی از جوش

جدول E.6 - عیوب ناخالصی سرباره ای و حبابهای گازی مدور

اندازه mm (in.)	اندازه مجاور mm (in.)	حداقل فاصله بین عیوب mm (in.)	حداکثر تعداد عیوب در هر ۱۵۰ میلیمتر یا ۶ اینچ طول جوش	حداکثر مجموع طول عیوب در هر ۱۵۰ میلیمتر یا ۶ اینچ طول جوش mm (in.)
3.2 (0.125) ^a	3.2 (0.125) ^a	50 (2.0)	2	6.4 (0.25)
3.2 (0.125) ^a	1.6 (0.063)	25 (1.0)	تغیر می کند	6.4 (0.25)
3.2 (0.125) ^a	0.8 (0.031)	13 (0.5)	تغیر می کند	6.4 (0.25)
3.2 (0.125) ^a	0.4 (0.016)	9.5 (0.4)	تغیر می کند	6.4 (0.25)
1.6 (0.063)	1.6 (0.063)	13 (0.5)	4	6.4 (0.25)
1.6 (0.063)	0.8 (0.031)	9.5 (0.4)	تغیر می کند	6.4 (0.25)
1.6 (0.063)	0.4 (0.016)	6.4 (0.25)	تغیر می کند	6.4 (0.25)
0.8 (0.031)	0.8 (0.031)	6.4 (0.25) ^b	8	6.4 (0.25)
0.8 (0.031)	0.4 (0.016)	4.8 (0.188)	تغیر می کند	6.4 (0.25)
0.4 (0.016)	0.4 (0.016)	3.2 (0.125)	16	6.4 (0.25)
(a) — [2.4 mm (0.094 in.)] برای لوله با ضخامت $[t \leq 6.4 \text{ mm (0.250 in.)}]$				
(b) — دو نقص با قطرهای (0.8 mm) و کمتر می توانند به اندازه یک قطر از هم فاصله باشند مشروط بر آنکه این عیوب از عیوب مجاور خود حداقل (13 mm) فاصله داشته باشند.				

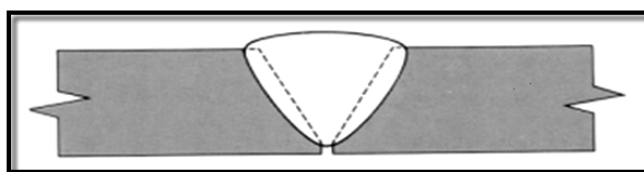
تصویر ۵۳۹: معیار پذیرش حدود و تعداد ناخالصی های سرباره ای و گازی مدور و کروی شکل در فاصله معینی از جوش



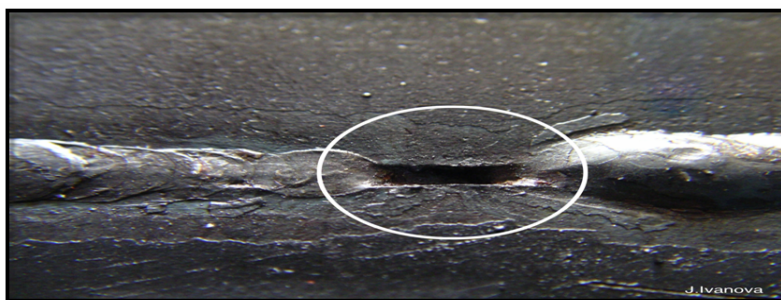
تصویر ۵۴۰: نفوذ ناقص بدون داشتن High- Low API 1104-2018-

نفوذ ناقص بدون داشتن نا تراز (Hi-Low) شامل پر شدن ناقص ریشه جوش است. این وضعیت بطور شماتیک در تصاویر ۵۳۳، ۵۳۴، ۵۳۵، ۵۳۶ نشان داده شده است. نفوذ ناقص وقتی یک عیب قلمداد می گردد که شرایط زیر وجود داشته باشند:

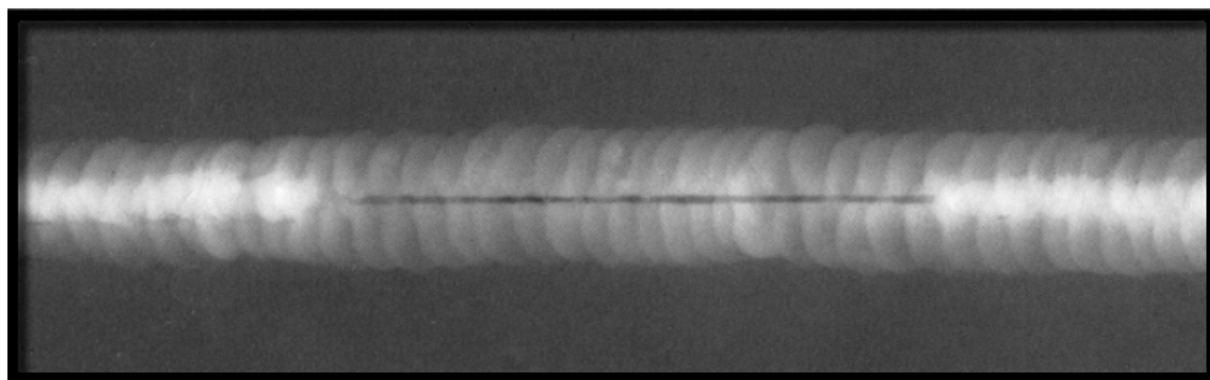
- (a) - طول نشانه نفوذ ناقص به تنهایی از یک اینچ (1 in.) ۲۵ میلیمتر تجاوز نماید.
- (b) - مجموع طول نشانه های یک نفوذ ناقص در طول (12 in.) ۳۰۰ میلیمتر جوش پیوسته از (1 in.) ۲۵ میلیمتر تجاوز نماید.
- (c) - مجموع طول نشانه های یک نفوذ ناقص در هر جوشی که طول آن از (12 in.) ۳۰۰ میلیمتر کمتر است از 8% طول جوش تجاوز نماید.



تصویر ۵۴۱: نفوذ ناقص بدون داشتن High- Low

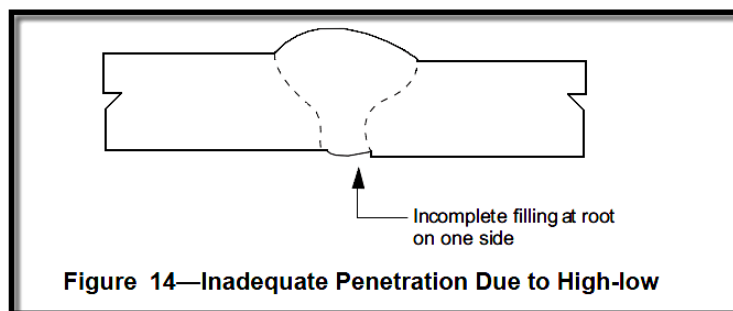


تصویر ۵۴۲: نفوذ ناقص بدون داشتن High- Low



تصویر ۵۴۳: نفوذ ناقص بدون داشتن High- Low

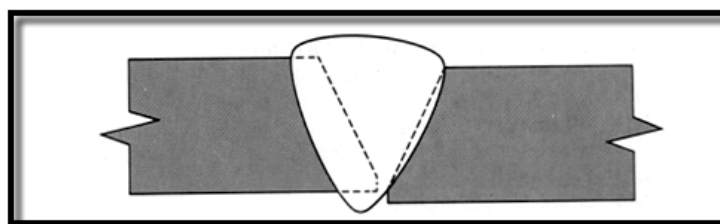
*- پاراگراف 9.3.2- نفوذ ناقص به علت وجود نا ترازی (Inadequate Penetration Due to High Low) :



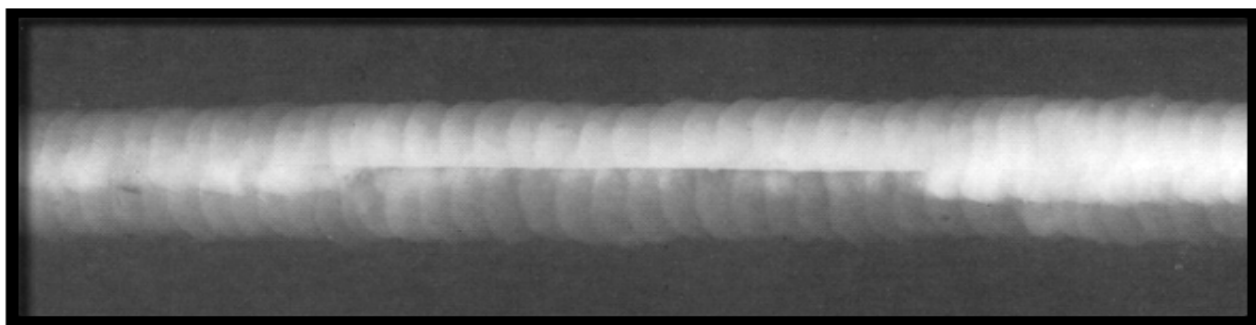
تصویر ۵۴۴: نفوذ ناقص با داشتن High- Low

نفوذ ناقص با داشتن Hi-Low عبارت است از پر شدن ناقص ریشه جوش. این وضعیت بطور شماتیک در تصاویر ۵۳۷، ۵۳۸، ۵۳۹ نشان داده شده است. نفوذ ناقص وقتی یک عیب قلمداد می گردد که شرایط زیر وجود داشته باشند:

- (a)- طول نشانه یک نفوذ ناقص به تنهایی از (2 in.) ۵۰ میلیمتر تجاوز نماید.
- (b)- مجموع طول نشانه های یک نفوذ ناقص در طول (12 in.) ۳۰۰ میلیمتر جوش پیوسته از (3 in.) ۷۵ میلیمتر تجاوز نماید.

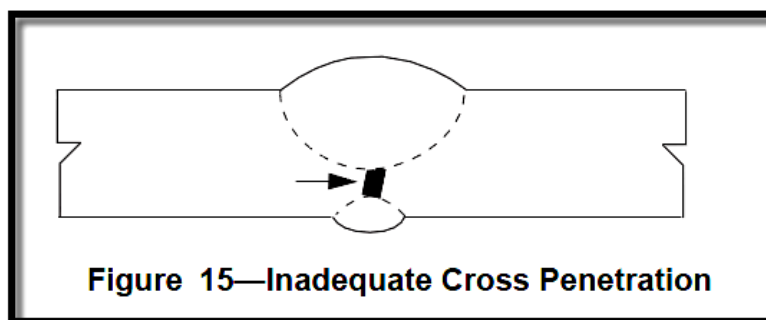


تصویر ۵۴۵: نفوذ ناقص با داشتن High- Low



تصویر ۵۴۶: نفوذ ناقص با داشتن High- Low

*- پاراگراف 9.3.3- نفوذ ناقص در مقطع (Inadequate Cross Penetration) :

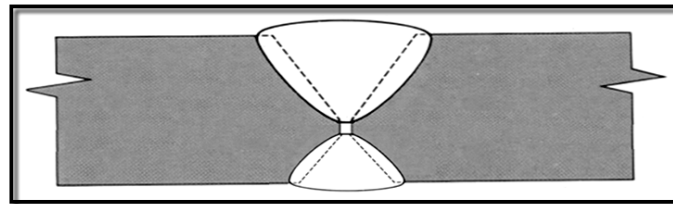


تصویر ۵۴۷: نفوذ ناقص در مقطع

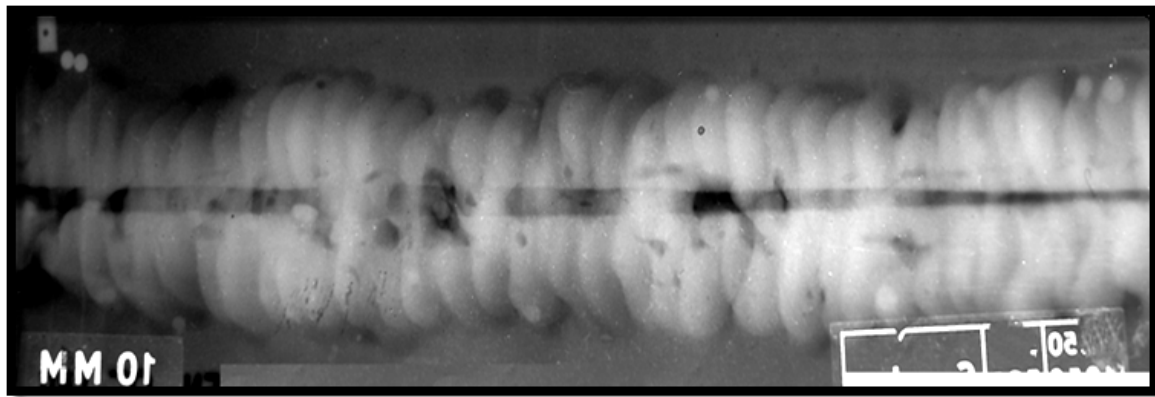
نفوذ ناقص در مقطع شامل نقص زیر سطحی بین اولین پاس داخلی و اولین پاس خارجی است که بعلاوه نفوذ ناقص سطوح عمودی شیار اتصال بوجود می آید. (یعنی بین جوش سطح داخلی و سطح خارجی یک فاصله خالی ایجاد می شود به تصویر زیر دقت فرمایید) این وضعیت بطور شماتیک در تصویر ۵۴۸ نشان داده شده است. نفوذ ناقص در مقطع وقتی یک عیب قلمداد می گردد که شرایط زیر وجود داشته باشند:

(a) - طول نشانه یک نفوذ ناقص به تنهایی از (2 in.) ۵۰ میلیمتر تجاوز نماید.

(b) - مجموع طول نشانه های یک نفوذ ناقص در طول (12 in.) ۳۰۰ میلیمتر جوش پیوسته از (2 in.) ۵۰ میلیمتر تجاوز نماید.

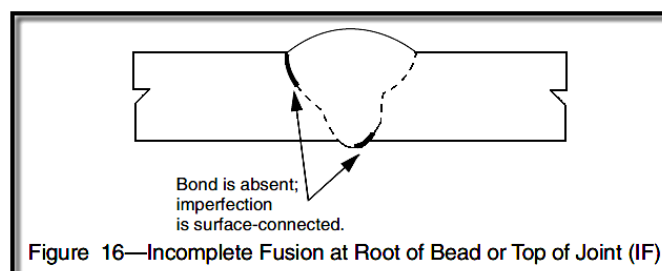


تصویر ۵۴۸: نفوذ ناقص در مقطع



تصویر ۵۴۹: نفوذ ناقص در مقطع

* - پاراگراف 9.3.4- ذوب ناقص (Incomplete Fusion):



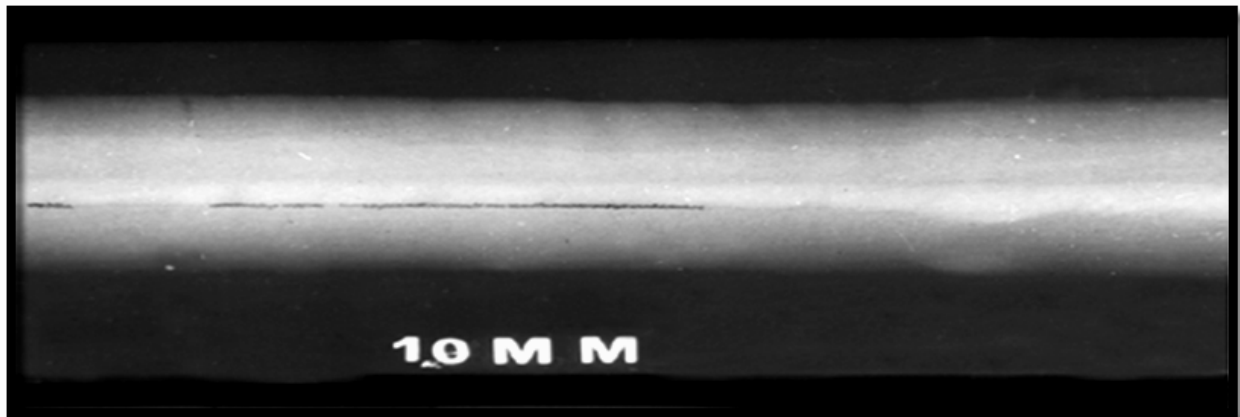
تصویر ۵۵۰: ذوب ناقص

ذوب ناقص عیبی است که در بین سطح فلز جوش و فلز پایه رو به طرف بیرون باز شده است و نشانه آن این است که این دو در هم ذوب و آمیخته نشده اند. این وضعیت بطور شماتیک در تصویر ۵۵۰ نشان داده شده است. ذوب ناقص وقتی یک عیب قلمداد می گردد که هر یک از شرایط زیر وجود داشته باشند:

(a) - طول نشانه یک ذوب ناقص به تنهایی از (1 in.) ۲۵ میلیمتر تجاوز نماید.

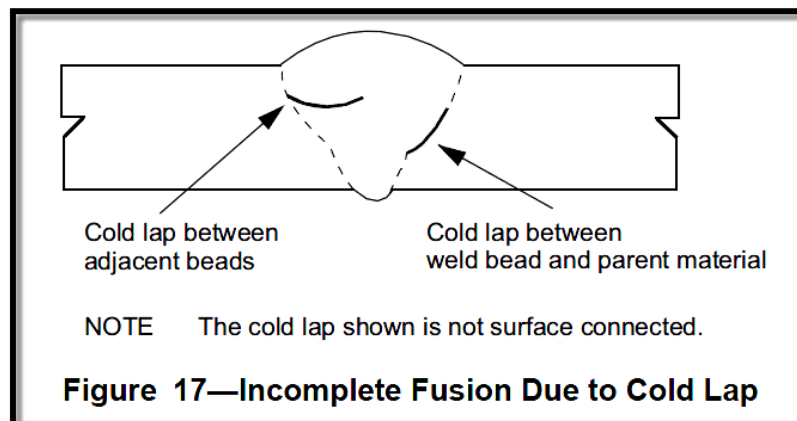
(b) - مجموع طول نشانه های یک ذوب ناقص در طول (12 in.) ۳۰۰ میلیمتر جوش پیوسته از (1 in.) ۲۵ میلیمتر تجاوز نماید.

(c) - در هر جوشی با طولی کمتر از (12 in.) ۳۰۰ میلیمتر مجموع طول نشانه های یک ذوب ناقص از 8% طول جوش تجاوز نماید.



تصویر ۵۵۱: ذوب ناقص

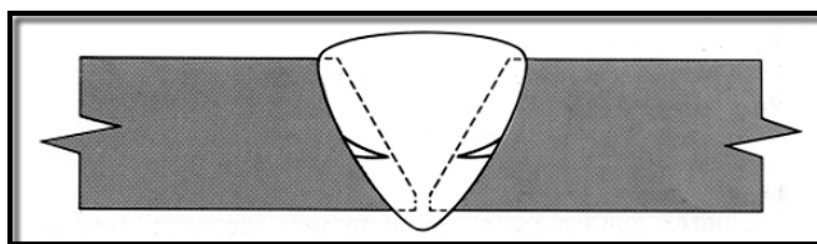
* - پاراگراف 9.3.5- ذوب ناقص ناشی از Cold Lap :



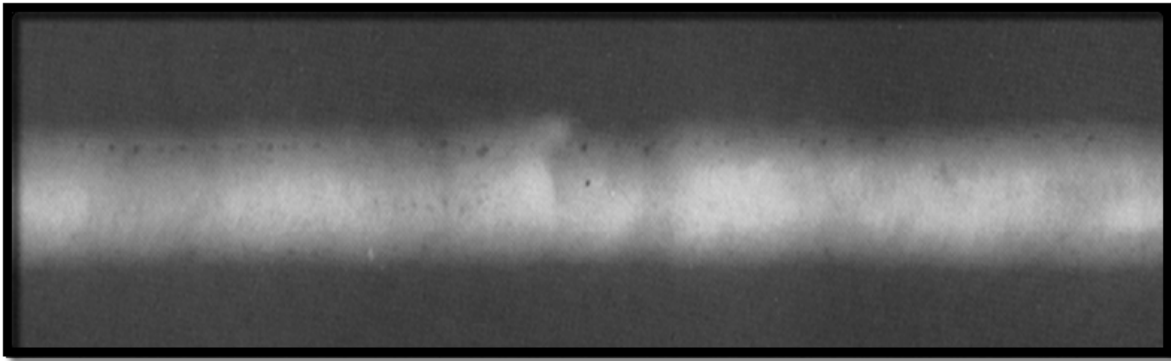
تصویر ۵۵۲: ذوب ناقص ناشی از Cold Lap

ذوب ناقص ناشی از Cold Lap عیبی است که بین مهره جوشهای مجاور هم یا بین فلز جوش و فلز پایه (به علت عدم آمیختن آنها در همدیگر به علت سرد بودن یکی یا هر دو آنها در هنگام تماس) ایجاد می شود و به طرف سطح راه ندارد. این وضعیت بطور شماتیک در تصاویر ۵۵۳، ۵۵۲ نشان داده شده است. ذوب ناقص ناشی از Cold Lap وقتی یک عیب قلمداد می گردد که هر یک از شرایط زیر وجود داشته باشند:

- (a) - طول یک نشانه IFD به تنهایی از (2 in.) ۵۰ میلیمتر تجاوز نماید.
- (b) - مجموع طول نشانه های IFD در طول (12 in.) ۳۰۰ میلیمتر جوش پیوسته از (2 in.) ۵۰ میلیمتر تجاوز نماید.
- (c) - مجموع طول نشانه های IFD از 8% طول جوش تجاوز نماید.

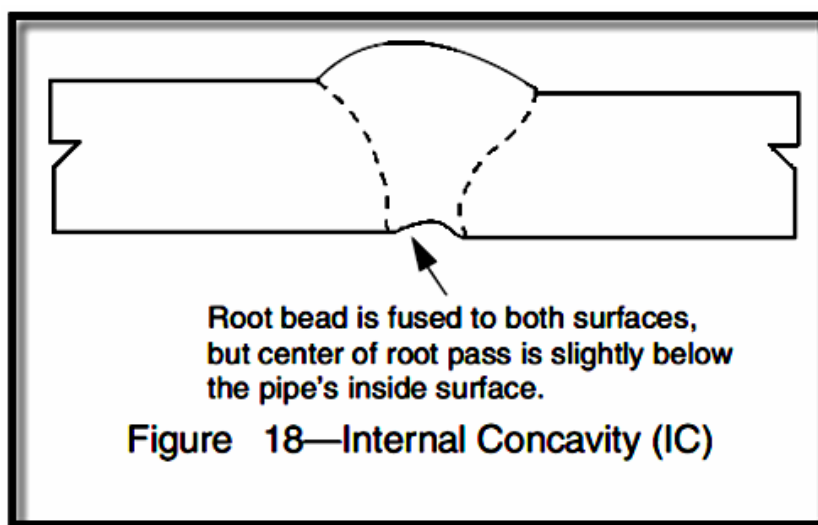


تصویر ۵۵۳: ذوب ناقص ناشی از Cold Lap



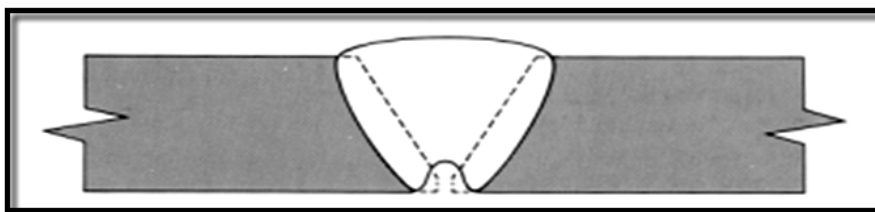
تصویر ۵۵۴: ذوب ناقص ناشی از Cold Lap

* - پاراگراف 9.3.6 - تقعر داخلی (Internal Concavity):



تصویر ۵۵۵: تقعر داخلی (Internal Concavity)

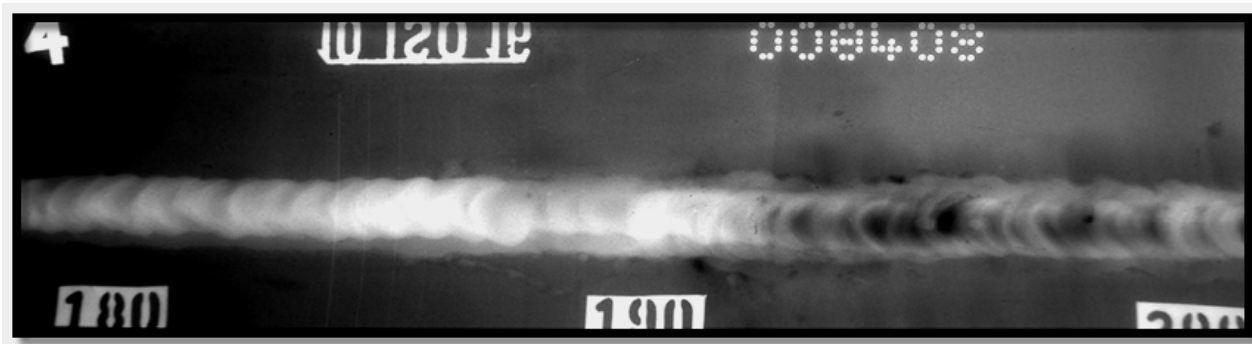
تقعر داخلی (IC) در پاراگراف 3.2.8 تعریف شده است و بطور شماتیک در تصاویر ۵۵۵، ۵۵۴ نشان داده شده است. تقعر داخلی با هر طولی قابل قبول است مشروط بر آنکه دانسیته تصویر رادیوگرافی آن از دانسیته نازکترین فلز پایه که به یکدیگر جوش شده اند تجاوز ننماید. در مواردی که دانسیته تصویر از دانسیته نازکترین فلز پایه تجاوز نماید ضوابط تعیین شده برای Burn through (به پاراگراف 9.3.7 نگاه کنید) باید در مورد آن اعمال گردد.



تصویر ۵۵۶: تقعر داخلی (Internal Concavity)

* - پاراگراف 9.3.7 - سوختگی در ریشه جوش (Burn Through):

* - پاراگراف 9.3.7.1 - سوختگی در ریشه جوش (Burn Through) به بخشی از جوش اطلاق می شود که نفوذ اضافی جوش در حالت مذاب به داخل لوله پاشیده شده باشد و جای آن خالی می ماند.



تصویر ۵۵۷: تقعر داخلی (Internal Concavity)

*- پاراگراف 9.3.7.2- برای لوله های با قطر خارجی بیشتر یا معادل 2.375 in.(60.3mm)، سوختگی جوش (BT) وقتی به عنوان یک عیب شناخته می شود که هر کدام از شرایط زیر وجود داشته باشند:

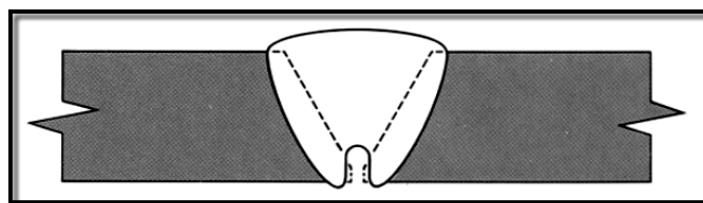
(a) - حداکثر ابعاد BT از $\frac{1}{4}$ in.(6 mm) تجاوز نماید و دانسیته تصویر رادیوگرافی در هر قسمت از BT از دانسیته تصویر رادیوگرافی فلز پایه نازکتر، بیشتر باشد.

(b) - حداکثر ابعاد BT از ضخامت فلز پایه نازکتر بیشتر باشد و دانسیته تصویر رادیوگرافی در هر بخش از BT از دانسیته تصویر رادیوگرافی فلز پایه نازکتر، بیشتر باشد.

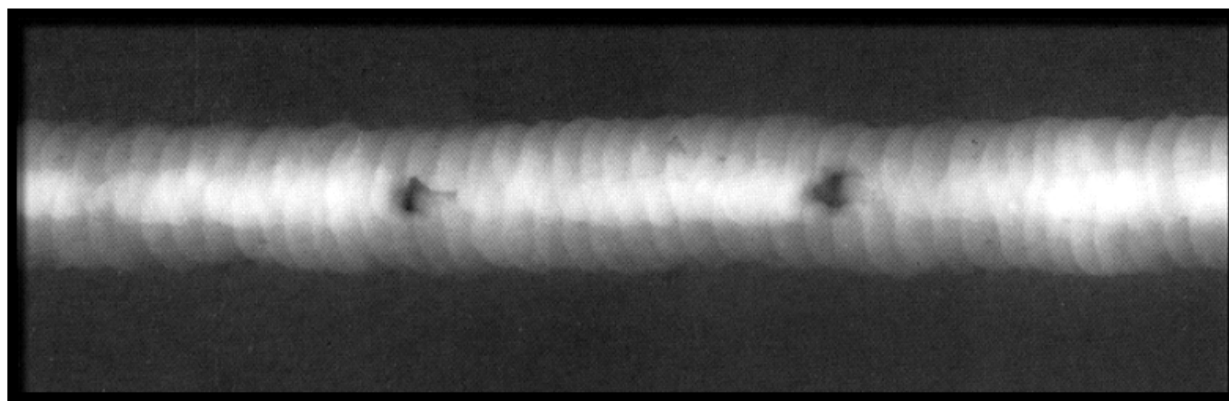
(c) - مجموع حداکثر اندازه BT های جدا از هم که دانسیته تصویر رادیوگرافی در هر قسمت از آنها از دانسیته تصویر رادیوگرافی فلز پایه نازکتر، بیشتر باشد. در هر 12 in.(300 mm) طول پیوسته جوش یا مجموع طول جوشها (هر کدام کمتر است) از ابعاد $\frac{1}{2}$ in.(13 mm) تجاوز نماید.

*- پاراگراف 9.3.7.3- برای لوله های با قطر خارجی کمتر 2.375 in.(60.3mm)، سوختگی جوش (BT) زمانی به عنوان یک عیب شناخته می شود که هر کدام از شرایط زیر وجود داشته باشند:

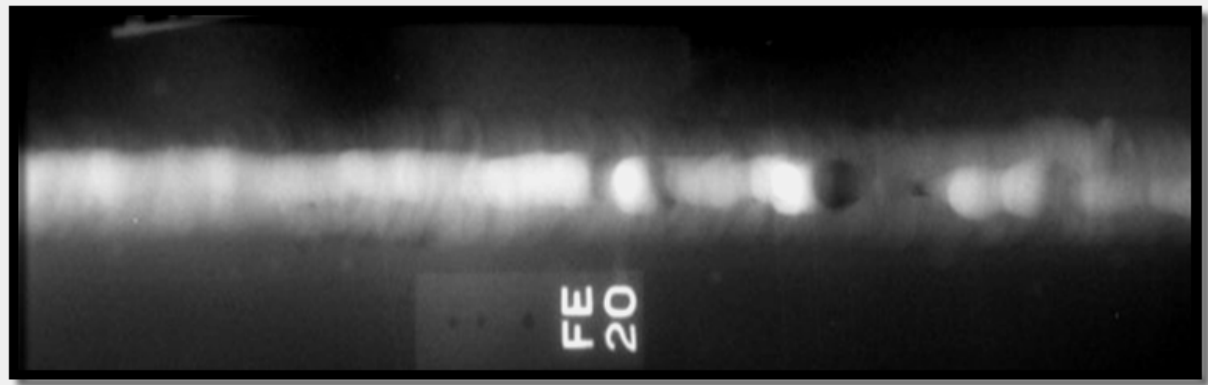
(a) - حداکثر ابعاد BT از $\frac{1}{4}$ in.(6 mm) تجاوز نماید و دانسیته تصویر رادیوگرافی در هر قسمت از BT از دانسیته تصویر رادیوگرافی فلز پایه نازکتر، بیشتر باشد.



تصویر ۵۵۸: سوختگی ریشه جوش (Burn Through)



تصویر ۵۵۹: سوختگی ریشه جوش (Burn Through)

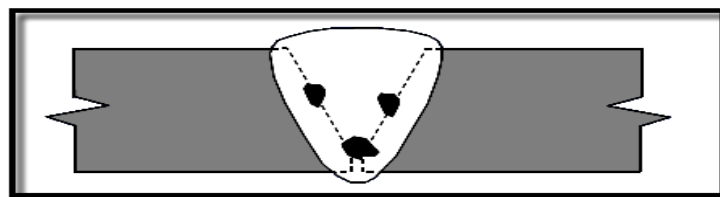


تصویر ۵۶۰: سوختگی ریشه جوش (Burn Through)

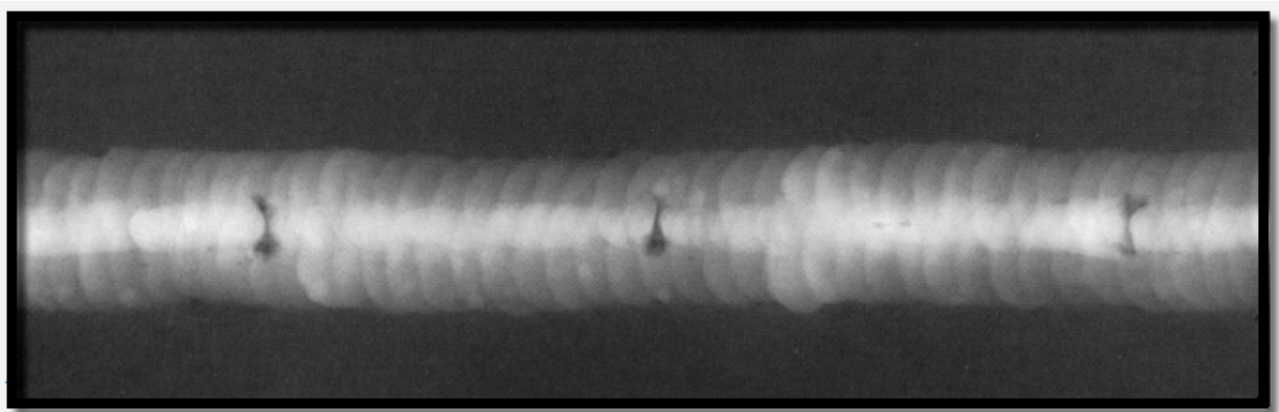
(b) - حداکثر ابعاد BT از ضخامت اسمی فلز پایه نازکتر، بیشتر باشد و دانسیته تصویر رادیوگرافی در هر بخش از BT از دانسیته تصویر رادیوگرافی فلز پایه نازکتر، بیشتر باشد.

(c) - بیشتر از یک BT با هر اندازه ای وجود داشته باشد و دانسیته تصویر رادیوگرافی در هر بخش از BT از دانسیته تصویر رادیوگرافی فلز پایه نازکتر، بیشتر باشد.

*- پاراگراف 9.3.8- ناخالصی سرباره ای (Slag Inclusions):



تصویر ۵۶۱: ناخالصیها در جوش (Slag Inclusions)



تصویر ۵۶۲: ناخالصیها در جوش (Slag Inclusions)

*- پاراگراف 9.3.8.1- ناخالصی های سرباره ای شامل مواد جامد غیر فلزی هستند که در درون فلز جوش یا بین فلز جوش و فلز پایه محبوس شده اند. ناخالصی های سرباره ای رشته ای (Elongated Slag Inclusions) همچون سرباره های خطی ممتد یا منقطع یا ناخالصی های منقطع پی در پی (Wagon Tracks)، معمولاً در ناحیه ذوب شده آشکار می شوند.

ناخالصی های سرباره ای منفرد (Isolated Slag Inclusions) دارای شکل نامنظم بوده و ممکن است در هر نقطه ای از جوش باشند. در ارزیابی اندازه های یک نشانه رادیوگرافی وقتی سرباره اندازه گیری می شود، بزرگترین اندازه نشانه باید به عنوان طول نشانه در نظر گرفته شود. (وقتی شکل نامنظمی دارد بزرگترین طول موجود در آن نشانه باید اندازه گیری شود).

❖ - پاراگراف 9.3.8.2- برای لوله های با قطر خارجی بیشتر یا معادل 2.375 in.(60.3mm)، ناخالصی های سرباره ای زمانی به عنوان یک عیب شناخته می شوند که هر کدام از شرایط زیر وجود داشته باشند:

(a) - طول تصویر ناخالصی های سرباره ای رشته ای (ESI) از 2 in.(50 mm) تجاوز نماید.

یادداشت: نشانه های ناخالصی های سرباره ای رشته ای (ESI) موازی که تقریباً به اندازه پهنای مهره ریشه جوش از هم فاصله دارند (Wagon Tracks) باید بعنوان یک عیب منفرد تلقی گردند مگر اینکه پهنای هر کدام از آنها از $\frac{1}{32}$ in.(0.8 mm) بیشتر باشد که در این صورت هر کدام از آنها را باید یک عیب محسوب نمود.

(b) - مجموع طول نشانه های ناخالصی های سرباره ای رشته ای (ESI) در هر 12 in.(300 mm) طول پیوسته جوش از ابعاد 2 in.(50 mm) تجاوز نماید

(c) - پهنای نشانه های ناخالصی های سرباره ای رشته ای (ESI) از $\frac{1}{6}$ in.(1.6 mm) بیشتر باشد.

(d) - مجموع طول نشانه های ناخالصی های سرباره ای منفرد (ISI) در هر 12 in.(300 mm) طول پیوسته جوش از ابعاد $\frac{1}{2}$ in.(13 mm) تجاوز نماید

(e) - پهنای نشانه ناخالصی های سرباره ای منفرد (ISI) از $\frac{1}{8}$ in.(3 mm) بیشتر باشد.

(f) - بیشتر از چهار ناخالصی سرباره ای منفرد با حداکثر پهنای $\frac{1}{8}$ in.(3 mm) در هر 12 in.(300 mm) طول پیوسته جوش وجود داشته باشد.

(g) - مجموع طول نشانه های ناخالصی های سرباره ای رشته ای (ESI) و سرباره ای منفرد (ISI) از 8% طول جوش تجاوز نماید.

❖ - پاراگراف 9.3.8.3- برای لوله های با قطر خارجی کمتر 2.375 in.(60.3mm)، زمانی ناخالصی های سرباره ای به عنوان یک عیب شناخته می شود که هر کدام از شرایط زیر وجود داشته باشند:

(a) - طول نشانه ناخالصی سرباره ای رشته ای (ESI) از سه برابر ضخامت اسمی فلز پایه نازکتر، بیشتر باشد.

یادداشت: نشانه های ناخالصی های سرباره ای رشته ای (ESI) موازی که تقریباً به اندازه پهنای مهره ریشه جوش از هم فاصله دارند (Wagon Tracks) باید بعنوان یک عیب منفرد تلقی گردند مگر اینکه پهنای هر کدام از آنها از $\frac{1}{32}$ in.(0.8 mm) بیشتر باشد که در این صورت هر کدام از آنها را باید بعنوان یک عیب محسوب نمود.

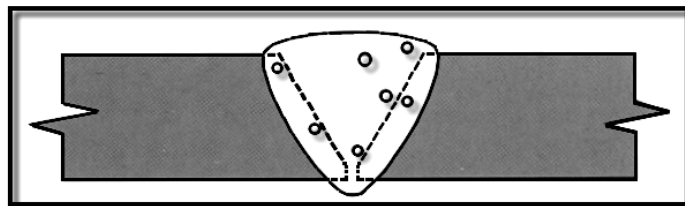
(b) - پهنای نشانه ناخالصی های سرباره ای رشته ای (ESI) از $\frac{1}{16}$ in.(1.6 mm) بیشتر باشد.

(c) - مجموع طول نشانه های ناخالصی های سرباره ای منفرد (ISI) از دو برابر ضخامت اسمی فلز پایه نازکتر تجاوز نماید و پهنای آنها نیز از نصف ضخامت فلز پایه نازکتر تجاوز نماید.

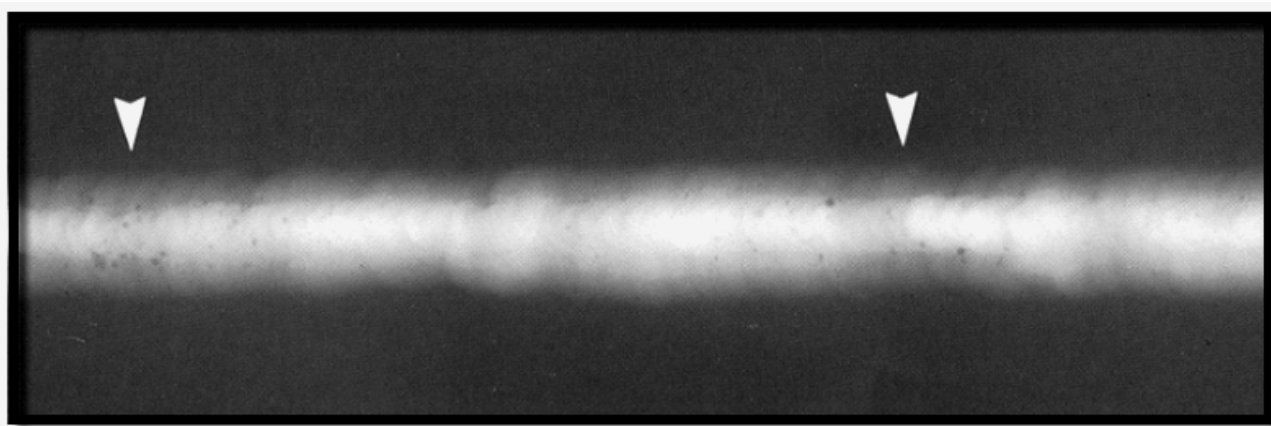
(d) - مجموع طول نشانه های ناخالصی های سرباره ای منفرد (ISI) و رشته ای (ESI) از 8% طول جوش تجاوز نماید.

❖ - پاراگراف 9.3.9- خلل و فرج (Porosity):

❖ - پاراگراف 9.3.9.1- خلل و فرج به علت محبوس شدن گازها در فلز جوش در حال انجماد و قبل از امکان بالا آمدن آنها به طرف سطح و خروج از حوضچه مذاب جوش بوجود می آید. خلل و فرج عموماً کروی شکل هستند ولی می توانند بصورت کشیده و یا به شکل نامنظم نیز باشند مانند خلل و فرج لوله ای یا کرمی شکل (Worm hole). وقتی در رادیو گرافی ابعاد شکل یک خلل و فرج اندازه گیری می شود برای بزرگترین اندازه نشانه باید ضوابط مندرج در پاراگرافهای 9.3.9.2 تا 9.3.9.4 بکار برده شوند.



تصویر ۵۶۳: تخلخل در جوش (Porosity)

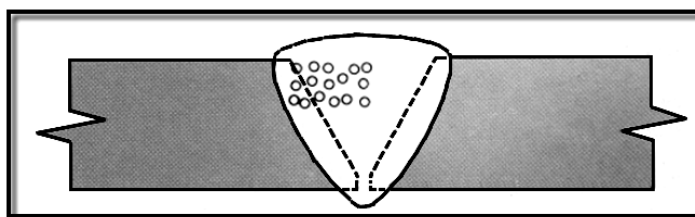


تصویر ۵۶۴: تخلخل در جوش (Porosity)

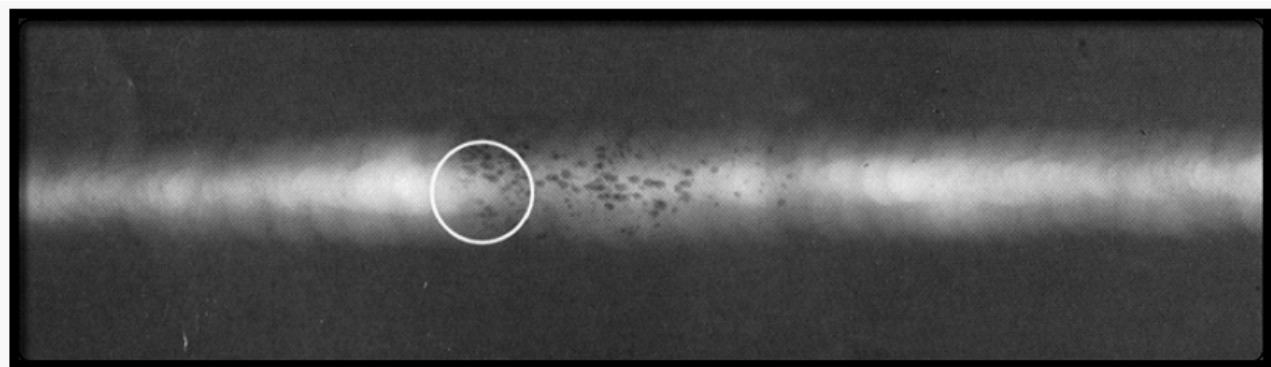
*- پاراگراف 9.3.9.2- خلل و فرج (Porosity) تکی یا پراکنده زمانی یک عیب تلقی می گردد که هر یک از شرایط زیر وجود داشته باشند:

- (a) - اندازه خلل و فرج تکی از $\frac{1}{8}$ in.(3 mm) تجاوز نماید.
- (b) - اندازه خلل و فرج تکی از 25% ضخامت اسمی فلز پایه نازکتر تجاوز نماید.
- (c) - توزیع خلل و فرج پراکنده از تراکم مجاز در تصویر ۵۸۱ (Fig. 19) و تصویر ۵۸۳ (Fig. 20) تجاوز نماید.

*- پاراگراف 9.3.9.3- تخلخل خوشه ای (Cluster Porosity):



تصویر ۵۶۵: تخلخل خوشه ای در جوش (Cluster Porosity)



تصویر ۵۶۶: تخلخل خوشه ای در جوش (Cluster Porosity)

تخلخل خوشه ای (Cluster Porosity) در هر پاس جوشکاری به جز پاس آخر می تواند بوجود آید و باید با ضوابط ارائه شده در پاراگراف 9.3.9.2 مطابقت داشته باشد. خلل و فرج خوشه ای (CP) زمانی یک عیب قلمداد می گردد که هر یک از شرایط زیر وجود داشته باشند:

(a) - قطر خوشه از $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) تجاوز نماید.

(b) - مجموع طول (CP) در هر 12 in. (300 mm) طول پیوسته جوش از $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) تجاوز نماید.

*- پاراگراف 9.3.9.4- خلل و فرج دانه تسبیچی (Hollow-Bead):

خلل و فرج دانه تسبیچی (HB) خلل و فرج خطی کشیده ای هستند که در ریشه جوش ایجاد می شوند. خلل و فرج دانه تسبیچی (HB) زمانی یک عیب قلمداد می گردد که هر یک از شرایط زیر وجود داشته باشند:

(a) - طول یک نشانه خلل و فرج دانه تسبیچی (HB) تکی از $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) تجاوز نماید.

(b) - مجموع طول نشانه های خلل و فرج دانه تسبیچی (HB) در هر 12 in. (300 mm) طول پیوسته جوش از 2 in. (50 mm) تجاوز نماید.

(c) - نشانه های خلل و فرج دانه تسبیچی (HB) تکی با اندازه بزرگتر از $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) که در فاصله کمتر از 2 in. (50 mm) از هم قرار گرفته باشند.

(d) - مجموع طول تمام نشانه های خلل و فرج دانه تسبیچی (HB) که از 8% طول جوش تجاوز نماید.

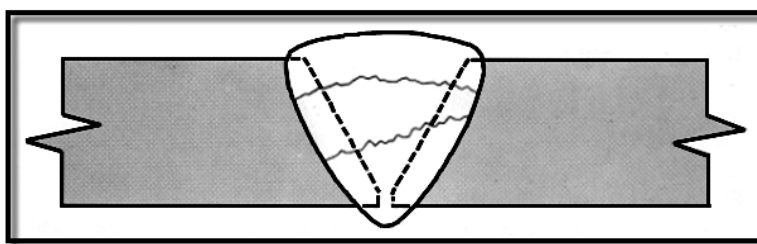
*- پاراگراف 9.3.10- ترک (Crack):

ترکها زمانی یک عیب قلمداد می گردند که هر یک از شرایط زیر وجود داشته باشند:

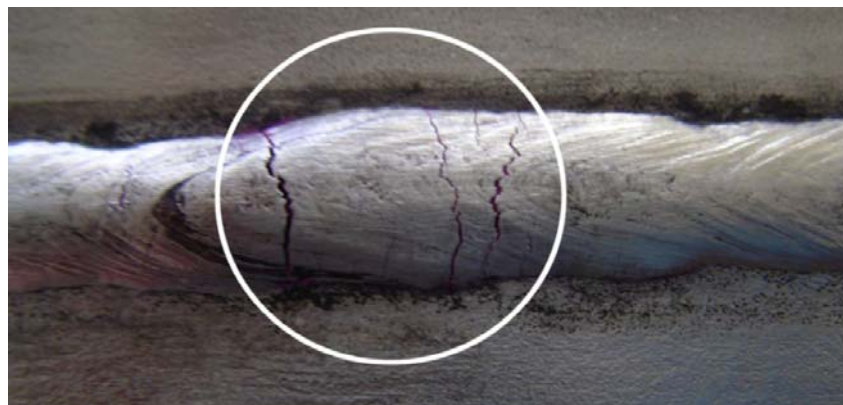
(a) - ترک به هر اندازه و در هر نقطه ای از جوش عیب محسوب می شود بجز ترک ستاره ای (Star Crack) یا ترک چاله آتشفشانی (Crater Crack) که کم عمق باشد.

(b) - ترک چاله آتشفشانی (Crater Crack) کم عمق یا ستاره ای که طول آن از $\frac{5}{32}$ in. (4 mm) تجاوز نماید نیز

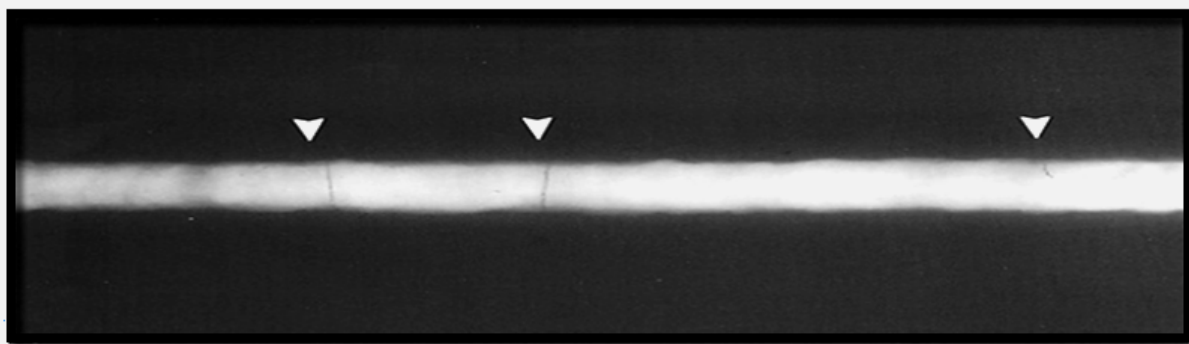
عیب محسوب می شود.



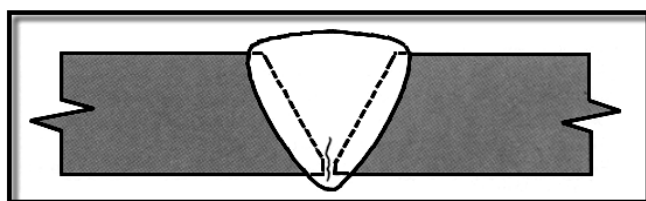
تصویر ۵۶۷: ترک عرضی در جوش (Transverse Crack)



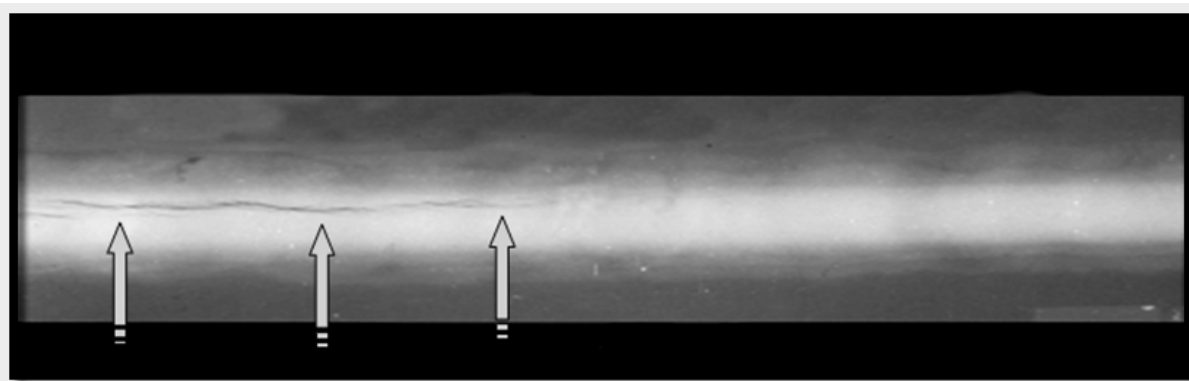
تصویر ۵۶۸: ترک عرضی در جوش (Transverse Crack)



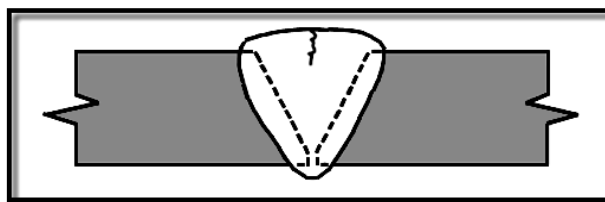
تصویر ۵۶۹: ترک عرضی در جوش (Transverse Crack)



تصویر ۵۷۰: ترک طولی در جوش (Longitudinal Crack)



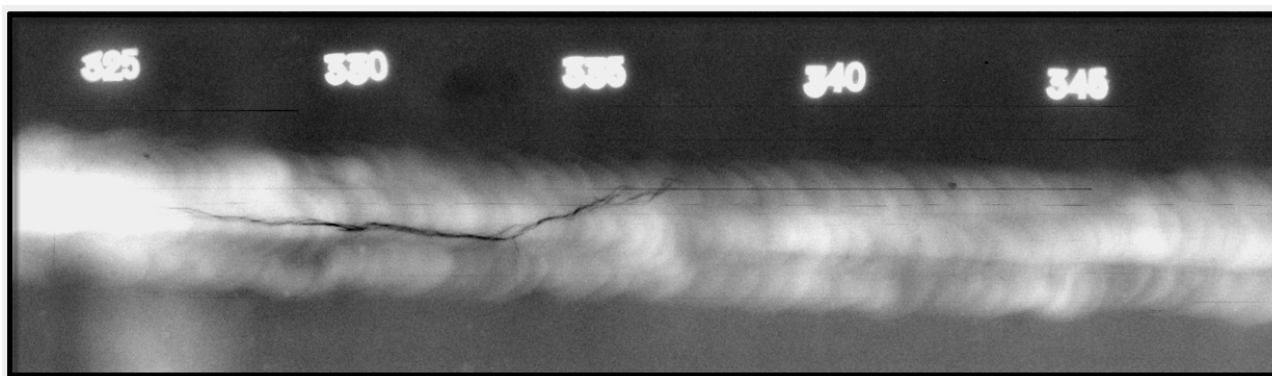
تصویر ۵۷۱: ترک طولی در جوش (Longitudinal Crack)



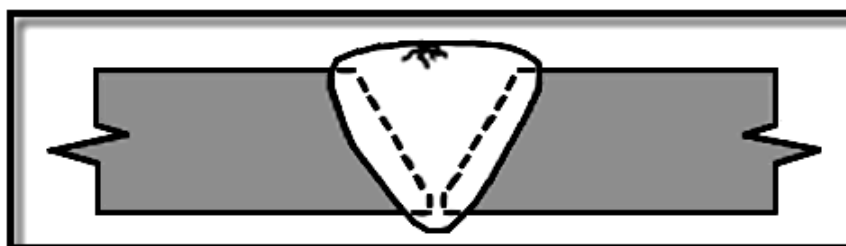
تصویر ۵۷۲: ترک طولی در جوش (Longitudinal Crack)



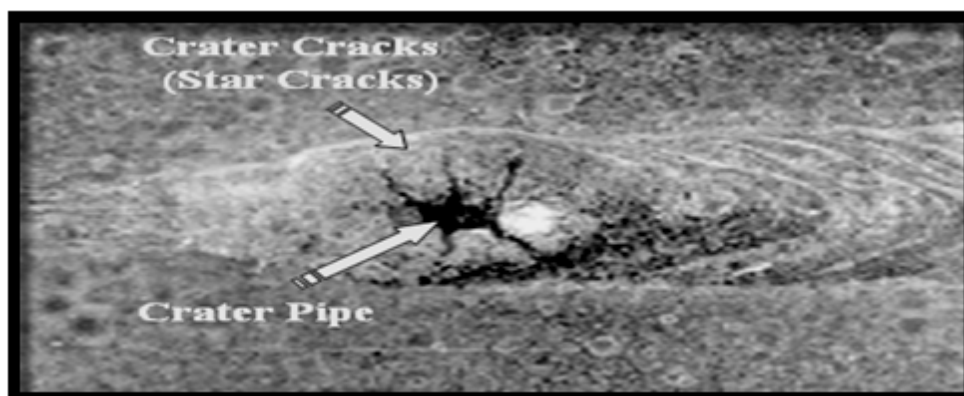
تصویر ۵۷۳: ترک طولی در جوش (Longitudinal Crack)



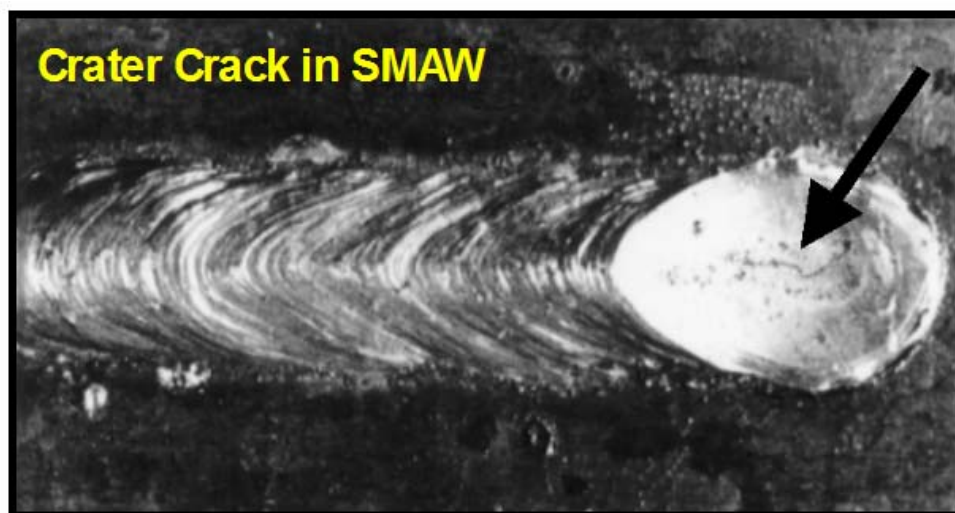
تصویر ۵۷۴: ترک طولی در جوش (Longitudinal Crack)



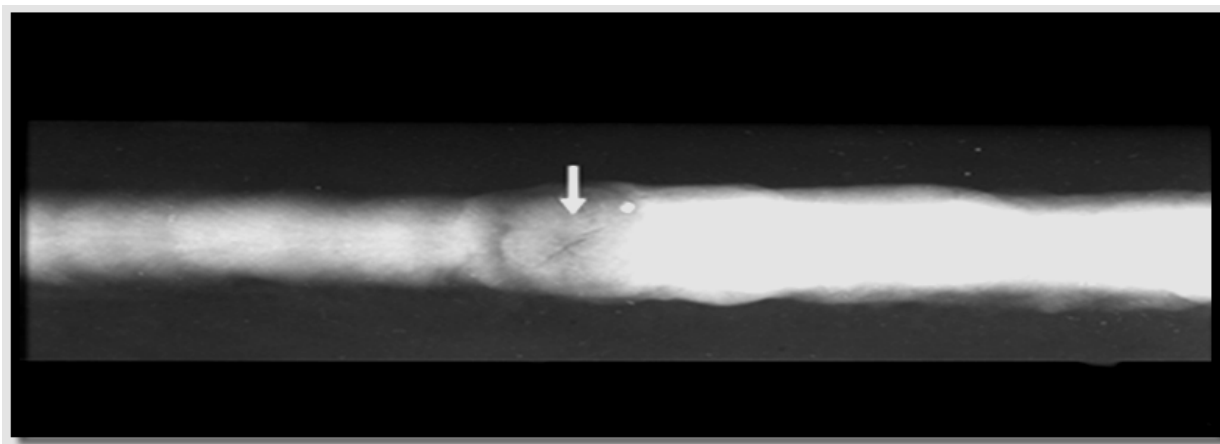
تصویر ۵۷۵: ترک دهانه آتشفشانی در جوش (Crater Crack)



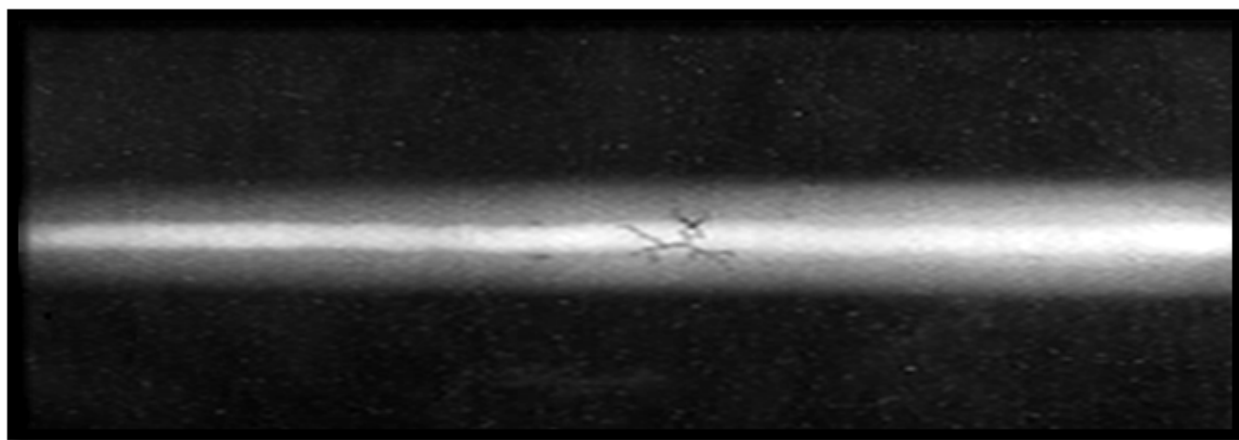
تصویر ۵۷۶: ترک دهانه آتشفشانی در جوش (Crater Crack)



تصویر ۵۷۷: ترک دهانه آتشفشانی در جوش (Crater Crack)

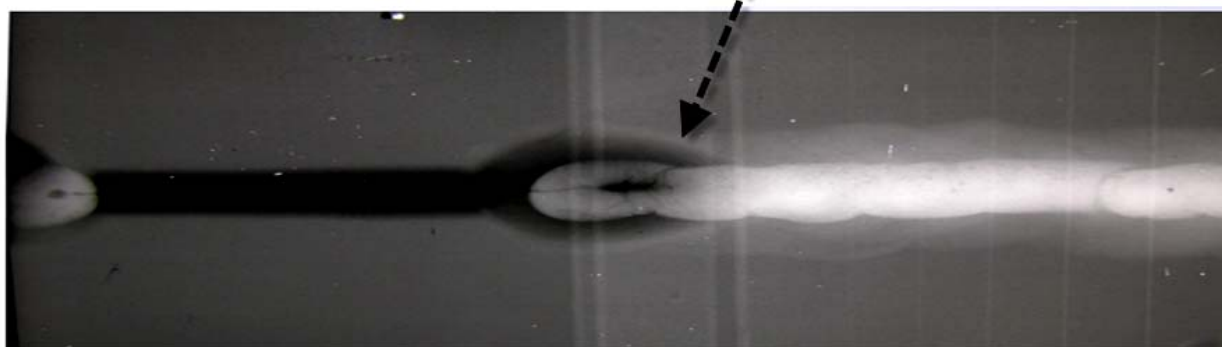


تصویر ۵۷۸: ترک دهانه آتشفشانی در جوش



تصویر ۵۷۹: ترک ستاره ای در جوش

**Crater cracks
+ crater pipe**



تصویر ۵۸۰: ترک ستاره ای در جوش

یادداشت: ترکهای چاله آتشفشانی (Crater Cracks) کم عمق یا ستاره ای ترکهایی هستند که در نقطه پایانی مهره جوشها قرار دارند و در نتیجه ی انقباضات در خلال انجماد فلز جوش بوجود می آیند.

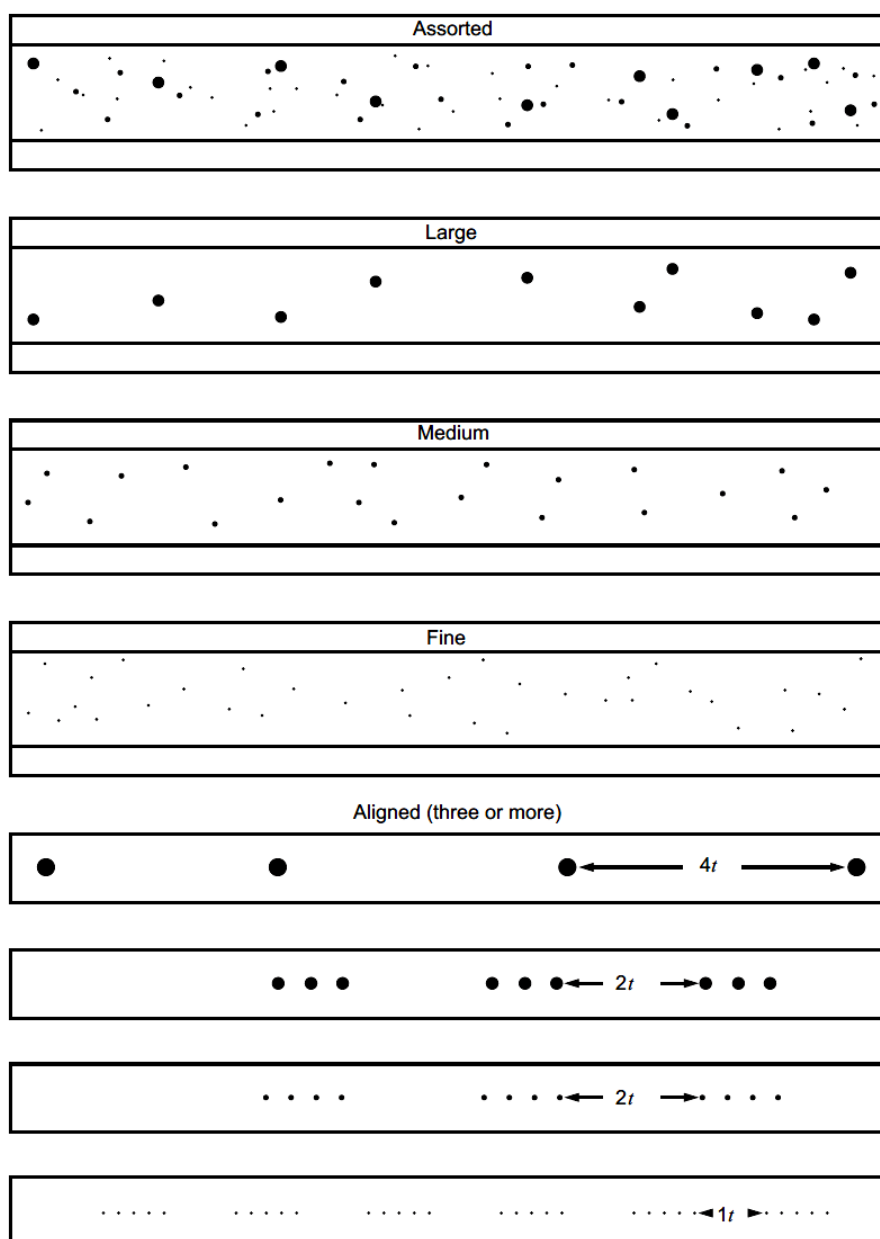
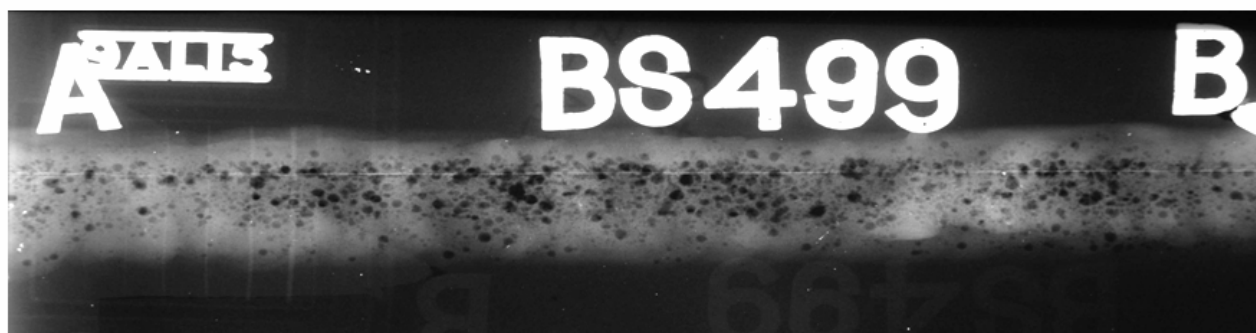


Figure 19—Maximum Distribution of Gas Pockets: Wall Thickness (t) Less Than or Equal to 0.500 in. (12.7 mm)

تصویر ۵۸۱: حداکثر پراکندگی خلل و فرج (Porosity) در جوش در ضخامت دیواره کمتر یا برابر 12.7mm



تصویر ۵۸۲: حداکثر پراکندگی خلل و فرج (Porosity) در جوش در ضخامت دیواره کمتر یا برابر 12.7mm

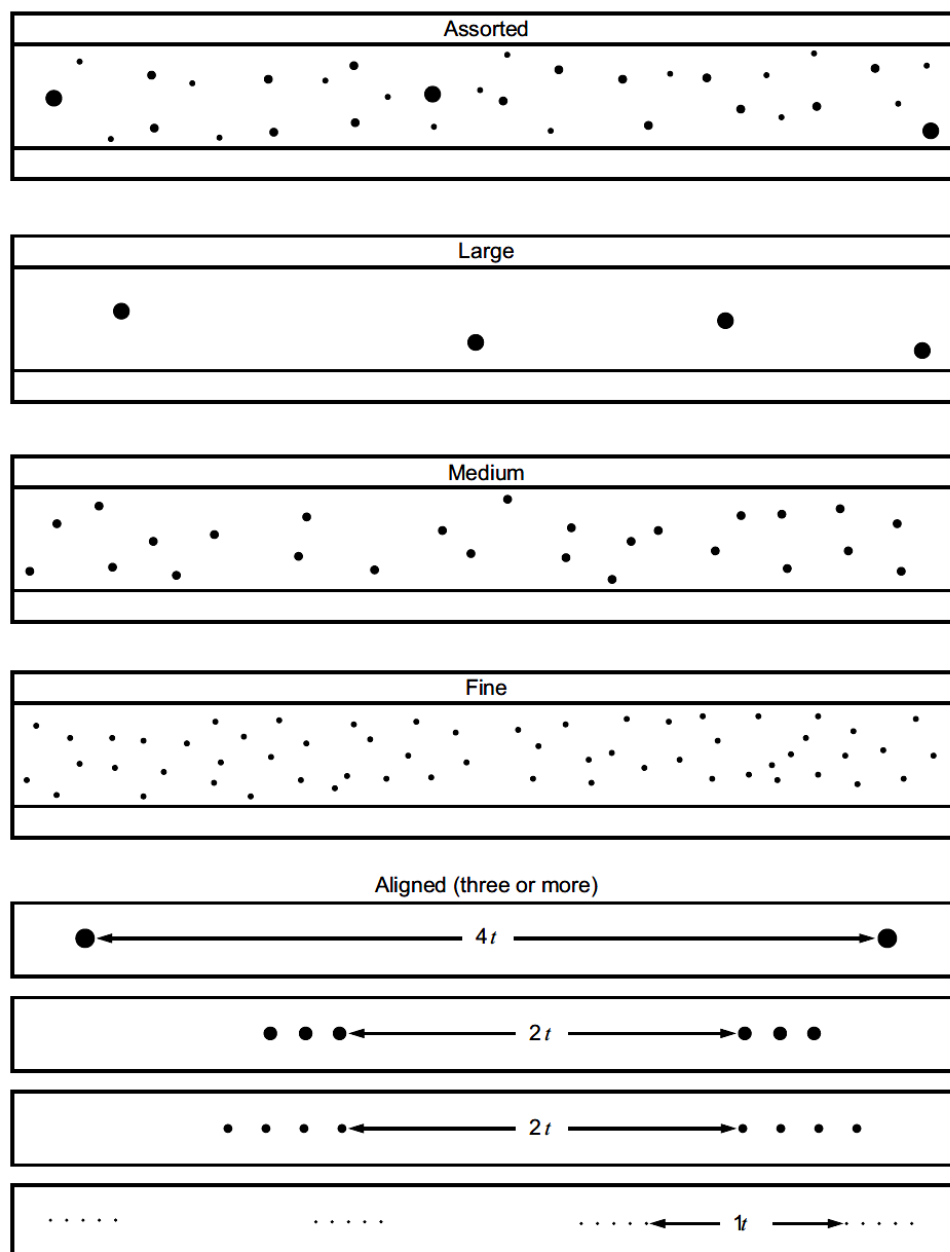


Figure 20—Maximum Distribution of Gas Pockets: Wall Thickness (t) Greater Than 0.500 in. (12.7 mm)

تصویر ۵۸۳: حداکثر پراکندگی خلل و فرج (Porosity) در جوش در ضخامت دیواره بیشتر از 12.7mm

☀ - رادیوگرافی مطابق با استاندارد ASME Section IX-2019

استاندارد ASME Sec. IX در بیشتر استانداردها برای تست جوشکار بعنوان یک مرجع مطرح می شود. معمولاً سه روش برای تایید تست جوشکار بکار برده می شود. بنابراین پس از انجام تست جوشکار قضاوت برای تأیید صلاحیت آن برای فعالیت در مرحله ساخت (Production) به سه روش انجام می شود:

- (۱) - رادیوگرافی از تست کوپن جوشکار
- (۲) - رادیوگرافی بخشی از جوش تولیدی جوشکار در مرحله ساخت (Production Welding)
- (۳) - انجام تست میکانیکی خمش بر روی قطعه تهیه شده از تست کوپن جوشکار.

چنانچه جوشکار بر اساس قوانین استاندارد ASME Sec. IX آزمایش شده باشد، تفسیر فیلم رادیوگرافی تست کوپن جوشکار نیز باید بر اساس استاندارد ASME Sec. IX انجام شود.

***- پاراگراف QW-190 - سایر تستها و آزمایشات:

***- پاراگراف QW-191 - آزمایشات رادیوگرافی:

***- پاراگراف QW-191.1 - آزمایش رادیوگرافی

***- پاراگراف QW-191.1.1 - روش: آزمایشات رادیوگرافی جوشکاران مطابق با QW-142 و اپراتورهای جوشکاری مطابق با QW-143 باید الزامات مندرج در Article 2 از استاندارد ASME Section V را رعایت نماید، به استثناء مواردی به شرح زیر:

(a) - نوشتن روش آزمایش رادیوگرافی نیازی نمی باشد. الزامات کیفیت تصویر تعیین شده و برای تکنیک رادیوگرافی باید نشانه های موفقیت آمیزی از نظر مطابقت با ASME Section V Article 2 وجود داشته باشد.

(b) - پذیرش نهایی فیلم های رادیوگرافی باید بر اساس توانایی دیدن تصویر سوراخ مشخص شده در IQI نوع سوراخ دار یا سیم مشخص شده در IQI نوع سیمی باشد. استاندارد های پذیرش QW-191.2 باید رعایت گردند.

***- پاراگراف QW-191.1.2 - ضوابط پذیرش رادیوگرافی (Acceptance Criteria):

***- پاراگراف QW-191.1.2.1 - اصطلاحات فنی (Terminology):

(a) - نشانه های خطی (Linear Indications):

در فیلم های رادیوگرافی، ترکها (Cracks)، ذوب ناقص (L.O.F)، نفوذ ناقص (L.O.P) و سرباره (Slag) که طول آنها بیشتر از سه برابر عرض آنها باشد به مثابه نشانه های خطی (Linear Indications) تلقی می گردند.

(b) - نشانه های مدور (Rounded Indications):

خلل و فرج (Porosity) و ناخالصی هایی مانند سرباره (Slag) یا تنگستن (Tungsten) در فیلم های رادیوگرافی که طول آنها سه برابر یا کمتر از عرض آنها باشد به عنوان نشانه های مدور شناخته می شوند، این نشانه ها ممکن است از نظر دانسیته متغیر باشند.

***- پاراگراف QW-191.1.2.2 (Qualification Test Welds.): تعیین صلاحیت جوشهای تست

چنانچه آزمایشات رادیوگرافی از جوشهای نمونه های تست جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری نقایصی را نشان دهد که ابعاد آنها بیشتر از حدود مشخص شده در زیر باشند باید غیر قابل قبول محسوب شوند:

(a) - نشانه های خطی (Linear Indications)

(1)- هر نوع ترک (Crack)، ذوب ناقص (L.O.F)، نفوذ ناقص (L.O.P).

(2)- هر گونه ناخالصی سرباره کشیده (Elongated Slag Inclusion) که طولی بیشتر از موارد زیر داشته باشند:

(a) - $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) برای ضخامت تا $\frac{3}{8}$ in. (10 mm)

(b) - $\frac{1}{3}$ t برای ضخامتهای بالاتر از $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) تا $2\frac{1}{4}$ in. (57 mm)

(c) - $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) برای ضخامتهای بیشتر از $2\frac{1}{4}$ in. (57 mm)

(3)- هر گروهی از ناخالصی های سرباره ای به صورت خطی که مجموع طول آنها در طولی به اندازه 12t بیشتر از یک

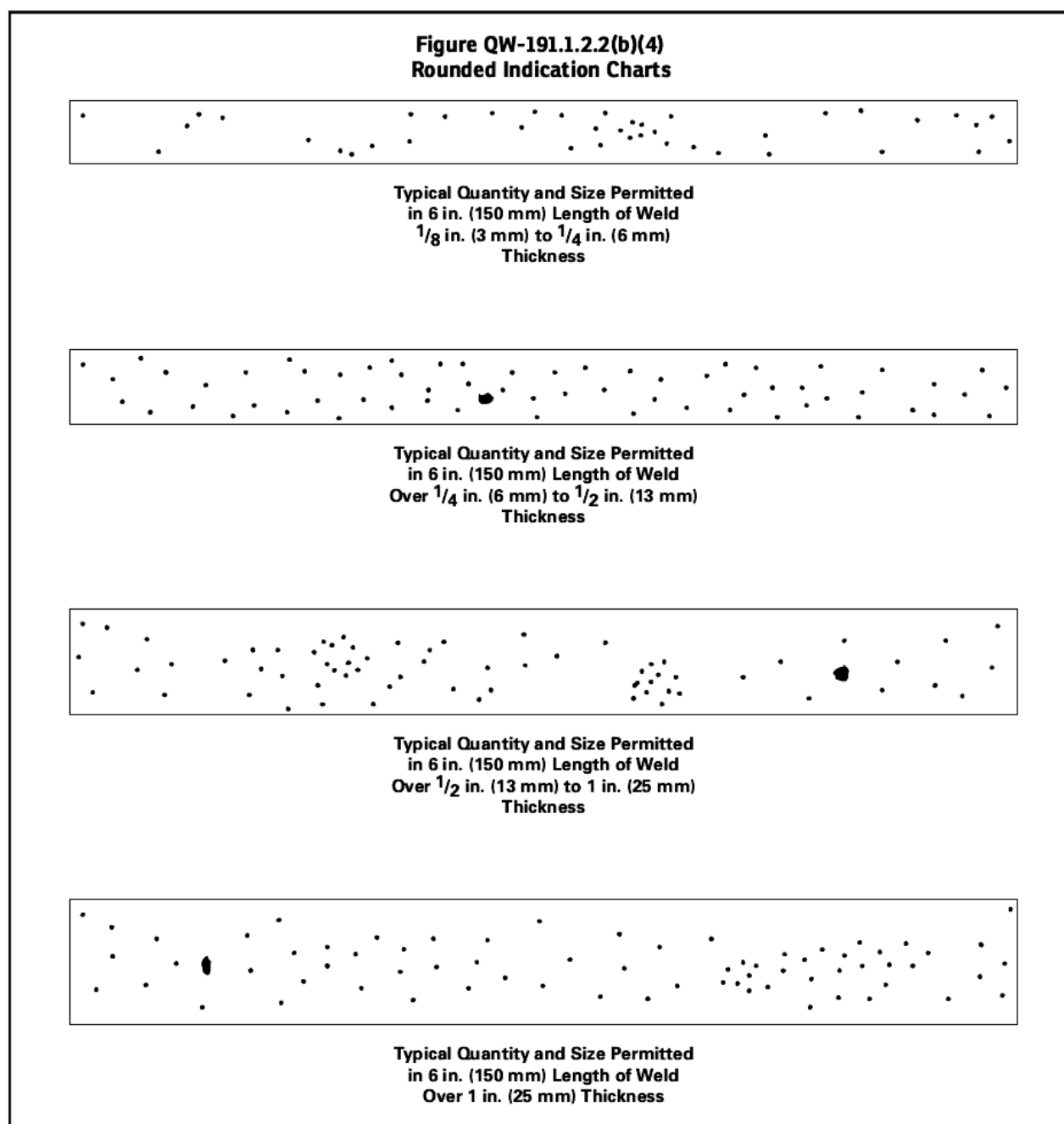
(t) باشد مگر وقتی که فاصله بین نواقص پشت سر هم از 6L تجاوز نماید. (L طول بلند ترین نقص در گروه ناخالصی ها می باشد).

(b) - نشانه های مدور (Rounded Indications):

(۱) - حداکثر ابعاد مجاز برای نشانه های مدور باید 20% ضخامت (t) یا $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) (هر کدام کوچکتر است) باشد.

(۲) - جوش متریالهایی که ضخامت آنها کمتر از $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) باشد: حداکثر تعداد نشانه های مدور قابل قبول در طول جوشی به اندازه 6 in. (150 mm) نباید از تعداد ۱۲ مورد تجاوز نماید. برای جوشهای با طول کمتر از 6 in. (150 mm) به همان نسبت از تعداد عیوب کاسته می شود.

(۳) - چارتهای Figure QW-191.1.2.2(b)(4): حداکثر محدوده مجاز انواع نشانه های مدور که بصورت انواع خوشه ای (Cluster)، گروهی (Assorted) و پراکنده تصادفی هستند برای جوش متریالهایی که ضخامت آنها $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) و بیشتر باشد را ارائه می نماید. نشانه های مدوری که حداکثر قطر آنها از $\frac{1}{32}$ in. (0.8 mm) کمتر باشد، تست های رادیوگرافی جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری در این محدوده های ضخامتی متریال نباید از نظر پذیرش مورد بررسی قرار گیرند.



تصویر ۵۸۴: نمونه های عیوب قابل قبول مطابق ضمیمه (I) از استاندارد ASME Section IX-2019

■ - جدول مقایسه فیلم های سازنده های مختلف



تصویر ۵۸۵: لوگوی بعضی از سازندگان فیلم های رادیوگرافی صنعتی

RADIOGRAPHY FILM CLASSIFICATION						
BRAND				CLASSIFICATION		
KODAK	AGFA	FUJI	FOMA	EN 548.1	ASTM E1815-96	ISO 11699.1
DR 50	D2	IX 25	R2	C1	SPECIAL	T1
M/M 100	D3	IX 50	R3	C2	TYPE I	T2
MX 125	D4	IX 50 OR IX 80	R4	C3	TYPE I	T2
T 200	D5	NO FILM	R5	C4	TYPE I	T3
AA 400	D7	IX 100	R7	C5	TYPE II	T4
CX	D8	IX 150	R8	C6	TYPE III	-
B	-	IX 129	-	-	W - B	-
SR 45	D3SC	-	RX-1	-	SPECIAL	-
-	-	-	-	-	W - A	-
-	FD8P	IX 59	-	-	W - A	-
-	D6R	-	-	-	-	-
-	D8R	IX 400	-	-	-	-

تصویر ۵۸۶: مقایسه فیلمهای سازندگان مختلف

Kodak

KODAK INDUSTREX Films for Industrial X-Ray Use — Product Guide

KODAK INDUSTREX Film / Product Code	Classification†			Notched	Replaces†		Available Formats (code)						Spectral Sensitivity	Safelight Filter	Processing Chemicals* Developer — Fixer	Recommended Starting Points	Reference Publication on Web
	EN 584	ASTM E1815	ISO 11699		Agfa	Fuji	Sheets			Rolls							
							Non-Interleaved (1)	READY-PACK (3)	Pb Contactpak	NIF Rolls (bulk) (359)	LEAD PACK (382)	READY-PACK (381)					
DR50 / 6536	C1	Special	T1	✓	D2	IX25	✓						X-ray and blue	(Red) 660 nm LED‡, 1, 1A, or GBX-2	DEVELOPER KODAK INDUSTREX Single Part Developer Replenisher, mixed 1:3 w/H ₂ O Replenishment Rate: 665mL/m ² — FIXER KODAK INDUSTREX LO Fixer and Replenisher, mixed 1:4 w/H ₂ O (Americas & Greater Asia), or KODAK INDUSTREX LO Fixer and Replenisher, mixed 1:3 w/H ₂ O (Europe, Africa, Middle East & Russia) Replenishment Rate: 1200mL/m ²	AUTOMATIC 8 minute cycle Development Time and Temperature: 100 seconds @ 26°C (79°F) — 5 minute cycle Development Time and Temperature: 60 seconds @ 30°C (86°F) — MANUAL Development Time and Temperature: 5 minutes @ 20°C (68°F)	TI2508
M100 / 5532	C2	Class I	T1	✓	D3	IX50	✓	✓	✓			✓					TI2434
MX125 / 4748	C3	Class I	T2		D4	IX50	✓	✓	✓	✓	✓	✓					TI2342
T200 / 6537	C4	Class I	T2	✓	D5	IX80	✓				✓						TI2360
AA400 / 5533	C5	Class II	T3	✓	D7	IX100	✓	✓	✓	✓	✓	✓					TI2294
HS800 / 5747	—	—	—	✓	D8/F8	IX150	✓			✓			X-ray and Visible blue light			TI2637	

تصویر ۵۸۷: مقایسه فیلمها توسط شرکت Kodak

در Spec بیشتر پروژه ها، استفاده از انواع فیلمها مشخص می شود. بطور مثال شرکت TOTAL در مشخصات فنی پروژه خود فیلمهای زیر را مشخص کرده است:



Exploration & Production

General Specification

Date: 10/05

GS EP PVV 611

Rev: 04

Table 5 - Equivalence of films recognised by the COMPANY

Film type	EN 584-1 category recognised by the COMPANY	Type of radiographic examination related
INDUSTREX MX 125	C3	X-rays only
AGFA D5	C3	X-rays only
FUJI IX80	C3	X-rays only
INDUSTREX M	C2	Gamma rays or X-rays
AGFA D4	C2	Gamma rays or X-rays
FUJI IX50	C2	Gamma rays or X-rays

تصویر ۵۸۸: مشخصات فیلمهایی که جهت استفاده با X-rays or Gamma rays مشخص شده است.

☀ - بررسی وضعیت I.Q.I (Wire Type) در فیلم رادیوگرافی

در فیلم رادیوگرافی برای مشخص شدن حساسیت فیلم و کیفیت روش رادیوگرافی از یک شاخص بنام I.Q.I استفاده می شود که بیانگر "Image Quality Indicators" شاخص کیفیت تصویر" می باشد اینک چگونگی استفاده از این شاخص را مرور می کنیم: بحث و بررسی ما بیشتر بر روی شاخص نوع وایری ("I.Q.I"Wire Type") متمرکز است چون در پروژه های ایران بیشتر از این نوع استفاده می شود.

4.3.2 All radiographic plates shall shown quality indicators (penetrameters) in accordance with ASME. The sensitivity shall not be less than 2% of the thickness or 1.5% if the MDMT is below 0°C .

تصویر ۵۸۹: وضعیت شاخص کیفیت تصویر در مشخصات فنی پروژه

در Spec فوق به صراحت قید شده است که حساسیت نباید کمتر از 2% ضخامت باشد و متریهایی که حداقل دمای طراحی فلز پایه آنها زیر صفر (°C) درجه باشد میزان حساسیت آنها بایستی 1.5% باشد. بطور مثال: اگر ضخامت متریهال در دو حالت 17mm باشد، ضخامت کل پس از اضافه کردن ضخامت گرده جوش از سطح بیرون و نیز از سطح داخل لوله (ریشه جوش) بدست می آید. حال مطابق جدول (341.3.2) ASME B31.3 برای این ضخامت 4mm گرده جوش و 4mm نفوذ جوش مجاز است پس ضخامت ما در مجموع 25mm است. (17+4+4=25mm).

بنابراین با توجه به داشتن ضخامت و همچنین مشخص بودن میزان حساسیت که 2% است، نازکترین وایری را که باید در فیلم رادیوگرافی ببینیم، محاسبه می کنیم. بنابراین مطابق فرمول زیر داریم:

$$\text{Sensitivity} = \frac{\text{Size of Thinnest Visible Wire}}{\text{Thickness of Specimen}} \times 100$$

$$2\% = \frac{\Delta S}{25\text{mm}} \times 100 \Rightarrow \Delta S = \frac{25 \times 2}{100} = 0.5\text{mm} \Rightarrow \text{I.Q.I- 6-12 از شماره 9 وایر ضخامت}$$

$$1.50\% = \frac{\Delta S}{25\text{mm}} \times 100 \Rightarrow \Delta S = \frac{25 \times 1.5}{100} \sim 0.4\text{mm} \Rightarrow \text{I.Q.I- 6-12 از شماره 10 وایر ضخامت}$$

☀ - بررسی وضعیت (I.Q.I (Wire Type) در استانداردهای مختلف



تصویر ۵۹۰: شاخص کیفیت تصویر نوع وایری از جنس فلز آهن و آلومینیوم

■ - وضعیت (I.Q.I (Wire Type) در فیلم رادیوگرافی مطابق با استاندارد ASME Sec. V-2019

*** - پاراگراف T-276 - انتخاب I.Q.I :

*** - پاراگراف T-276.1 - متریل: متریل‌های I.Q.I باید از درجه و گروه آلیاژ مشخص شده در SE-1025 نوع سوراخی و (Hole Type) یا SE-747 نوع وایری (Wire Type) (هرکدام کاربرد دارند) باشند یا از آلیاژی باشند که جذب تشعشع آن کمتر از متریلی که مورد رادیوگرافی قرار می‌گیرد، باشند.

*** - پاراگراف T-276.2 - اندازه: سوراخ مشخص شده I.Q.I یا وایر اصلی باید مطابق با آنچه در جدول T-276 مشخص شده است، باشد.

I.Q.I سوراخ دار نازکتر یا ضخیم تر می‌تواند جایگزین هر ضخامت مقطعی که در جدول T-276 لیست شده است، گردد مشروط بر آنکه حساسیت (Sensitivity) آن معادل حساسیت I.Q.I مشخص شده، باشد. (به T-283.2 نگاه کنید).

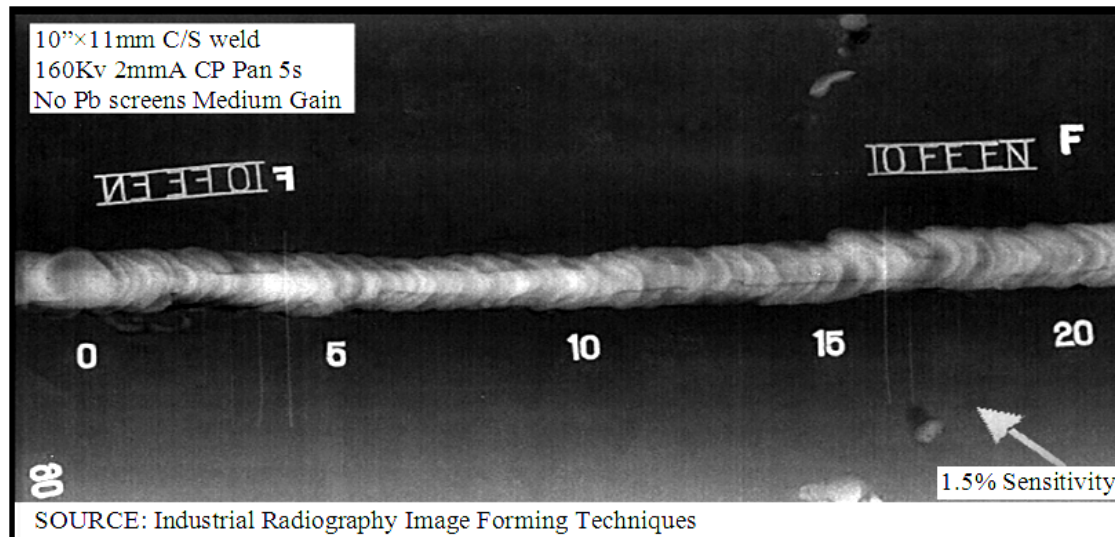
(a) - جوشهای دارای گرده تقویتی: ضخامتی که I.Q.I بر مبنای آن تعیین می‌گردند عبارت است از ضخامت اسمی یک دیواره بعلاوه ضخامت تقریبی گرده واقعی جوش بطوریکه از حداکثر مجاز گداهای مرجع تجاوز ننماید. تسمه‌ها و رینگهای پشت بند نباید در انتخاب I.Q.I به مثابه بخشی از ضخامت، نقش داشته باشد. اندازه گیری ضخامت واقعی گرده جوش ضرورت ندارد.

(b) - جوشهای بدون گرده تقویتی: ضخامتی که I.Q.I بر اساس آن انتخاب می‌گردد عبارت است از ضخامت اسمی دیواره. تسمه‌ها و رینگهای پشت بند نباید در انتخاب I.Q.I به مثابه بخشی از ضخامت، محسوب شود.

(c) - مقدارهای واقعی: با توجه به (a) و (b) در بالا وقتی که ضخامت جوش و متریل واقعی اندازه گیری می‌شوند انتخاب I.Q.I ممکن است بر اساس مقدارهای واقعی مشخص شده باشد.

*- پاراگراف T-276.3 - در جوشهایی که متریال غیر همسان را بهم متصل می کنند یا بوسیله فیلر متال غیر مشابه تولید می شوند یا وقتی که درجه یا گروه آلیاژی فلز جوش به گونه ای است که افت قدرت امواج در آن با افت قدرت امواج در فلز پایه متفاوت می باشد، انتخاب IQI باید بر اساس فلز جوش و مطابق با T-276.1 باشد.

وقتی محدوده‌ی دانسیته مندرج در T-282.2 با یک I.Q.I نتواند تامین گردد و ناحیه ای که دانسیته استثنایی ما در محل تلاقی فلز جوش و فلز پایه قرار دارد، انتخاب متریال I.Q.I اضافی باید بر اساس فلز پایه مطابق با T-276.1 باشد.



تصویر ۵۹۱: محل قرار دادن شاخص کیفیت تصویر نوع وایری از جنس فلز آهن بر روی جوش

■ - بررسی چگونگی انتخاب I.Q.I

طبق پاراگراف T-276 ملاک انتخاب I.Q.I دو پارامتر است :

۱- جنس متریال

۲- ضخامت متریال

این دو موضوع بطور مفصل در بالا توضیح داده شده است و خلاصه آن این است که:

اولاً: جنس I.Q.I باید هم جنس متریالی باشد که بر روی آن عملیات رادیوگرافی انجام می شود. بنابراین یک I.Q.I آهنی را نمی توان برای رادیوگرافی متریال آلومینیوم استفاده نمود اما عکس آن صادق است چون جذب تشعشع آلومینیوم کمتر از آهن است.

دوماً: ضخامت متریال بعلاوه گرده‌ی جوش از دو طرف آن مطابق با پاراگراف T-276.2(a) می بایست رعایت شود. برای این منظور جهت اطلاع از میزان مجاز گرده جوش در استانداردهای مختلف به مبحث (گرده مجاز جوش) همین کتاب مراجعه فرمایید.

نکته: برای محاسبه ضخامت باید دقت شود که:

(۱)- برای روش پرتونگاری Elliptical یا DWDI ضخامت دو دیواره بعلاوه ضخامت یک گرده جوش در نظر گرفته شود.

(۲)- برای روش پرتونگاری Superimpose یا DWSI ضخامت دو دیواره بعلاوه ضخامت دو گرده جوش در نظر گرفته شود.

توجه: چنانچه جوشی فاقد گرده تقویتی باشد اما دارای رینگ پشت بند (Backing strip) باشد ضخامت این تسمه یا رینگ پشت بند را نباید به عنوان ضخامت جوش در نظر گرفت.

اگر از I.Q.I استاندارد DIN استفاده می شود (در صنایع ایران بیشتر از نوع I.Q.I های وایری استفاده می شود) با توجه به محدوده‌ی ضخامت‌های مشخص شده در این استاندارد، محدوده‌ی ضخامت مورد نظر را انتخاب می نماییم. محدوده‌ی های ضخامتی I.Q.I های نوع وایری استاندارد DIN در زیر آمده است.

DIN 54109 (DIN62) - Each I.Q.I Contains 7 Wires					
Nos. 1/7		Nos. 6/12		Nos. 10/16	
Wire No.	Dia. (mm)	Wire No.	Dia. (mm)	Wire No.	Dia. (mm)
1	3.20	6	1.00	10	0.40
2	2.50	7	0.80	11	0.32
3	2.00	8	0.63	12	0.25
4	1.50	9	0.50	13	0.20
5	1.25	10	0.40	14	0.16
6	1.0	11	0.32	15	0.125
7	0.80	12	0.25	16	0.10
MATERIAL THICKNESS RANGE (mm)					
40 - 160		12.5 - 50		5 - 20	

تصویر ۵۹۲: شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) نوع وایری بر اساس استاندارد DIN در سه سایز پس از مشخص شدن محدوده‌ی ضخامتی می توانیم مطابق با استاندارد DIN 54109 (DIN62) شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) خود را انتخاب نماییم. مثال: ضخامت قطعه مخزن ذخیره ای 18mm است، مطابق با استاندارد API 650 ضخامت مجاز گرده جوش برای هر طرف این ضخامت 2.5mm است که در مجموع باید ضخامت $(18 + 2.5 + 2.5 = 23\text{mm})$ را در نظر بگیریم پس بایستی از شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) سایز 6/12 استفاده کنیم.

توجه: در تصویر پرتونگاری، متناسب با ضخامت بایستی کدام وایر IQI را انتخاب کرد؟ پاسخ این است که: اولاً استاندارد برای هر محدوده‌ی ضخامت نوع وایر را مشخص کرده است، دوماً مدارک فنی یک پروژه (Specification) نیز ممکن است نوع وایر را مشخص کرده باشد.

۱- استاندارد: استاندارد ASME Section V-2019 در جدول T-276 وایری را که بایستی با توجه به محدوده ضخامت قطعه مورد رادیوگرافی در دو موضع "سمت منبع پرتو" (Source Side) و "سمت فیلم" (Film Side) دیده شود را مشخص کرده است.

برای روشن شدن این موضوع یک مثال می آوریم :

مثال: ضخامت قطعه ما با توجه به ضخامت گرده جوش آن 23 mm است، در دو موقعیت یعنی "سمت منبع پرتو" (Source Side) و "سمت فیلم" (Film Side) چه وایری باید دیده شود، در آن صورت حساسیت مورد نظر مطابق استاندارد ASME Sec. V چقدر است؟

برای پاسخ به این سوال به جدول T-276 مندرج در استاندارد ASME Sec. V-2019 رجوع می کنیم. (شماره‌ی وایرها فقط در اینجا قید شده است زیرا از نوع Hole-Type خیلی کم استفاده می شود). ابتدا با توجه به ضخامت قطعه محدوده‌ی ضخامت را مطابق با جدول T-276 مشخص می نماییم:

**Table T-276
IQI Selection**

Nominal Single-Wall Material Thickness Range, in. (mm)	Source Side			Film Side		
	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire
Up to 0.25, incl. (6.4)	12	2T	5	10	2T	4
Over 0.25 through 0.375 (6.4 through 9.5)	15	2T	6	12	2T	5
Over 0.375 through 0.50 (9.5 through 12.7)	17	2T	7	15	2T	6
Over 0.50 through 0.75 (12.7 through 19.0)	20	2T	8	17	2T	7
Over 0.75 through 1.00 (19.0 through 25.4)	25	2T	9	20	2T	8
Over 1.00 through 1.50 (25.4 through 38.1)	30	2T	10	25	2T	9
Over 1.50 through 2.00 (38.1 through 50.8)	35	2T	11	30	2T	10
Over 2.00 through 2.50 (50.8 through 63.5)	40	2T	12	35	2T	11
Over 2.50 through 4.00 (63.5 through 101.6)	50	2T	13	40	2T	12
Over 4.00 through 6.00 (101.6 through 152.4)	60	2T	14	50	2T	13
Over 6.00 through 8.00 (152.4 through 203.2)	80	2T	16	60	2T	14
Over 8.00 through 10.00 (203.2 through 254.0)	100	2T	17	80	2T	16
Over 10.00 through 12.00 (254.0 through 304.8)	120	2T	18	100	2T	17
Over 12.00 through 16.00 (304.8 through 406.4)	160	2T	20	120	2T	18
Over 16.00 through 20.00 (406.4 through 508.0)	200	2T	21	160	2T	20

تصویر ۵۹۳: انتخاب شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) نوع وایری بر اساس استاندارد ASME Sec. V-2019

در این محدوده‌ی ضخامت باید برای "سمت منبع پرتو" (Source Side) وایر شماره ۹ و برای "سمت فیلم" (Film Side) وایر شماره ۸ دیده شود. این شماره‌ها بر اساس استاندارد ASTM است و برای مطابقت آنها با استاندارد DIN 54109 (DIN62) باید به روش زیر عمل شود:

ابتدا مطابق با استاندارد ASME Sec. V به جدول T-233.2 رجوع می‌کنیم، در این جدول همه شماره‌ها و ضخامت‌های I.Q.I های وایری چهارگانه مطابق با استاندارد ASTM قید شده است و مطابق این جدول ضخامت وایر های شماره ۸ و ۹ را مشخص می‌کنیم.

بنابراین، مطابق این جدول ضخامت وایر های شماره ۸ و ۹ به ترتیب ۰.۴۱ و ۰.۵۱ میلیمتر است.

TABLE T-233.2											
WIRE IQI DESIGNATION, WIRE DIAMETER, AND WIRE IDENTITY											
Set A			Set B			Set C			Set D		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.0032	(0.08)	1	0.010	(0.25)	6	0.032	(0.81)	11	0.100	(2.54)	16
0.004	(0.10)	2	0.013	(0.33)	7	0.040	(1.02)	12	0.126	(3.20)	17
0.005	(0.13)	3	0.016	(0.41)	8	0.050	(1.27)	13	0.160	(4.06)	18
0.0063	(0.16)	4	0.020	(0.51)	9	0.063	(1.60)	14	0.200	(5.08)	19
0.008	(0.20)	5	0.025	(0.64)	10	0.80	(2.03)	15	0.250	(6.35)	20
0.010	(0.25)	6	0.032	(0.81)	11	0.100	(2.54)	16	0.320	(8.13)	21
MATERIAL THICKNESS RANGE in. (mm)											
0.25 - 0.75 (6.4 - 19.1)			0.75 - 1.7 (19.1 - 43.2)			1.7 - 4.0 (43.2 - 100)			4.0 - 10.0 (100 - 254)		

تصویر ۵۹۴: چهار گروه نوع وایر I.Q.I بر اساس استاندارد ASTM

سپس با توجه به ضخامت مشخص شده به جدول وایر های I.Q.I مطابق استاندارد DIN 54109 (DIN62) رجوع می‌کنیم تا شماره وایرهای مورد نظر را با توجه به ضخامتشان مطابق آن استاندارد تعیین نماییم.

DIN 54109 (DIN62) - Each I.Q.I Contains 7 Wires					
Nos. 1/7		Nos. 6/12		Nos. 10/16	
Wire No.	Dia. (mm)	Wire No.	Dia. (mm)	Wire No.	Dia. (mm)
1	3.20	6	1.00	10	0.40
2	2.50	7	0.80	11	0.32
3	2.00	8	0.63	12	0.25
4	1.50	9	0.50	13	0.20
5	1.25	10	0.40	14	0.16
6	1.0	11	0.32	15	0.125
7	0.80	12	0.25	16	0.10
MATERIAL THICKNESS RANGE (mm)					
40 - 160		12.5 - 50		5 - 20	

تصویر ۵۹۵: شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) نوع وایری بر اساس استاندارد DIN در سه سایز پس مشخص می شود که برای این محدود ضخامت (23 mm) بایستی:

(۱) - مطابق استاندارد DIN 54109 (DIN62) از I.Q.I وایری با سایز 6/12 استفاده شود.

(۲) - چنانچه I.Q.I وایری در "سمت منبع پرتو" (Source Side) قرار دارد باید وایر شماره 9 با ضخامت 0.50mm دیده شود.

(۳) - چنانچه I.Q.I وایری در "سمت فیلم" (Film Side) قرار دارد باید وایر شماره 10 با ضخامت 0.40mm دیده شود.

بنابراین با توجه به ضخامت وایر های مشخص شده در استاندارد ASME Sec. V-2019 می توان حساسیت مورد نظر را محاسبه نمود. فرمول محاسبه حساسیت به شرح زیر است:

$$\% \text{ Sensitivity} = \frac{\text{Diameter of smallest visible wire}}{\text{Thickness of metal}} \times \frac{100}{1}$$

$$(\text{حساسیت بر حسب درصد}) = \frac{\text{نازکترین وایر قابل رویت}}{\text{ضخامت قطعه}} \times 100$$

تصویر ۵۹۶: فرمول محاسبه حساسیت

بر اساس فرمول فوق حساسیت برای دو وضعیت "سمت منبع پرتو" (Source Side) و برای "سمت فیلم" (Film Side) به شرح زیر است:

$$\text{"سمت منبع پرتو" (Source Side)} \quad S \% = \frac{0.51}{23} \times 100 = 2.20\%$$

$$\text{"سمت فیلم" (Film Side)} \quad S \% = \frac{0.41}{23} \times 100 = 1.80\%$$

برای "سمت منبع پرتو" (Source Side) حساسیت 2.2 % و برای "سمت فیلم" (Film Side) حساسیت 1.8 % می باشد.

۲- Specification: در مدارک فنی یک پروژه ممکن است درصد حساسیت تعریف شده باشد. ما قبلاً اشاره کردیم که معمولاً در Spec هر پروژه عدد حساسیت فیلم رادیوگرافی آن پروژه اعلام می شود و ملاک حساسیت همان عددی است که در Spec آمده است و در این رابطه دو مثال نیز بررسی گردید. در اینجا مثالی دیگر از شرکتی معتبر می آوریم: پروژه پالایشگاه های گازی عسلویه که عمدتاً براساس مدارک مشخصات فنی (Spec) شرکت TOTAL فرانسه که یکی از شرکتهای معتبر بین المللی است طراحی و ساخته شده اند، میزان حساسیت در این مشخصات فنی به شرح زیر تعریف شده است که برگرفته از استاندارد BS 3971 می باشد:



Exploration & Production

General Specification

Date: 10/05

GS EP PVV 611

Rev: 04

The sensitivity maximum acceptable values, as a function of thicknesses examined, are given in the following table, except where more stringent code requirements apply:

Table 6 - Image quality indicator sensitivities

Specimen thickness (mm)	IQI sensitivity (%, maximum value)
3	4.0
6	3.0
12.5	2.4
25	1.7
40	1.5
50	1.3
75	1.1
100	1.0
150	0.9

***- حداکثر مقدار قابل قبول حساسیت (Sensitivity) تابعی از ضخامت مورد آزمایش است که در جدول زیر (منظور

تصویر بالاست) آمده است به استثناء جایی که کد الزامات سخت تری بکار برده باشد:

اگر به اعداد داده شده در جدول فوق دقت شود مشخص می شود که صرفاً یک عدد، مشخص نشده است بلکه عدد حساسیت به ضخامت قطعه بستگی دارد بطور معمول برای ضخامت ۴۰ میلیمتر حساسیت ۱.۵٪ است و هر چه ضخامت کمتر می شود حساسیت افزایش می یابد تا جاییکه ضخامت قطعه به عدد ۳ میلیمتر می رسد و عدد حساسیت آن ۴٪ است و در جهت افزایش ضخامت وقتی به ضخامت ۱۵۰ میلیمتر می رسد عدد حساسیت آن ۰.۹٪ است.

توجه مهم:

استاندارد اروپایی EN 462-1:1994 که در سال ۱۹۹۴ معرفی گردید جانشین استاندارد های ملی و شناخته شده ای مانند DIN 54109 و نیز BS 3971 گردید. قطر سیم ها و سیستم شماره گذاری آنها از استاندارد قبلی DIN پیروی می کند. امروزه در کارهای صنعتی مثل صنایع نفت و گاز و صنایع پتروشیمی بیشتر از I.Q.I های استاندارد EN استفاده می شود.

تصویر ۵۹۷ مشخصات چهار گروه (I.Q.I) همراه با محدوده‌ی ضخامتی که پوشش می‌دهند را نشان می‌دهد.

EN 462-1 WIRE TYPE I.Q.I.'S							
1 EN		6EN		10 EN		13 EN	
WIRE No.	WIRE DIAM. (mm)	WIRE No.	WIRE DIAM. (mm)	WIRE No.	WIRE DIAM. (mm)	WIRE No.	WIRE DIAM. (mm)
1	3.20	6	1.00	10	0.40	13	0.20
2	2.50	7	0.80	11	0.32	14	0.16
3	2.00	8	0.63	12	0.25	15	0.13
4	1.60	9	0.50	13	0.20	16	0.10
5	1.25	10	0.40	14	0.16	17	0.08
6	1.00	11	0.32	15	0.13	18	0.06
7	0.80	12	0.25	16	0.10	19	0.05
MATERIAL THICKNESS RANGE (mm)							
40 - 160		12.5 - 50		5.0 - 20		2.5 - 10	

تصویر ۵۹۷: شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) نوع وایری بر اساس استاندارد EN در چهار سایز

Table 1 — Wire numbers, diameters and limit deviations

Dimensions in millimetres

Image quality indicator including				Wire			Wire centreline spacing, a
W 1	W 6	W 10	W 13	Wire number	Nominal wire diameter	Tolerances	
X				W 1	3,20		$9,6^{+1}_0$
X				W 2	2,50	$\pm 0,03$	
X				W 3	2,00		
X				W 4	1,60		5^{+1}_0
X				W 5	1,25		
X	X			W 6	1,00	$\pm 0,02$	
X	X			W 7	0,80		
	X			W 8	0,63		
	X			W 9	0,50		
	X	X		W 10	0,40		
	X	X		W 11	0,32		
	X	X		W 12	0,25	$\pm 0,01$	
		X	X	W 13	0,20		
		X	X	W 14	0,16		
		X	X	W 15	0,125		$\pm 0,005$
			X	W 16	0,100		
			X	W 17	0,080		
			X	W 18	0,063		
			X	W 19	0,050		

تصویر ۵۹۸: شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) نوع وایری بر اساس استاندارد BS EN 462-1 در چهار سایز

جنس متريال شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) براساس استاندارد BS EN 462-1:

Table 2 — Types of IQI and wire materials used for selected groups of materials

Image quality indicator	Wire number	Wire material	Suitable for test — the following materials
W 1 CU W 6 CU W 10 CU W 13 CU	W 1 to W 7 W 6 to W 12 W 10 to W 16 W 13 to W 19	Copper	Copper, zinc, tin and their alloys
W 1 FE W 6 FE W 10 FE W 13 FE	W 1 to W 7 W 6 to W 12 W 10 to W 16 W 13 to W 19	Steel (low alloyed)	Ferrous materials
W 1 TI W 6 TI W 10 TI W 13 TI	W 1 to W 7 W 6 to W 12 W 10 to W 16 W 13 to W 19	Titanium	Titanium and their alloys
W 1 AL W 6 AL W 10 AL W 13 AL	W 1 to W 7 W 6 to W 12 W 10 to W 16 W 13 to W 19	Aluminium	Aluminium and their alloys

تصویر ۵۹۹: جنس متریال شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) براساس استاندارد BS EN 462-1

یک روش مناسب برای شناسایی جنس IQI، استفاده از رنگ (Color Code) است. برای متریالهای مختلف رنگهای مختلف تعریف شده است و بین وایر اولی و وایر دومی هر IQI رنگ مناسب آن جنس قرار گرفته است تا بتوان آنها را با سهولت و با در دست داشتن لیست رنگهای مربوط به متریالهای مختلف، تشخیص داد که IQI دارای چه جنسی است.

COLOR CODE		
I.Q.I. materials are indicated by color code:		
Stainless Steel	Red	
Steel	Orange	
Aluminum	Blue	
Magnesium	Yellow	
Nickel, and Nickel based alloys (Inconel, Hastelloy, Monel, etc.)	Green	
Copper, Cupro-Nickel	Copper	
Brasses, and Bronzes	Silver	
Cobalt, Titanium, Zirconium, Niobium (Columbium)	Brown	



تصویر ۶۰۰: شناسایی جنس شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) نوع وایری بر اساس رنگ

■ انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد IPS-C-PI-270

در استاندارد IPS-C-PI-270 که مربوط به خطوط لوله انتقال است در مورد I.Q.I و حساسیت آن به صراحت قید شده است که حساسیت باید 2% یا بهتر باشد.



Nov. 2009 / ۱۳۸۸ آبان

IPS-C-PI-270(2)

11.1.4 Type of image quality indicators (IQI)

۱۱-۱-۴ انواع شاخص های کیفیت تصویر (IQI)

Add the following:

عبارات زیر اضافه شود:

Wire type pentameters (image quality indicators, IQIs) in accordance with BS 3971 may be also used. In case of applying BS 3971, radiographic sensitivity shall be 2 percent or better in the welded area. This shall be determined by the use of an IQI in accordance with BS 3971.

ابزار سنجش میزان نفوذ اشعه از نوع سیمی (شاخص کیفیت تصویر IQIs) مطابق با BS 3971 نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در صورت استفاده از BS 3971، حساسیت تصویر پرتونگاری در منطقه جوش باید ۲ درصد یا بهتر باشد. این مقدار باید با استفاده از IQI طبق استاندارد BS 3971 تعیین گردد.

تصویر ۶۰۱: شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) نوع وایری بر اساس استاندارد IPS-C-PI-270

BSI BS*3971 03 ■ 1624669 0424505 169 ■					
BS 3971 : 1980					
Table 7. Image quality indicator sensitivities (type II)			Table 8. Image quality indicator unsharpness values (type III)		
Section A More critical techniques			Section B Normal techniques		
Specimen thickness	Image quality indicator sensitivity		Specimen thickness	Image quality indicator sensitivity	
	Wire type	Step/hole type		Wire type	Step/hole type
mm	%	%	mm	%	%
3	2.4	5.1	3	—	—
6	1.6	3.6	6	—	—
12.5	1.4	3.0	12.5	2.4	4.6
25	1.2	2.5	25	1.7	3.0
40	1.1	2.1	40	1.5	2.5
50	1.0	1.8	50	1.3	2.2
75	0.9	1.6	75	1.1	2.0
100	0.8	1.4	100	1.0	1.8
150	0.7	1.3	150	0.9	1.8

Specimen thickness	Number of the largest merged element	Corresponding unsharpness
mm		mm
10	2	0.13
20	4	0.20
30	6	0.32
40	7	0.40
60	8	0.50
80	9	0.64
100	17	0.80
120	17	0.80
160	18	1.00
200	18	1.00

When the total penetrated thickness and the examined thickness are not the same, the values in table 8 may not apply.

NOTE. There is no direct relationship between the sensitivity value given by an image quality indicator of type II and the total unsharpness given by an indicator of type III.

تصویر ۶۰۲: شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) بر اساس استاندارد BS 3971

توجه: بر اساس استاندارد IPS-C-PI-270 که مربوط به استاندارد اجرایی برای جوشکاری خطوط لوله و انتقال است. میزان درصد حساسیت را ۲ درصد یا بهتر عنوان کرده و ملاک این انتخاب را استاندارد BS 3971 قرار داده است. با مراجعه به این استاندارد که در فوق دیده می شود مشخص می شود که انتخاب درصد حساسیت به ضخامت قطعه بستگی دارد یعنی یک عدد ثابت نیست.

■ انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد PS-C-PI-290

در استاندارد IPS-C-PI-290 که مربوط به سیستم های لوله کشی در سایت است در مورد I.Q.I و حساسیت به صراحت قید شده است که حساسیت نباید بیشتر از 2% باشد.

IPS	مهر ۱۳۸۸ / Oct 2009	IPS-C-PI-290(1)
9.2.5.5 Image quality indicators (IQI)	۹-۵-۵ شاخص های کیفیت تصویر	
Wire type penetrometer shall be used to measure radiographic sensitivity. In special cases other type of penetrameters may be used. <u>Max.</u> sensitivity shall not exceed 2 where:	برای اندازه گیری حساسیت پرتونگاری باید از شاخص تصویر نوع سیمی استفاده کرد. در حالات مخصوص می توان از سایر انواع اندازه گیرهای مقدار نفوذ پرتو استفاده نمود. حداکثر مقدار حساسیت نباید از ۲ تجاوز نماید جایی که: اندازه نازکترین سیم	
$\text{Sensitivity} = \frac{\text{size of thinnest wire}}{\text{thickness of specimen}} \times 100$	$100 \times \frac{\text{حساسیت}}{\text{ضخامت نمونه}}$	
Number of penetrameters and placement shall be made according to SE-142 ASME, Section V.	تعداد و محل استقرار اندازه گیرهای مقدار نفوذ پرتو باید مطابق SE-142 از ASME Section V باشد.	

تصویر ۶۰۳: شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) نوع وایری بر اساس استاندارد IPS-C-PI-290

■ انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد API 1104-2018

✱- پاراگراف 11.1.5: I.Q.I باید شامل یکی از دو گروه ۶ وایری مطابق با استاندارد ASTM E74 یا گروه ۷ وایری مطابق با استاندارد ISO باشد.

11.1.5 Selection of IQIs
The IQI shall consist of either a series of six (6) wires for ASTM E747 wire type or a series of seven (7) wires for ISO 19232-1 wire type IQI, arranged in order of increasing diameter. The essential wire diameter to be used, based on the thickness of the weld is shown in Table 8 for ASTM E747 wire type IQI and Table 9 for ISO 19232-1 wire type IQI. At the option of the company, smaller wire diameter IQI than those specified above may be used, provided the required radiographic sensitivity is obtained. The radiographic images of the IQI identifying style number and ASTM set letter or ISO designation shall appear clearly. The image of the essential wire diameter shall appear clearly across the entire area of interest.
NOTE For purposes of IQI selection, when the SWE/SWV or DWE/SWV technique is used, the thickness of the weld means specified wall thickness plus the weld reinforcement (internal plus external combined). When the "elliptical" DWE/DWV technique is used, the thickness of the weld means twice the specified wall thickness plus the single weld reinforcement (internal plus external combined). When the "superimposed" DWE/DWV technique is used, the thickness of the weld means twice the specified wall thickness plus twice the weld reinforcement (internal plus external combined).

تصویر ۶۰۴: انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد API 1104-2018

یادداشت: از نظر انتخاب I.Q.I، وقتی تکنیک SAW/SWV یا DWE/SWV مورد استفاده قرار می گیرد ضخامت جوش در واقع ضخامت دیواره بعلاوه ضخامت گرده ی جوش (ترکیبی از گرده داخل بعلاوه گرده بیرونی و منظور ضخامت گرده مجاز جوش است که در Figure 1 مقدار آن مشخص شده است.) می باشد. وقتی از تکنیک "elliptical" DWE/DWV استفاده می شود ضخامت جوش در واقع دو برابر ضخامت دیواره بعلاوه ضخامت گرده ی جوش (ترکیبی از گرده داخل بعلاوه گرده بیرونی) در نظر گرفته می شود. وقتی که از تکنیک "superimposed" DWE/DWV استفاده می شود ضخامت جوش دو برابر ضخامت دیواره بعلاوه دو ضخامت گرده ی جوش (ترکیبی از گرده داخل بعلاوه گرده بیرونی) در نظر گرفته می شود.

Table 8—Weld Thickness vs Diameter of ASTM E747 Wire Type IQI

Weld Thickness		Essential Wire Diameter		ASTM Set Letter
in.	mm	in.	mm	
0 to 0.250	0 to 6.4	0.008	0.20	A
>0.250 to 0.375	>6.4 to 9.5	0.010	0.25	A or B
>0.375 to 0.500	>9.5 to 12.7	0.013	0.33	B
>0.500 to 0.750	>12.7 to 19.1	0.016	0.41	B
>0.750 to 1.000	>19.1 to 25.4	0.020	0.51	B
>1.000 to 2.000	>25.4 to 50.8	0.025	0.64	B

تصویر ۶۰۵: انتخاب وایر مناسب (I.Q.I) بر اساس استاندارد ASTM E747 در استاندارد API 1104-2018

Table 9—Weld Thickness vs Diameter of ISO Wire Type IQI

Weld Thickness		Essential Wire Diameter		Wire Identity
in.	mm	in.	mm	
0 to 0.250	0 to 6.4	0.008	0.20	13
>0.250 to 0.375	>6.4 to 9.5	0.010	0.25	12
>0.375 to 0.500	>9.5 to 12.7	0.013	0.33	11
>0.500 to 0.750	>12.7 to 19.1	0.016	0.41	10
>0.750 to 1.000	>19.1 to 25.4	0.020	0.51	9
>1.000 to 2.000	>25.4 to 50.8	0.025	0.64	8

تصویر ۶۰۶: انتخاب وایر مناسب (I.Q.I) بر اساس استاندارد ISO در استاندارد API 1104-2018

در استاندارد API 1104 در جدول 9 (تصویر ۶۰۶) وایری که باید با توجه به ضخامت فلز پایه و ضخامت گرده جوش (مقدار مجاز گرده جوش از داخل و از بیرون لوله) در فیلم رادیوگرافی دیده شود را مشخص کرده است. این جدول مقدار حساسیت قابل قبول را برای ضخامتهای مختلف تعیین کرده است.

توجه:

در محاسبه ضخامت برای تعیین I.Q.I مناسب در جوشهایی که گرده جوش دارند طبق یادداشت پاراگراف 11.1.5 بایستی ضخامت پاس نهایی را به ضخامت فلز پایه اضافه نمود. استاندارد API 1104 بطور واضح در پاراگراف 7.8.2 گرده جوش (Weld reinforcement) را (1.6 mm) 1/16 in. مشخص کرده است و ضخامت مجاز نفوذ اضافی را از داخل لوله مشخص نکرده است. در این زمینه با کمیته مربوط به استاندارد API 1104 مکاتبه کردم ولی نتیجه ای حاصل نگردید زیرا این موضوع ممکن است مفسر را در تشخیص مقدار مجاز نفوذ اضافی دچار مشکل نماید.

■ انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد API 5L-2018

در پاراگراف E.4.3.1 از استاندارد API 5L-2018 به صراحت قید شده است، باید از I.Q.I نوع وایری استفاده نمود.

E.4.3 Image quality indicators (IQIs)

E.4.3.1 Unless otherwise agreed, wire-type IQIs shall be used. If other standard image quality indicators are used, equivalent or better sensitivity shall be achieved.

E.4.3.2 If ISO wire-type IQIs are used, they shall be W 1 FE, W 6 FE or W 10 FE, in accordance with ISO 19232-1:2004, and the essential wire diameters shall be as given in Table E.3 for the applicable weld thickness.

E.4.3.3 If ASTM wire-type IQIs are used, they shall be in accordance with ASTM E747 and the essential wire diameters shall be as given in Table E.4 for the applicable weld thickness.

تصویر ۶۰۷: وضعیت شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) نوع وایری بر اساس استاندارد API 5L-2018

Table E.3 — ISO wire-type IQI for radiographic inspection

Weld thickness ^a mm (in)	Essential wire diameter mm (in)	FE wire set	Wire number
≤ 8 (0.3)	0,16 (0.006)	W 10 to W 16	14
> 8 (0.3) to 11 (0.4)	0,20 (0.008)	W 10 to W 16	13
> 11 (0.4) to 14 (0.6)	0,25 (0.010)	W 10 to W 16 or W 6 to W 12	12
> 14 (0.6) to 18 (0.7)	0,32 (0.013)	W 10 to W 16 or W 6 to W 12	11
> 18 (0.7) to 25 (1.0)	0,40 (0.016)	W 10 to W 16 or W 6 to W 12	10
> 25 (1.0) to 32 (1.2)	0,50 (0.020)	W 6 to W 12	9
> 32 (1.2) to 41 (1.6)	0,63 (0,025)	W 6 to W 12	8
> 41 (1.6) to 50 (2.0)	0,80 (0.032)	W 6 to W 12	7
> 50 (2.0)	1,00 (0.039)	W 6 to W 12	6

^a The weld thickness is the sum of the specified wall thickness and the estimated thickness of the weld reinforcement.

تصویر ۶۰۸: انتخاب وایر مناسب شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) نوع وایری بر اساس API 5L-2018

جدول E.3 در استاندارد API 5L-2018 با توجه به ضخامت فلز پایه و ضخامت گرده جوش وایری که باید در فیلم رادیوگرافی دیده شود را مشخص کرده است، در این جدول مقدار حساسیت قابل قبول برای ضخامتهای مختلف تعیین شده است.

■ انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد API 650-2020

در استاندارد API 650-2020 به صراحت در باره نوع شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) اشاره ای نشده است اما در پاراگراف 8.1.3.1 به صراحت قید شده که تکنیک رادیوگرافی می بایست براساس استاندارد ASME Sec. V, Article 2 باشد و با رجوع به این بخش از استاندارد ASME Sec. V, Article 2 در پاراگراف (T-233.1 Standard IQI Design) در باره نوع شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) توضیح داده شده است.

8.1.3 Technique

8.1.3.1 Except as modified in this section, the radiographic examination method employed shall be in accordance with Section V, Article 2, of the ASME Code.

تصویر ۶۰۹: اجرای عملیات پرتونگاری در API 650-2020 بر اساس استاندارد ASME Sec. V

■ انتخاب I.Q.I (Wire Type) بر اساس استاندارد API 620-2018

در استاندارد API 620-2018 به صراحت در باره نوع شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) اشاره ای نشده است اما در پاراگراف 7.15.1 به صراحت قید شده که تکنیک رادیوگرافی می بایست براساس استاندارد ASME Sec. V, Article 2

باشد و با رجوع به این بخش از استاندارد 2 Article V, Sec. در پاراگراف (T-233.1 Standard IQI Design) در باره نوع شاخص کیفیت تصویر (I.Q.I) توضیح داده شده است. اما در پاراگراف 7.15.1.1 استفاده از جدول T-285 از استاندارد ASME Sec. V, Article 2 را فقط بعنوان راهنما قبول کرده است.

7.15 Examination Method and Acceptance Criteria

7.15.1 Radiographic Method

7.15.1.1 Except as modified in this section, the radiographic examination method employed shall be in accordance with Section V, Article 2 of the ASME Code. The requirements of T-285 in Section V, Article 2, are to be used only as a guide. Final acceptance of radiographs shall be based on the ability to see the prescribed image quality indicator (IQI) (penetrameter) and the specified hole or wire.

تصویر ۶۱۰: اجرای عملیات پرتونگاری در API 620-2018 بر اساس استاندارد ASME Sec. V

RADIOGRAPHY: Accessories

Image Quality Indicators (I.Q.I's) - Penetrameters

EN 462-1:1994 Wire Type were introduced as a EUROPEAN STANDARD to supersede the German Standards Institute (DIN 54,109) and the British Standards Institute (BS3971:1980 type 1) Image Quality Indicators. Each indicator consists of a series of seven parallel wires of different thicknesses mounted and encapsulated between two thin sheets of transparent, flexible PVC. A lead monogram indicates the number of the thickest wire, the material and the EN symbol.

Wire lengths ; 10mm, 25mm or 50mm (Please state length required when ordering)

Wire Diameters;

Wire Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wire Diam (mm)	3.20	2.50	2.00	1.60	1.25	1.00	0.80	0.63	0.50	0.40
Wire Number	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Wire Diam (mm)	0.32	0.25	0.20	0.16	0.125	0.10	0.08	0.063	0.05	

Indicator Sizes:

There are four sizes of EN Image Quality Indicators.

Size 1 - contains wire numbers 1 to 7 and used for material thicknesses in the range of 40 to 160mm

Size 6 - contains wire numbers 6 to 12 and used for material thicknesses in the range of 12.5 to 50mm

Size 10 - contains wire numbers 10 to 16 and used for material thicknesses in the range of 5 to 20mm

Size 13 - contains wire numbers 13 to 19 and used for material thicknesses in the range 2.5 to 10mm

All sizes are available in Steel (Fe), Aluminium (Al), and Copper (Cu.) Titanium (Ti) Image Quality Indicators are only available in sizes 10 and 13. As an illustration the identification (i.e. lead monogram) for, say Size 1 (Wire numbers 1 to 7) in steel (Fe) would be 1 FE EN



تصویر ۶۱۱: توضیحی مختصر در باره I.Q.I



تصویر ۶۱۲: چند نمونه از I.Q.I

(۲۷) – انجام UT (Ultrasonic Test) بجای RT (Radiographic Test)

امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی، آزمایشات غیر مخرب (NDT) پیشرفتهای بسیار چشمگیری داشته اند. در عرصه علم و تکنولوژی رادیوگرافی بسیار پیشرفت کرده است اما در شرایط کنونی صنعت با توجه به خطرات و مشکلات اشعه پرتویی، رادیوگرافی به مشکلی بزرگ تبدیل شده است. به همین جهت جوامع صنعتی به سمت و سویی در حال گذر است تا این مشکلات را با مسئله ی جایگزینی تست اولتراسونیک بجای تست رادیوگرافی پیگیری و اجرایی نمایند. در این راستا بحث تست اولتراسونیک پیشرفته (Phased Array) بسیار گزینه مناسبی برای این جایگزینی می باشد.

یکی از آزمایشات مهم غیر مخرب، آزمایش التراسونیک می باشد. در گذشته چون نتایج تست UT بطور اسنادی ثبت نمی شد ایجاب می نمود که همزمان با اجرای عملیات تست UT یک بازرس مجرب و متخصص، حرکات و چگونگی کار اپراتور UT را کنترل نماید تا از صحت و سقم نتایج بدست آمده اطمینان حاصل شود.

از طرفی، در بعضی موارد امکان بررسی و تشخیص موجهای واقعی از موجهای کاذب به سختی انجام می گرفت. در واقع لازمه آن داشتن تجربه کافی و تسلط اپراتور و بازرس ناظر در زمینه تست UT بود. در چنین شرایطی نتیجه گیری و اظهار نظر سخت و بسیار دشوار می شد. اما امروزه با پیشرفت تکنولوژی و ارائه تست اولتراسونیک پیشرفته (Phased Array) این مشکلات به حداقل رسیده است.

جایگزینی UT بجای RT در مرحله ی اول بایستی دارای مجوز استناداری باشد، به این معنا که آیا استاندارد این مجوز را صادر کرده است یا خیر؟ در اینجا سعی شده است این موضوع بررسی شود.

☀ – مجوز جایگزینی UT بجای RT در استاندارد ASME Sec. VIII Div. 1

تا سال ۲۰۱۰ میلادی مطابق پاراگراف (7) (a) UW-11 این اجازه فقط برای Closure seam یعنی آخرین جوشی که امکان رادیوگرافی نداشت، صادر شده بود و در این پاراگراف قید شده است که عدم تجهیزات مناسب و لازم برای پرتونگاری نباید دلیلی برای این جایگزینی باشد.

**UW-11 RADIOGRAPHIC AND ULTRASONIC
EXAMINATION**

(a) (7) ultrasonic examination in accordance with UW-53 may be substituted for radiography for the final closure seam of a pressure vessel if the construction of the vessel does not permit interpretable radiographs in accordance with Code requirements. The absence of suitable radiographic equipment shall not be justification for such substitution.

2010 SECTION VIII — DIVISION 1

تصویر ۶۱۳: پاراگراف (7) UW-11-2010-Para.-ASME Sec. VIII

اما در سال ۲۰۱۱ میلادی به پاراگراف UW-51 یک بند اضافه گردید که در واقع مجوز جایگزینی UT بجای RT بطور رسمی صادر شد.

UW-51 RADIOGRAPHIC EXAMINATION OF WELDED JOINTS (a)

2011a SECTION VIII — DIVISION 1

(a) All welded joints to be radiographed shall be examined in accordance with Article 2 of Section V except as specified below.

(4) As an alternative to the radiographic examination requirements above, all welds in material $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) and greater in thickness may be examined using the ultrasonic (UT) method per the requirements of 7.5.5 of Section VIII, Division 2.

تصویر ۶۱۳: پاراگراف (4) (a) UW-51-Para. 1-2011a-ASME Sec. VIII, Div.

ترجمه: پاراگراف (4) (a) UW-51: به عنوان یک راهکار جایگزینی برای رادیوگرافی الزامات فوق، ممکن است تمام جوشهای متریال های با ضخامت ۱۳ میلیمتر و بزرگتر با استفاده از روش اولتراسونیک مطابق الزامات مندرج در پاراگراف 7.5.5 از بخش دوم این استاندارد یعنی ASME Section VIII Div. 2 آزمایش شوند. پس مطابق این پاراگراف می توان نتیجه گرفت که چنانچه مطابق الزامات مندرج در پاراگراف 7.5.5 از بخش دوم این استاندارد عمل نمود، می توان UT را جایگزین RT کرد. علاوه بر این پاراگراف، این مجوز در Code Case 2235 نیز بیان شده است. مطابق زیر:

Case 2235-9

**Use of Ultrasonic Examination in Lieu of Radiography
Section I; Section VIII, Divisions 1 and 2; and
Section XII**

Inquiry: Under what conditions and limitations may an ultrasonic examination be used in lieu of radiography, when radiography is required in accordance with Section I, para. PW-11; Section VIII, Division 1, para. UW-11(a); Section VIII, Division 2, Table AF-241.1; and Section XII, TE-230.1?

Reply: It is the opinion of the Committee that all welds in material $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) or greater in thickness in pressure vessels and power boilers may be examined using the ultrasonic (UT) method in lieu of the radiography (RT) method, provided that all of the following requirements are met:

Approval Date: October 11, 2005

تصویر ۶۱۴: مجوز جایگزینی UT بجای RT در Code Case 2235-9

در Code Case 2235 جایگزینی UT بجای RT برای استانداردهای زیر مجاز شناخته شده است:

ASME Section I (Rules for Construction of Power Boilers)

ASME Section VIII Div. 1-(Rules for Construction of Pressure Vessels)

ASME Section VIII Div. 2-(Alternative Rules for Construction of Pressure Vessels)

ASME Section XII-(Rules for Construction and Continued Service of Transport Tanks)

باید توجه کرد، Code Case 2235 محدوده‌ی ضخامت مجاز انجام این جایگزینی را ضخامت ۱۳ میلیمتر و بزرگتر در نظر گرفته است.

***- پاراگراف (4) (a) UW-51: این پاراگراف در سال 2013 دوباره ویرایش شد و در تغییر جدید، محدوده‌ی ضخامت از 13 mm به ضخامت 6 mm کاهش یافت.

(13) UW-51 RADIOGRAPHIC EXAMINATION OF WELDED JOINTS

(a) All welded joints to be radiographed shall be examined in accordance with Article 2 of Section V except as specified below.

(4) As an alternative to the radiographic examination requirements above, all welds in material $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) and greater in thickness may be examined using the ultrasonic (UT) method per the requirements of 7.5.5 of Section VIII, Division 2.

تصویر ۶۱۵: پاراگراف (4) (a) UW-51-Para. 1-2013-ASME Sec. VIII, Div.

ترجمه: پاراگراف (4) UW-51 (a) : به عنوان یک راهکار جایگزین برای رادیوگرافی الزامات فوق، ممکن است تمام جوشهای متریال های با ضخامت ۶ میلیمتر و بزرگتر با استفاده از روش اولتراسونیک مطابق الزامات مندرج در پاراگراف 7.5.5 از بخش دوم این استاندارد یعنی ASME Section VIII Div. 2 آزمایش شوند.

☀ - مجوز جایگزینی UT بجای RT در استاندارد ASME Sec. VIII Div. 2-2017

7.5.5 ULTRASONIC EXAMINATION USED IN LIEU OF RADIOGRAPHIC EXAMINATION

(17) **7.5.5.1** When used in lieu of the radiographic examination requirements of 7.5.3, automated or semi-automated ultrasonic examination shall be performed in accordance with a written procedure conforming to the requirements of Section V, Article 4, Mandatory Appendix VIII and the following additional requirements. For SAW welds in $2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}-\frac{1}{4}\text{V}$ vessels, additional ultrasonic examination is required and shall be in accordance with 7.5.4.1(e).

(a) The ultrasonic examination area shall include the volume of the weld, plus 50 mm (2 in.) on each side of the weld for material thickness greater than 200 mm (8 in.). For material thickness 200 mm (8 in.) or less, the ultrasonic examination area shall include the volume of the weld, plus the lesser of 25 mm (1 in.) or t on each side of the weld. Alternatively, examination volume may be reduced to include the actual heat-affected zone (HAZ) plus 6 mm ($\frac{1}{4}$ in.) of base material beyond the heat-affected zone on each side of the weld, provided the following requirements are met:

(1) The extent of the weld HAZ is measured and documented during the weld qualification process; and

(2) The ultrasonic transducer positioning and scanning device is controlled using a reference mark (paint or low stress stamp adjacent to the weld) to ensure that the actual HAZ plus an additional 6 mm (0.25 in.) of base metal is examined.

(b) The initial straight beam material.....

NOTE: Sectional scans (S-scans) with phased arrays may be used for the examination of welds, provided they are qualified satisfactorily in accordance with (e). S-scans provide a fan beam from a single emission point, which covers part or all of the weld, depending on transducer size, joint geometry, and section thickness. While S-scans can demonstrate good detectability from side drilled holes, because they are omnidirectional reflectors, the beams can be mis-oriented for planar reflectors (e.g., lack of fusion and cracks.) This is particularly true for thicker sections, and it is recommended that multiple linear passes with S-scans be utilized for components greater than 25 mm (1 in.) thick. An adequate number of flaws should be used in the demonstration block to ensure detectability for the entire weld volume.

تصویر ۶۱۶ : پاراگراف 7.5.5 از استاندارد ASME Sec. VIII Div. 2-2017

*- پاراگراف 7.5.5 : وقتی بجای الزامات آزمایش رادیوگرافی در پاراگراف 7.5.3 از آزمایش اولتراسونیک یا نیمه التراسونیک استفاده شود، آزمایش التراسونیک باید مطابق یک روش اجرایی تأیید شده بر اساس الزامات Article 4 و نیز ضمیمه اجباری VIII از استاندارد ASME Sec. V و نیز الزامات اضافی زیر انجام شود.
این الزامات اضافی بصورت مفصل در همین پاراگراف قید شده است که در صورت نیاز به این پاراگراف رجوع شود.

☀ - مجوز جایگزینی UT بجای RT در استاندارد ASME B31.3-2016

در استاندارد ASME B31.3 که مربوط به سیستم های لوله کشی فرآیندی است دارای ۶ فرآیند است

- 1- Category D Fluid Service
- 2- Category M Fluid Service
- 3- Elevated Temperature Fluid Service
- 4- Category High Pressure Piping
- 5- Category Normal Fluid Service
- 6- High Purity Fluid Service

در تمام سرویسها بجز سرویس Category High Pressure Piping انجام آزمایش رادیوگرافی یا اولتراسونیک را در کنار هم قرار داده و در بعضی مواقع موافقت مهندس طراح را الزامی دانسته است ولی در مجموع الزامی بر انجام آزمایش رادیوگرافی برای جوشهای خطوط این سرویسها وجود ندارد.. در اکثر قسمتهای مختلف این استاندارد درخواست NDT را

بصورت انتخابی (Optional) از میان رادیوگرافی یا اولتراسونیک یادآور شده است. بعضی از این درخواستها به شرح زیر است:

305.2.4 Elevated Temperature Fluid Service. In Elevated Temperature Fluid Service, all longitudinal or spiral (helical seam) welds in P-No. 4 or P-No. 5 materials shall be examined by 100% radiography or 100%

ultrasonic examination. Acceptance criteria are as stated in para. 341.3.2 and in Table 341.3.2, for Normal Fluid Service, unless otherwise specified.

341.4.4 Examination — Elevated Temperature Fluid Service. Piping in Elevated Temperature Fluid Service shall be examined to the extent specified herein or to any greater extent specified in the engineering design. Acceptance criteria are as stated in para. 341.3.2 and in Table 341.3.2, for Normal Fluid Service, unless the requirements for severe cyclic conditions apply or otherwise specified.

(b) *Additional Examination.* The examination requirements of para. 341.4.1(b) apply with the following exceptions:

(1) Fabrication for longitudinal and spiral (helical seam) welds in P-No. 4 and P-No. 5 materials, except those in components made in accordance with a listed specification, shall be examined by 100% radiography in accordance with para. 344.5, or by 100% ultrasonic examination in accordance with para. 344.6.

(2) Socket welds and branch connection welds in P-No. 4 and P-No. 5 materials that are not radiographed or ultrasonically examined shall be examined by magnetic particle or liquid penetrant methods in accordance with para. 344.3 or 344.4.

تصویر ۶۱۷: مجوز جایگزینی UT بجای RT در سرویس B31.3-2016-Elevated Temperature Fluid Service

341.4 Extent of Required Examination

341.4.1 Examination — Normal Fluid Service. Piping in Normal Fluid Service shall be examined to the extent specified herein or to any greater extent specified in the engineering design.

(b) Other Examination

(1) Not less than 5% of circumferential butt and miter groove welds shall be examined fully by random radiography in accordance with para. 344.5 or by random ultrasonic examination in accordance with para. 344.6.

تصویر ۶۱۸: مجوز جایگزینی UT بجای RT در سرویس B31.3-2016-Category Normal Fluid Service

341.4.3 Examination — Severe Cyclic Conditions. Piping to be used under severe cyclic conditions shall be examined to the extent specified herein or to any greater extent specified in the engineering design.

(b) *Other Examination.* All circumferential butt and miter groove welds and all fabricated branch connection welds comparable to those shown in Fig. 328.5.4E shall

be examined by 100% radiography in accordance with para. 344.5, or (if specified in the engineering design) by 100% ultrasonic examination in accordance with para. 344.6. Socket welds and branch connection welds that are not radiographed shall be examined by magnetic particle or liquid penetrant methods in accordance with para. 344.3 or 344.4.

تصویر ۶۱۹: مجوز جایگزینی UT بجای RT در شرایط B31.3-2016-Sever Cyclic Conditions

U341 EXAMINATION

Paragraph 341 applies. See paras. U341.3.2 and U341.4.1.

U341.3 Examination Requirements

U341.3.2 Acceptance Criteria. Where weld coupon examination is specified in the engineering design, acceptance criteria for all welds shall be as stated in the referencing code or standard (e.g., ASME BPE or SEMI) and shall at least meet the applicable requirements in para. 341.3.2.

U341.4 Extent of Required Examination

U341.4.1 Examination. A weld coupon examination in accordance with para. U344.8 may be used in lieu of the 5% random radiography/ultrasonic examination required in para. 341.4.1(b)(1) when the following are employed in fabrication:

- (a) autogenous automatic orbital welding
- (b) automatic orbital welding with the use of consumable insert rings

تصویر ۶۲۰: مجوز جایگزینی UT بجای RT در سرویس B31.3-2016-High Purity Fluid Service

در سرویس Category D Fluid Service به صراحت آزمایشی مشخص نشده است ولی با توجه به حساسیت کم چنین سرویسهایی، امکان جابجایی UT بجای RT وجود دارد.

341.4.2 Examination — Category D Fluid Service.
Piping and piping elements for Category D Fluid Service as designated in the engineering design shall be visually examined in accordance with para. 344.2 to the extent necessary to satisfy the examiner that components,

materials, and workmanship conform to the requirements of this Code and the engineering design. Acceptance criteria are as stated in para. 341.3.2 and in Table 341.3.2, for Category D fluid service, unless otherwise specified.

تصویر ۶۲۱: مجوز جایگزینی UT بجای RT در سرویس Category D Fluid Service

M341 EXAMINATION

Paragraphs 341.1, 341.2, 341.3, and 341.5 apply in their entirety. See para. M341.4.

M341.4 Extent of Required Examination

Paragraph 341.4.1 applies with the following exceptions:

(b) *Other Examination.* The radiography/ultrasonic examination requirements of para. 341.4.1(b)(1) apply, except that 100% of circumferential butt and miter welds and of fabricated lap and branch connection welds comparable to those shown in Fig. 328.5.4E; Fig. 328.5.4F; and Fig. 328.5.5, illustrations (d) and (e), shall be examined.

تصویر ۶۲۲: مجوز جایگزینی UT بجای RT در سرویس B31.3-2016-Category M Fluid Service

در سرویس High Pressure Piping جایگزینی UT بجای RT برای ضخامت های بیشتر از ۱۳ میلیمتر مجاز است.

K341.4.2 Radiographic and Ultrasonic Examination
(a) All girth, longitudinal, and branch connection welds shall be 100% radiographically examined, except as permitted in (b) below.

(b) When specified in the engineering design and with the owner's approval, ultrasonic examination of welds may be substituted for radiographic examination where $T_w \geq 13 \text{ mm } (1/2 \text{ in.})$.

تصویر ۶۲۳: مجوز جایگزینی UT بجای RT در سرویس Category High Pressure Piping

☀️ - مجوز جایگزینی UT بجای RT در استاندارد API-650-2020

استاندارد API-650 مربوط به ساخت مخازن ذخیره ای اتمسفریک می باشد.

Annex U (normative) Ultrasonic Examination in Lieu of Radiography

U.1 General U.1.1 Purpose

This Annex provides detailed rules for the use of the ultrasonic examination (UT) method for the examination of tank seams as permitted by 7.3.2.1. This alternative is limited to joints where the thickness of the thinner of the two members joined is greater than or equal to 10 mm ($3/8 \text{ in.}$).

تصویر ۶۲۴: مجوز جایگزینی UT بجای RT در استاندارد API-650-2020

استاندارد API-650 مجوز جایگزینی UT بجای RT را برای ضخامت ۱۰ میلیمتر و بزرگتر مجاز دانسته است. برای اطلاعات بیشتر به Appendix U این استاندارد مراجعه شود.

☀️ - مجوز جایگزینی UT بجای RT در استاندارد API-620-2018

Annex U (normative) Ultrasonic Examination in Lieu of Radiography

U.1 Purpose and Scope

This annex provides detailed rules for the use of the ultrasonic examination (UT) method for the examination of tank seams as permitted by 5.26, R.5.6, and Q.5.6. This alternative is limited to joints where the thickness of the thinner of the two members joined is greater than or equal to $1/4 \text{ in.}$

18

تصویر ۶۲۵: مجوز جایگزینی UT بجای RT در استاندارد API-620-2018

استاندارد API-620-2018 مجوز جایگزینی UT بجای RT را برای ضخامت ۶ میلیمتر و بزرگتر مجاز دانسته است. برای اطلاعات بیشتر به Annex U این استاندارد مراجعه شود.

(۲۸) - عیب تورق (Lamination)



تصویر ۶۲۶: عیب تورق (Lamination)

■ - عیب تورق (Lamination) در AWS WI-Ch*9 Welding Inspection Handbook

9.4.2 Delamination. Delamination is the separation of lamination under stress. The stresses may be generated by welding or by externally applied loads. Both lamination or delamination, if extended to the edges of the material, may be detected by visual, magnetic particle, or liquid penetrant examination. If lamination or delamination is a concern, ultrasonic testing should be conducted utilizing the straight beam method to assure material integrity.

9.4.3 Lamellar Tearing. The mechanical properties such as tensile strength and ductility are anisotropic properties found in rolled or wrought base metals. Rolled and wrought structural materials can be susceptible to a cracking defect known as lamellar tearing. This crack has a characteristic morphology, which is steplike in nature (see Figure 7.7). The most commonly accepted theory is that when restraint stresses and thermal strains imposed by welding exceed the strength of the material in the through thickness direction, the stress concentration at non-metallic inclusions (common to most structural materials) initiates cracks. The cracks initiate by decohesion of the inclusion metal interface and propagate by ductile rupture to the next inclusion in that plane or by localized shear fracture to an inclusion which is in a slightly different plane.

تصویر ۶۲۷: عیب تورق (Lamination) در AWS-WI-2015-Ch*9

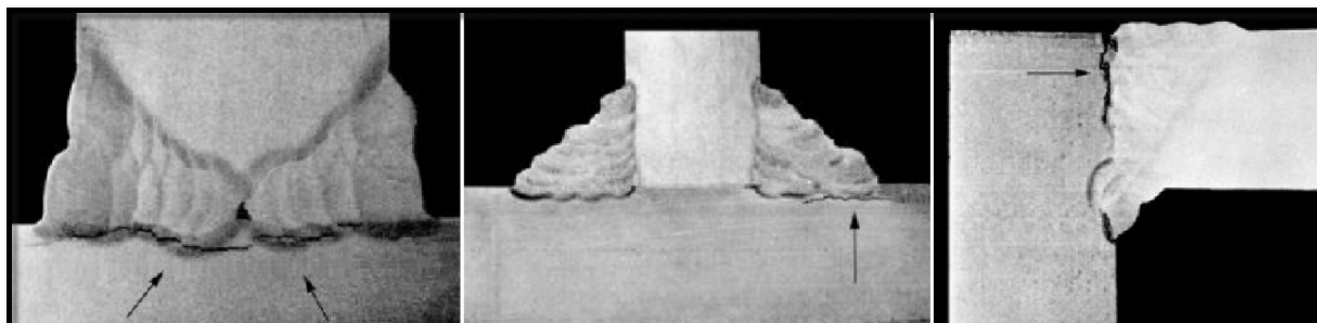


Figure 7.7—Closeup of Lamellar Tear Under a Fillet Weld Showing Typical Stepped Appearance (Magnification 8X)

تصویر ۶۲۸: پاره گی لایه لایه ای زیر جوش گوشه ای

※- پاراگراف 9.4.2 (Delamination) - تورق، لایه لایه شدن: لایه لایه شدن در واقع جدایش تورق تحت تنش می باشد. تنش ها ممکن است بوسیله جوشکاری یا بوسیله ی بارهای اعمال شده ی خارجی ایجاد شوند، چنانچه تورق یا لایه لایه شدن به لبه های متریال گسترش پیدا کند ممکن است بوسیله بازرسی چشمی، آزمایش ذرات مغناطیسی یا آزمایش مایع نافذ مشخص گردند. چنانچه تورق یا لایه لایه شدن اهمیت داشته باشد بایستی آزمایش اولتراسونیک به روش پرتو مستقیم (Straight beam) مورد استفاده قرار گیرد تا اطمینان حاصل گردد که متریال سالم و بی عیب است.

※- پاراگراف 9.4.3 (Lamellar Tearing) - پارگی ناشی از لایه لایه شدن:

خواص مکانیکی همچون استحکام کششی و انعطاف پذیری در نورد یا فلز پایه کار شده به عنوان خواص ناهمسانگردی ریخته گری می باشند. متریال های نورد شده یا کار شده می توانند مستعد ایجاد ترک که بعنوان پارگی ناشی از لایه لایه شدن شناخته می شود، باشند. این ترک دارای ماهیت و خصوصیات پلکانی است (تصویر ۶۲۸- 7.7 را ببینید). رایج ترین نظریه پذیرفته شده این است که وقتی تنش های ناشی از خستگی و کرنش های حرارتی بوسیله جوشکاری اعمال می گردد، استحکام متریال در جهت ضخامت افزایش می یابد تمرکز تنش در ناخالصی های غیر فلزی (اغلب در ساختار متریال ها رایج می باشد) باعث شروع ترک ها می گردند. در همان سطح ترکها از طریق متصل شدن ناخالصی ها در فلز شروع می گردند و از طریق گسیختگی گسترده و نیز از اتصال به ناخالصی های دیگر گسترده تر می گردند یا از طریق شکست ناشی از برش که در یک ناخالصی متمرکز شده است و کمی متفاوت تر از سطح می باشد، گسترش می یابند.

Laminations And Lamellar Tearing

AWS WI * CH * 7

While the terms "lamination" and "lamellar tearing" sound quite similar, occur primarily in the same places, and are likely to produce similar failures, they represent two distinctly different phenomena.

Laminations are inclusions or separations that exist in the material as the result of impurities (such as sulfates or silicates) that segregate during ingot solidification and are subsequently

flattened during rolling or hot working applications. Thus, they are most likely to occur at or near the center of plates as indicated on Fig. 7.9. The probability of plates containing laminations increases with the thickness of the plate and decreases with increased cleanliness of the steel. Laminations are seldom, if ever, found in castings.

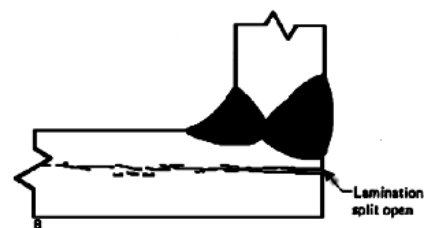
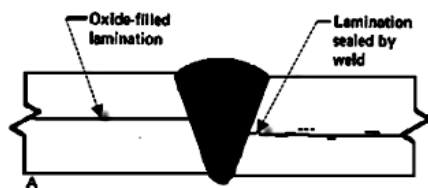


Fig. 7.9--Laminations in welded assemblies

تصویر ۶۲۹: عیب تورق (Lamination) در AWS WI Ch*7

ناخالصی لایه ای و جدا شدن لایه ای:

در حالی که عبارت های ناخالصی لایه ای و جدا شدن لایه ای کاملاً مشابه هم می باشند و عمدتاً در یک محل رخ می دهند و تمایل دارند شکستهای مشابه ای را تولید کنند ولی دو پدیده کاملاً متفاوت هستند. دولاگی شامل ناخالصی ها یا جدایش هایی هستند که به علت عناصر مضر همچون سولفات ها و سیلیکات ها در ساختار کریستالی فلز ایجاد می شوند. جدایش ها به هنگام انجماد فلز در قالب ایجاد می شوند و در خلال نورد یا کار گرم کشیده و تخت می شوند و اغلب نزدیک به مرکز ورق رخ میدهند همانطور که در تصویر ۶۲۹ نشان داده شده است، احتمال ایجاد لایه با زیاد شدن ضخامت افزایش و با زیاد شدن درجه تمیزی فولاد کاهش می یابد. لایه ها بندرت در قطعات ریختگی یافت می شوند.

☀ - محدوده‌ی عیب تورق (Lamination) در استاندارد API-5L-2018

3.1.31**lamination**

Internal metal separation that creates layers, generally parallel to the pipe surface.

تصویر ۶۳۰: تعریف تورق (Lamination) API-5L-2018

***- پاراگراف 3.1.31 - تورق:

تورق عبارت است از جدا شدن فلز از داخل (لایه شدن) که لایه‌هایی عمده‌تاً موازی با سطح لوله ایجاد می‌نماید.

■ - میزان مجاز Lamination در استاندارد API-5L-2018

عیب تورق (Lamination) بوسیله رادیوگرافی قابل شناسایی نمی‌باشد بلکه این عیب بوسیله روش اولتراسونیک قابل شناسایی است.

9.10.4 LaminationsLaminations or inclusions extending into the face or bevel of the pipe and having a visually determined length in the circumferential direction $> 6.4 \text{ mm}$ (0.250 in.) shall be classified as defects. Pipes that contain such defects shall be rejected or cut back until no such lamination or inclusion is present at the pipe ends.

تصویر ۶۳۱: محدوده و میزان تورق (Lamination) API-5L-2018

*- پاراگراف 9.10.4 - لایه‌ای شدن:

عیوب لایه‌ای و ناخالصی‌هایی که تا سطح فلز پایه یا سطح پخ (Bevel) لوله امتداد می‌یابند و طول آن در امتداد محیط بیشتر از 6.4 mm (0.25 in.) باشد باید جزء عیوب محسوب گردند. لوله‌هایی که دارای چنین عیوبی هستند باید مردود اعلام گردند یا آنقدر از طول آن بریده شود تا چنین عیوب لایه‌ای یا ناخالصی در انتهای لوله مشاهده نگردد.**Annex K (normative)****Non-destructive inspection for pipe ordered for sour service and/or offshore service****K.3 Non-destructive inspection of SMLS pipe****K.3.1 Ultrasonic inspection for longitudinal imperfections****K.3.2 Laminar imperfections in the pipe body****K.3.2.1** For sour service, individual laminations and/or lamination densities exceeding the acceptance limits for sour service given in Table K.1 shall be classified as defects. Compliance with such requirements shall be verified by ultrasonic inspection in accordance with ISO 10893-8 (except 4.2), ASTM A435 or ASTM A578. The coverage during automatic inspection shall be $\geq 20 \%$ of the pipe surface.**K.3.2.2** For offshore service, individual laminations and/or lamination densities exceeding the acceptance limits for offshore service given in Table K.1 shall be classified as defects. If agreed, compliance with such requirements shall be verified by ultrasonic inspection in accordance with ISO 10893-8 (except 4.2), ASTM A435 or ASTM A578. The coverage during automatic inspection shall be $\geq 20 \%$ of the pipe surface.

تصویر ۶۳۲: محدوده و میزان تورق (Lamination) در سرویسهای ترش API-5L-2018

ضمیمه K (قانونی - اصلی)

***- پاراگراف K.3: بازرسی غیر مخرب از لوله بدون درز SMLS pipe

*- پاراگراف K.3.1: بازرسی التراسونیک برای نواقص خطی.

*- پاراگراف K.3.2 - نواقص لایه ای در بدنه لوله.

*- پاراگراف K.3.2.1 - برای سرویسهای ترش، نقایص لایه ای منفرد و یا دولایگی هایی که دانسیته آنها از محدوده مجاز ذکر شده در جدول K-1 تجاوز نماید باید عیب محسوب گردند. چنانچه توافقی صورت گیرد، مطابقت با چنین الزاماتی باید بوسیله تست التراسونیک مطابق با ASTM A435, ISO 10893-8 یا ASTM A578 (به استثناء 4.2) تایید گردند. همپوشانی در خلال بازرسی اتوماتیک باید برابر یا بیشتر از 20% سطح لوله باشد.

*- پاراگراف K.3.2.2 - برای سرویسهای Offshore، نقایص لایه ای منفرد و یا آنهایی که دانسیته آنها از محدوده مجاز ذکر شده در جدول K-1 برای سرویسهای Offshore تجاوز نمایند باید به عنوان عیب تلقی گردند. در صورت موافقت، انطباق چنین الزاماتی باید بوسیله تست التراسونیک مطابق با ASTM A 435, ISO 10893-8 یا ASTM A578 (به استثناء 4.2) تایید گردند. همپوشانی در خلال بازرسی اتوماتیک باید برابر یا بیشتر از 20% سطح لوله باشد.

Table K.1 — Acceptance criteria for laminar imperfections

Service condition	Maximum individual imperfection		Minimum imperfection size considered			Maximum population density ^a
	Area mm ² (in ²)	Length mm (in)	Area mm ² (in ²)	Length mm (in)	Width mm (in)	
Pipe body (or strip/plate body)						
Offshore	1 000 (1.6)	Not specified	300 (0.5)	35 (1.4)	8 (0.3)	10 [per 1,0 m (3.3 ft) × 1,0 m (3.3 ft) square] ^b
Sour	500 (0.8)		150 (0.2)	15 (0.6)	8 (0.3)	10 [per 500 mm (1.6 ft) × 500 mm (1.6 ft) square] ^c
Sour, if agreed	100 (0.16)		30 (0.05)	5 (0.2)	5 (0.2)	5 [per 500 mm (1.6 ft) × 500 mm (1.6 ft) square] ^c
Strip/plate edges or areas adjacent to the weld seam ^d						
Sour or offshore	100 (0.16)	20 (0.8)	—	10 (0.4)	—	3 [per 1,0 m (3.3 ft) length]

تصویر ۶۳۳: محدوده و میزان تورق (Lamination) در سرویسهای مختلف API-5L-2018

یادداشتهای جدول K.1:

یادداشت ۱: برای یک عیب بزرگتر از حداقل اندازه نقص، حداقل سطح، حداقل طول و حداقل پهنای داده شده برای بدنه لوله (یا بدنه تسمه/ ورق) همگی باید بیشتر باشند.

یادداشت ۲: برای تعیین دامنه سطح مشکوک، سطوح مشکوک مجاور که فاصله آنها کمتر از محورهای کوچکتر سطوح مجاور می باشند باید به عنوان یک سطح در نظر گرفته شود.

(a) - تعداد نقایص کوچکتر از حداکثر و بزرگتر از حداقل اندازه نقص

(b) - برای لوله با قطر کوچکتر از 323.9 mm (12.375 in.) یا نوار / ورق های با پهنای کوچکتر از

1000 mm (39.4 in.) حداکثر تجمع دانسیته از موردی بدست می آید که مربوط به 1.0 m^2 (10.8 ft^2) می باشد.

- (c) - برای لوله با قطر کوچکتر از 168.3 mm (6.375 in.) یا نوار / ورق های با پهنای کوچکتر از 500 mm حداکثر تجمع دانسیته از موردی بدست می آید که مربوط به مساحت 0.25 m^2 (2.7 ft^2) می باشد.
- (d) - حداکثر مساحت نقایص لبه ها عبارتست از حاصل ضرب حداکثر طول نقص (طول عبارت است از اندازه ای که موازی لبه متریال می باشد) در عرض آن. اگر طول یا عرض نقص از حداکثر اندازه نقص بیشتر باشد آن نقص را باید بزرگتر از حداکثر اندازه عیب در نظر گرفت.

☀ - عیب Lamination در استاندارد IPS

در استاندارد IPS لایه لایه شدن بدنه لوله، عیب محسوب می شود ولی میزان مجازی برای آن مشخص نشده است.

■ - عیب Lamination در استاندارد IPS-C-PI-290-(Piping)

IPS	مهر ۱۳۸۸ / Oct 2009	IPS-C-PI-290(1)
9.2.4.4 Scanning	۹-۴-۲-۴ پیمایش	
9.2.4.4.1 Parent metal	۹-۴-۲-۴-۱ فلز اصلی	
Parent metal at both sides of welded joints, to the extend necessary for weld examination, shall be scanned using straight beam technique for:	فلز اصلی در دو طرف اتصالات جوشی تا حد لازم برای آزمایش جوش، باید با استفاده از روش پرتو مستقیم برای موارد زیر مورد پیمایش قرار گیرد:	
a) Locating any flaws, such as laminations and tears.	الف) محل یابی هر عیب، مثل تورق و زدگی.	
b) Determining actual material thickness.	ب) تعیین ضخامت واقعی فلز.	

تصویر ۶۳۴: وضعیت تورق (Lamination) در استاندارد IPS-C-PI-290

■ - عیب Lamination در استاندارد IPS-C-PI-270 (PipeLine)

IPS	آبان ۱۳۸۸ / Nov. 2009	IPS-C-PI-270(2)
7.4.2 Field bevel	۷-۴-۲ پخ در محل اجرا	
After grinding, the beveled edges shall be visually examined to ensure freedom from defects. Any beveled edge that has been damaged shall be restored to within the tolerances required by the welding procedure to be applied. Restoration involving welding is not permitted. Should laminations or split ends be discovered in any pipe, the full pipe joint shall be removed and subjected to full ultrasonic examination for the presence of laminations in accordance of the line pipe purchase specification before partial reuse is considered.	بعد از سنگ زنی لبه های پخ از نظر عاری بودن از هر نوع نقص، باید بازرسی چشمی شوند. هر لبه پخ که صدمه دیده باشد باید در محدوده رواداری های ذکر شده در روش جوشکاری، ترمیم گردد. ترمیم با جوشکاری مجاز نمی باشد. در صورت پیدا شدن تورق یا شکاف در انتهای هر لوله، تمام لبه اتصال لوله باید برداشته شده و قبل از تصمیم در مورد استفاده مجدد از قسمتی از آن و به منظور وجود تورق در آن قسمت باید طبق مشخصات فنی خرید لوله تحت آزمایش کامل با دستگاه ماوراء صورت قرار گیرد.	

تصویر ۶۳۵: وضعیت تورق (Lamination) در استاندارد IPS-C-PI-270

■ عیب Lamination در استاندارد API-650-2020-Storage Tank

- **6.2.4.a** The Manufacturer shall visually inspect all edges of shell and roof plates before installing the plates in the tank or before inserting a nozzle into the plate to determine if laminations are present. If a lamination is visually detected, the Manufacturer shall ultrasonically examine the area to determine the extent of the laminations and shall reject the plate or make repairs in accordance with 6.2.4b.
- **6.2.4.b** For laminations found not exceeding 75 mm (3 in.) in length or 25 mm (1 in.) in depth, repairs may be made by edge gouging and rewelding to seal the lamination. The Manufacturer shall submit the edge repair procedure for Purchaser acceptance prior to the start of fabrication. For laminations exceeding these limits, the Manufacturer shall either reject the plate or repair the plate by entirely removing the lamination. Before making such repairs the Manufacturer shall document the extent of the lamination and submit a case-specific repair procedure for Purchaser approval.

تصویر ۶۳۶: وضعیت تورق (Lamination) در استاندارد API-650-2020

■- پاراگراف 6.2.4.a: چنانچه تورق وجود داشته باشد سازنده بایستی قبل از نصب کردن ورقهای بدنه و سقف در مخزن یا قبل از جاسازی نازل در ورق، لبه های ورق های تعیین شده را بصورت چشمی بازرسی نماید. چنانچه تورق بصورت چشمی قابل رویت باشد سازنده بایستی با انجام آزمایش اولتراسونیک مقطع ورق را برای تعیین گسترش تورق بررسی نماید و ورق یا تعمیرات انجام شده را مطابق پاراگراف 6.2.4.b مردود نماید.

■- پاراگراف 6.2.4.b: برای تورق هایی که طول آنها بیشتر از 75 mm یا عمق آنها بیشتر از 25 mm نباشد، ممکن است برای از بین بردن چنین تورق هایی تعمیرات بوسیله گوج کردن لبه ها و جوشکاری مجدد انجام شود. سازنده بایستی دستورالعمل تعمیر لبه ها را قبل از شروع ساخت (تعمیر) جهت پذیرش خریدار ارائه نماید. برای تورقهایی که از این محدوده ها بیشتر می باشند، سازنده بایستی یا ورق را مردود نماید یا ورق را بوسیله برداشتن تمام تورق تعمیر نماید. قبل از انجام دادن چنین تعمیراتی سازنده باید محدوده و گستره ی تورق را با مدرک ثبت نماید و یک دستورالعمل تعمیر برای تایید خریدار ارائه نماید.

■ عیب Lamination در استاندارد API-620-2018

7.6 Inspection of Materials

The plates and other material for parts that will be subjected to pressure-imposed loads shall be inspected before being incorporated in the tank. Particular attention shall be given to all cut edges to ensure that the material is free from serious laminations and other defects.

تصویر ۶۳۷: وضعیت تورق (Lamination) در استاندارد API-620-2018

■- پاراگراف 7.6: ورقها و متریالهای دیگری که در قسمت هایی از مخزن که در معرض بارهای ناشی از فشارهای احتمیلی قرار دارند بایستی قبل از اینکه عملیات مونتاژ قطعات مخزن (یکپارچه شدن قطعات بهم دیگر) شروع شود، بازرسی شوند. توجه ویژه ای نسبت به لبه های برش شده می بایست اتخاذ گردد تا اطمینان حاصل شود که متریالها عاری از هرگونه تورق (Lamination) خطرناک و عیوب دیگر می باشند.

توجه: در این استاندارد هیچگونه عیب تورق (Lamination) قابل قبول نیست.

■ عیب Lamination در استاندارد ASME B31.4-2019

434.5 Damage to Fabricated Items and Pipe

(b) Pipe shall be inspected before coating and before assembly into the mainline or manifolding. Distortion, buckling, denting, flattening, gouging, grooves, or notches, and all defects of this nature, shall be prevented, repaired, or eliminated as specified herein.

(3) Notches or laminations on pipe ends shall not be repaired. The damaged end shall be removed as a cylinder and the pipe end properly rebeveled.

تصویر ۶۳۸: وضعیت تورق (Lamination) در استاندارد ASME B31.4-2019

✱- پاراگراف 434.5 (Damage to Fabricated Items and Pipe) : خسارت به لوله و قطعات مونتاژ شده

✱- پاراگراف (b) 434.5 : لوله باید قبل از عایق شدن و قبل از مونتاژ و نیز قبل از قرار گرفتن در خط اصلی یا manifolding (چند راهه)، بازرسی شود. عیوبی همچون پیچیدگی، خمیدگی، گودی و تو رفتگی، فشردگی، کندگی، شیار یا دندان‌های شدن و بطور کلی همه‌ی عیوب با این ماهیت باید پیش‌گیری شوند، تعمیر شوند یا مطابق آنچه که در اینجا مشخص شده، برطرف شوند.

(3)- کنده کاری یا تورق در لبه‌های انتهایی لوله نباید تعمیر شوند. لبه‌های انتهایی که آسیب دیده‌اند یا خراب شده‌اند می‌بایست بصورت استوانه‌ای بر داشته شوند (shall be removed) و بطور مناسب مجدداً پخ زده شوند. (rebeveled)

نتیجه: در استاندارد ASME B31.4-2019 برای عیب تورق (Lamination) محدوده قابل قبولی تعریف نشده است.

۲۹) - عیب تو رفتگی یا گودی (Dents)

☀ - محدوده‌ی قابل قبول عیب تو رفتگی یا گودی (Dents)



تصویر ۶۳۹ : تو رفتگی یا گودی (Dents)

■ - میزان مجاز تو رفتگی یا گودی (Dents) در استاندارد API 5L-2018

9.10.5 Geometric deviations

9.10.5.2 For dents, the length in any direction shall be $\leq 0.5 D$ and the depth, measured as the gap between the extreme point of the dent and the prolongation of the normal contour of the pipe, shall not exceed the following:

- a) 3,2 mm (0.125 in) for cold-formed dents with sharp-bottom gouges;
- b) 6,4 mm (0.250 in) for other dents.

Dents that exceed the specified limits shall be considered defects and shall be treated in accordance with C.3 b) or C.3 c).

تصویر ۶۴۰ : میزان مجاز تو رفتگی یا گودی (Dents) بر اساس استاندارد API 5L-2018

✱- پاراگراف 9.10.5 - انحرافات هندسی:

- *- پاراگراف 9.10.5.2 - برای فرورفتگی ها (Dent)، در هر جهت از طول بدنه باید کوچکتر یا مساوی ($\leq 0.5D$) باشد و عمق آن که عبارت است از فاصله بین پایین ترین نقطه فرورفتگی تا سطح متریال لوله، نباید از موارد زیر تجاوز نماید:
- (a) - 3.2 mm (0.125 in) برای فرورفتگی های تیز که بطور سرد ایجاد شده اند.
- (b) - 6.4 mm (0.250 in) برای سایر فرورفتگی ها.
- فرورفتگی هایی که دارای ابعادی بیشتر از حدود مشخص شده می باشند باید به عنوان عیب شناخته شده و باید مطابق با پاراگراف های (C.3b) یا (C.3c) عمل نمود.

C.3 Treatment of non-dressable surface defects

Pipes that contain non-dressable surface defects shall be given one or more of the following dispositions.

- Weld defects in SAW and COW pipes shall be repaired by welding in accordance with Clause C.4.
- The sections of pipe containing the surface defects shall be cut off, within the limits on length.
- The entire pipe length shall be rejected.

تصویر ۶۴۱: قضاوت در مورد فرو رفتگیها یا گودی (Dents) که خارج از محدوده هستند. API 5L-2018

***- پاراگراف C.3 - عملیات بر روی عیوب سطحی غیر قابل روپوشانی:

لوله هایی که دارای عیوب سطحی غیر قابل روپوشانی هستند باید یکی از موارد زیر در مورد آنها بکار برده شود:

- عیوب جوش در لوله های SAW و COW باید مطابق با بخش C.4 بوسیله ی جوشکاری تعمیر شوند.
- قسمتهایی از لوله که دارای عیوب سطحی هستند باید تا آنجایی که محدوده طول مطابق با استاندارد اجازه می دهد بریده شوند.

(c) - کل طول لوله باید مردود اعلام گردد.

■ - میزان مجاز تو رفتگی یا گودی (Dents) در استاندارد ASME B31.4-2019

434.5 Damage to Fabricated Items and Pipe

(b) (5) A dent containing a stress concentrator, such as a scratch, gouge, groove, or arc burn, shall be removed by cutting out the damaged portion of the pipe as a cylinder.

(6) All dents that affect the curvature of the pipe at the seam or at any girth weld shall be removed as in para. 434.5(b)(5). All dents that exceed a maximum depth of $\frac{1}{4}$ in. (6.4 mm) in pipe NPS 12 and smaller, or 2% of

the nominal pipe diameter in sizes greater than NPS 12, shall not be permitted in pipelines intended to operate at a hoop stress of more than 20% of the specified minimum yield strength of the pipe. Insert patching, overlay, or pounding out of dents shall not be permitted in pipelines intended to operate at a hoop stress of more than 20% of the specified minimum yield strength of the pipe.

تصویر ۶۴۲: وضعیت گودی (Dents) در استاندارد ASME B31.4-2019

*- پاراگراف 434.5 (Damage to Fabricated Items and Pipe): صدمات وارد شده به لوله و مواد ساخته شده.

- (5)- تو رفتگی که دارای یک عیب متمرکز کننده تنش همچون خراش، گوج، شیار و جرقه قوس می باشد بایستی از طریق برش دادن بخش صدمه دیده ی لوله بصورت استوانه ای آنرا جدا نمود.

(6)- همه ی تورفتگی هایی که در درز جوش طولی یا جوش محیطی بر روی انحناء لوله تأثیر گذار می باشند بایستی مطابق با پاراگراف (b)(5) 434.5 برداشته شوند. کلیه ی تورفتگی هایی که عمق آنها در لوله های 12 in. و کمتر حداکثر بیشتر از $\frac{1}{4}$ in. (6.4 mm) می باشد یا در لوله های بزرگتر از 12 in. که عمق تورفتگی آنها 20 % قطر اسمی لوله می باشند نبایستی در خطوط لوله ای که تنش حلقوی (Hoop Stress) آن بیشتر از 20 % از حداقل استحکام تسلیم مشخص شده برای لوله می باشد، مجاز باشد.

در خطوط لوله ای که تنش حلقوی (Hoop Stress) آن بیشتر از 20 % از حداقل استحکام تسلیم مشخص شده برای لوله می باشد، ترمیم قسمت تورفتگی بوسیله ی وصله کردن، پوشش دادن بوسیله جوش یا جدا کردن قسمت تورفتگی مجاز نمی باشد.

※- پاراگراف 451 (PIPELINE OPERATION AND MAINTENANCE):

451 PIPELINE OPERATION AND MAINTENANCE

451.6.2.4 Dents. Dents exposed for examination that have any of the following characteristics shall be removed or repaired unless an engineering evaluation can demonstrate that other mitigative action as defined in API 1160 will reduce the risk to an acceptable level:

(a) dents containing gouges, grooving, scratches, cracking, or other stress riser

(b) dents containing metal loss resulting from corrosion or grinding where less than the minimum wall thickness permitted by the component specification

remains

(c) dents that affect pipe curvature at a girth weld or a longitudinal seam weld

(d) dents with a depth greater than 6% of the nominal pipe diameter [0.250 in. (6.4 mm) in depth for a pipe diameter NPS 4 and smaller]

The absence of any cracks shall be confirmed by inspection using magnetic-particle or dye-penetrant techniques. Prior to inspection, the surface of the dent shall be cleaned to bare metal. Dents that could restrict the passage of ILI tools should be removed.

تصویر ۶۴۳: وضعیت گودی (Dents) در استاندارد ASME B31.4-2019

※- پاراگراف 451.6.2.4 (Dents): تورفتگی ها

تورفتگی هایی که در معرض آزمایش قرار گرفته و دارای یکی از شرایط زیر می باشند بایستی آنها را برداشته یا تعمیر نمود مگر اینکه برآورد مهندسی بتواند اثبات نماید تخفیف هایی که در API 1160 مشخص شده اند احتمال خطر را به میزان قابل قبولی کاهش خواهند داد.

(a) - تورفتگی هایی که دارای گوج، شیار، خراش، ترک یا عیوب دیگری که تمرکز تنش در آنها وجود دارد.

(b) - تورفتگی هایی که بعلت خوردگی یا سنگ زنی دارای کاهش ضخامت شده اند و این کاهش ضخامت کمتر از حداقل ضخامت مجاز می باشد.

(c) - تورفتگی هایی که در جوش محیطی یا درز جوش طولی بر روی انحناء لوله تأثیر گذاشته است.

(d) - تورفتگی هایی با عمق بیشتر از 6% قطر اسمی لوله. [برای لوله های با قطر 4 in. و کمتر میزان عمق تورفتگی 6.4 mm است.]

Figure 451.6.2.2-1 Type I Interaction

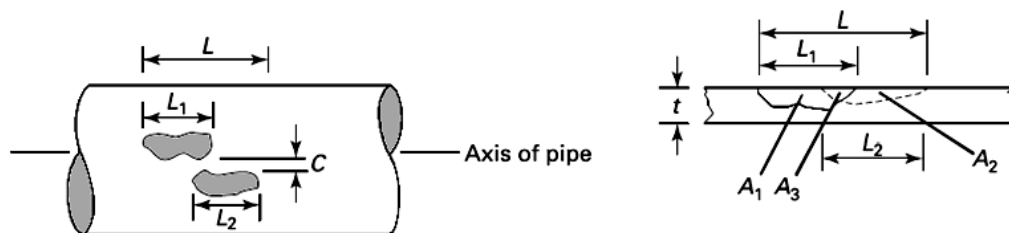
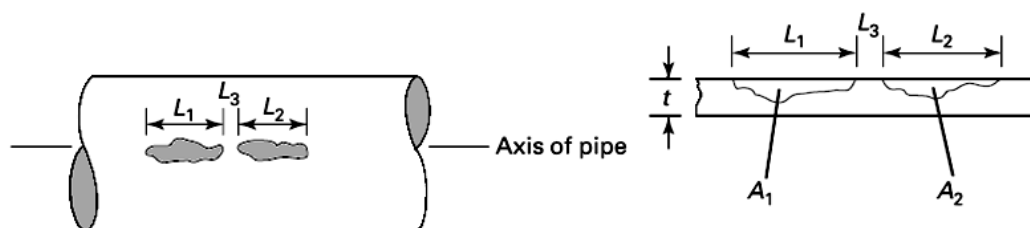


Figure 451.6.2.2-2 Type II Interaction



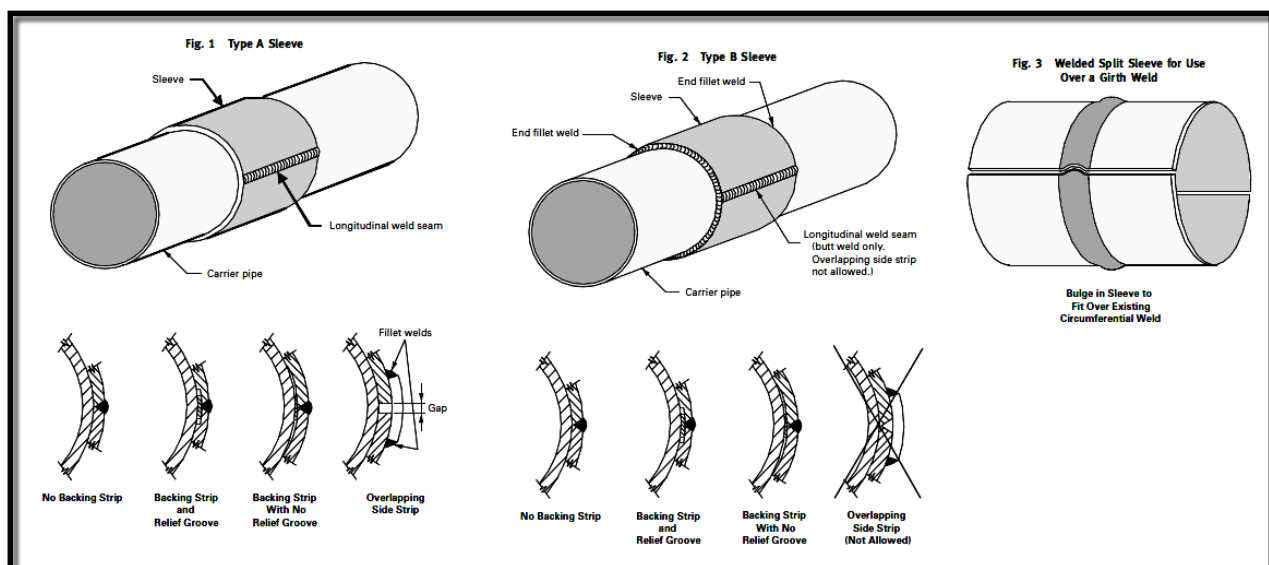
تصویر ۶۴۴: وضعیت فرورفتگی در لوله

Table 451.6.2.9-2 Acceptable Pipeline Repair Methods for Dents, Buckles, Ripples, Wrinkles, Leaking Couplings, and Defective Prior Repairs

Type of Defect	Repair Methods					
	1 Replace as Cylinder	2 Removal by Grinding	4a Reinforcing-Type Full Encirclement Sleeve (Type A)	4b Pressure- Containing Full Encirclement Sleeve (Type B)	5 Composite Sleeve	6 Mechanical Bolt-On Clamps
Dents $\leq 6\%$ of the diameter of the pipe containing seam or girth weld	Yes [Note (1)]	No	Limited [Note (2)]	Yes	Limited [Note (2)]	Yes
Dents $\leq 6\%$ of the diameter of the pipe containing gouge, groove, or crack	Yes [Note (1)]	Limited [Note (4)]	Limited [Notes (2), (3)]	Yes	Limited [Notes (2), (3)]	Yes
Dents $\leq 6\%$ of the diameter of the pipe containing external corrosion with depth exceeding $12\frac{1}{2}\%$ of wall thickness	Yes [Note (1)]	No	Limited [Note (2)]	Yes	Limited [Note (2)]	Yes
Dent exceeding 6% of the diameter of pipe	Yes [Note (1)]	No	Limited [Note (2)]	Yes	Limited [Notes (2), (3)]	Yes
Buckles, ripples, or wrinkles	Yes [Note (1)]	No	Limited [Note (2)]	Yes	No	Yes
Leaking coupling	Yes [Note (1)]	No	No	Yes	No	Yes
Defective sleeve from prior repair	Yes [Note (1)]	No	No	Yes	No	Yes

تصویر ۶۴۵: شرایط تعمیر Dents در جدول Table 451.6.2.9-2 از استاندارد ASME B31.4-2019

(۴) - چنانچه ترک، عیوب دارای تمرکز تنش یا عیوب دیگر وجود داشته باشد ممکن است آنها را بطور کامل صرفاً از روی لوله برداشت، برداشتن عیوب مذکور از طریق بازرسی چشمی و بازرسی ذرات مغناطیسی یا بازرسی مایع نافذ بررسی می گردند. (در زمینه جرقه قوس علاوه بر بازرسی های مذکور اچ کردن نیز انجام می شود) و ضخامت باقی مانده کمتر از حداقل ضخامتی که بوسیله ی مشخصات قطعه مجاز شده است، نباشد.



تصویر ۶۴۶: انواع Sleeve برگرفته از استاندارد ASME PCC-2-2018

۳۰ - تفاوت‌های لوله‌های PSL-1 و PSL-2 در API Specification 5L

لوله‌های تولید شده بر اساس قوانین API Specification 5L در دو سطح تحت عنوان PSL-1 و PSL-2 تولید می‌شوند. مشخصه‌ی این تولیدات از سه کلمه‌ی Product Specification Level گرفته شده است. این دو نوع تولید از نظر آنالیز شیمیایی و نیز از نظر محدودیتهای ساخت در برخی موارد با یکدیگر تفاوت‌هایی دارند که بنا به همین تفاوتها کاربردهای آنها نیز متفاوت می‌باشد. در اینجا سعی شده است این تفاوتها بیان شوند تا با تولیدات PSL-1 و PSL-2 بیشتر آشنا شویم.

جدول Appendix J از استاندارد API Specification 5L چاپ سال 2004 تفاوت این دو نوع تولید را در کنار هم مقایسه نموده است. البته این جدول در چاپ سال 2013 حذف شده است.

APPENDIX J— SUMMARY OF DIFFERENCES BETWEEN PSL 1 AND PSL 2 (INFORMATIVE)			
Parameter	PSL 1	PSL 2	Reference
Grade range	A25 through X70	B through X80	Table 1
Size range	0.405 through 80	41/2 through 80	Table 1
Type of Pipe Ends	Plain-end, threaded-end; belled-end; special coupling pipe	Plain-end	Table 1
Seam welding	All methods; continuous welding limited to Grade A25	All methods except continuous and laser welding	Table 1
Electric welds: welder frequency	No minimum	100 kHz minimum	5.1.3.3.2
Heat treatment of electric welds	Required for grades > X42	Required for all grades (B through X80)	5.1.3.3.1; 5.1.3.3.2; 6.2.6
Chemistry: max C for seamless pipe	0.28% for grades ≥ B	0.24%	Tables 2A, 2B
Chemistry: max C for welded pipe	0.26% for grades ≥ B	0.22%	Tables 2A, 2B
Chemistry: max P	0.030% for grades ≥ A	0.025%	Tables 2A, 2B
Chemistry: max S	0.030%	0.015%	Tables 2A, 2B
Carbon Equivalent:	Only when purchaser specifies SR18	Maximum required for each grade	4.2; 4.3; 6.1.3; SR15.1
Yield Strength, Maximum	None	Maximum for each grade	Tables 3A, 3B
UTS, Maximum	None	Maximum for each grade	Tables 3A, 3B
Fracture Toughness	None required	Required for all grades	6.2.5; 9.3.5; 9.10.4; 9.12.6; Table 14
Repair by welding of pipe body, plate, and skelp	Permitted	Prohibited	5.3.2; 9.9; B.1; B.2
Repair by welding of weld seams without filler metal	Permitted by agreement	Prohibited	4.3; 9.8.5.6; 9.9; B.1.2; B.4
Certification	Certificates when specified per SR15	Certificates (SR15.1) mandatory	12.1
Traceability	Traceable only until all tests are passed, unless SR 15 is specified	Traceable after completion of tests (SR15.2) mandatory	5.6

تصویر ۶۴۷: مقایسه PSL-1 و PSL-2

در Appendix J پارامترهای متفاوتی در مورد PSL-1 و PSL-2 با یکدیگر مقایسه شده است. پارامترهایی همچون گرید، سایز، خط جوش، آنالیز شیمیایی، حداکثر استحکام تسلیم، حداکثر استحکام نهایی، تعمیر بدنه لوله بوسیله جوشکاری و غیره

در یکی از مقالاتی که در کنفرانس سال 2008 در Orlando, Florida در مورد چاپ API Spec 5L, 44th Edition ارائه شده بود مطالب جالبی از مقایسه این دو نوع تولید بررسی شده است. در این مقاله چنین آمده:

- **2 PSL (Product Specification Levels)**
 - **PSL 1 - Basic requirements**
 - **PSL 2 - Enhanced requirements including mandatory notch toughness, restricted strength ranges, carbon equivalents for improving weldability**

تصویر ۶۴۸: مقایسه PSL-1 و PSL-2

تعریفی برای PSL-1: الزامات پایه (موارد مشترک در همه فولادها)

تعریفی برای PSL-2: الزامات بهبود یافته شامل: مقاومت ضربه، بازه استحکام محدود، کربن معادل برای خواص جوش پذیری.

در جدول زیر مقایسه ای بین PSL-1 و PSL-2 انجام شده است.

Product Specification Levels (PSL) Comparison		
Some differences between PSL 1 and PSL 2		
Attribute	PSL 1	PSL 2
Grade Range	A25 (L175) thru X70 (L485)	B (L245) thru X120 (L830)
Chemistry	C/Mn/P/S	C/Si/Mn/P/S/V/Nb/Ti/CE
End Condition	Plain, threaded or belled	Plain End
Seam Welding	All methods	Not COW or LW
EW Frequency	No minimum	70 KHz minimum
Yield Strength, min/max	Specified/None	Specified/Specified
Fracture toughness	If stipulated by customer	Mandatory minimums

تصویر ۶۴۹: مقایسه PSL-1 و PSL-2

لیست بعضی از تفاوتها:

محدوده‌ی گرید: PSL-1 از گرید A25 ~ X70 در صورتی که PSL-2 از گرید B ~ X120 می باشد.

محدوده‌ی آنالیز شیمیایی: برای PSL-1 مشخص کردن آنالیز عناصر C/Mn/P/S لازم است در صورتی که برای PSL-2 مشخص کردن آنالیز عناصر C/Si/Mn/P/S/V/Nb/Ti/CE لازم است.

کربن معادل: برای PSL-1 فقط با درخواست خریدار مشخص می شود در صورتی که برای PSL-2 تعیین حداکثر کربن معادل برای همه‌ی گریدها امری اجباری است.

استحکام تسلیم: مشخص کردن حداکثر استحکام تسلیم برای PSL-2 الزامیست در صورتی که برای PSL-1 الزامی نمی باشد.

تست ضربه: تعیین حداقل انرژی جذب شده برای PSL-2 اجباری است در صورتی که برای PSL-1 چنانچه خریدار مشخص کرده باشد باید انجام شود.

روش جوشکاری: برای جوشکاری لوله های PSL-1 می توان از همه‌ی روشها استفاده کرد اما برای لوله های PSL-2 از روشهای COW و LW نمی توان استفاده کرد.

تعمیر بدنه با جوشکاری: برای تعمیر بدنه لوله های PSL-1 می توان از روش جوشکاری استفاده کرد اما تعمیر بدنه لوله های PSL-2 با روش جوشکاری ممنوع (Prohibited) است.

تعمیر درز جوش: برای تعمیر درز جوشهایی که بدون فیلمتال جوش شده اند برای لوله های PSL-1 با توافق می توان از روش جوشکاری استفاده کرد اما تعمیر درز جوشهایی که بدون فیلمتال جوش شده اند برای لوله های PSL-2 با روش جوشکاری ممنوع (Prohibited) است.

در جدول های زیر الزامات آنالیز شیمیایی دو نوع تولید PSL-1 و PSL-2 به صورت مجزا با یکدیگر مقایسه شده است.

Table 4 — Chemical composition for PSL 1 pipe with $t \leq 25,0$ mm (0.984 in)								
Steel grade (Steel name)	Mass fraction, based upon heat and product analyses ^a							
	C max. ^b	Mn max. ^b	P min.	S max.	V max.	Nb max.	Ti max.	
Seamless pipe								
L175 or A25	0,21	0,60	—	0,030	—	—	—	—
L175P or A25P	0,21	0,60	0,045	0,080	—	—	—	—
L210 or A	0,22	0,90	—	0,030	—	—	—	—
L245 or B	0,28	1,20	—	0,030	c,d	c,d	d	d
L290 or X42	0,28	1,30	—	0,030	d	d	d	d
L320 or X46	0,28	1,40	—	0,030	d	d	d	d
L360 or X52	0,28	1,40	—	0,030	d	d	d	d
L390 or X56	0,28	1,40	—	0,030	d	d	d	d
L415 or X60	0,28 ^e	1,40 ^e	—	0,030	f	f	f	f
L450 or X65	0,28 ^e	1,40 ^e	—	0,030	f	f	f	f
L485 or X70	0,28 ^e	1,40 ^e	—	0,030	f	f	f	f
Welded pipe								
L175 or A25	0,21	0,60	—	0,030	—	—	—	—
L175P or A25P	0,21	0,60	0,045	0,080	—	—	—	—
L210 or A	0,22	0,90	—	0,030	—	—	—	—
L245 or B	0,26	1,20	—	0,030	c,d	c,d	d	d
L290 or X42	0,26	1,30	—	0,030	d	d	d	d
L320 or X46	0,26	1,40	—	0,030	d	d	d	d
L360 or X52	0,26	1,40	—	0,030	d	d	d	d
L390 or X56	0,26	1,40	—	0,030	d	d	d	d
L415 or X60	0,26 ^e	1,40 ^e	—	0,030	f	f	f	f
L450 or X65	0,26 ^e	1,45 ^e	—	0,030	f	f	f	f
L485 or X70	0,26 ^e	1,65 ^e	—	0,030	f	f	f	f

تصویر ۶۵۰: جدول ۴ مربوط به آنالیز شیمیایی PSL-1

Table 5 — Chemical composition for PSL 2 pipe with $t \leq 25,0$ mm (0.984 in)											
Steel grade (Steel name)	Mass fraction, based upon heat and product analyses % maximum									Carbon equivalent ^a % maximum	
	C ^b	Si	Mn ^b	P	S	V	Nb	Ti	Other	CE _{IW}	CE _{Pcm}
Seamless and welded pipes											
L245R or BR	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	c	c	0,04	e	0,43	0,25
L290R or X42R	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	0,06	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L245N or BN	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	c	c	0,04	e	0,43	0,25
L290N or X42N	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	0,06	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L320N or X46N	0,24	0,40	1,40	0,025	0,015	0,07	0,05	0,04	d,e	0,43	0,25
L360N or X52N	0,24	0,45	1,40	0,025	0,015	0,10	0,05	0,04	d,e	0,43	0,25
L390N or X56N	0,24	0,45	1,40	0,025	0,015	0,10 ^f	0,05	0,04	d,e	0,43	0,25
L415N or X60N	0,24 ^f	0,45 ^f	1,40 ^f	0,025	0,015	0,10 ^f	0,05 ^f	0,04 ^f	g,h	as agreed	
L245Q or BQ	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L290Q or X42Q	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L320Q or X46Q	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L360Q or X52Q	0,18	0,45	1,50	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L390Q or X56Q	0,18	0,45	1,50	0,025	0,015	0,07	0,05	0,04	d,e	0,43	0,25
L415Q or X60Q	0,18 ^f	0,45 ^f	1,70 ^f	0,025	0,015	g	g	g	h	0,43	0,25
L450Q or X65Q	0,18 ^f	0,45 ^f	1,70 ^f	0,025	0,015	g	g	g	h	0,43	0,25
L485Q or X70Q	0,18 ^f	0,45 ^f	1,80 ^f	0,025	0,015	g	g	g	h	0,43	0,25
L555Q or X80Q	0,18 ^f	0,45 ^f	1,90 ^f	0,025	0,015	g	g	g	ij	as agreed	
Welded pipe											
L245M or BM	0,22	0,45	1,20	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L290M or X42M	0,22	0,45	1,30	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L320M or X46M	0,22	0,45	1,30	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e	0,43	0,25
L360M or X52M	0,22	0,45	1,40	0,025	0,015	d	d	d	e	0,43	0,25
L390M or X56M	0,22	0,45	1,40	0,025	0,015	d	d	d	e	0,43	0,25
L415M or X60M	0,12 ^f	0,45 ^f	1,60 ^f	0,025	0,015	g	g	g	h	0,43	0,25
L450M or X65M	0,12 ^f	0,45 ^f	1,60 ^f	0,025	0,015	g	g	g	h	0,43	0,25
L485M or X70M	0,12 ^f	0,45 ^f	1,70 ^f	0,025	0,015	g	g	g	h	0,43	0,25
L555M or X80M	0,12 ^f	0,45 ^f	1,85 ^f	0,025	0,015	g	g	g	i	0,43 ^f	0,25
L625M or X90M	0,10	0,55 ^f	2,10 ^f	0,020	0,010	g	g	g	i	—	0,25
L690M or X100M	0,10	0,55 ^f	2,10 ^f	0,020	0,010	g	g	g	ij		0,25
L830M or X120M	0,10	0,55 ^f	2,10 ^f	0,020	0,010	g	g	g	ij		0,25

تصویر ۶۵۱: جدول ۵ مربوط به آنالیز شیمیایی PSL-2

Table 5 — Chemical composition for PSL 2 pipe with $t \leq 25,0$ mm (0.984 in) (continued)	
a	Based upon product analysis. For seamless pipe with $t > 20,0$ mm (0.787 in), the carbon equivalent limits shall be as agreed. The CE_{IIW} limits apply if the carbon mass fraction is greater than 0,12 % and the CE_{Pcm} limits apply if the carbon mass fraction is less than or equal to 0,12 %.
b	For each reduction of 0,01 % below the specified maximum for carbon, an increase of 0,05 % above the specified maximum for manganese is permissible, up to a maximum of 1,65 % for grades $\geq$ L245 or B, but $\leq$ L360 or X52; up to a maximum of 1,75 % for grades $>$ L360 or X52, but $<$ L485 or X70; up to a maximum of 2,00 % for grades $\geq$ L485 or X70, but $\leq$ L555 or X80; and up to a maximum of 2,20 % for grades $>$ L555 or X80.
c	Unless otherwise agreed, the sum of the niobium and vanadium concentrations shall be $\leq$ 0,06 %.
d	The sum of the niobium, vanadium and titanium concentrations shall be $\leq$ 0,15 %.
e	Unless otherwise agreed, 0,50 % maximum for copper, 0,30 % maximum for nickel, 0,30 % maximum for chromium and 0,15 % maximum for molybdenum.
f	Unless otherwise agreed.
g	Unless otherwise agreed, the sum of the niobium, vanadium and titanium concentrations shall be $\leq$ 0,15 %.
h	Unless otherwise agreed, 0,50 % maximum for copper, 0,50 % maximum for nickel, 0,50 % maximum for chromium and 0,50 % maximum for molybdenum.
i	Unless otherwise agreed, 0,50 % maximum for copper, 1,00 % maximum for nickel, 0,50 % maximum for chromium and 0,50 % maximum for molybdenum.
j	0,004 % maximum for boron.

API Specification 5L/ISO 3183

تصویر ۶۵۲: یادداشتهای جدول ۵ مربوط به PSL-2

در بررسی مقایسه های موجود در این دو جدول می توان به نکته قابل توجه ای اشاره نمود.
کاربرد لوله های ساخته شده تحت API Spec 5L, 44th Edition برای شرایط زیر است:

Scope of Spec 5L

•Seamless and welded pipe for pipeline transportation systems

–Liquid and gas

–Onshore and offshore

–Transmission, distribution and utility systems

دامنه کاربرد لوله های 5L بصورت لوله های بدون درز و درزدار برای سیستم های خطوط انتقال لوله، خطوط انتقال مایع و گاز، خطوط خشکی و دریا و سیستم های تاسیساتی و توزیع انتقال می باشد. با شناخت حوزه کاربردی لوله های ساخته شده تحت این استاندارد می توان به حساسیت موضوع خوردگی بیشتر پی برد. مطابق استاندارد NACE-MR0175 در میان عناصر تشکیل دهنده این لوله ها عنصری که باعث تشدید خوردگی می شود عنصر گوگرد است. در جدولهای ۴ و ۵ آنالیز شیمیایی تولیدات PSL-1 و PSL-2 اختلاف در درصد گوگرد آنها قابل مشاهده می باشد. در نوع PSL-1 درصد مجاز گوگرد $S = 0.030\%$ است در صورتی که در نوع PSL-2 لوله های بدون درز و درز دار تا گرید X80 درصد گوگرد $S = 0.015\%$ و برای گرید X90 تا گرید X120 لوله های درز دار درصد گوگرد $S = 0.010\%$ می باشد. این کاهش گوگرد در نوع PSL-2 این اجازه را می دهد که از این گروه لوله ها می توان برای انتقال گازهای استخراجی از عمق دریاها به فازهای پالایشگاهی جهت تصفیه و تبدیل به محصولات جدید استفاده نمود زیرا گازهای استخراج شده از عمق دریاها حاوی درصد بالایی از گاز H_2S هستند که بسیار خورنده و کشنده میباشند. بنابراین در خطوط انتقال سرویسهای گاز ترش حاوی گاز H_2S از لوله های PSL-2 استفاده می شود.

البته باید توجه نمود که مطابق Annex H –PSL 2 Pipe Ordered for Sour Service لوله های سفارش شده برای سرویسهای گاز ترش که از نوع PSL-2 می باشند درصد گوگرد آن از مقدار درصد درج شده در جدول ۵ نیز کمتر است. مقدار گوگرد برای لوله های مورد استفاده در سرویسهای گاز ترش در جدول H.1 برای لوله های بدون درز 0.003% و برای لوله های درز دار 0.002% می باشد.

مثالی برای کاربرد اینگونه لوله ها: در پالایشگاههای گازی، متریل خطوط لوله انتقال بخش لخته گیر (Slug Catcher) را از نوع PSL-2 انتخاب می کنند زیرا حاوی گاز ترش دریافتی از مخزن اصلی زیر دریا می باشد و این گاز دارای درصد بالایی از گاز H_2S می باشد.

در جدولهای ۴ و ۵ می توان به نکته مهم دیگری نیز پی برد. مطابق استاندارد NACE-MR0175 عامل دیگری که فلز را در مقابل خوردگی حفاظت می کند دارا بودن سختی کمتر از ۲۲ راکول سی است. در سرویسهای دارای گاز H_2S از متریل های دارای شرایط پذیرش استاندارد NACE-MR0175 استفاده می شود. عنصری که باعث افزایش سختی در فلز مبنا می شود عنصر کربن است. با مقایسه مقدار درصد کربن جدولهای ۴ و ۵ می توان ملاحظه کرد که درصد کربن لوله های نوع PSL-2 (حدود $0.10\% \sim 0.24\%$) کمتر از لوله های نوع PSL-1 (حدود $0.21\% \sim 0.28\%$) می باشد که این خود دلیل دیگری برای استفاده از لوله های نوع PSL-2 در سرویسهای گاز ترش حاوی H_2S می باشد.

البته باید توجه نمود، مطابق Annex H – PSL 2 Pipe Ordered for Sour Service لوله های سفارش شده برای سرویسهای گاز ترش که از نوع PSL-2 می باشند سختی آنها باید کمتر از ۲۲ راکول سی باشند که این شرط در پاراگراف H.4.4 به صراحت قید شده است.

H.4.4 Hardness Test

For test pieces subjected to a hardness test (see H.7.3), the hardness in the pipe body, the weld, and HAZ shall be $\leq 250 \text{ HV}_{10}$ or 22 HRC (70.6 HR 15N).

تصویر ۶۵۳: مقدار سختی لوله های PSL-2 در API-5L-2018-Annex H

*- پاراگراف H.4.4: برای نمونه هایی که قرار است سختی سنجی شوند (مراجعه شود به پاراگراف (H.7.3) سختی در بدنه، جوش و منطقه HAZ باید کمتر یا برابر $[\leq 250 \text{ HV}_{10} \text{ or } 22 \text{ HRC (70,6 HR 15N)}]$ باشد.

مطابق Annex J – PSL 2 pipe ordered for offshore service برای سرویسهای دریایی نیز از لوله های PSL-2 استفاده می شود. اما در اینجا مطابق پاراگراف J.4.3 Hardness test مقدار سختی مجاز نسبت به Annex H کمی بیشتر است.

J.4.3 Hardness Test

For test pieces subjected to a hardness test (see J.8.3.2), the hardness in the pipe body, weld, and HAZ shall be as follows:

- a) $\leq 270 \text{ HV}_{10}$ or $\leq 25 \text{ HRC}$ for grades $\leq \text{L450}$ or X65,
- b) $\leq 300 \text{ HV}_{10}$ or $\leq 30 \text{ HRC}$ for grades $> \text{L450}$ or X65 and $\leq \text{L555}$ or X80, and
- c) $\leq 325 \text{ HV}_{10}$ or $\leq 33 \text{ HRC}$ for grades $> \text{L555}$ or X80.

تصویر ۶۵۴: مقدار سختی لوله های PSL-2 در API-5L-2018-Annex J

*- پاراگراف J.4.3: برای نمونه هایی که قرار است سختی سنجی شوند (مراجعه شود به پاراگراف J.8.3.2). سختی در بدنه، جوش و منطقه HAZ باید مطابق شرایط زیر باشند:

- a) $\leq 270 \text{ HV}_{10}$ or $\leq 25 \text{ HRC}$ for Grades $\leq \text{L450}$ or X65,
- b) $\leq 300 \text{ HV}_{10}$ or $\leq 30 \text{ HRC}$ for Grades $> \text{L450}$ or X65 and $\leq \text{L555}$ or X80, and
- c) $\leq 325 \text{ HV}_{10}$ or $\leq 33 \text{ HRC}$ for Grades $> \text{L555}$ or X80

API 5L 43rd Edition										API 5L 44th Edition									
Parameter	Item	Measure	Ref. Clause(s)	stat	criteria	unit	stat	criteria	units	Ref. Clause(s)	stat	criteria	unit	stat	criteria	units			
Dimensions	1	Body OD (from nom.)	Table 7	min	-3.2 mm		max	6.4 mm		Table 10	min	-4.0 mm		max	4.0 mm				
	2	End OD (from nom.)	Table 8	min	-0.8 mm		max	2.4 mm		Table 10	min	-1.6 mm		max	1.6 mm				
	3	End-end average diameter difference	Table 8	-	-		max	2.4 mm											
	4	End Diameter Out of round axis tolerance, spec OD	Table 8	min	-10.7 mm		max	10.7 mm											
	5	Out of round - end, max differential min & max OD	Table 8				max	12.7 mm		Table 10				max	10.5 mm				
	6	Out of round - body, max differential min & max OD								Table 10				max	15.0 mm				
	7	Local wall thickness	Table 9	min	-1.0 mm		max	+2.5 mm		Table 11	min	-1.3 mm		max	1.3 mm				
	8	Weight, single lengths	Table 10	min	-3.5 %		max	10 %		Table 11	min	-3.5 %		max	10 %				
	9	Weight, carload	Table 10							Table 11	min	-1.75 %							
	10	Weight, order items	Table 10	min	-1.75 %		-	-		Table 11									
	11	Length	Table 11	min	8.53 m		max	25.91 m		Table 12	min	8.53 m		max	25.91 m				
	12	Length, avg	Table 11	min	21.34 m		max	25.91 m		Table 12	min	21.34 m							
	Mill Joiners	13	finished jointer length	Table 11	min	8.53 m		max	25.91 m										
14		sub-joint Length	Table 11	min	1.52 m		max	-		8.11.3	min	1.5 m		max	200 mm				
15		long seam offset	A.2	min	51 mm		max	203 mm		A.2.4	min	58 mm		max	200 mm				
16		WPS/PQR & welder qualification	A.1				max	3.2 mm		A.2.3				max	3.5 mm				
17		Weld Height - any point	A.2							A.2.3				max	3.5 mm				
18		Weld Height - overlap																	
19		Radiography	A.4	min	100% Circ					A.4	min	100% circ							
20		Dent depth in body without gouge	7.8.1				max	6.4 mm		9.10.5.2				max	6.4 mm				
21		Dent depth in body with gouge	7.8.1				max	3.2 mm		9.10.5.2				max	3.2 mm				
22		Dent length in body (without gouge)	7.8.1				max	50% OD		9.10.5.2				max	0.5 OD				
23		Offset plate edges	7.8.2				max	1.0 mm		9.13.1				max	1.5 mm				
24		Out of line weld bead	7.8.2				max	complete fusion per NDT		9.13.3				max	3.0 mm				
Defects		25	ID and OD bead height	7.8.4	min	0 mm		max	3.2 mm		Table 16				max	3.5 mm			
	26	Hardspot hardness max	7.8.8				max	35 HRC		9.10.6				max	35 HRC				
	27	Hardspot dimensions - any direction	7.8.8				max	50.8 mm		9.10.6				max	50 mm				
	28	Cracks, sweats, leaks	7.8.9				max	0 mm											
	29	Laminations or inclusions in bevel face	7.8.10				max	6.4 mm		9.10.4				max	6.4 mm				
	30	Laminations in body, minor dimension (if assoc'd with 31)	7.8.10				max	19.0 mm											
	31	Laminations in body, area (if assoc'd with 30)	7.8.10				max	7742 mm ²											
	32	Arc Burns	7.8.11				max	0 mm						max	0 mm				
	33	Undercut depth (see clause), lesser of	7.8.12a	min	-12.5 %		max	0.8 mm		9.10.2				max	0 mm				
	34	Undercut length (see clause)	7.8.12a				max	6.4 mm		9.10.2				max	6.4 mm				
	35	Other defects depth -	7.8.14	min	30 deg		min	12.5% t		9.10.7				max	0.125 t				
	36	Bevel Angle	7.9.3	min	0.8 mm		max	35 deg		9.12.5.2	min	30 deg		max	35 deg				
	Plain Ends	37	Root face	7.9.3				max	2.4 mm		9.12.5.2				max	2.4 mm			
38		Taper Angle	7.9.3				max	7 deg						max	7 deg				
39		End Square	7.9.3				max	1.6 mm		9.12.1.4				max	1.6 mm				
40		ID flush-off distance/height	7.9.3	approx	101.6 mm		max			9.13.2.2				max	0.5 mm				
41		local OOR					max			9.10.5.1				max	3.2 mm				
42		straightness					max	0.20% length		9.11.3.4				max	0.2% length				
43		straightness - local (n 1 m)	7.6				max			9.11.3.4				max	4.0 mm				

تصویر ۶۵۵ : مقایسه بین ویرایش ۴۳ و ۴۴ از API Spec 5L



Mechanical Property Comparison

				API 5L 43rd Edition				API 5L 44th Edition (1116 ba				
Parameter	Orientation/ Location	Size	Specifics	Test Temp (C)	min spl	min test	min/max* Avg.	Max	Test Temp (C)	min spl	min test	Max
Chemistry	Heat Product	NA NA	Heat Chemical Composition Product Chemical Composition	RT RT	See composition limits See composition limits				RT RT	See composition limits See composition limits		
Tensile	TPA	FS or RB	0.5% EUL YS (MPa)	RT	-	552	-	690	RT	-	555	705
	TPA	FS or RB	TS (MPa)	RT	-	621	-	827	RT	-	625	825
	TPA	FS or RB	Y-T	RT	-	-	-	0.93	RT	-	-	0.93
	TPA	FS or RB	Elong in 2" g.l. (%)	RT	-	21	-	-	RT	-	21	-
Charpy	TLW	Flat Strap	TS (MPa)	RT	-	621	-	827	RT	-	625	-
	TPA	full-equiv.	CVN En (J)	0	20	27	68	-	0	30	40	-
	TPA	full-equiv.	Ductility (%shr)	0	-	40	70	-	0	20	27	-
	TLW	full-equiv.	CVN En (J)	0	-	-	-	-	0	20	27	-
DWTT	TLW HAZ	full-equiv.	CVN En (J)	0	-	-	-	-	0	20	27	-
	TPA	full PN	DWTT Ductility (%shr)	0	-	40	60	-	0	-	-	-
Guided Bend	TLW	full	Guided Bend Crack - weld/HAZ (mm)	RT	-	-	-	3.2	RT	-	-	3.2
	TLW	full	Guided Bend Crack - edge (mm)	RT	-	-	-	6.4	RT	-	-	6.4
Hard spot	BM/HAZ/W/M	full	Rockwell C Hardness (HRC)	RT	-	-	-	24	RT	-	-	24

Where:

TPA Transverse pipe axis
 BM/HAZ/W/M Base Metal/Heat affected zone/weld metal
 full-equiv full-sized equivalent
 full PN Full-sized Pressed Notch DWTT
 RT Room temperature
 AR As rolled
 FS Flattened strap specimen
 RB Round bar specimen
 RE Ring expansion
 - Not specified

and where API 5L (44th ed) is less restrictive than API 5L (43rd ed)
 API 5L (44th ed) is identical to API 5L (43rd ed)
 API 5L (44th ed) is marginally more restrictive than API 5L (43rd ed)
 API 5L (44th ed) is more restrictive than API 5L (43rd ed)

(۳۱) - استاندارد ASTM

انجمن تست مواد آمریکا :

انجمن تست مواد آمریکا (ASTM) یک سازمان فنی و علمی است که استانداردهایی که خصوصیات و کارایی متریال، محصولات، سیستمها و خدمات (Service) را داوطلبانه اشاعه داده است، چاپ می نماید. استانداردهای چاپ شده بوسیله ASTM شامل روشهای تست و تعیین و تأیید خصوصیات متریال مانند ترکیب شیمیایی و ارزیابی خواص مانند استحکام کششی، قابلیت خم پذیری می باشد.

استانداردهای مواد تصفیه شده مانند فولاد و همچنین محصولات اساسی مانند ماشین آلات و تجهیزات ساخته شده را نیز در بر می گیرد.

استانداردها از طریق کمیته هایی که بوسیله تعداد زیادی از علاقه مندان حرفه ای، صنعتی و بازرگانی تشکیل شده اند اشاعه می یابند. بسیاری از استانداردها بوسیله گداهای قابل کاربرد در لوله کشی اجباری شده اند. استاندارد ASTM در ۶۷ جلد چاپ شده است همچنین این استاندارد در ۱۵ بخش تقسیم شده است و هر جلد بطور سالانه چاپ می گردد تا در استانداردهای موجود بازنگری شود و استانداردهای منسوخ حذف گردند.

نکته:

استانداردهای ASTM با شماره هایی مشخص می شوند که یک حرف لاتین در اول این شماره ها به چشم می خورد. این حروف معانی خاصی دارند، بطور مثال، استاندارد هایی که حرف (A) در اول شماره آنها آمده است بمنزله این است که این استانداردها مربوط به فلزات "آهنی" هستند

برخی از این استانداردها شامل اطلاعات عمومی مربوط به متریال ها یا شامل روشهای مختلف تست میباشند، مانند: ASTM A6 & A20 یا ASTM A370

نمونه هایی از سیستم نامگذاری فلزات آهنی در استاندارد ASTM که کاربرد مشخصات اعداد و حروف را تشریح می نماید به شرح زیر است:

ورقهای فولاد کربن استیل ASTM A 516/ A516M-01 Gr.70 برای مخازن تحت فشارهای متوسط و درجه حرارت سرویس کم استفاده می شوند که:

* حرف A : بیانگر این است که فلز آهنی است ولی مشخص نمیکند که این فلز آهنی چه نوع فلزی است مثلاً چدن است یا فولاد کربنی یا فولاد آلیاژی یا فولاد زنگ نزن است.

* 516 : عددی از زنجیره سیستم نامگذاری فلزات است بدون اینکه رابطه مستقیم با خواص فلز داشته باشد.

* حرف M : نشان می دهد که استاندارد ASTM A516M بر حسب سیستم بین المللی متریک نوشته شده است بنابر این عبارت ASTM A 516/ A516M در مورد آحاد متریک و نیز اینچ پوند بکار برده می شود.

* 01 : سال پذیرش یا تجدید نظر استاندارد را نشان می دهد. چنانچه حرف دیگری مانند (a, b, c) بدنبال این عدد بیان شده باشد نشان می دهد که در آن سال بیش از یک بار، تجدید نظر شده است.

* Gr.70 : نشان دهنده حداقل استحکام کششی برحسب Ksi می باشد یا به عبارتی 70000 Psi می باشد.

-Source: CASTI Metals Black Book (Fifth Edition) North-American Ferrous Data

■ - سیستم نامگذاری در استاندارد ASTM

سیستم شناسایی استاندارد ASTM برای فلزات آهنی شامل حرف A می باشد که بدنبال آن چند عدد ذکر می شود. این نامگذاری ها اغلب در مورد محصولات خاصی بکار برده می شوند.

استانداردهای ASTM در سیستم متریک دارای پسوند (M) می باشند.

نمونه هایی از سیستم علامت گذاری ASTM برای فلزات آهنی که کاربرد مشخصات ارقام و حروف را شرح می دهد به شرح زیر می باشد:

(ASTM A582/A582M-95b (2000), Grade 303se - Free Machining Stainless Steel Bars)

* حرف A: بیانگر فلز آهنی است ولی مشخص نمیکند که این فلز آهنی چه نوع فلزی است مثلاً چدن است یا فولاد کربنی یا فولاد آلیاژی یا فولاد زنگ نزن است.

* 582: عددی از زنجیره سیستم نامگذاری فلزات است بدون اینکه رابطه مستقیم با خواص فلز داشته باشد.

* حرف M: نشان می دهد که استاندارد ASTM A516M بر حسب سیستم بین المللی متریک نوشته شده است بنابر این عبارت ASTM A 582/ A582M در مورد آحاد متریک و نیز اینچ پوند بکار برده می شود.

* 95: سال پذیرش یا آخرین تجدید نظر (Rev) و حرف (b) دنبال آن نشان دهنده سومین تجدید نظر (Rev) استاندارد در سال 95 می باشد.

* 2000: عدد ذکر شده در پرانتز نشان دهنده آخرین سال تایید مجدد می باشد.

* Grade 303se: ابتدا فولاد را نشان می دهد سپس مشخص می نماید که این فولاد دارای مقداری عنصر سلیوم (Se) نیز می باشد.

استانداردهایی که حرف (B) در اول شماره آنها آمده است مربوط به فلزات "غیر آهنی" می باشند. برخی از این استانداردها شامل روشهای مختلف تستها می باشند.

استانداردهایی که با حرف (P) مشخص می شوند در واقع استانداردهای پیشنهادی هستند، مانند:

ASTM P210 Proposed Test Method for Evaluating Energy Conserving Gear Oils in Passenger Car and Light Truck Service

■ - بررسی اصطلاحات Grade, Type, Class

در صنعت فولاد، عبارتهای Class, Grade, Type بطور کلی به شرح زیر تعریف شده اند:

Grade: برای تشریح ترکیب شیمیایی فولاد بکار برده می شود.

Type: برای تعیین کردن اکسیژن زدایی بکار برده می شود.

Class: برای نشان دادن سایر خصوصیات مانند استحکام فولاد یا پرداخت نهایی سطح بکار برده می شود.

در استاندارد ASTM برخی از متریاها در گروه های مختلفی دسته بندی می شوند که این دسته ها با عناوین مختلف مانند Class, Type, Grade نام گذاری شده اند.

Grade - 1: * تغییر حروف لاتین (مانند حروف A, B, C) بمنزله تغییر در مقدار استحکام کششی یا تسلیم فولاد ها می باشد به این معنی که متناسب با بالا رفتن حروف انگلیسی از حرف A به حرف B و C، استحکام کششی یا تسلیم فولادها نیز بالا تر می رود و چنانچه فلز، فولاد کربنی غیر آلیاژی باشد نشان دهنده زیاد بودن مقدار کربن آن است.

در استاندارد ASTM دسته بندی تحت عنوان Grade به چند صورت انجام شده است:

(a) - وقتی Grade ها با حروف انگلیسی دسته بندی شوند:

مانند Grade A, Grade B, Grade C, Grade D

در چنین شرایطی اگر با دقت توجه شود می بینیم متناسب با بالا رفتن حروف انگلیسی از حرف A به حرف B و C، نسبت استحکام کششی و تسلیم و همچنین درصد کربن آن متریا نیز افزایش می یابد به مثال ۱ توجه فرمایید:

مثال ۱:

ASTM A106-15 Grade A, B, C

(seamless carbon steel pipe for high temperature Services)

ASTM A414-07-Grade A, B, C, D, E, F, G,

Standard Specification for Steel, Sheet, Carbon, for Pressure Vessels

ASTM A53-12 Type-S (Grade A, B), Type-E (Grade A, B), Type-F (Grade A, B)

Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless.

ASTM-A106/A106M – 15

A106	Gr. A	Gr. B	Gr. C
Carbon max. %	0.25	0.30	0.35
Tensile (Ksi)	48	60	70
Yield (Ksi)	30	35	40

ASTM-A414/A414M – 07

A414	Gr. A	Gr. B	Gr. C	Gr. D	Gr. E	Gr. F	Gr. G
Carbon max. %	0.15	0.22	0.25	0.25	0.27	0.31	0.31
Tensile (Ksi)	45	50	55	60	65	70	75
Yield (Ksi)	25	30	33	35	38	42	45

ASTM-A53/A53M – 12

A53	Type-S		Type-E		Type-F
	Gr. A	Gr. B	Gr. A	Gr. B	Gr. A
Carbon max. %	0.25	0.30	0.25	0.30	0.30
Tensile (Ksi)	48	60	48	60	48
Yield (Ksi)	30	35	30	35	30
Type-S	(Seamless Pipe)				
Type-E	(Electric-Resistance-Welded)				
Type-F	(Furnace-Welded Pipe)				

البته باید توجه داشت که این یک قاعده کلی نیست و همیشه این نوع دسته بندی به این صورت نمی باشد، به مثال ۲ توجه

فرمایید: مثال ۲: ASTM A514/A514M-2014


A514/A514M – 14

TABLE 1 Chemical Requirements (Heat Analysis)

Chemical Composition, %								
	Grade A	Grade B	Grade E	Grade F	Grade H	Grade P	Grade Q	Grade S
Maximum Thickness, in. [mm]								
Element	1¼ [32]	1¼ [32]	6 [150]	2½ [65]	2 [50]	6 [150]	6 [150]	2½ [65]
Carbon	0.15–0.21	0.12–0.21	0.12–0.20	0.10–0.20	0.12–0.21	0.12–0.21	0.14–0.21	0.11–0.21

TABLE 2 Tensile and Hardness Requirements

NOTE 1— See the Orientation and Preparation subsections in the Tension Tests section of Specification A6/A6M.

NOTE 2—Where “. . .” appears in this table there is no requirement.

Thickness, in. [mm]	Tensile Strength, ksi [MPa]	Yield Strength, min ^A , ksi [MPa]	Elongation in 2 in. [50 mm], min ^{B,C,D} , %	Reduction of Area, min ^E , %	Brinell Hardness Number ^E
To ¾ [20], incl	110 to 130 [760 to 895]	100 [690]	18	40 ^F	235 to 293 HBW
Over ¾ [20] to 2½ [65], incl	110 to 130 [760 to 895]	100 [690]	18	40 ^F , 50 ^G	...
Over 2½ [65] to 6 [150], incl	100 to 130 [690 to 895]	90 [620]	16	50 ^G	...

در مثال فوق با افزایش حروف گرید از حرف A به حرف S کربن و استحکام کششی و تسلیم افزایش نیافته است. با این حال در بیشتر مواقع شرایط متریک بصورت مثال شماره 1 است.

(b) - وقتی Grade ها با عدد دسته بندی شوند. مانند Grade 1, Grade 2, Grade 55, Grade 60

- در این موارد ممکن است حالت‌های زیر دیده شوند:

۱- ممکن است شماره عدد پسوند Grade ها با افزایش نسبت استحکام کششی و تسلیم و همچنین درصد کربن آن متریکال تناسبی نداشته باشند و در این زمینه نظم و ترتیب خاصی دیده نشود. به نمونه های زیر توجه فرمایید:

ASTM A333/A333M-2016

A-333	Gr. 1	Gr. 3	Gr. 4	Gr. 6	Gr. 7	Gr. 8	Gr. 9	Gr. 10	Gr. 11
Carbon max. %	0.30	0.19	0.12	0.30	0.19	0.13	0.20	0.20	0.10
Tensile (Ksi)	55	65	60	60	65	100	63	80	65
Yield (Ksi)	30	35	35	35	35	75	46	65	35

ASTM A334/A334M-2016

A-334	Gr. 1	Gr. 3	Gr. 6	Gr. 7	Gr. 8	Gr. 9	Gr. 11
Carbon max. %	0.30	0.19	0.30	0.19	0.13	0.20	0.10
Tensile (Ksi)	55	65	60	65	100	63	65
Yield (Ksi)	30	35	35	35	75	46	35

۲- ممکن است شماره عدد پسوند Grade ها دو رقمی باشد و افزایش نسبت استحکام کششی و تسلیم و همچنین درصد کربن آن متریکال با افزایش شماره عدد، تناسب داشته باشند و در این زمینه نظم و ترتیب خاصی دیده شود. به نمونه های زیر توجه فرمایید:

ASTM A516/A516M-2010

A-516	Gr. 55	Gr. 60	Gr. 65	Gr. 70
Carbon max. %	0.18	0.21	0.24	0.27
Tensile (Ksi)	55	60	65	70
Yield (Ksi)	30	32	35	38

ASTM A515/A515M-2015

A-515	Gr. 60	Gr. 65	Gr. 70
Carbon max. %	0.24	0.28	0.31
Tensile (Ksi)	60	65	70
Yield (Ksi)	32	35	38

۳- شماره عدد Grade ها با عدد استحکام کششی مواد مورد نظر برابر است، به نمونه های زیر توجه فرمایید:

ASTM A675/A675M-2003(E1)

A-675	Gr. 45	Gr. 50	Gr. 55	Gr. 60	Gr. 65	Gr. 70	Gr. 75	Gr. 80	Gr. 90
Carbon max. %	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Tensile (Ksi)	45	50	55	60	65	70	75	80	90
Yield (Ksi)	22.5	25	27.5	30	32.5	35	37.5	40	55

۴- شماره عدد Grade ها با عدد استحکام تسلیم مواد مورد نظر برابر است، به نمونه های زیر توجه فرمایید:

ASTM A381-2012

A-381	Gr. Y35	Gr. Y42	Gr. Y46	Gr. Y48	Gr. Y50	Gr. Y52	Gr. Y56	Gr. Y60	Gr. Y65
Carbon max. %	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Tensile (Ksi)	60	60	63	62	64	66	71	75	77
Yield (Ksi)	35	42	46	48	50	52	56	60	65

API-5L-2013

API-5L-PSL-1	Gr. X42	Gr. X46	Gr. X52	Gr. X56	Gr. X60	Gr. X65	Gr. X70
Carbon max. %	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Tensile (Ksi)	60	63	66	71	75	77	82
Yield (Ksi)	42	46	52	56	60	65	70

API-5L-PSL-2	Gr. X42	Gr. X46	Gr. X52	Gr. X56	Gr. X60	Gr. X65	Gr. X70	Gr. X80	Gr. X90	Gr. X100	Gr. X120
Carbon max. %	0.22	0.22	0.22	0.22	0.12	0.12	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10
Tensile (Ksi)	60	63	66	71	75	77	82	90	100	110	132
Yield (Ksi)	42	46	52	56	60	65	70	80	90	100	120

با بررسی های فوق به این نتیجه می رسیم، رابطه ای اصولی و ثابت برای Grade ها تعیین نشده است و در موارد مختلف Grade ها نقش های متفاوتی از خود نشان می دهند.

Type -2: در استاندارد ASTM با توجه به شماره متریال می توان شکل تولیدی آن متریال که در Type های مختلفی (از لحاظ آلیاژی) تهیه شده اند، را مشخص نمود. برای مشخص شدن این موضوع به مثالهای زیر توجه فرمایید:

Product Forms

Source: ASM Handbook, Volume 1 Page-1446

- Heat-resisting stainless steel plane, sheet, and strip in ASTM A 240
- Heat-resisting stainless steel bars and shapes in ASTM A 479
- Heat-resisting stainless steel forgings in ASTM A 473
- Stainless steel tube in ASTM A 213, A 249, A 268, A 269, A 511, A 632, A 688, A 771, and A 791
- Stainless steel pipe in ASTM A 312, A 376, A 409, A 430, A 731, A 813, and A 814

تصویر ۶۵۷: انواع شکل های تولیدی متریالهای استنلس استیل مطابق با استانداردهای ASTM

اگر به جدول های مربوط به متریال A312 با دقت نگاه کنیم می بینیم استحکام کششی و استحکام تسلیم و همچنین درصد کربن Type های مختلف یکسان هستند. با تغییر درصد عناصر نیکل، کروم، مولیبدن و تیتانیوم Type های مختلف تولید می شوند.

A312	TP304	TP304L	TP304H	TP304N	TP304LN
Carbon max. %	0.08	0.035	0.1	0.08	0.035
Nickel max. %	11	13	11	11	11
Chromium max. %	20	20	20	20	20
Molybdenum max. %	0	0	0	0	0
Tensile (Ksi)	75	75	70	80	75
Yield (Ksi)	30	30	25	35	30

A312	TP316	TP316L	TP316H	TP316N	TP316LN
Carbon max. %	0.08	0.035	0.1	0.08	0.035
Nickel max. %	14	15	14	14	14
Chromium max. %	18	18	18	18	18
Molybdenum max. %	3	3	3	3	3
Tensile (Ksi)	75	75	70	80	75
Yield (Ksi)	30	30	25	35	30

A312	TP317	TP317L
Carbon max. %	0.08	0.035
Nickel max. %	14	15
Chromium max. %	20	20
Molybdenum max. %	4	4
Tensile (Ksi)	75	75
Yield (Ksi)	30	30

متریال A376 و A312: با دیدن شماره های A376 و A312 می توان دریافت که در استاندارد ASTM این شماره ها متعلق به تولید لوله با جنس استنلس استیل می باشند که از لحاظ آلیاژی در Type های مختلف ساخته شده اند.

متریال A240: با دیدن شماره A240 می توان دریافت که در استاندارد ASTM این شماره متعلق به تولید ورق با جنس استنلس استیل است که از لحاظ آلیاژی در Type های مختلف ساخته شده است.

متریال A182: با دیدن شماره A182 می توان دریافت که در استاندارد ASTM این شماره متعلق به قطعات Forge شده از جمله فلنج (Flange) و فیتینگ (Fitting) و همچنین ولو (Valve) با جنس کم آلیاژ و آلیاژ بالا از جمله استنلس استیل می باشد که از لحاظ آلیاژی در Type های مختلف ساخته شده اند.

متریال A403: با دیدن شماره A403 می توان دریافت که در استاندارد ASTM این شماره متعلق به Fitting با جنس استنلس استیل است که از لحاظ آلیاژی در Type های مختلف ساخته شده است.

Class -3: در استاندارد ASTM دسته بندی برخی از متریالها بصورت Class است.

نمونه های زیر مربوط به متریالهای A-181 و A-182 هستند، چنانچه مشاهده می شود با افزایش کلاس آنها مقدار استحکام کششی و استحکام تسلیم آنها نیز افزایش می یابد.

ASTM A181/A181M-2006

A-181	Cl. 60	Cl. 70
Carbon max. %	0.35	0.35
Tensile (Ksi)	60	70
Yield (Ksi)	30	36

ASTM A182/A182M-2016-(Low Alloy Steels)

A-182	F11, Cl.1	F11, Cl.2	F11, Cl.3
Carbon max. %	0.15	0.2	0.2
Tensile (Ksi)	60	70	75
Yield (Ksi)	30	40	45

ASTM A182/A182M-2016-(Martensitic Stainless Steels)

A-182	F6a, Cl.1	F6a, Cl.2	F6a, Cl.3	F6a, Cl.4
Carbon max. %	0.15	0.15	0.15	0.15
Tensile (Ksi)	70	85	110	130
Yield (Ksi)	40	55	85	110

در بعضی از متریالها دسته بندی Class و Type هم زمان با هم بکار برده می شوند.

از این دسته متریالها می توان به متریال A-533 که در Type های A, B, C, D هستند اشاره کرد. در این متریالها به نسبت افزایش کلاس (Class) مقدار استحکام کششی و استحکام تسلیم آنها نیز افزایش می یابد. همانطور که قبلاً اشاره گردید به نسبت تغییر در درصد عناصر مختلف از جمله نیکل، مولیبدن، Type های مختلفی تولید می شوند اما در مقدار استحکام کششی و استحکام تسلیم این Type های مختلف تغییری وجود ندارد و همه یکسان می باشند.

A-533	Type A - Cl.1	Type A - Cl.2	Type A - Cl.3	A-533	Type C - Cl.1	Type C - Cl.2	Type C - Cl.3
Carbon max. %	0.25	0.25	0.25	Carbon max. %	0.25	0.25	0.25
Nickel max. %	***	***	***	Nickel max. %	1.03	1.03	1.03
Molybdenum max. %	0.64	0.64	0.64	Molybdenum max. %	***	***	***
Tensile (Ksi)	80	90	100	Tensile (Ksi)	80	90	100
Yield (Ksi)	50	70	83	Yield (Ksi)	50	70	83

A-533	Type B - Cl.1	Type B - Cl.2	Type B - Cl.3	A-533	Type D - Cl.1	Type D - Cl.2	Type D - Cl.3
Carbon max. %	0.25	0.25	0.25	Carbon max. %	0.25	0.25	0.25
Nickel max. %	0.73	0.73	0.73	Nickel max. %	0.43	0.43	0.43
Molybdenum max. %	***	***	***	Molybdenum max. %	***	***	***
Tensile (Ksi)	80	90	100	Tensile (Ksi)	80	90	100
Yield (Ksi)	50	70	83	Yield (Ksi)	50	70	83

در کلاس برخی از متریال ها ممکن است مقدار استحکام کششی و استحکام تسلیم آنها متفاوت باشد و دلیل این تفاوت محدوده ضخامت است، به عنوان مثال، برای مقدار استحکام کششی و استحکام تسلیم کلاس یک از متریال A-537، دو محدوده متفاوت تعریف شده است که دلیل این تفاوت در واقع محدوده ضخامت این متریال است. به جدول زیر دقت فرمایید:

A-537	Cl.1	Cl.1	Cl.1	A-537	Cl.3	Cl.3	Cl.3
Carbon max. %	0.24	0.24	0.24	Carbon max. %	0.24	0.24	0.24
Thicknesses Range	2 1/2 in. and Under	Over 2 1/2 in. to 4 in.	Over 4 to 6 in.	Thicknesses Range	2 1/2 in. and Under	Over 2 1/2 in. to 4 in.	Over 4 to 6 in.
Tensile (Ksi)	70 - 90	65 - 85	***	Tensile (Ksi)	80 - 100	75 - 95	70 - 90
Yield (Ksi)	50	45	***	Yield (Ksi)	55	50	40

A-537	Cl.2	Cl.2	Cl.2				
Carbon max. %	0.24	0.24	0.24				
Thicknesses Range	2 1/2 in. and Under	Over 2 1/2 in. to 4 in.	Over 4 to 6 in.				
Tensile (Ksi)	80 - 100	75 - 95	70 - 90				
Yield (Ksi)	60	55	46				

در بعضی از متریاها دسته بندی Class و Grade هم زمان با هم بکار برده می شوند.

از این دسته متریاها می توان به متریا لوله SA-358 که در نوزده Grade دسته بندی شده اند، اشاره کرد. با رجوع به مشخصات فنی این متریا که در استاندارد ASME آمده است می توان دریافت که کلاس این متریا به روش تولید این لوله ها مربوط می شود. این لوله ها در پنج کلاس (Class) تولید می شوند.

SPECIFICATION FOR ELECTRIC-FUSION-WELDED AUSTENITIC CHROMIUM-NICKEL ALLOY STEEL PIPE FOR HIGH-TEMPERATURE SERVICE



SA-358/SA-358M

1. Scope

1.1 This specification covers electric-fusion-welded austenitic chromium-nickel alloy steel pipe suitable for corrosive or high-temperature service, or both.

1.2 This specification covers thirty-seven grades of alloy steel as indicated in Table 1. The selection of the proper alloy and requirements for heat treatment shall be at the discretion of the purchaser, dependent on the service conditions to be encountered.

1.3 Five classes of pipe are covered as follows:

1.3.1 Class 1 — Pipe shall be double welded by processes employing filler metal in all passes and shall be completely radiographed.

1.3.2 Class 2 — Pipe shall be double welded by processes employing filler metal in all passes. No radiography is required.

1.3.3 Class 3 — Pipe shall be single welded by processes employing filler metal in all passes and shall be completely radiographed.

1.3.4 Class 4 — Same as Class 3 except that the weld pass exposed to the inside pipe surface may be made without the addition of filler metal (see 6.2.2.1 and 6.2.2.2).

1.3.5 Class 5 — Pipe shall be double welded by processes employing filler metal in all passes and shall be spot radiographed.

تصویر ۶۵۸: انواع کلاسهای مختلف متریا ASME-Section II-A-2019-SA-358

در واقع در اینجا عبارت Grade و Type یک معنا دارد و مربوط به تغییر درصد آنالیز شیمیایی عناصر مهم در انواع مختلف این متریا می باشد. جدول Table-1 مربوط به مشخصات فنی این متریا و معرفی الکترو و فیلر مخصوص آن می باشد که در استاندارد ASME آمده است.

توجه: استحکام کششی و تسلیم این متریا در هر پنج کلاس با مقدار استحکام کششی و تسلیم متریا SA240 در Grade های مختلف، برابر است.

Grade	UNS Designation	Material Type	ASTM Plate Specification No. and Grade	Filler Metal Classification and UNS Designation [Note (1)] for Applicable [Note (2)] AWS Specification											
				A5.4		A5.9		A5.11		A5.14		A5.22		A5.30	
				Class.	UNS	Class.	UNS	Class.	UNS	Class.	UNS	Class.	UNS	Class.	UNS
XM-19	S22100	XM-19	A 240 Type XM-19	E209	W32210	ER209	S20980 W32240	...	...	...	...	...	...	...	...
...	S24585	...	A 240 S24585	...	...	...	S23980	...	...	...	...	...	...	...	...
XM-29	S28300	XM-29	A 240 Type XM-29	E240	W32410	ER240	W32440	...	...	...	...	...	...	...	...
304	S30400	304	A 240 Type 304	E308	W30810	ER308	S30880 W30840	...	...	...	...	E308T	W30831	IN308	S30880
304L	S30403	304L	A 240 Type 304	E308L	W30813	ER308L	S30883 W30843	...	...	...	...	E308LT	W30835	IN308L	S30883
304H	S30409	304H	A 240 Type 304H	E308H	W30810	ER308	S30880 W30840	...	...	...	...	E308T	W30831	IN308	S30880
...	S30415	...	A 240 S30415	...	...	...	S30880	...	...	...	...	...	...	...	...
304N	S30451	304N	A 240 Type 304N	E308	W30810	ER308	W30840	...	...	...	...	E308T	W30831	IN308	S30880
304LN	S30453	304LN	A 240 Type 304LN	E308L	W30813	ER308L	S30883 W30843	...	...	...	...	W308LT	W30835	IN308L	S30883
316	S31600	316	A 240 Type 316	E316	W31610	ER316	S31680 W31640	...	...	...	...	E316T	W31631	IN316	S31680
316L	S31603	316L	A 240 Type 316L	E316L	W31613	ER316L	S31683 W31643	...	...	...	...	E316LT	W31635	IN316L	S31683
316H	S31609	316H	A 240 Type 316H	E316H	W31610	ER316H	S31680 W31640	...	...	...	...	E316T	W31631	IN316	S31680
316N	S31651	316N	A 240 Type 316N	E316	W31610	ER316	S31680 W31640	...	...	...	...	E316T	W31631	IN316	S31680
316LN	S31653	316LN	A 240 Type 316LN	E316L	W31613	ER316L	S31683 W31643	...	...	...	...	E316LT	W31635	IN316L	S31683

تصویر ۶۵۹: مشخصات فنی متریال SA-358 و معرفی الکترو و فیلر بر اساس ASME-Section II-A-2019

مثال دیگری برای متریالهایی که دسته بندی Class و Grade آنها هم زمان با هم بکار برده می شوند:

از این دسته متریالها می توان به متریال لوله SA-813 که در بیست و هفت Grade دسته بندی شده اند، اشاره کرد. با رجوع به مشخصات فنی این متریال که در استاندارد ASME آمده است می توان دریافت که کلاس در این متریال به روش تولید این لوله ها مربوط می شود. این لوله ها در دو کلاس (Class) تولید می شوند، کلاس SW با یک خط جوش و کلاس DW با دو خط جوش مشخص شده است.

SPECIFICATION FOR SINGLE- OR DOUBLE-WELDED AUSTENITIC STAINLESS STEEL PIPE



SA-813/SA-813M

1. Scope

1.1 This specification covers two classes of fit-up and alignment quality straight-seam single- or double-welded austenitic steel pipe intended for high-temperature and general corrosive service.

1.2 Grades TP304H, TP304N, TP316H, TP316N, TP321H, TP347H, and TP348H are modifications of Grades TP304, TP316, TP321, TP347, and TP348, and are intended for high-temperature service.

1.3 Two classes of pipe are covered as follows:

1.3.1 Class SW — Pipe, single-welded with no addition of filler metal and

1.3.2 Class DW — Pipe, double-welded with no addition of filler metal.

تصویر ۶۶۰: انواع کلاسهای مختلف متریال ASME-Section II-A-2019-SA-813

توجه: استحکام کششی و تسلیم این متریال در هر دو کلاس با مقدار استحکام کششی و تسلیم متریال SA240 در Grade های مختلف برابر است.

دسته ای دیگر از دسته بندی کلاس (Class):

دسته بندی کلاس (Class) برخی از متریالها با پسوند یک حرف از حروف انگلیسی است که پس از کلاس بیان می شود مانند متریال A668 که در سیزده کلاس دسته بندی شده است. شش کلاس A, B, C, D, E, F برای فولادهای کربن استیل و هفت کلاس G, H, J, K, L, M, N برای فولادهای پر آلیاژی است.

با دقت در این دسته بندی مشخص می شود که بالا رفتن حروف از حرف A به حرف N موجب افزایش استحکام کششی و تسلیم و همچنین میزان سختی می شود. لطفاً به جدول کلاسهای متریال A668 دقت فرمایید:



Designation: A 668/A 668M – 04

Standard Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for General Industrial Use¹

1. Scope*

1.1 This specification covers untreated and heat-treated carbon and alloy steel forgings for general industrial use. Other ASTM specifications for forgings are available for specific applications such as pressure vessels, railroad use, turbine generators, gearing, and others involving special temperature requirements.

1.2 Hot-rolled or cold finished bars are not within the scope of this specification.

1.3 Six classes of carbon steel and seven classes of alloy steel forgings are listed (see Section 7), which indicates their required heat treatments, as well as mechanical properties.

تصویر ۶۶۱: مشخصات فنی متریال A668

مشخصات فنی متریال A668

 A 668/A 668M – 04							
TABLE 2 Tensile Requirements							
Class	Size, in. [mm]		Tensile Strength, min		Yield Point, Yield Strength 0.2 % Offset, min		Brinell Hardness
	Over	Not Over	psi	MPa	psi	MPa	
Carbon Steel							
A (AH) (Untreated)	...	20 [500]	47 000	325	...	...	183 max
B (BH) (Annealed, or normalized, or normalized and tempered)	...	20 [500]	60 000	415	30 000	205	120–174
C (CH) (Annealed, or normalized, or normalized and tempered)	...	12 [300]	66 000	455	33 000	230	137–183
	12 [300]	20 [500]	66 000	455	33 000	230	137–183
D (DH) (Normalized, annealed, or normalized and tempered)	...	8 [200]	75 000	515	37 500	260	149–207
	8 [200]	12 [300]	75 000	515	37 500	260	149–207
	12 [300]	20 [500]	75 000	515	37 500	260	149–207
	20 [500]		75 000	515	37 500	260	149–207
E (EH) (Normalized and tempered or double-normalized and tempered)	...	8 [200]	85 000	585	44 000	305	174–217
	8 [200]	12 [300]	83 000	570	43 000	295	174–217
	12 [300]	20 [500]	83 000	570	43 000	295	174–217
F (FH) (Quenched and tempered, or normalized, quenched and tempered)	...	4 [100]	90 000	620	55 000	380	187–235
	4 [100]	7 [175]	85 000	585	50 000	345	174–217
	7 [175]	10 [254]	85 000	585	50 000	345	174–217
	10 [250]	20 [500]	82 000	565	48 000	330	174–217

تصویر ۶۶۲: مشخصات فنی کلاس های متریال Carbon Steel-A668

 A 668/A 668M – 04							
TABLE 2 Tensile Requirements							
Class	Size, in. [mm]		Tensile Strength, min		Yield Point, Yield Strength 0.2 % Offset, min		Brinell Hardness
	Over	Not Over	psi	MPa	psi	MPa	
Alloy Steel							
G (GH) (Annealed, or normalized, or normalized and tempered)	...	12 [300]	80 000	550	50 000	345	163–207
	12 [300]	20 [500]	80 000	550	50 000	345	163–207
H (HH) (Normalized and tempered)	...	7 [175]	90 000	620	60 000	415	187–235
	7 [175]	10 [250]	90 000	620	58 000	400	187–235
	10 [250]	20 [500]	90 000	620	58 000	400	187–235
J (JH) (Normalized and tempered, or normalized, quenched, and tempered)	...	7 [175]	95 000	655	70 000	485	197–255
	7 [175]	10 [250]	90 000	620	65 000	450	187–235
	10 [250]	20 [500]	90 000	620	65 000	450	207–255
K (KH) (Normalized, quenched, and tempered)	...	7 [178]	105 000	725	80 000	550	212–269
	7 [175]	10 [250]	100 000	690	75 000	515	207–269
	10 [250]	20 [500]	100 000	690	75 000	515	207–269
L (LH) (Normalized, quenched, and tempered)	...	4 [100]	125 000	860	105 000	725	255–321
	4 [100]	7 [175]	115 000	795	95 000	655	235–302
	7 [175]	10 [250]	110 000	760	85 000	585	223–293
	10 [250]	20 [500]	110 000	760	85 000	585	223–293
M (MH) (Normalized, quenched, and tempered)	...	4 [100]	145 000	1000	120 000	825	293–352
	4 [100]	7 [175]	140 000	965	115 000	790	285–341
	7 [178]	10 [254]	135 000	930	110 000	758	269–331
	10 [250]	20 [500]	135 000	930	110 000	758	269–341
N (NH) (Normalized, quenched, and tempered)	...	4 [100]	170 000	1175	140 000	965	331–401
	4 [100]	7 [175]	165 000	1140	135 000	930	331–401
	7 [175]	10 [250]	160 000	1100	130 000	900	321–388
	10 [250]	20 [500]	160 000	1100	130 000	900	321–402

تصویر ۶۶۳: مشخصات فنی کلاس های متریال Alloy Steel-A668

***- متریال ASTM-A335/A335M-2015a

دسته بندی گرید های متریال A-335 با حرف پیشوند (P) همراه است که شکل تولید متریال (Seamless Pipe) را مشخص می نماید و در واقع بصورت لوله بدون درز است.

									
Designation: A335/A335M – 15a Standard Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service¹									
1. Scope* 1.1 This specification ² covers nominal wall and minimum wall seamless ferritic alloy-steel pipe intended for high-temperature service.									
Grade	UNS Designation	Grade	UNS Designation	Grade	UNS Designation	Grade	UNS Designation	Grade	UNS Designation
P1	K11522	P5c	K41245	P15	K11578	P24	K30736	P122	K92930
P2	K11547	P9	S50400	P21	K31545	P36	K21001	P911	K91061
P5	K41545	P11	K11597	P22	K21590	P91	K91560		
P5b	K51545	P12	K11562	P23	K41650	P92	K92460		

تصویر ۶۶۴: گریدهای مختلف متریال ASTM-A335/A335M-2015a

***- متریکال ASTM-A213/A213M-2017

 Designation: A213/A213M – 17 Standard Specification for Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater, and Heat-Exchanger Tubes¹									
1. Scope* 1.1 This specification ² covers seamless ferritic and austenitic steel boiler, superheater, and heat-exchanger tubes, designated Grades T5, TP304, etc. These steels are listed in Tables 1 and 2.									
Grade	UNS Designation	Grade	UNS Designation	Grade	UNS Designation	Grade	UNS Designation	Grade	UNS Designation
T2	K11547	T9	K90941	T21	K31545	T36	K21001	T122	K91271
T5	K41545	T11	K11597	T22	K21590	T91	K90901	T911	K91061
T5b	K51545	T12	K11562	T23	K40712	T92	K92460		
T5c	K41245	T17	K12047	T24	K30736	T115	K91060		

Grade	UNS Designation	Grade	UNS Designation	Grade	UNS Designation	Grade	UNS Designation	Grade	UNS Designation
TP201	S20100	TP304H	S30409	TP309S	S30908	TP310S	S31008	TP310MoLN	S31050
TP202	S20200	c	S30432	TP309H	S30909	TP310H	S31009	c	S31060
XM-19	S20910	c	S30434	TP309LMoN	S30925	TP310MoCbN	S31025	c	S31254
c	S21500	TP304N	S30451	TP309Cb	S30940		S31035	...	S31266
c	S25700	TP304LN	S30453	TP309HCb	S30941	TP310Cb	S31040		
TP304	S30400	c	S30615	...	S30942	TP310HCb	S31041		
TP304L	S30403	c	S30815	c	S31002	TP310HCbN	S31042		

تصویر ۶۶۵: گریدهای مختلف متریکال ASTM-A213/A213M-2017

دسته بندی گریدهای متریکال A-213 با حرف پیشوند (T) و نیز (PT) همراه است که شکل تولید متریکال را مشخص می نماید و ممکن است فقط بصورت تیوب تولید شوند مانند T2, T5, T9 یا گاهی بصورت لوله و تیوب تولید شوند مانند TP304L, TP310H, TP316LN.

 Designation: A 312/A 312M – 16a Standard Specification for Seamless, Welded, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes¹	
18.1.4 Part Number: Example: ASTM A 312/A 312M Pipe 304 NPS 12 SCH 40S SMLS	
Specification Number Pipe Grade NPS Wall SMLS OR WELDED	ASTM A 312 P 304 12 0.375 SML
18.1.4.1 Specification Number Tube Grade Outside Diameter Wall SMLS OR WELDED	ASTM A 312 T 304 0.250 0.035 WLD

تصویر ۶۶۶: گریدهای مختلف متریکال ASTM-A312/A312M-2016a

***- متریال ASTM-A312/A312M-2016a

دسته بندی گرید های متریال A-312 با حرف پیشوند (TP) همراه است که شکل تولید متریال را مشخص می نماید (Tube and Pipe) و در واقع می تواند هم بصورت لوله و هم بصورت تیوب تولید شوند.

***- متریال ASTM-A182/A182M-2016



Designation: A 182/A 182M - 16

Standard Specification for

Forged or Rolled Alloy and Stainless Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service¹

1. Scope*

1.1 This specification² covers forged low alloy and stainless steel piping components for use in pressure systems. Included are flanges, fittings, valves, and similar parts to specified dimensions or to dimensional standards, such as the ASME specifications that are referenced in Section 2.

تصویر ۶۶۷: وضعیت مشخصه‌ی متریال ASTM-A182/A182M-2016

دسته بندی گرید های متریال A-182 با حرف پیشوند (F) همراه است که نشان دهنده شکل تولید متریال (Forge) است. که این حالت می تواند برای فلنجه‌ها، اتصالات (Fittings)، شیر الات (Valves) باشد.

متریال A-182 دارای آنالیز شیمیایی متفاوتی می باشد که به دسته بندی های زیر تقسیم می شوند.

۱- فولادهای کم آلیاژ (Low Alloy Steels)

۲- فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی (Martensitic Stainless Steels)

۳- فولادهای زنگ نزن فریتی (Ferritic Stainless Steels)

۴- فولادهای زنگ نزن آستنیتی (Austenitic Stainless Steels)

۵- فولادهای زنگ نزن دوفازی (Ferritic-Austenitic Stainless Steels)

Low Alloy Steels							
F 1	F 2	F 5	F 5a	F 9	F 10	F 3Vcb	F 91
F 92	F 122	F 911	F 11,Cl.1	F 11,Cl.2	F 11,Cl.3	F 12,Cl.1	F 12,Cl.2
F 22V	F 23	F 24	FR	F 36,Cl.1	F 36,Cl.2		
Martensitic Stainless Steels							
F 6a Cl.1	F 6a Cl.2	F 6a Cl.3	F 6a Cl.4	F 6b	F 6NM		
Ferritic Stainless Steels							
F XM-27 Cb	F 429	F 430					
Austenitic Stainless Steels							
F 304	F 309H	F 316H	F 317	F 348H	F 20	F 48	F 63
F 304H	F 310	F 316L	F 317L	F 321	F 44	F 49	F 64
F 304L	F 310H	F 316N	F 347	F 321H	F 45	F 56	F 904L
F 304N	F 310MoLN	F 316LN	F 347H	F XM-11	F 46	F 58	
F 304LN	F 316	F 316Ti	F 348	F XM-19	F 47	F 62	
Ferritic-Austenitic Stainless Steels							
F 50	F 51	F 52	F 53	F 54	F 55	F 57	F 59
F 60	F 61	F 65	F 66				

تصویر ۶۶۸: دسته بندی گریدهای متریال ASTM-A182/A182M-2016

- - بررسی بعضی از پیشنوندها همچون P, T, PT, F در گرید متریالها مطابق زیر نوشتی که در جدول Table-1 از استاندارد AWS D10.8 آمده است، پیشنوندها چنین تعریف شده اند: منظور از پیشنهاد حرف یا حروفی است که قبل از شماره گرید ذکر می شوند مانند موارد زیر.

***Table uses Symbols P (pipe), T (tube), and TP (tube or pipe). Other product forms with same normal chemistry for which this document applies are CP (cast pipe), F (forging), FP (forged pipe), and WP (welded pipe)**

تصویر ۶۶۹: مشخصه پسوند برخی از گریدهای متریال های مختلف

پیشوند (P) مربوط به لوله ها است مانند، SA335-P1, P2, P5

پیشوند (T) مربوط به تیوب ها است مانند، SA213-T2, T11, T12

پیشوند (TP) یعنی هم می تواند بصورت تیوب تولید شود و هم بصورت لوله مانند، SA312-TP304, TP316 یعنی هم

می تواند بصورت لوله مانند (SA312-P304) باشد هم بصورت تیوب باشد مانند (SA312-T304)

پیشوند (CP) مربوط به لوله های ریختگری (Centrifugal cast pipe) است مانند، SA426-CP2, CP11

پیشوند (F) مربوط به اتصالات شامل، فلنجهها، اتصالات (Fittings)، شیرالات (Valves) مانند SA182-F304

پیشوند (FP) مربوط به لوله های آهنگری است مانند، SA369-FP2

پیشوند (WP) مربوط به اتصالات لوله های جوشی است مانند، SA234-WP9

پیشوند (WPL) مربوط به اتصالات لوله های جوشی برای استفاده در دمای پایین است مانند، SA420-WPL6

- - بررسی اصطلاحات Normalizing, Quenching, Tempering, Stress Relieving

Heat Treatment

Although most steel plate is used in the hot-finished condition, the following heat treatments are applied to plate that must meet special requirements.

Normalizing consists of heating the steel above its critical temperature and cooling in air. This refines the grain size and provides improved uniformity of structure and properties of the hot-finished plate.

When toughness requirements are specified for certain thicknesses in some grades of normalized plate, accelerated cooling must be used in lieu of cooling in still air from the normalizing temperature. Such cooling is accomplished by fans to provide air circulation during cooling or by a water spray or dip. Accelerated cooling is used most often in plates with heavy thicknesses to obtain properties comparable to those developed by normalizing material in the lighter thicknesses.

Quenching consists of heating the steel to a suitable austenitizing temperature, holding at that temperature, and quenching in a suitable medium that depends on chemical composition and cross-sectional dimensions. As-quenched steels are hard, high in strength, and brittle. They are almost always tempered before being placed in service.

Tempering consists of reheating the steel to a predetermined temperature below the critical range, then cooling under suitable conditions. This treatment is usually carried out after normalizing or quenching to obtain desired mechanical properties. Those include a balance of strength and toughness to meet the designer's requirements.

Stress relieving consists of heating the steel to a subcritical temperature to release stresses induced by such operations as flattening or other cold working, shearing, or gas cutting. Stress relieving is not intended to significantly modify the microstructure or to obtain desired mechanical properties.

تصویر ۶۷۰: تعریف اصطلاحات مربوط به عملیات حرارتی متریال ها

عملیات حرارتی (Heat Treatment): هرچند اغلب ورقهای فولادی در شرایط (Hot – finished) تولید می شوند ولی عملیاتهای حرارتی زیر بایستی بر روی ورقهایی که دارای الزامات خاصی هستند، انجام شود.

نرماله کردن (Normalizing):

نرماله کردن عبارت است از گرم کردن فولاد تا بالای درجه حرارت بحرانی و سرد کردن در هوا. این عمل باعث ریز شدن اندازه دانه ها، بهبود یکنواختی ساختار و خواص ورق (در حالت گرم) می شود. وقتی برای ضخامت های مشخصی در برخی از Grade های ورق تولیدی، الزامات چقرمگی خاصی منظور شده باشد به جای سرد کردن فولاد در هوا باید آنرا از درجه حرارت نرماله کردن با سرعت سریع سرد نمود، چنین روش سرد کردن بوسیله فن هایی که جریان هوا را در خلال سرد کردن تامین می نماید یا بوسیله پاشش آب و یا غوطه ور کردن آن در آب انجام می شود. سریع سرد کردن اغلب برای ورقهای با ضخامت بالا بکار برده می شوند تا خواصی مشابه خواص ورق های کم ضخامت نرماله شده بدست آورند.

کوئینچ کردن (Quenching):

کوئینچ کردن عبارت است از گرم کردن فولاد تا درجه حرارت آستنیتی مناسب و نگهداشتن آن در آن درجه حرارت و سرد کردن آن در ماده مناسبی که بستگی به ترکیب شیمیایی و ابعاد مقطع فولاد دارد. فولادهای کوئینچ شده سخت دارای استحکام بالا و شکننده هستند و معمولاً آنها را قبل از این که در سرویس قرار دهند تمپر می کنند.

تمپر کردن (Tempering):

تمپر کردن عبارت است از گرم کردن فولاد تا درجه حرارت تعیین شده ای زیر محدوده دمای بحرانی و سپس سرد کردن آن تحت شرایط مناسب. این عملیات معمولاً پس از نرماله کردن یا کوئینچ کردن انجام می شود تا خواص مکانیکی مطلوبی بدست آید و شامل تعادل بین استحکام و چقرمگی می باشد تا الزامات طراح را تامین نماید.

تنش زدایی (Stress Relieving): تنش زدایی عبارت است از گرم کردن فولاد در زیر درجه حرارت بحرانی، تا تنشهایی که بوسیله عملیاتی همچون تخت کردن، سایر کارهای سرد یا برشکاری بوسیله قیچی یا گیوتین یا گاز که در فولاد ایجاد شده اند، آزاد شوند. تنش زدایی به منظور بهبود ساختار میکروسکوپی فولاد یا خواص مکانیکی انجام نمی شود.

■ - بررسی اصطلاحات Killed Steel, Semikilled Steel

Steelmaking Practices**Deoxidation Practices.**

Killed steel is fully deoxidized, and from the viewpoint of minimum chemical segregation and uniform mechanical properties, killed steel represents the best quality available. Therefore, killed steel is generally specified when homogeneous structure and internal soundness of the plate are required or when improved low-temperature impact properties are desired. Killed steel can be produced either fine or coarse grained without adversely affecting soundness, surface, or cleanliness. Generally, heavy-gage plate (thicker than 38 mm, or 1½ in.) is produced from killed steel to provide improved internal homogeneity.

Semikilled steel is deoxidized to a lesser extent than killed steel and therefore does not have the same degree of chemical uniformity or freedom from surface imperfections as killed steel. This type of steel is used primarily on lighter-gage plate, for which high reductions from ingot to plate thicknesses minimize the structural and chemical variations found in the as-cast ingot.

تصویر ۶۷۱: تعریف اصطلاحات مربوط به مراحل تولید برخی از متریال ها

متریال های Killed Steel:

فولادهای کشته شده کاملاً اکسیژن زدایی شده اند و از نقطه نظر حداقل جدایش شیمیایی و یکنواختی خواص مکانیکی بهترین کیفیت را ارائه می دهند. بنابراین وقتی نیاز ورق دارای ساختاری یکنواخت و بدون عیب باشد یا وقتی نیاز باشد خواص مقاومت به ضربه فولاد در درجه حرارت های پایین (چقرمگی) مناسب باشد، از فولاد کشته شده استفاده می شود. فولاد کشته شده می تواند بصورت دانه ریز یا دانه درشت تولید شود بدون اینکه بر سالم بودن سطح و تمیزی آن تاثیر منفی داشته باشد. معمولاً ورقهای ضخیم (ضخیم تر از ۳۸ میلیمتر) از فولاد کشته شده تولید می شوند تا یکنواختی درونی بهتری را فراهم نمایند.

متریال های Semikilled Steel:

این فولاد ها نسبت به فولادهای کشته شده به اندازه کمتری اکسیژن زدایی شده اند. بنابراین به اندازه فولادهای کشته شده دارای یکنواختی شیمیایی نیستند و سطح آنها به همان اندازه عاری از عیب نمی باشد.

این نوع فولاد عمدتاً در ورقهای با ضخامت کمتر بکار برده می شوند و به علت بالا بودن درجه کاهش ضخامت از شمش به ورق، عواملی همچون تغییرات شیمیایی و مکانیکی موجود در شمش ریخته گری شده در آنها را به حداقل می رسانند.

■ - بررسی میزان قابل قبولی عیوب سطحی (Surface imperfections) متریالها:

با رجوع به مشخصات فنی هر متریال اطلاعات مورد نیاز در باره آن متریال بدست می آید. حال چنانچه آن متریال آهنی باشد به استاندارد ASME Section II-A-2017 مراجعه می شود و برای متریالهای غیر آهنی مثل آلومینیوم، مس، نیکل، تیتانیوم و زیرکونیوم به استاندارد ASME Section II-B-2017 مراجعه می شود.

حال چنانچه عیوبی بر روی سطح متریالی مشاهده شود برای اینکه مشخص شود آیا این عیوب قابل قبول هستند یا خیر بایستی مشخصات فنی آن متریال را از حیث معیار پذیرش عیوب سطحی (Surface imperfections) بررسی نمود.

*** - مثال اول:

سؤال: متریال مورد نظر، لوله از نوع SA-106 می باشد. روی سطح این لوله عیوب خوردگی قابل مشاهده است. آیا این عیوب با توجه به عمق آنها قابل قبول هستند یا خیر؟

جواب: در مشخصات فنی متریال SA-106 مبحثی تحت عنوان Workmanship, Finish and Appearance وجود دارد. در این مبحث، عیوب سطحی (Surface imperfections) بررسی می شوند. در این رابطه در مشخصات فنی متریال SA-106 در پاراگراف 18.2 معیار پذیرش این دسته از عیوب سطحی مشخص شده است و عیوب تا کمتر از عمق $12\frac{1}{2}\%$ قابل قبول می باشند. بنابراین عمق عیوب سطحی بیشتر از این محدوده بعنوان عیب محسوب می شوند که در این زمینه چندین راهکار برای تعمیر عیوب از جمله تعمیر با جوشکاری ارائه شده است.

باید در نظر داشت در پاراگراف 18.3.1 *Mechanical marks and abrasions* عمق عیوبی که بر اثر خراش و سایش مکانیکی مثل اثرات سیم، فرورفتگی سطح، اثرات علامتهای راهنما، اثرات خمکاری، خراشهای ساچمه ای، نشانها، آثار قالب، حفره ها هر کدام از این عیوب که عمق آنها بیشتر از 1.6 mm باشد عیب محسوب می شوند.

*** - مثال دوم:

سؤال: متریال مورد نظر، ورق با مشخصات SA-516-Gr. 70 می باشد. بر روی بعضی از نقاط سطح آن عیوبی دیده می شود چگونه باید بررسی نمود که آیا این عیوب قابل قبول هستند یا خیر؟

جواب: در استاندارد ASME Sec. II-Part-A به مشخصات فنی SA-516/SA-516M به مبحث مدارک مرجع یا Referenced Documents مراجعه می کنیم، در لیست مدارک مرجع، به مدرک SA-20/SA-20M که مربوط به الزامات کلی است رجوع می کنیم (مدرک SA-20/SA-20M در همان استاندارد Sec. II-A می باشد).

SA-20/SA-20M Specification for General Requirements for Steel Plates for Pressure Vessels.

حال با مراجعه به SA-20 مبحث *Surface Imperfections* را در پاراگراف 9. Quality بررسی می نماییم. در این پاراگراف معیار پذیرش عیوب سطحی مشخص شده است. با مراجعه به این پاراگراف می توان تشخیص داد که آیا عیوب سطحی متریال مورد نظر قابل قبول است یا خیر.

*** - مثال سوم:

سؤال: متریال مورد نظر، لوله با مشخصات SA-312-TP321 می باشد. در بعضی از نقاط سطح لوله عیوبی دیده می شود چگونه باید بررسی نمود که آیا این عیوب قابل قبول هستند یا خیر؟

جواب: در استاندارد ASME Sec. II-Part-A به مشخصات فنی SA-312/SA-312M به مبحث مدارک مرجع یا Referenced Documents مراجعه می کنیم، در لیست مدارک مرجع، به مدرک SA-999/ SA-999M که مربوط به الزامات کلی است رجوع می کنیم (مدرک SA-999/ SA-999M در همان استاندارد Sec. II-A می باشد).

SA-999-2017- Specification for General Requirements Alloy and Stainless Steel Pipe

حال با مراجعه به SA-999 بحث *Surface Imperfections* را در پاراگراف 28.13 بررسی می کنیم. در این پاراگراف معیار پذیرش عیوب سطحی مشخص شده است. با مراجعه به این پاراگراف می توان تشخیص داد که آیا عیوب سطحی متریا ل مورد نظر قابل قبول است یا خیر.

***- مثال چهارم:

سؤال: متریا ل های مورد نظر، لوله های بدون درز با سایز 10 in. و ضخامت $XS = 0.5$ in. و طول شش متر با مشخصات SA-312-TP316 می باشند. بعضی از این لوله ها از حالت صاف بودن خارج شده و دارای کمی انحنای می باشند که پس از اندازه گیری مشخص گردید حداکثر میزان عمق انحنای 8mm است. چگونه باید بررسی نمود که آیا این میزان عمق انحنای قابل قبول است یا خیر؟

جواب: مانند جواب قبلی به مشخصات فنی SA-999 مراجعه می کنیم:

در مشخصات فنی SA-999 بحث *Straight* را در پاراگراف 28.10 بررسی می کنیم. در این پاراگراف به صراحت قید شده که صاف بودن لوله می بایست در محدوده ی تلورانس های مجاز در جدول ۲ باشد. با توجه به سایز و ضخامت لوله های مذکور داریم:

SA-999/SA-999M

28.10 Pipe shall be straight to within the tolerance given in Table 2.

TABLE 2 Straightness Tolerances

Specified OD, in. ^A	Specified Wall Thickness, in. ^A	Maximum Curvature in any 3 ft, in. ^A	Maximum Curvature in Total Length, in. ^A
Up to 5.0, incl.	Over 3 % OD to 0.5, incl.	0.030	0.010 × length, ft
Over 5.0 to 8.0, incl.	Over 4 % OD to 0.75 incl.	0.045	0.015 × length, ft
Over 8.0 to 12.75, incl.	Over 4 % OD to 1.0, incl.	0.060	0.020 × length, ft

^A 1 in. = 25.4 mm.

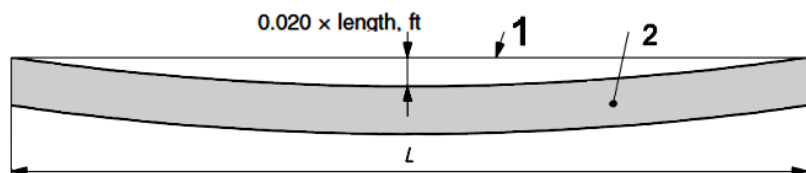
$1\text{m} = 3.28\text{ ft} \rightarrow 6\text{m} = (3.28 \times 6) = 19.48\text{ ft} = \text{Pipe Length}$

According to end row and end column Table 2 $\rightarrow 0.020 \times 19.48 = 0.3896\text{ in.} \rightarrow 9.89\text{ mm}$

نتیجه: با توجه به مشخصات لوله های مذکور و مطابق با جدول ۲ برای لوله های سایز $8\text{ in.} < \text{OD} \leq 12.75\text{ in.}$ ضخامت بیشتر از 4% قطر خارجی لوله تا 1 in.، حداکثر میزان انحنای قابل قبول تقریباً 10 mm می باشد که بیشتر از انحنای لوله های مورد نظر است. در نتیجه انحنای لوله ها قابل قبول می باشند.

Measuring full-length straightness

- 1 taut string or wire
- 2 pipe  Pipe Length = 19.48 ft



(۳۲) - استاندارد API-650

در مخازن ذخیره ای مایعات چند طرح اساسی مورد استفاده قرار می گیرد:

* مخازن ذخیره ای با سقف ثابت

* مخازن ذخیره ای سقف شناور رو باز (بدون سقف ثابت)

* مخازن ذخیره ای سقف شناور با سقف ثابت.

■ - مخازن ذخیره ای سقف ثابت

مخازن ذخیره ای سقف ثابت در مقایسه با مخازن فاقد سقف که اساساً در تصفیه آب و پساب ها مورد استفاده قرار می گیرند، حاوی بخاراتی از محصول هستند که دارای پتانسیل ضعیفی برای آتش سوزی می باشند. در مخازن فاقد سقف چون سطح مایع بدون حفاظ می باشد بطور چشمگیری موجب تبخیر محصول می شود.

مخازن ذخیره ای سقف ثابت عموماً برای ذخیره کردن محصولات بکار می رود که در درجه حرارت محیط یا در درجه حرارت نگهداری به آسانی تبخیر نمی شوند، برای مثال مخازن ذخیره ای سقف ثابت می توانند برای نگهداری محصولاتی مانند گازوئیل، روغن، قیر و مازوت بکار برده شوند.

مخازن ذخیره ای سقف ثابت که فاقد امکانات بازیابی بخارات می باشند محدود به موادی می باشند که فشار حقیقی بخارات آنها در درجه حرارت کاری مخزن کمتر از 1.5 Psia است. این نوع مخازن شامل یک بدنه فولادی استوانه ای و سقف ثابت دائمی میباشند که ممکن است به شکل مخروطی، قوسی یا مسطح باشند. هر یک از این مخازن می توانند به مخازن ذخیره ای سقف ثابت فاقد فشار، کم فشار و فشار بالا دسته بندی گردند.

مخازن ذخیره ای سقف ثابت فاقد فشار: برای نگهداری محصولات تحت فشار اتمسفریک بکار برده می شود و مجهز به ونت (Vent) های دهانه باز می باشند.

مخازن ذخیره ای سقف ثابت کم فشار و فشار بالا برای نگهداری محصولات تحت فشارهای کم یا بالا و یا خلاء بکار برده می شوند. این مخازن مجهز به شیرهای رها سازی (Breather Valve) هستند که طوری تنظیم شده اند که در فشارهای طراحی شده بطور کامل باز می شوند.

جدول زیر حداکثر شرایط طراحی برای هر یک از مخازن ذخیره ای سقف ثابت را بطور مختصر بیان می کند.

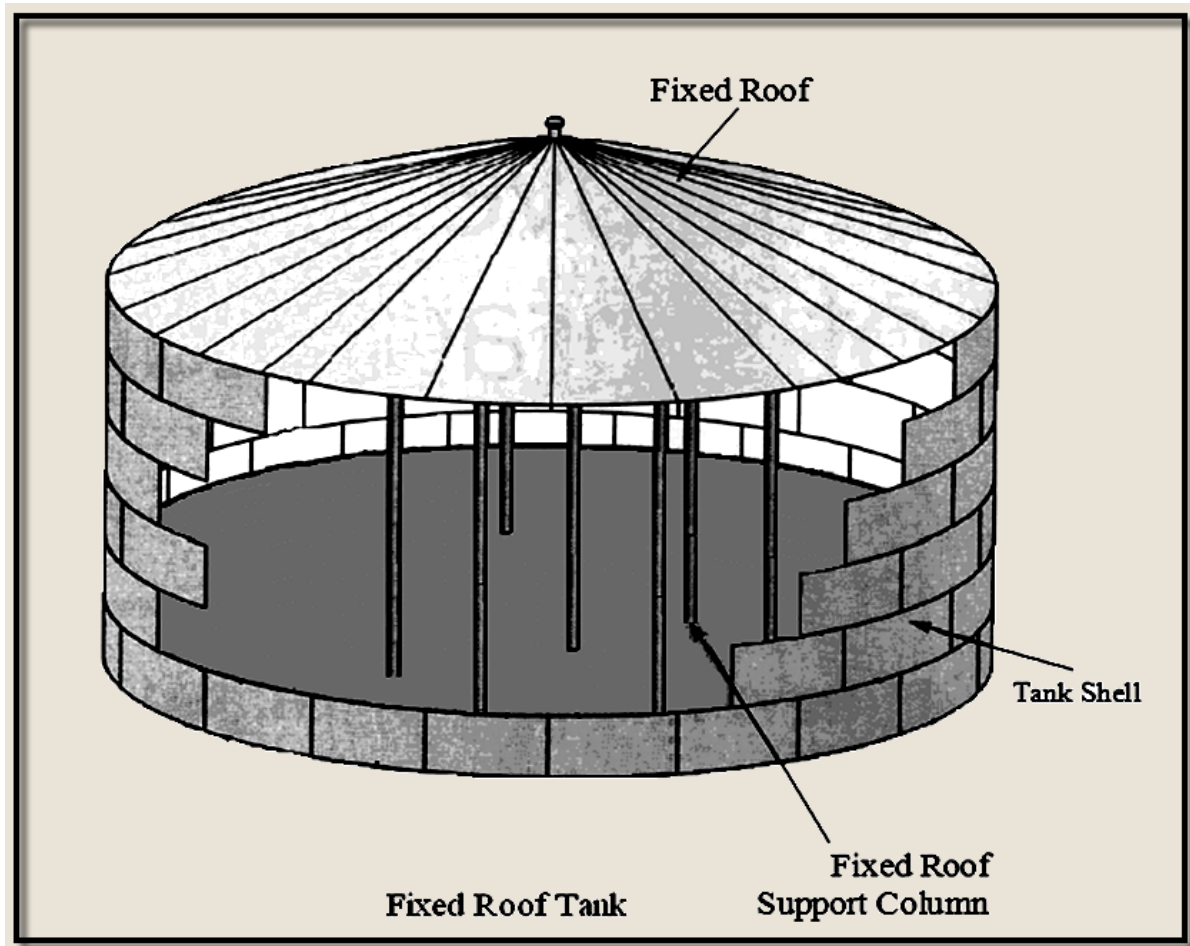
TABLE 1. Maximum design condition for cone-and dome-roof tanks	
Type of tanks	Design pressure/vacuum, mbar (gauge)
Non-pressure	7.5 / 2.5
Low-pressure	20 / 6.0
High-pressure	50 / 6.0

تصویر ۶۷۲: حداکثر شرایط طراحی برای مخازن ذخیره ای سقف ثابت

مخازن فشار اتمسفریک برای نگهداری مایعات نباید در درجه حرارت نقطه جوش یا بالاتر بکار برده شوند. تغییرات در درجه حرارت، فشار و ارتفاع مایع باعث هدر رفتن بخشی از مایعات در مخازن سقف ثابت می گردد.

مخازن ذخیره ای سقف ثابت باید بتوانند آزادانه از طریق منفذ (Vent) سر ریز گردند یا به شیرهای رها سازی فشار (Breather Valve) یا خلاء مجهز باشند.

در تصویر شماره ۶۷۳ تصویر یک مخزن ذخیره ای با سقف ثابت را نشان داده است:



تصویر ۶۷۳: مخزن ذخیره ای سقف ثابت

■ - مخازن ذخیره ای سقف شناور

مخازن ذخیره ای سقف شناور: در این نوع مخازن، سقف مخزن به بدنه آن متصل یا ثابت نشده است بلکه بروی سطح مایع درون مخزن، شناور می باشد بطوریکه هیچ فضایی برای ایجاد بخار وجود ندارد. از آنجا که سقف شناور بر روی سطح مایع قرار دارد از هدر رفتن بخشی از مایع در اثر تبخیر بطور قابل توجهی جلوگیری می کند و خطرات ناشی از بخارات قابل اشتعال را کاهش می دهد.

مخازن ذخیره ای سقف شناور زمانی بکار برده می شوند که فشار حقیقی بخار مایع انباشته شده در آنها در درجه حرارت کاری (Operation) کمتر از 11.1 Psia باشد. برای فشار واقعی بخار بیشتر از 11.1 Psia، استفاده از مخزن فشار متوسط یا سیستمی برای بازیابی بخارات مخزن الزامی است. چنانچه اندازه مخزن بزرگتر باشد و فشار بخار مایع نگهداری شده در آن نیز بیشتر باشد و نقطه اشتعال (Flash Point) آن کمتر از درجه حرارت نگهداری باشد، مخازن سقف شناور نسبت به مخازن سقف ثابت ترجیح داده می شود.

مخازن ذخیره ای سقف شناور برای نگهداری محصولات سبک، نفت سفید (Kerosine) و نفت خام که در اثر اصطکاک دارای بار الکتریکی می گردند مناسب است.

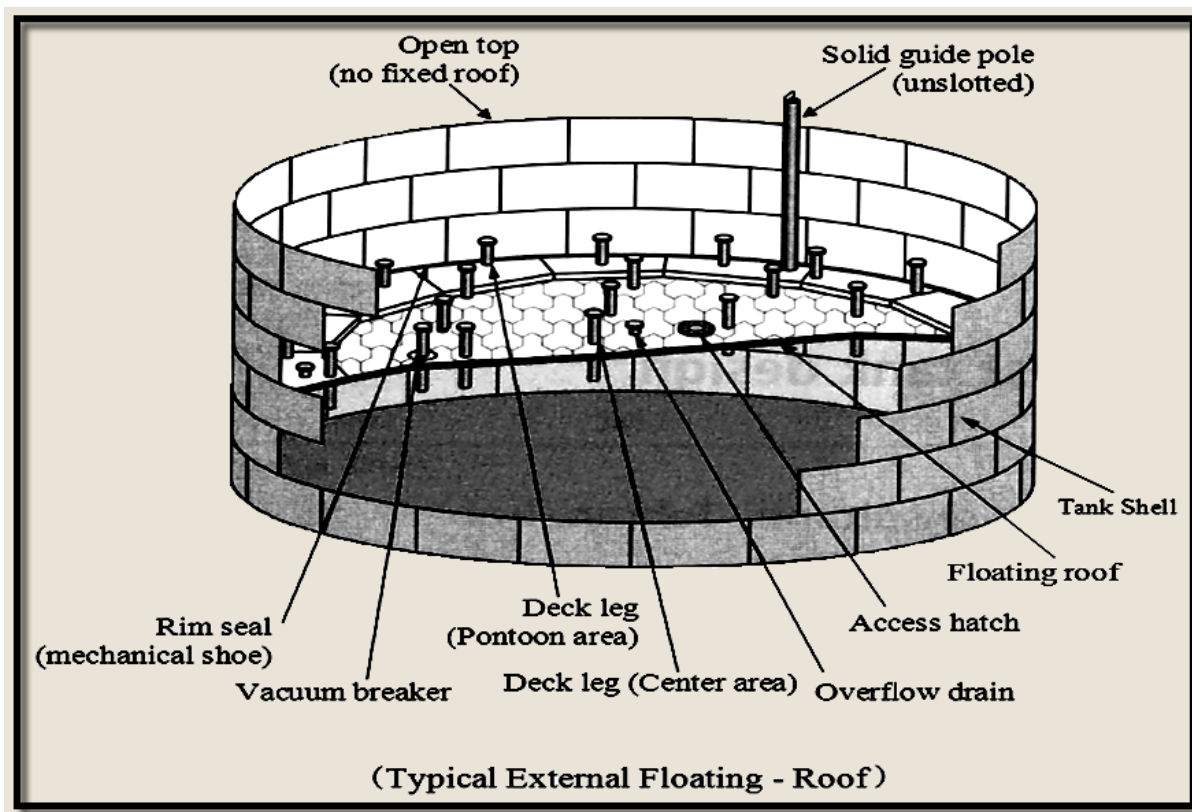
مخازن ذخیره ای سقف شناور خارجی: این نوع مخازن در فشار اتمسفریک طراحی شده اند. هر چند بطور معمول برای قطرهای ۱۵ متر و بیشتر توصیه می گردند ولی این باعث نمی شود که نتوان از آنها تحت شرایط خاصی در قطرهای کمتر نیز استفاده نمود.

قطر یک مخزن با سقف شناور خارجی حداقل باید برابر با ارتفاع آن باشد تا استفاده از پله غلطکی برای دسترسی به سقف مخزن امکان پذیر باشد.

مخازن ذخیره ای سقف شناور خارجی شامل بدنه فولادی استوانه ای دهان باز می باشد که مجهز به سقفی است که بر روی سطح مایع ذخیره شده در آن شناور است. سقف شناور شامل یک عرشه (Deck)، اتصالات و سیستم قاب آب بندی شده (Sealing) می باشد.

بطور کلی عرشه های شناور دو نوع می باشند، یکی عرشه پانتون (Pontoon-Deck) و دیگری دو عرشه ای است (Double-Deck).

مخازن ذخیره ای سقف شناور خارجی نوع پانتون (Pontoon) در تصویر ۶۷۴ نشان داده شده است.



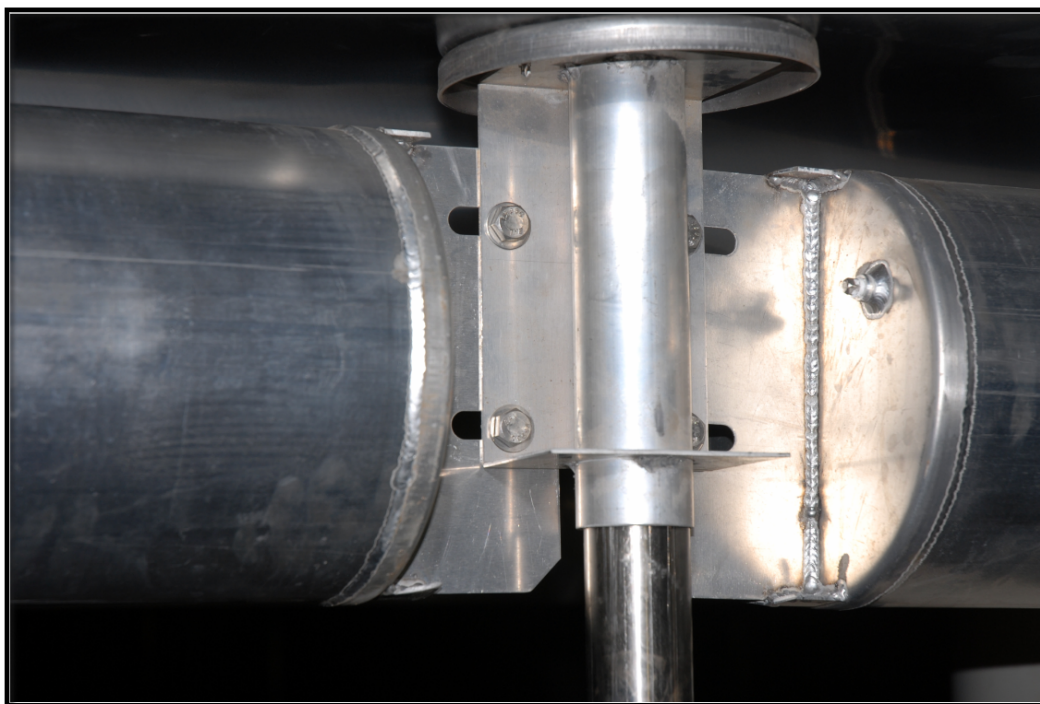
تصویر ۶۷۴: مخزن سقف شناور خارجی با عرشه نوع پانتون

در تمام انواع مخازن سقف شناور خارجی، سقف همراه با سطح مایع درون مخزن بالا و پایین می رود. عرشه های شناور خارجی مجهز به سیستم قاب آب بندی (Sealing) می باشند که به محیط عرشه متصل است و با بدنه مخزن در تماس می باشند.

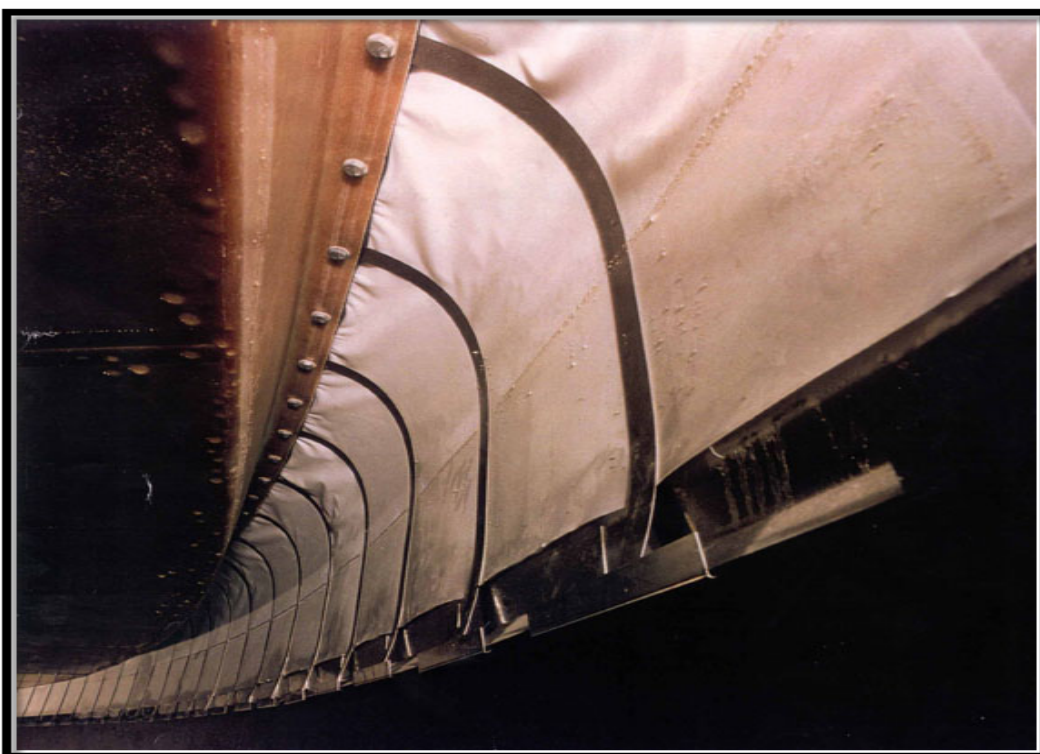
هدف از سقف شناور و سیستم قاب آب بندی، کاهش هدر رفتن مایعات ذخیره شده بر اثر تبخیر است.

برای اطلاعات بیشتر در باره مخازن سقف شناور خارجی لطفاً به Annex C- External Floating Roofs از استاندارد API 650-2020 مراجعه فرمایید.

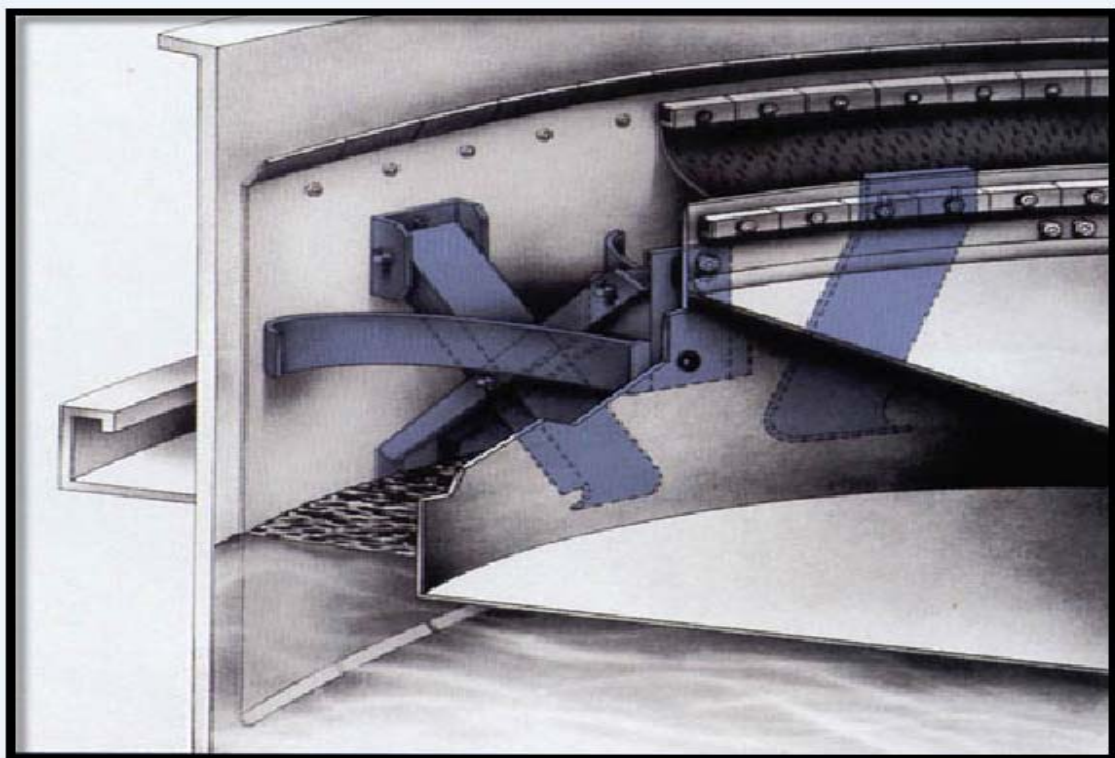
سیستم قاب آب بندی انواع مختلفی دارد که شکل آنها در تصاویر شماره های ۶۷۱، ۶۷۰، ۶۶۹، ۶۶۸ قابل مشاهده می باشند.



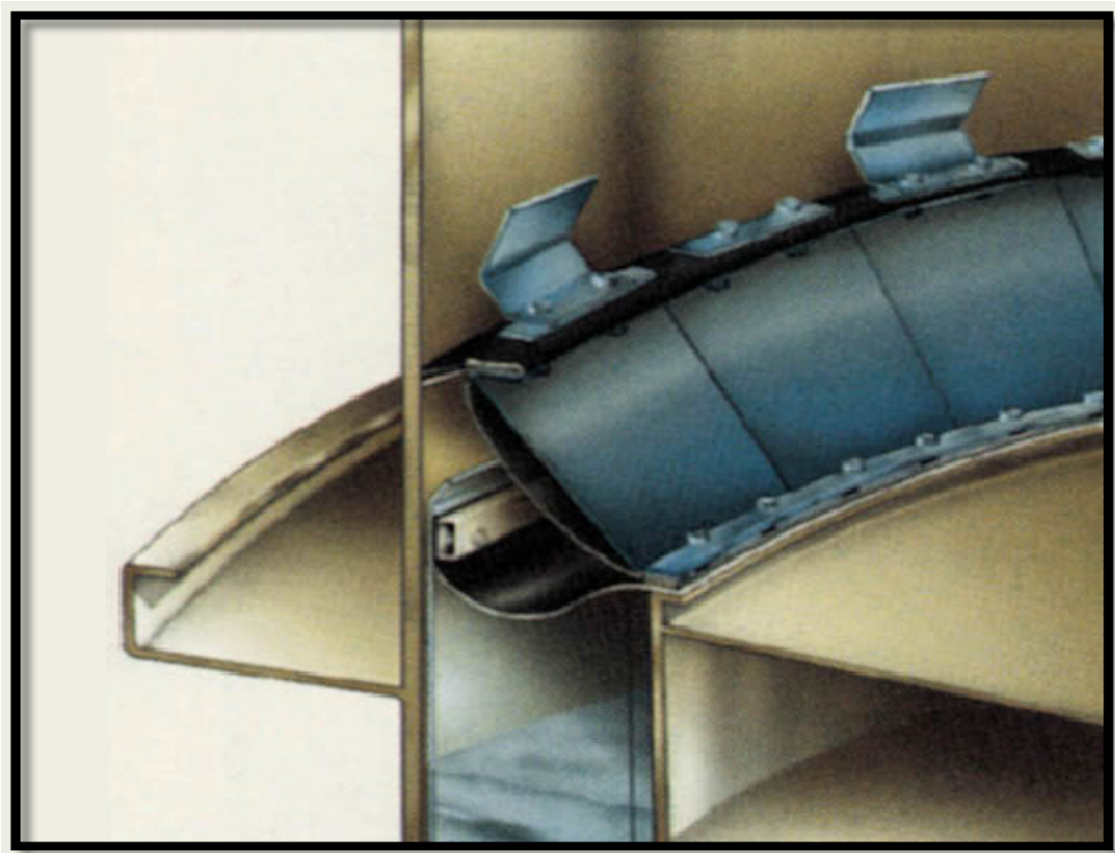
تصویر ۶۷۵: سیستم قاب آب بندی مخزن سقف شناور خارجی



تصویر ۶۷۶: سیستم قاب آب بندی مخزن سقف شناور خارجی (Sealmaster primary seal)



تصویر ۶۷۷: سیستم قاب آب بندی مخزن سقف شناور داخلی و خارجی (Scissor shoe™ primary seal)



تصویر ۶۷۸: سیستم قاب آب بندی مخزن سقف شناور (Wiper seal secondary seal)

مخازن سقف شناور داخلی: این نوع مخازن در نیمه های دهه ۱۹۵۰ گسترش یافتند تا امکان محافظت از سقف شناور در مقابل رعد و برق فراهم گردد. فضای بخار آلود مخزن که در بالای سقف شناور و در زیر سقف ثابت قرار دارند دارای منفذ هایی (Vents) برای مسیر گردش (Circulation) و خروج بخارات می باشند تا شرایط تهویه طبیعی فراهم شود و انباشت بخارات محصول را کاهش داده و مواد قابل اشتعال تشکیل شده را رقیق تر نماید.

چنین مخازنی می توانند زمانی بکار روند که :

*- وزن برف بر روی سقف شناور مشکل ایجاد می نماید زیرا برف یا آب بر روی سقف شناور بر شناوربودن آن در حین سرویس (عملیاتی) اثر می گذارد.

*- آلوده شدن مایع ذخیره شده در مخزن سقف شناور بوسیله آب باران قابل قبول نیست.

*- مشکلات زیست محیطی یا هدر رفتن بخارات در مخازن سقف ثابت وجود ندارد.

*- مایع ذخیره شده نباید با هوا تماس داشته باشد.

اساساً دو نوع مخازن سقف شناور داخلی وجود دارد:

***- مخازنی که سقف ثابت آنها بوسیله ستونهای عمودی در درون مخزن ثابت شده اند.

***- مخازنی که سقف ثابت آنها بدون حمایت ستون ثابت شده اند.

نصب سقف شناور، اتلاف ناشی از تبخیر مایع ذخیره شده را به حداقل می رساند. هدر رفتن بخارات در مخازن سقف شناور ممکن است از طریق اتصالات عرشه، درزهای جوشکاری نشده عرشه با فاصله بین سقف شناور و بدنه مخزن صورت پذیرد. بعلاوه، بخارات این مخازن بوسیله منفذ های (Vents) نصب شده بر روی سقف ثابت تخلیه می گردد. منفذ ها (Vents) از انباشت بخارات و تراکم آنها تا محدوده ای قابل اشتعال جلوگیری می کند.

***- انواع سقف های شناور داخلی [Annex H (normative) Internal Floating Roofs] :

مخزن سقف شناور داخلی که فاقد منفذ (Vent) باشد بعنوان مخزن تحت فشار قلمداد می گردد.

برای اطلاعات بیشتر درمورد مخازن سقف شناور داخلی لطفاً به Annex H از استاندارد API 650-2020 مراجعه فرمایید.

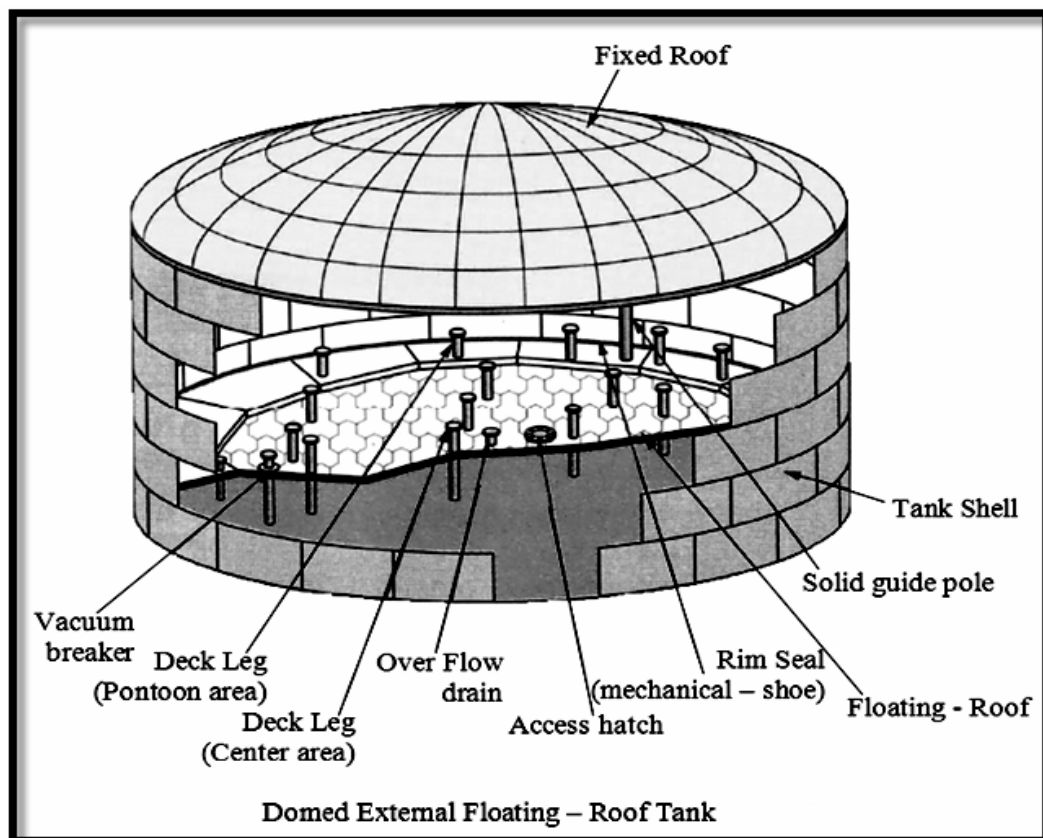
Annex H (normative)

Internal Floating Roofs

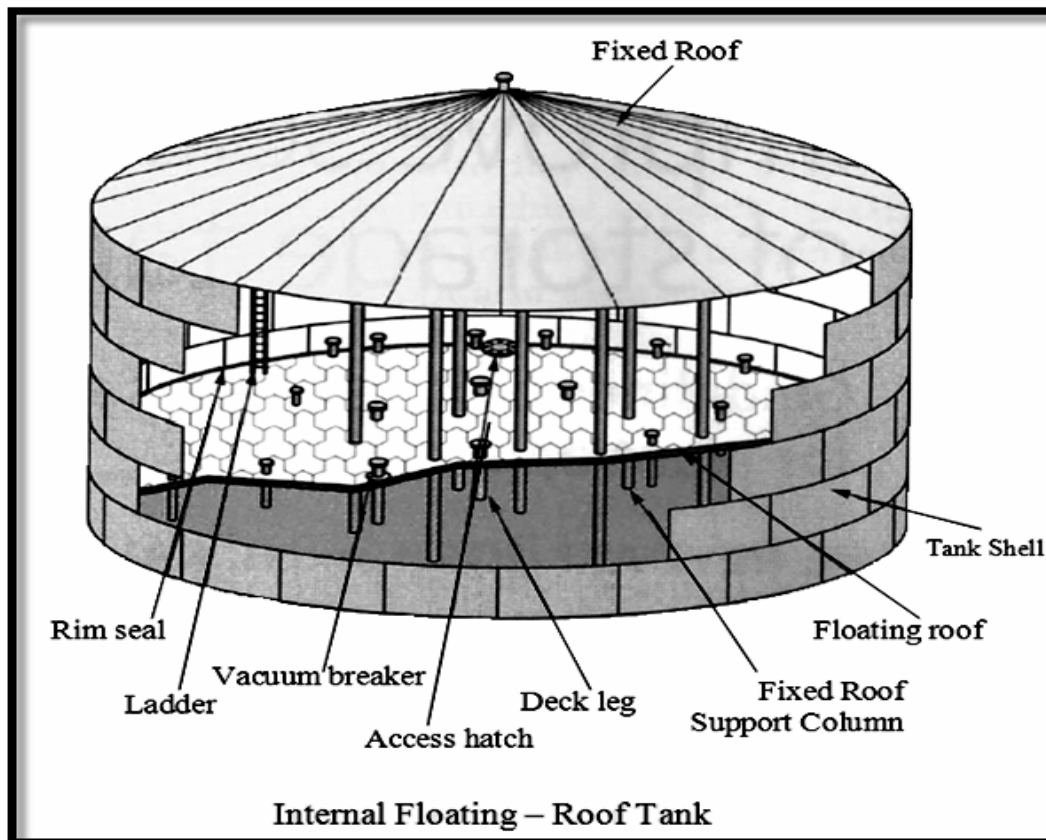
H.1 Scope

- H.1.1 This Annex provides minimum requirements that apply to a tank with an internal floating roof and a fixed roof at the top of the tank shell, and to the tank appurtenances. This Annex is intended to limit only those factors that affect the safety and durability of the installation and that are considered to be consistent with the quality and safety requirements of this standard.

تصویر ۶۷۹: ضمیمه H مربوط به قوانین مخازنی که سقف شناور داخلی به همراه سقف ثابت خارجی دارند.



تصویر ۶۸۰: مخزن سقف شناور داخلی نوع عرشه پانتون با سقف ثابت بدون ستون های نگهدارنده سقف ثابت



تصویر ۶۸۱: مخزن سقف شناور داخلی نوع عرشه پانتون با سقف ثابت بدون ستون های نگهدارنده سقف ثابت

☀ - بازرسی ابعادی در مخازن ذخیره ای بر اساس استاندارد 2016-API 650

***- پاراگراف 7.5 (Dimensional Tolerances): تلورانس های ابعادی.

*- پاراگراف 7.5.1 (General): کلیات.

هدف از تلورانس های ارائه شده در پاراگراف های 7.5.2 تا 7.5.7 اینست که مخزن با ظاهری قابل قبول ساخته شود بطوریکه سقفهای شناور بتوانند بطور مناسب انجام وظیفه نمایند. اندازه گیری ها باید قبل از تست هیدرواستاتیک کنترل شوند و بایستی تلورانس های زیر بکار برده شوند، مگر اینکه توسط خریدار در برگه اطلاعات (Data Sheet)، خط ۱۵ حذفیات یا اصلاحاتی انجام گرفته باشد یا بطور جداگانه توافقاتی بین خریدار و سازنده صورت گرفته باشد.

■ - شاغولی بودن (Plumbness)

*- پاراگراف 7.5.2 (Plumbness): شاغولی بودن.

(a) - حداکثر میزان شاغول نبودن بالای بدنه مخزن نسبت به پایین آن نباید از $(1/200)$ کل ارتفاع مخزن تجاوز نماید. شاغول نبودن یک کورس بدنه نباید از تغییرات مجاز برای تخت بودن (Flatness) و موج دار بودن که در ASTM A 6M/A6 یا ASTM A 20M/A20 یا ASTM A 480M/A480 مشخص شده است، تجاوز نماید.

(b) - حداکثر میزان شاغول نبودن ستون های سقف، تیرک های راهنما (Guide Pole) یا سائز اجزاء عمودی داخل مخزن نباید از $(1/200)$ کل ارتفاع مخزن تجاوز نماید. ضابطه $(1/200)$ باید در مورد مخازن با سقف ثابت هم بکار برده شود، برای مخازن با سقف شناور داخلی ضابطه مورد استفاده در این بخش یا Appendix H (هر کدام سختگیرانه تر است) باید بکار برده شود.

■ - گرد بودن (Roundness)

*- پاراگراف 7.5.3 (Roundness): گرد بودن.

شعاع اندازه گیری شده از 0.3M متر (1ft) بالاتر از جوش گوشه ای کف مخزن نباید از تلورانس های ذکر شده در زیر تجاوز نمایند:

7.5.3 Roundness

Radii measured at 0.3 m (1 ft) above the bottom corner weld shall not exceed the following tolerances:

Tank Diameter m (ft)	Radius Tolerance mm (in.)
< 12 (40)	± 13 (1/2)
From 12 (40) to < 45 (150)	± 19 (3/4)
From 45 (150) to < 75 (250)	± 25 (1)
≥ 75 (250)	± 32 (1 1/4)

تصویر ۶۸۲: تلورانس قطر داخلی مخزن بر اساس استاندارد 2020-API 650

■ - انحرافات موضعی (Local Deviations)

*- پاراگراف 7.5.4 (Local Deviations): انحرافات موضعی.

انحرافات موضعی از اشکال تئوری (بطور مثال غیر پیوسته بودن جوش و مواضع نقاط تخت) باید محدود به شرایط زیر باشند:

■ Peaking -

(a) - انحرافات در اتصالات جوشی عمودی (Peaking) نباید از 13mm تجاوز نماید. Peaking در اتصالات جوشی عمودی باید با استفاده از شابلونی به طول 36 in. (900mm) که در وضعیت افقی بر روی جوش عمودی بالا و پایین می رود تعیین گردد، شعاع خارجی این شابلون باید برابر با شعاع اسمی داخلی مخزن باشد.

■ Banding -

(b) - انحرافات در اتصالات جوشی افقی (Banding) نباید از 13mm تجاوز نماید. Banding در اتصالات جوشی افقی باید با استفاده از شابلونی به طول 36 in. (900mm) با لبه مستقیم که در وضعیت عمودی بر روی جوشهای افقی جلو و عقب می رود تعیین گردد.

(c) - نقاط تخت (Flat) اندازه گیری شده در سطوح عمودی نباید از میزان تختی (Flatness) و موج دار مجاز در پاراگراف 7.5.2 بیشتر باشد.

■ - فونداسیون (Foundations)

*- پاراگراف 7.5.5 (Foundations): فونداسیون.

*- پاراگراف 7.5.5.1 - برای دستیابی به تلورانس های مشخص شده در پاراگرافهای 7.5.2, 7.5.3 و 7.5.4، اساس کار چنین است که فونداسیونی کاملاً تراز فراهم شده باشد تا مخزن بر روی آن نصب گردد. فونداسیون باید توانایی کافی داشته باشد که تراز را پس از نصب مخزن حفظ نماید. (نگاه کنید به Appendix B)

*- پاراگراف 7.5.5.2 - وقتی فونداسیون باید هم تراز سطح افق باشد، تلورانس ها باید به شرح زیر باشند:

(a) - وقتی فونداسیون بصورت دیواره بتنی دایره ای شکل است تا بدنه مخزن روی آن قرار گیرد، سطح بالایی این دیواره بتنی باید در هر ۹ متر از محیط در محدوده $\pm 6\text{mm}$ و در کل محیط در محدوده $\pm 13\text{mm}$ نسبت به ارتفاع میانگین قرار داشته باشد.

(b) - وقتی فونداسیون بصورت دیواره بتنی دایره ای شکل نیست سطح فونداسیون در زیر بدنه باید در هر ۳ متر (10ft) از محیط در محدوده $\pm 3\text{mm}$ و در کل محیط در محدوده $\pm 13\text{mm}$ نسبت به ارتفاع میانگین قرار داشته باشد.

(c) - وقتی فونداسیون بصورت Slab های بتنی ساخته شده اند، ۳۰ سانت اولیه سطح (پهنای Annular Ring) فونداسیون از لبه خارجی به طرف مرکز آن باید مطابق با الزامات مربوط به فونداسیونهایی از نوع دیواره بتنی دایره ای باشد، بقیه سطح فونداسیون باید در محدوده $\pm 13\text{mm}$ نسبت به ارتفاع میانگین قرار داشته باشد.

*- پاراگراف 7.5.5.3 - اگر سطح فونداسیون شیب دار باشد اختلاف ارتفاع در اطراف محیط باید نسبت به ارتفاع مشخص شده محاسبه گردد. اختلاف ارتفاع های واقعی در اطراف محیط باید نسبت به ارتفاع واقعی نقطه مشخص شده اندازه گیری شود. اختلاف ارتفاع های واقعی نباید بیشتر از اختلاف های محاسبه شده از تلورانس های زیر باشد:

(a) - وقتی فونداسیون بصورت دیواره بتنی دایره ای شکل است در هر ۹ متر از محیط $\pm 3\text{mm}$ و در کل محیط $\pm 6\text{mm}$ باشد.

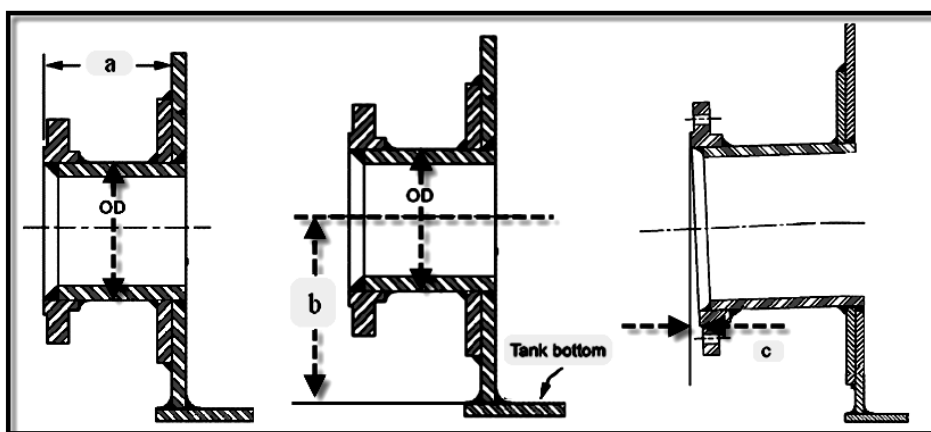
(b) - وقتی فونداسیون بصورت دیواره بتنی دایره ای شکل نیست در هر ۳ متر از محیط $\pm 3\text{mm}$ و در کل محیط $\pm 13\text{mm}$ باشد.

■ - نازلها (Nozzles)

* - پاراگراف 7.5.6 (Nozzles) : نازلها.

نازل ها (به استثناء Manhole) باید در محدوده‌ی تلورانس های زیر نصب گردند:

- (a) - فاصله Face فلنج تا سطح خارجی مخزن $\pm 5\text{mm}$ باشد.
- (b) - ارتفاع فلنج هایی که در بدنه مخزن نصب می گردند یا موقعیت شعاعی نازل هایی که در سقف نصب می گردند $\pm 6\text{mm}$ باشد.
- (c) - کج بودن Face فلنج نسبت به هر یک از صفحات محوری:
* برای نازل های با قطر اسمی بیشتر از 12 in. $(1/2)^\circ$ درجه باشد.
* برای نازل های با قطر اسمی 12 in. و کوچکتر $\pm 3\text{mm}$ در قطر خارجی فلنج باشد.
- (d) - جهت سوراخهای مربوط به پیچ های فلنج $\pm 3\text{mm}$ باشد.



تصویر ۶۸۳ : تلورانس نازلها و منهولها در مخزن ذخیره ای

* - پاراگراف 7.5.7 (Shell Manholes) : منهول های بدنه.

منهول های بدنه باید در محدوده‌ی تلورانس های زیر نصب شوند:

- (a) - فاصله Face فلنج تا سطح خارجی مخزن $\pm 13\text{mm}$ باشد.
- (b) - ارتفاع و موقعیت زاویه ای $\pm 13\text{mm}$ باشد.
- (c) - کج بودن Face فلنج منهول نسبت به هر یک از صفحات محوری در تمام قطر فلنج $\pm 13\text{mm}$ باشد.

☼ - ضمیمه "Annex T" از استاندارد API 650-2020

■ - خلاصه ای از آزمایشات غیر مخرب در مخازن با آدرس مرجع آنها

Annex T (NDE and Testing Requirements Summary)

در استاندارد API 650 در قسمت ضمیمه (T) خلاصه ای از انواع آزمایشات غیر مخرب برای مراحل مختلف ساخت یک مخزن از مرحله فونداسیون تا مرحله جوشهای آن با ذکر آدرس پاراگرافهای مربوطه مشخص شده است. با رجوع به این ضمیمه به آسانی به کلیه پاراگراف های آزمایشات و بازرسی های مختلف یک مخزن دسترسی پیدا می کنید. در تصاویر زیر می توانید لیست این آزمایشات را ببینید. لازم است برای درک بهتر مطالب عنوان شده در این جدول ها به آدرس اعلام شده مراجعه نمایید و بدقت پاراگرافها را مطالعه کنید.

در ادامه این جدول ها، جدول ضوابط پذیرش این استانداردها نیز قید شده است که به آسانی آدرس محل رجوع آنها را برای قضاوت در مورد نتیجه این بازرسی ها به شما ارائه نموده است.

Process	Welds Requiring Inspection	Reference Section
Air Test	Reinforcement plate welds inside and outside to 100 kPa (15 lbf/in. ²).	7.3.5
Air Test	Welded shell joints if no water is available, if not vacuum tested or tested to 7.3.6, Item 2) a) i) or 7.3.6, Item 2) a) iii).	7.3.6, Item 2) a) ii)
Air Test	Welded shell joints above the hydrostatic test water level, if not vacuum tested or tested to 7.3.7.1, Item 1) or 7.3.7.1, Item 3).	7.3.7.1, Item 2)
Air Test	Roofs designed to be gas-tight if roof seams are not vacuum-box tested.	7.3.8.1 a)
Air Test	Compartment welds of external floating roofs, if not tested with vacuum box or penetrating oil.	C.3.6
Air Test	Annex F roofs during hydro-test of tanks.	F.4.4 F.8.3
Air Test	Aluminum dome roofs, if required to be gas-tight.	G.10.1.2
Air Test	Shop fabricated compartments (pontoons). Test in shop and field.	H.6.4
Air Test	Shop built tanks, if not tested per 7.3.2 through 7.3.8.	J.4.2.2
Hydro	Tank shell.	7.3.7
MT	Flush-type shell connections: Nozzle-to-tank shell, Repad welds, shell-to-bottom reinforcing pad welds on the root pass, each 13 mm (1/2 in.) of weld, and completed weld. Inspect after stress relieving before hydro-test.	5.7.8.11
MT	Non-structural small attachments, such as insulation clips (not supports) studs and pins, unless tested by liquid penetrant.	7.2.1.12d
MT	Permanent attachment welds and temporary weld removal areas on Group IV, IVA, V, and VI materials, unless tested by liquid penetrant.	7.2.3.6
MT	Completed welds of stress relieved assemblies, after stress relief, but before hydro-test, unless tested by PT.	7.2.3.7
MT	First pass of the internal shell-to-bottom weld unless examined by penetrating oil or PT or VB. Not required if the final weld is tested by pressure (see 7.2.4.2), or if agreed to by Purchaser and the final weld is tested by MT, PT, or VB.	7.2.4.1a
MT	Final shell-to-bottom weld, as alternative to requirements of 7.2.4.1 or 7.2.4.2 either side of the finished joint, if not PT or VB tested.	7.2.4.3c
MT	Shell-to-bottom fillet welds including the root pass, 20 mm (1/2 in.), and final surface of Annex M tanks for which the stress concentration factor of $K = 2.0$ is used.	M.4.2
Pen. Oil	First pass of the internal shell-to-bottom weld if approved instead of MT, VB, or PT.	7.2.4.1d
Pen. Oil	Welded shell joints if no water for hydrostatic test and if not tested to the requirements of 7.3.6, Item 2) a) ii) or 7.3.6, Item 2) a) iii).	7.3.6, Item 2) a) i)
Pen. Oil	Welded shell joints above the hydrostatic test water level if not tested to 7.3.7.1, Item 2) or 7.3.7.1, Item 3).	7.3.7.1, Item 1)

تصویر ۶۸۴: ضمیمه T از استاندارد API 650-2020

Definitions:

MT = Magnetic Particle Examination

Pen Oil = Penetrating Oil Test

PT = Liquid Penetrant Examination

RT = Radiographic Testing

VB = Vacuum-Box Testing

VE = Visual Examination

Process	Welds Requiring Inspection	Reference Section
Pen. Oil	Compartment welds of external floating roofs not tested with internal pressure or VB.	C.3.6
Pen. Oil	Deck seams of external floating roofs.	C.4.2
Pen. Oil	Deck seams and other joints that are required to be or vapor-tight unless tested with another method agreed to by the Purchaser and the roof Manufacturer.	H.6.2
PT	Permanent attachment welds and temporary weld removal areas on Group IV, IVA, V, VI materials instead of MT if approved.	7.2.3.6
PT	Completed welds of stress-relieved assemblies, after stress relief, but before hydrostatic test unless tested by MT.	7.2.3.7
PT	First pass of the internal shell-to-bottom weld if approved instead of MT.	7.2.4.1b or c
PT	Final shell-to-bottom weld, as alternative to requirements of 7.2.4.1 or 7.2.4.2 either side of the finished joint if not MT or VB tested.	7.2.4.3c
PT	All aluminum structural welds and components joined by welding.	G.11.3
PT	Stainless steel tank shell-to-bottom welds, opening connections not radiographed all welds of attachments to shells, and all butt welds of annular plates on which backing strips are to remain.	S.4.14.2
PT	Non-structural small attachments such as insulation clips (not supports) studs and pins not welded by capacitor discharge. Unless tested by magnetic particle.	7.2.1.12d
RT	Shell plate butt welds unless examined by UT with Purchaser approval. RT is not required for Annex A, J, and S tanks where the Joint Efficiency of 0.7 is used.	7.3.2.1, A.5.3, S.4.14.1
RT	Butt welds of annular plates that are required by 5.5.1 or M.4.1, unless examined by UT with Purchaser approval.	8.1.2.9
RT	Flush-type shell connections: 100 % of all longitudinal butt welds in the nozzle neck and transition piece, if any, and the first circumferential butt weld in the neck closest to the shell, excluding the neck-to-flange weld, unless examined by UT with Purchaser approval.	5.7.8.11
RT	Shell vertical and horizontal welds which have intersecting openings and repads—100 % over weld length 3 times the diameter of the opening.	5.7.3.4
RT	100 % of the butt-weld around the periphery of an insert plate that extends less than the adjacent shell course height and that contains shell openings and their reinforcing elements.	8.1.2.2d
Tracer Gas	Entire length of bottom weld joints if not tested to 7.3.3a or 7.3.3c.	7.3.3.b
UT	Butt-welds in shell plate, annular-plate, and flush-type connections requiring radiographic examination, with Purchaser approval.	7.3.2.1 8.3.1
VB	First pass of the internal shell-to-bottom weld if approved instead of MT, PT, or Pen. Oil.	7.2.4.1e
VB	Final shell-to-bottom weld, as alternative to requirements of 7.2.4.1 or 7.2.4.2 either side of the finished joint if not MT or PT tested.	7.2.4.3c
VB	Bottom welds if not tested to 7.3.3b or 7.3.3c	7.3.3a
VB	Welds of roofs designed to be gas-tight if not air tested.	7.3.8.1
VB	Compartment welds of external floating roofs if not tested with internal pressure or penetrating oil.	C.3.6
VB	Seams of flexible membrane liners for leak protection.	I.6.2

تصویر ۶۸۵: ضمیمه T از استاندارد API 650-2020

Process	Welds Requiring Inspection	Reference Section
VB	Welded shell joints if no water is available, if not air tested or tested to 7.3.6, Item 2) a) i) or 7.3.6, Item 2) a) iii).	7.3.6, Item 2) a) ii)
VB	Welded shell joints above the hydrostatic test water level unless air-tested or tested to the requirements of 7.3.7.1, Item 1) or 7.3.7.1, Item 3).	7.3.7.1, Item 2)
VE	Flush type shell connections: Nozzle-to-tank shell, repad welds, shell-to-bottom reinforcing pad welds on the root pass, each 20 mm ($\frac{1}{2}$ in.) of weld, and completed weld. After stress relieving before hydro-test.	5.7.8.11
VE	Tack of shell butt welds left in place.	7.2.1.9
VE	Non-structural small attachments such as insulation clips (not supports) studs and pins including those welded by capacitor discharge.	7.2.1.12d
VE	Permanent attachment welds and temporary weld removal areas on Group IV, IVA, V, and VI materials.	7.2.3.6
VE	Completed welds of stress relieved assemblies before hydro-test.	7.2.3.7
VE	First pass and final weld inside and outside of the internal shell-to-bottom weld.	7.2.4.1, 7.2.4.2, 7.2.4.3
VE	All shell plate butt welds.	7.3.2.1
VE	All fillet welds.	7.3.2.2
VE	Upper side of the upper deck welds of pontoon and double deck floating roofs.	C.4.4
VE	All aluminum structural welds and components joined by welding.	G.11.3
VE	Joint fit-up of butt welds of bottoms supported by grillage and each weld pass.	I.7.4
VE	Leak barrier, leak barrier penetrations, attachments to ringwalls and other appurtenances.	I.6.1
VE	Bottom welds.	7.3.3
VE	Roof welds not designed to be gas-tight.	7.3.8.2
Water	Bottom welds if not vacuum-box or tracer gas tested.	7.3.3c
Water	External floating roofs—flotation test.	C.4.3
Water	External floating roof drain pipe and hose systems with pressure.	C.4.5
Water	Aluminum dome roofs after completion.	G.10.1.1
Water	Internal floating roofs flotation test.	H.6.6.1

تصویر ۶۸۶: ضمیمه T از استاندارد API 650-2020

***- استانداردهای مرجع جهت معیارهای پذیرش آزمایشات NDE

Acceptance Standards:

MT: ASME Section VIII, Appendix 6 (Paragraphs 6-3, 6-4, 6-5)

PT: ASME Section VIII, Appendix 8, (Paragraphs 8-3, 8-4, 8-5)

RT: ASME Section VIII, Paragraph UW-51(b)

Tracer Gas: API Std 650, Section 8.6.11.b

UT: For welds examined by UT in lieu of RT, acceptance standards are in Annex U.6.6. For UT when RT is used for the requirements of 7.3.2.1, the acceptance standard is as agreed upon by the Manufacturer and Purchaser.

VB: API Std 650, Section 8.6.9

VE: API Std 650, Section 8.5.2

Examiner Qualifications:

MT:	API Std 650, Section 8.2.3
PT:	API Std 650, Section 8.4.3
RT:	ASNT SNT-TC-1A Level II or III. Level-I personnel may be used under the supervision of a Level II or Level III with a written procedure in accordance with ASME Section V, Article 2.
Tracer Gas:	None
UT:	For welds examined by UT in lieu of RT, the inspector must be ASNT-TC-1A or CP-189 Level II or Level III per API Std 650 Annex U.4.1. For UT when RT is used for the requirements of 7.3.2.1, the required qualifications are ASNT-TC-1A Level II or Level III. A Level I may be used with restrictions, see API Std 650, Section 8.3.2.
VE:	API Std 650, Section 8.5.1
VB:	API Std 650, Section 8.6.4

Procedure Requirements:

MT:	ASME Section V, Article 7
PT:	ASME Section V, Article 6
RT:	A procedure is not required. However, the examination method must comply with ASME Section V, Article 2. Acceptance standards shall be in accordance with ASME Section VIII, Paragraph UW-51(b).
UT:	For shell welds examined by UT in lieu of RT, ASME, Section V, Article 4 and API Std 650 Annex U.3.5. For welds when RT is used for the requirements of 7.3.2.1, ASME Section V.
VB:	API Std 650, Sections 8.6.2, 8.6.5, 8.6.6, 8.6.7, and 8.6.8
VE:	None
Tracer Gas:	API Std 650, Section 8.6.11.a

تصویر ۶۸۷: تایید صلاحیت آزمایش کنندگان و دستورالعملها در ضمیمه T از استاندارد API 650-2020

☀ - بازرسی ابعادی در مخازن ذخیره ای کم فشار بر اساس استاندارد API 620-2018

*** - پاراگراف 6.5 (Dimensional Tolerances): تلورانس های ابعادی.

*** - پاراگراف 6.5.1 (General): کلیات.

مخازنی که در شرایط سرویس، دیواره آنها در معرض تنشهای سطحی بیشتر از $(1/3)$ تنش طراحی مجاز قرار دارند باید با تلورانس های شرح داده شده در پاراگرافهای 6.5.2 تا 6.5.6 مطابقت داشته باشند. قضاوت تعداد و تکرار اندازه گیری ها به عهده سازنده می باشد تا مخزن قابل قبولی ساخته شود. دیواره خارجی مخازن دو جداره ای (نگاه کنید به Annex Q, R) که بین دو جداره عایق می شود و در تماس با مایع (سیال) نمی باشد از این امر جدا هستند.

این تلورانس ها با توافق بین مشتری و سازنده می توانند حذف یا اصلاح گردند.

■ - شاغولی بودن (Plumbness)

*** - پاراگراف 6.5.2.1 (Plumbness): شاغولی بودن.

برای دیواره های استوانه ای حداکثر شاغول نبودن بالای بدنه نسبت به پایین آن نباید از $(1/200)$ ارتفاع کل مخزن تجاوز نماید.

*** - پاراگراف 6.5.2.2 - شاغول نبودن ورق بدنه فولادهای کربنی و آلیاژی نباید از تغییرات مجاز برای تخت بودن یا موج دار بودن ذکر شده در ASTM A6 یا ASTM A20 (هر کدام بکار برده می شوند) تجاوز نماید. برای فولادهای زنگ نزن استاندارد ASTM A480 بکار برده می شود. جدول 5.13 از استاندارد ANSI H35.2 تلورانس های ابعادی تخت بودن (Flatness) را برای ورقهای آلومینیومی ارائه می نماید.

■ - گرد بودن (Roundness)

*** - پاراگراف 6.5.3.1 (Roundness): گرد بودن.

برای دیواره های استوانه ای، سطح مقطع افقی یک مخزن ذخیره ای بزرگ کم فشار باید به اندازه کافی به دایره نزدیک باشد بطوری که اختلاف بین بزرگترین و کوچکترین قطر (اندازه گیری شده از داخل یا بیرون مخزن) در هر مقطع از 1% متوسط قطر یا 12 in. (هر کدام کوچکتر است) تجاوز ننماید. به استثناء مخازن با کف تخت، که شعاع اندازه گیری شده در ارتفاع 304.8 mm (1ft) بالاتر از جوش بدنه به کف نباید از تلورانس های مندرج در جدول 6.1 (تصویر ۶۸۸) تجاوز نماید.

Table 6-1—Diameter Range Versus Radius Tolerance

Diameter Range (ft)	Radius Tolerance (in.)
< 40	$\pm 1/2$
40 to < 150	$\pm 3/4$
150 to < 250	± 1
≥ 250	$\pm 1 1/4$

تصویر ۶۸۸ : تلورانس قطر داخلی مخزن بر اساس استاندارد API 620-2018

❖ پاراگراف 6.5.3.2 (Skirt) ها: یا انتهای استوانه ای سقف ها و کف های شکل داده شده باید به اندازه کافی به دایره نزدیک باشد بطوریکه اختلاف بین بزرگترین و کوچکترین قطر از 1% قطر اسمی تجاوز ننماید.

■ - انحرافات موضعی (Local Deviations)

❖ پاراگراف 6.5.4 (Local Deviations) : انحرافات موضعی.

انحرافات موضعی از شکل تئوریک مانند ناپیوستگی جوش و سطح تخت شده باید به شرح زیر محدود گردند:

■ - Peaking

(a) Peaking - با استفاده از یک شابلون که در حالت موازی با سطح زمین بر روی جوشهای عمودی به بالا یا پایین کشیده می شود اندازه گیری می شود این اندازه نباید از 1/2 in. (13 mm) تجاوز نماید. این مقدار برای مخازن آلومینیومی ممکن است به یک اینچ افزایش یابد. (به Annex Q نگاه کنید).

■ - Banding

(b) - با استفاده از یک شابلون که در حالت عمود بر سطح زمین قرار گرفته است بر روی جوشهای افقی به عقب و جلو کشیده می شود و Banding اندازه گیری می شود، این اندازه نباید از 1/2 in. (13 mm) تجاوز نماید. این مقدار برای مخازن آلومینیومی ممکن است به یک اینچ افزایش یابد. (به Annex Q نگاه کنید).

(c) - سطوح تخت شده در صفحات عمودی نباید از الزامات پاراگراف 6.5.2.2 در مورد تخت بودن (Flatness) و موج دار بودن (Vaveness) مناسب ورق تجاوز نماید.

■ - فونداسیون (Foundations)

❖ پاراگراف 6.5.6.1 (Foundations) : فونداسیون.

برای دستیابی به تلورانس های اعلام شده در 6.5 فونداسیون باید برای نصب مخزن تراز باشد. فونداسیون باید به اندازه کافی توان تحمل داشته باشد تا تراز بودن خود را حفظ نماید.

❖ پاراگراف 6.5.6.2 - تراز در بالای فونداسیونی که دارای رینگی بتونی است باید در هر ۳۰ فوت از محیط 1/8 in. (3 mm) $\pm$ و در تمامی طول محیط 1/4 in. (6 mm) $\pm$ باشد. فونداسیون بدون دیواره رینگ بتونی باید با توجه به شکل طراحی در محدوده 1/2 in. (13 mm) $\pm$ باشد.

*- پاراگراف 6.5.6.3- برای فونداسیونهای با اسلب های بتنی، ۳۰ سانتیمتر اول شعاع فونداسیون از خارج به طرف داخل باید با الزامات دیواره رینگی بتونی مطابقت داشته باشند. بقیه فونداسیون باید با توجه به شکل طراحی در محدوده $\pm \frac{1}{2}$ in. (13 mm) باشد.

*- پاراگراف 6.5.7 (Measurements): اندازه گیری ها

وقتی با توافق بین مشتری و سازنده، اندازه گیری ضروری باشد، اندازه گیری ها باید قبل از تست هیدرواستاتیک انجام شود. اندازه گیری انحرافات موضعی باید در حین ساخت انجام شود. این اندازه گیری ها باید بوسیله یک نوار فولادی و با در نظر گرفتن تصمیمات لازم در مورد درجه حرارت، خمش و پیچش انجام شود. اندازه گیری انحرافات باید بر روی سطح ورق انجام شود و نباید بر روی جوشها انجام شود.

*- پاراگراف 6.5.8: سقف ها، کف ها و دیواره های با انحناء مضاعف :

برای سقف ها، کف ها و دیواره های با انحناء مضاعف، تلورانس ها باید به شرح زیر باشند:
سطح نباید بیشتر از 1.25% نسبت به قطر خارجی از شکل طراحی و $\frac{5}{8}\%$ نسبت به قطر داخلی از شکل طراحی انحراف داشته باشد که در اینجا (D) شامل قطر داخلی اسمی سقف یا کف مخزن مورد نظر است. چنین انحرافات باید به حالت عمود بر شکل طراحی، اندازه گیری شوند. قطر Knuckle باید معادل دو برابر شعاع Knuckle در نظر گرفته شود.



تصویر ۶۸۹: عکسی از مراحل ساخت مخزن ذخیره ای

API 620-2018 Annex P (NDE and Testing Requirements Summary) – ☀

■ - خلاصه ای از آزمایشات غیر مخرب در مخزن ذخیره ای کم فشار با آدرس مرجع آنها

Process	Welds for which the Inspection and Testing is Required	Reference Section
Air Test	Through tell-tale holes, all welds of nozzles with single thickness reinforcing plates, saddle flanges, or integral reinforcing pads. Does not include nozzles on the underside of tank bottoms or reinforcements that are too narrow.	5.16.10, 7.18.2.3
Air Test	Completed tank.	7.18.2.6
Air Test	Roofs of tanks not designed for liquid loading.	7.18.3.1
Air Test	Annex Q: Lines carrying liquid located outside the primary liquid container in double wall tanks when not hydrostatically tested.	Q.5.7.6
Air Test	Annex Q: Lines carrying product vapor within a purge gas container's annular space shall be pneumatically pressurized at a minimum pressure of 5 lbf/in. ² and circumferential butt-welded joints shall be simultaneously solution film tested for tightness.	Q.5.7.7
Air Test	Annex Q: The shell-to-bottom welds that are not full penetration.	Q.5.8.2
Air Test	Annex Q: Attachment welds around all openings and their reinforcements in the bottom, shell, and roof.	Q.5.8.3
Air Test	Annex Q: Vapor space above hydrostatic test level when the tank is subjected to pneumatic pressure.	Q.6.6.1
Air Test	Annex Q: Following the hydrostatic and pneumatic test, all shell-to-bottom welds not having complete penetration and complete fusion, unless VB is performed.	Q.6.6.8
Air Test	Annex R: Lines carrying liquid located outside the primary liquid container in double wall tanks when not hydrostatically tested.	R.5.7.6
Air Test	Annex R: Lines carrying product vapor within a purge gas container's annular space shall be pneumatically pressurized at a minimum pressure of 5 lbf/in. ² and circumferential butt-welded joints shall be simultaneously solution film tested for tightness.	R.5.7.7
Air Test	Annex R tanks: Shell-to-bottom welds which are not complete penetration.	R 5.9.3
Air Test	Annex R: Attachment welds around all openings and their reinforcements in the bottom, shell, and roof.	R.5.9.4
Air Test	Annex R tanks: Completed tank.	R 6.5
Air Test	Annex R tanks: Outer tank of a double wall refrigerated tank.	R 7.2
Hydro	Shell only if the roof is not designed for liquid loading.	7.18.3.1
Hydro	Hydro complete tank, including the roof if so designed.	7.18.4.1
Hydro	Annex Q: Lines carrying liquid located outside the primary liquid container in double wall tanks when not pneumatically tested.	Q.5.7.6

Definitions:

MT	=	Magnetic Particle Examination	RT	=	Radiographic Testing
Pen Oil	=	Penetrating Oil Test	VB	=	Vacuum-Box Testing
PT	=	Liquid Penetrant Examination	VE	=	Visual Examination

تصویر ۶۹۰: ضمیمه P از استاندارد API 620-2018

18

Hydro	Annex Q tanks.	Q.6.5
Hydro	Annex R: Lines carrying liquid located outside the primary liquid container in double wall tanks when not pneumatically tested.	R.5.7.6
Hydro	Annex R tanks.	R.6.4
Hydro	Annex X tanks.	X.5.2.1
MT	Flush type shell connections: Nozzle-to-tank shell, Repad welds, shell-to-bottom reinforcing pad welds on the root pass, every 1/2 in. of deposited weld, and completed weld.	5.27.11
MT	Permanent attachments, unless PT is performed at the option of the Purchaser.	7.16.3.1
MT	The areas from which temporary attachments are removed, for tanks with materials listed in Table 4-1 at 5 °F and greater than 1/2 in. thick, and on all materials listed in Table 4-1 at -35 °F, unless PT is performed at the option of the Purchaser.	7.16.3.2
MT	Welds attaching nozzles, manholes, and cleanout openings, after any stress relieving, but before hydrostatic testing of the tank, unless PT is performed at the option of the Purchaser.	7.16.4
MT	All welds on which backing strips are to remain: After the first two layers, or beads, of weld metal have been deposited and again after the joint has been completed.	7.17.1.3
MT	Inside and outside welds attaching nozzles, manways, and clean out openings and their reinforcement.	7.18.2.2
MT	Annex Q: For warm vapor and purge gas containers, attachment welds around all openings and their reinforcements in the bottom, shell, and roof.	Q.5.5.3
MT	Annex R: Carbon steel <i>primary</i> and <i>secondary liquid container</i> welds, after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: Both sides of all longitudinal and circumferential butt-welds joints that are not completely RT or UT in accordance with R.5.6.	R.5.5.1.a
MT	Annex R: Carbon steel <i>primary</i> and <i>secondary liquid container</i> welds, after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: Cylindrical wall-to-annular plate welds.	R.5.5.1.b
MT	Annex R: Carbon steel <i>primary</i> and <i>secondary liquid container</i> welds, after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: Opening welds that are not RT or UT in accordance with R.5.6. Examination shall also include the root pass and every 1/2 in. of thickness of deposited weld metal as welding progresses.	R.5.5.1.c
MT	Annex R: Carbon steel <i>primary</i> and <i>secondary liquid container</i> welds, after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: Attachment welds of non-pressure parts to primary components.	R.5.5.1.d
MT	Annex R: Carbon steel <i>primary</i> and <i>secondary liquid container</i> welds, after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: All welded joints on which backing strips are to remain shall be examined after the first complete layer of weld metal have been deposited.	R.5.5.1.e
MT	Annex R: Carbon steel longitudinal and circumferential butt-welds in thermal distance pieces connecting cold piping to warm vapor or purge gas containers	R.5.5.2
MT	Annex R: Base metal areas on primary and secondary liquid containers associated with the removal or repair of a temporary erection lug.	R.5.8
MT	Annex R: For warm vapor and purge gas containers, attachment welds around all openings and their reinforcements in the bottom, shell, and roof.	R.5.5.3

تصویر ۶۹۱: ضمیمه P از استاندارد API 620-2018

MT	Annex R: For temporary shell openings installed after the hydrostatic test: The butt-weld around the periphery of the plate shall be examined over 100 % of its length. Examination is required on the root pass, on the back-gouged surface, and on the inside and outside finished weld surfaces.	R.6.6.4
PT	Permanent attachments, instead of MT if approved by Purchaser.	7.16.3.1
PT	The areas from which temporary attachments are removed, for tanks with materials listed in Table 4-1 at 5 °F and greater than 1/2 in. thick, and on all materials listed in Table 4-1 at -35 °F, instead of MT if approved by Purchaser.	7.16.3.2
PT	Welds attaching nozzles, manways, and clean out openings after any stress relieving, but before hydrostatic testing, instead of MT if approved by Purchaser.	7.16.4
PT	Annex Q: Primary and secondary liquid container welds after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: Both sides of all longitudinal and circumferential butt-welds not completely RT or UT in accordance with Q.5.6.	Q.5.5.1.a
PT	Annex Q: Primary and secondary liquid container welds after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: Cylindrical wall-to-annular plate welds.	Q.5.5.1.b
PT	Annex Q: Primary and secondary liquid container welds after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: Opening welds that are not RT or UT in accordance with Q.5.6. Examination shall also include the root pass and every 1/2 in. of thickness of deposited weld metal as welding progresses.	Q.5.5.1.c
PT	Annex Q: Primary and secondary liquid container welds after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: Attachment welds of non-pressure parts to primary components.	Q.5.5.1.d
PT	Annex Q: Primary and secondary liquid container welds after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: All welded joints on which backing strips are to remain shall be examined after the first complete layer of weld metal have been deposited.	Q.5.5.1.e
PT	Annex Q: Longitudinal and circumferential butt-welds in thermal distance pieces connecting cold piping to warm vapor or purge gas containers.	Q.5.5.2
PT	Annex Q: Base metal repairs for erection lug removal areas on primary and secondary containers.	Q.5.9
PT	Annex Q: For temporary shell openings installed after the hydrostatic test: 100 % of the butt-weld around the periphery of the plate. The PT is required on the root pass, on the back-gouged surface, and on the inside and outside finished weld surfaces.	Q.6.7.4
PT	Annex R: Stainless steel <i>primary</i> and <i>secondary liquid container</i> welds, after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: Both sides of all longitudinal and circumferential butt-welded joints that are not completely RT or UT in accordance with R.5.6.	R.5.5.1.a
PT	Annex R: Stainless steel <i>primary</i> and <i>secondary liquid container</i> welds, after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: Cylindrical wall-to-annular plate welds.	R.5.5.1.b
PT	Annex R: Stainless steel <i>primary</i> and <i>secondary liquid container</i> welds, after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: Opening welds that are not RT or UT in accordance with R.5.6. Examination shall also include the root pass and every 1/2 in. of thickness of deposited weld metal as welding progresses.	R.5.5.1.c
PT	Annex R: Stainless steel <i>primary</i> and <i>secondary liquid container</i> welds, after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: Attachment welds of non-pressure parts to primary components.	R.5.5.1.d

PT	Annex R: Stainless steel <i>primary</i> and <i>secondary liquid container</i> welds, after stress relieving, if any, and before the hydrostatic test: All welded joints on which backing strips are to remain shall be examined after the first complete layer of weld metal have been deposited.	R.5.5.1.e
PT	Annex R: Stainless steel longitudinal and circumferential butt-welds in thermal distance pieces connecting cold piping to warm vapor or purge gas containers.	R.5.5.2
PT	Annex X: Shell-to-bottom inside attachment weld.	X.5.1.2.a
PT	Annex X: All welds of opening connections in tank shell that are not completely RT.	X.5.1.2.b
PT	Annex X: All welds of attachments to shells and other nonpressure parts for which the thickness of both parts joined is greater than $\frac{3}{4}$ in.	X.5.1.2.c
PT	Annex X: All butt-welded joints in tank annular plates on which backing strips are to remain.	X.5.1.2.d
RT	100 % butt-welds of joints with plate thicker than 1.25 in. and tension stress greater than 0.1 times the specified minimum tensile stress of the material and where required by joint efficiency, unless UT is performed at the option of the Purchaser.	5.26.3, 5.26.4
RT	Butt-welded joints around the periphery of the insert plate for shell opening (nozzles, manways, flush-type nozzles and flush-type cleanout doors) that are installed using an insert style detail, unless UT is performed at the option of the Purchaser.	5.26.5
RT	Flush-type shell connections.	5.27.11
RT	Shell-plate butt-welds.	7.16.1
RT	Spot examination for all butt-welded main joints that are not 100 % RT except for roof joints exempted by Table 5-2, tank bottoms fully supported, and on components that are not subject to tension stresses greater than 0.1 times the minimum tensile strength of the material.	5.26.6, 7.17.2.1
RT	Annex Q: 100 % of butt-welds with operating stress greater than 0.1 times plate tensile strength, unless UT is performed.	Q.5.6.2
RT	Annex Q: Spot RT of butt-welds with operating stress less than or equal to 0.1 times the plate tensile strength, unless UT is performed.	Q.5.6.3
RT	Annex Q: 100 % of butt-welds around thickened insert plates, unless UT is performed.	Q.5.6.4
RT	Annex Q: All three plate butt joints, except flat bottoms uniformly supported, unless UT is performed.	Q.5.6.5
RT	Annex Q: 25 % of butt-welded annular plate radial joints shall have 6-in. RT taken at the outside of the selected joints, unless UT is performed.	Q.5.6.6
RT	Annex Q: 25 % of butt-welded compression bar radial joints shall have 6-in. RT except as required by 5.26.4.3, unless UT is performed.	Q.5.6.7
RT	Annex Q: Longitudinal welded joints in piping carrying liquid shall be completely RT except for manufactured pipe welded without filler metal, 12 in. or less in diameter, which is tested hydrostatically or by eddy current to ASTM requirements.	Q.5.7.2
RT	Annex Q: Longitudinal welded joints in piping carrying vapor shall be completely RT except for manufactured pipe welded without filler metal, 18 in. or less in diameter, which is tested hydrostatically or by eddy current to ASTM requirements.	Q.5.7.3
RT	Annex Q: 30 % of all circumferential welded pipe joints.	Q.5.7.4

تصویر ۶۹۳: ضمیمه P از استاندارد API 620-2018

RT	Annex Q: 100 % of butt-welded joints used to fabricate tank fittings.	Q.5.7.5
RT	Annex Q: For temporary shell openings installed after the hydrostatic test: The butt-weld around the periphery of the plate shall be examined over 100 % of its length.	Q.6.7.4
RT	Annex R: 100 % of butt-welds with operating stress greater than 0.1 times plate tensile strength, unless UT is performed.	R.5.6.2
RT	Annex R: Spot RT per figure R-2, butt-welds with operating stress less than or equal to 0.1 times the plate tensile strength, unless UT is performed.	R.5.6.3
RT	Annex R: 100 % of butt-welds around thickened insert plates, unless UT is performed.	R.5.6.4
RT	Annex R: All three plate butt joints, except flat bottoms uniformly supported, unless-UT is performed.	R.5.6.5
RT	Annex R: 25 % of butt-welded annular plate radial joints shall have 6-in. RT taken at the outside of the selected joints, unless UT is performed.	R.5.6.6
RT	Annex R: 25 % of butt-welded compression bar radial joints shall have 6-in. RT except as required by 5.26.4.3, unless UT is performed.	R.5.6.7
RT	Annex R: Longitudinal welded joints in piping carrying liquid shall be completely RT except for manufactured pipe welded without filler metal, 12 in. or less in diameter, which is tested hydrostatically or by eddy current to ASTM requirements.	R.5.7.2
RT	Annex R: Longitudinal welded joints in piping carrying vapor shall be completely RT except for manufactured pipe welded without filler metal, 18 in. or less in diameter, which is tested hydrostatically or by eddy current to ASTM requirements.	R.5.7.3
RT	Annex R: 10 % of all circumferential welded pipe joints.	R.5.7.4
RT	Annex R: 100 % of butt-welded joints used to fabricate tank fittings.	R.5.7.5
RT	Annex R: For temporary shell openings installed after the hydrostatic test: The butt-weld around the periphery of the plate shall be examined over 100 % of its length.	R.6.6.4
RT	Annex X: RT of butt-welds shall be in accordance with 7.15.1 and 7.17.1.1.	X.5.1.1.1
RT	Annex X: When shell designs use joint efficiency = 0.85, spot RT of vertical joints shall conform to 7.17.2, 7.17.3, and 7.17.4.	X.5.1.1.2
Tracer Gas	Where the tank bottom rests directly on grade, all joints between the bottom plates shall be tested on the inside of the tank, unless VB is performed.	7.18.2.4
UT	At the option of the Purchaser, in lieu of RT. 100 % butt-welds of joints with plate thicker than 1.25 in. and tension stress greater than 0.1 times the specified minimum tensile stress of the material and where required by joint efficiency.	5.26.3, 5.26.4
UT	At the option of the Purchaser, in lieu of RT. Butt-welded joints around the periphery of the insert plate for shell opening (nozzles, manways, flush-type nozzles and flush-type cleanout doors) that are installed using an insert style detail.	5.26.5
UT	At the option of the Purchaser, in lieu of RT. Shell-plate butt-welds.	7.16.1
UT	At the option of the Purchaser, in lieu of RT. Spot examination for all butt-welded main joints that are not completely examined, except for roof joints exempted by Table 5-2, tank bottoms fully supported, and on components that are not subject to tension stresses greater than 0.1 times the minimum tensile strength of the material.	5.26.6, 7.17.2.1

18

UT	Annex Q: 100 % of butt-welds with operating stress greater than 0.1 times plate tensile strength, instead of RT.	Q.5.6.2
UT	Annex Q: Spot UT of butt-welds with operating stress less than or equal to 0.1 times the plate tensile strength, instead of RT.	Q.5.6.3
UT	Annex Q: 100 % of butt-welds around thickened insert plates, instead of RT.	Q.5.6.4
UT	Annex Q: All three plate butt joints except flat bottoms uniformly supported, instead of RT.	Q.5.6.5
UT	Annex Q: 25 % of the butt-welded annular plate radial joints shall be spot examined for a minimum length of 6 in. The location shall be at the outer edge of the joint and under the tank shell, instead of RT.	Q.5.6.6
UT	Annex Q: 25 % of butt-welded compression bar radial joints shall be examined for a minimum length of 6 in., except as required by 5.26.4.3 instead of RT.	Q.5.6.7
UT	Annex R: 100 % of butt-welds with operating stress greater than 0.1 times plate tensile strength, instead of RT.	R.5.6.2
UT	Annex R: Spot UT of butt-welds with operating stress less than or equal to 0.1 times the plate tensile strength, instead of RT.	R.5.6.3
UT	Annex R: 100 % of butt-welds around thickened insert plates, instead of RT.	R.5.6.4
UT	Annex R: All three plate butt joints except flat bottoms uniformly supported, instead of RT.	R.5.6.5
UT	Annex R: 25 % of the butt-welded annular plate radial joints shall be spot examined for a minimum length of 6 in. The location shall be at the outer edge of the joint and under the tank shell, instead of RT.	R.5.6.6
UT	Annex R: 25 % of butt-welded compression bar radial joints shall be examined for a minimum length of 6 in., except as required by 5.26.4.3 instead of RT.	R.5.6.7
UT	Annex R: For temporary shell openings installed after the hydrostatic test: The butt-weld around the periphery of the plate shall be examined over 100 % of its length.	R.6.6.4
VB	Where the tank bottom rests directly on grade, all joints between the bottom plates shall be tested on the inside of the tank.	7.18.2.4
VB	All welded joints above the water level when approved by purchaser as substitute for a solution-film examination.	7.18.3.5
VB	Annex Q: All bottom welds and full penetration joints between the shell and bottom, including components in primary liquid, secondary liquid, purge gas, and warm vapor containers.	Q.5.8.1
VB	Annex Q: Welds above hydro test level when the inner tank pneumatic pressure is equalized on both sides.	Q.5.8.5
VB	Annex Q: Attachment fillets around bottom openings that cannot be tested by air pressure behind the repads.	Q.5.8.6
VB	Annex Q: All welds of bottom, wall, and roof metallic liners of concrete containers.	Q.5.8.7
VB	Annex Q: All welded joints above the water level when approved by the Purchaser as substitute for a solution-film examination.	Q.6.6.4
VB	Annex Q: Following the hydrostatic and pneumatic test, all welded seams in the primary liquid container bottom, and complete penetration and complete fusion shell-to-bottom welds in the primary liquid container.	Q.6.6.8

تصویر ۶۹۵: ضمیمه P از استاندارد API 620-2018

VB	Annex Q: Following the hydrostatic and pneumatic test, all shell-to-bottom welds not having complete penetration and complete fusion, unless a direct pressure solution film test is performed at the option of the Purchaser.	Q.6.6.8
VB	Annex Q: For temporary shell openings installed after the hydrostatic test: The butt-weld around the periphery of the plate.	Q.6.7.4
VB	Annex R: All welded joints in the bottom of the tank, including components in primary liquid, secondary liquid, purge gas, and warm vapor containers.	R.5.9.1
VB	Annex R: Full penetration shell-to-bottom welds, including components in primary liquid, secondary liquid, purge gas, and warm vapor containers.	R.5.9.2
VB	Annex R: Fillet welds around bottom openings that do not receive repad pressure test.	R.5.9.5
VB	Annex R: All welds of bottom, wall, and roof metallic liners of concrete containers.	R.5.9.6
VB	Annex R: All welded joints above the water level when approved by purchaser as substitute for a solution-film examination.	R.6.5.4
VB	Annex R: For temporary shell openings installed after the hydrostatic test: The butt-weld around the periphery of the plate.	R.6.6.4
VE	Tack welds left in place.	6.9.1.4
VE	Shell-plate butt-welds	7.16.1
VE	Fillet welds.	7.16.2
VE	Weld connecting the permanent attachments.	7.16.3.1
VE	The areas from which a temporary attachment are removed.	7.16.3.2
VE	After any stress relieving, but before hydrostatic testing of the tank, welds attaching nozzles, manways and clean out openings.	7.16.4
VE	Annex Q: 100 % of the longitudinal and circumferential shell joints and joints that connect the annular bottom plates together.	Q.5.1.1
VE	Annex Q: Lines carrying liquid located outside the primary liquid container in double wall tanks.	Q.5.7.6
VE	Annex Q: For warm vapor and purge gas containers, the repairs for erection lug removal areas.	Q.5.9
VE	Annex Q: The shell-to-bottom welds that are not full penetration. The initial weld passes, inside and outside of the shell, shall have all slag and nonmetals removed from the surface of the welds and the welds examined.	Q.5.8.2
VE	Annex R: 100 % of the longitudinal and circumferential shell joints and joints that connect the annular bottom plates together.	R.5.1.1
VE	Annex R: Lines carrying liquid located outside the primary liquid container in double wall tanks.	R.5.7.6
VE	Annex R: For warm vapor and purge gas containers, the repairs for erection lug removal areas.	R.5.8
VE	Annex R: The shell-to-bottom welds that are not full penetration. The initial weld passes, inside and outside of the shell, shall have all slag and nonmetals removed from the surface of the welds and the welds examined.	R.5.9.3

Definitions:

MT= Magnetic Particle Examination

PT = Liquid Penetrant Examination

Pen Oil = Penetrating Oil Test

RT = Radiographic Testing

UT = Ultrasonic Testing

VB = Vacuum Box Testing

VE = Visual Examination

Acceptance Standards:

MT: ASME Section VIII, Appendix 6, (Paragraphs 6-3, 6-4, 6-5)

PT: ASME Section VIII, Appendix 8, (Paragraphs 8-3, 8-4, 8-5)

RT: ASME Section VIII, Paragraph UW-51(b)

UT: For welds examined by UT in lieu of RT, to fulfill the requirements of 5.26, Q.5.6, or R.5.6, the provisions of U.6.6 shall apply. For UT when not in lieu of RT, the acceptance standards shall be by agreement between Purchaser and Manufacturer.

VB: API 620, Section 7.15.7.9

VE: API 620, Sections 7.15.5.3 and 7.15.5.4

Examiner Qualifications:

MT: API 620, Section 7.15.2.3

PT: API 620, Section 7.15.4.3

RT: ASNT Level II or III

UT: For welds examined by UT in lieu of RT, to fulfill the requirements of 5.26, Q.5.6, or R.5.6, the provisions of U.4.1 shall apply. For UT when not in lieu of RT, examiner shall be certified by the Manufacturer as meeting the requirements of ASNT SNT-TC-1A.

VB: API 620, Section 7.15.7.4

VE: API 620, Section 7.15.5.1

Procedure Requirements:

MT: ASME Section V, Article 7

PT: ASME Section V, Article 6

RT: A procedure is not required. However, the examination method must comply with ASME Section V, Article 2.

UT: For welds examined by UT in lieu of RT, to fulfill the requirements of 5.26, Q.5.6, or R.5.6, the provisions of U.3.5 shall apply. For UT when not in lieu of RT, the procedure shall be certified by the Manufacturer as meeting the requirements of ASME Section V, Article 4.

VB: API 620, Sections 7.15.7.1; 7.15.7.2; 7.15.7.3; 7.15.7.5; 7.15.7.6; 7.15.7.7; 7.15.7.8; and 7.15.7.10

VE: None

تصویر ۶۹۷: ضمیمه P از استاندارد API 620-2018





تصویر ۶۹۸: مخازنی که بر اساس استانداردهای API 620 & 650 ساخته شده اند.

(۳۳) - هیدروتست

☀ - هیدروتست در سیستم های لوله کشی بر اساس استاندارد ASME B31.3-2016

■ - پاراگراف 345 (TESTING): تست

※ - پاراگراف 345.1 (Required Leak Test): تست نشتی مورد نیاز:

قبل از عملیات بهره برداری اولیه (Precommissioning) و بعد از تکمیل شدن آزمایشات مورد نیاز مندرج در پاراگراف 341 هر سیستم لوله کشی باید تست شود تا از استحکام آن اطمینان حاصل گردد. تست نشتی باستثناء موارد زیر باید بوسیله آب (Hydrostatic Leak Test) و مطابق با پاراگراف 345.4 انجام شود.

(a) - مطابق با پاراگراف 345.7، در هنگام عملیات بهره برداری اولیه و در صورت موافقت کارفرما می توان سیستم های لوله کشی سرویس های سیال (Category D) را به جای تست نشتی با آب، مورد تست نشتی هوا قرار داد.

(b) - وقتی کارفرما در یابد که تست نشتی بوسیله آب غیر قابل اجراء است در این صورت می تواند با در نظر داشتن خطر انرژی نهفته در گاز (هوا) تحت فشار، تست نشتی بوسیله هوا یا گاز (Pneumatic) را مطابق با پاراگراف 345.6 به عنوان جایگزین مورد استفاده قرار دهد.

(c) - وقتی کارفرما در یابد که تست نشتی بوسیله آب "هیدرو استاتیک" و نیز تست نشتی بوسیله هوا "نیوماتیک" غیر قابل اجراء می باشد، مشروط بر اینکه هر دو مورد زیر وجود داشته باشند، می تواند جایگزینی در پاراگراف 345.9 را مورد استفاده قرار دهد.

(1) - چنانچه انجام تست نشتی:

(a-) به پوشش یا عایق بندی داخلی آسیب برساند.

(b-) مستعد خطر زیاد و موجب خوردگی و آلودگی باشد یا انجام هیدروتست بعلت وجود رطوبت بی اثر و غیر عملی باشد.

(c-) بعلت فشار هیدروتست در تکیه گاههای مورد نیاز (support)، تغییرات قابل توجه ای ایجاد گردد یا:

(d-) بعلت دمای پایین فلز در حین انجام هیدروتست خطر شکست ترد وجود داشته است.

(2) - چنانچه در انجام تست نشتی بوسیله هوا یا گاز (Pneumatic)

(a-) با خطر ناشی از امکان آزاد شدن انرژی نهفته در سیستم تحت فشار، مواجه باشد.

(b-) یا در خلال تست، خطر شکست ترد لوله ها به علت درجه حرارت پایین وجود داشته باشد.

(d) - کلیه خطوطی که به اتمسفر باز می شوند همچون هواکش، Vent یا تخلیه کننده جریان سیال (drain) شیر

قطع کننده (shutoff valve) نیازی به انجام تست نشتی ندارند مگر اینکه در طراحی مهندسی انجام تست نشتی برای آنها مشخص شده باشد.

*- پاراگراف 345.2 (General Requirements for Leak Tests) : الزامات عمومی برای تست های نشتی:

الزامات مندرج در پاراگراف 345.2 در مورد بیشتر از یک نوع تست نشتی بکار برده می شود.

*- پاراگراف 345.2.1 (Limitations on Pressure) : محدودیت های مربوط به فشار

(a) کاهش دادن فشار تست: چنانچه فشار تست باعث ایجاد تنش های طولی و محیطی بیشتر از استحکام تسلیم در دمای تست گردد یا اینکه بیشتر از 1.5 برابر تحمل فشار (rating) قطعه مورد نظر تست باشد ممکن است فشار تست به حداکثر فشاری که از حداقل استحکام تسلیم یا از 1.5 برابر تحمل فشار (rating) قطعه مورد نظر در دمای تست بیشتر نباشد، کاهش یابد. (به پاراگراف های (f), (e) 302.3.2 نگاه کنید). برای اتصالات انبساطی (metallic bellows expansion) فلزی موجود، ضمیمه X، پاراگراف (a) X302.2.3 را ببینید.

(b) - آزمایش سیال تست: چنانچه سیستم لوله کشی بایستی برای مدت زمان طولانی تحت فشار نگه داشته شود و سیال تست ممکن است در اثر گرما منبسط گردد باید برای اجتناب از بالا رفتن فشار بیش از حد، احتیاط های لازم پیش بینی گردد.

(c) - تست هوا (نیوماتیک) مقدماتی: برای پیدا کردن موقعیت اکثر موارد نشتی، قبل از تست هیدرواستاتیک (تست آب) می توان سیستم را بوسیله هوا و با فشاری که بیشتر از 170Kpa (25psi) نباشد بطور مقدماتی مورد تست قرار داد.

*- پاراگراف 345.2.2 (Other Test Requirements) : سایر الزامات تست

(a) - آزمایش برای نشت یابی: فشار تست نشتی باید حداقل به مدت ۱۰ دقیقه نگه داشته شود و تمام جوشها و اتصالات باید برای پیدا کردن نشتی کاملاً کنترل شوند. در حالیکه کار بررسی نشت یابی در حال انجام شدن می باشد ممکن است فشار تست کاهش یابد اما این کاهش فشار نباید کمتر از فشار طراحی باشد.

(b) - عملیات حرارتی: تستهای نشتی باید بعد از تکمیل عملیات حرارتی انجام شود.

(c) - درجه حرارت پایین تست: وقتی تستهای نشتی در درجه حرارتهایی انجام می شود که درجه حرارت فلز به درجه حرارت انتقال شکست نرم به شکست ترد نزدیک است احتمال شکست ترد فلز باید در نظر گرفته شود.

*- پاراگراف 345.2.3 (Special Provisions for Testing) : شرایط ویژه برای تست

(a) - در سیستم لوله کشی، Piping Assemblies که از بخشهای مختلف سیستم لوله کشی هستند می توانند

بصورت جدا از هم یا بصورت مونتاژ شده با هم تست شوند.

(b) - اتصالات فلنجی: در هنگام تست نشتی، اتصال فلنجی که محل جدا کردن یک تجهیز از سیستم لوله کشی می باشد نیاز به تست ندارد.

(c) - جوشهای انتهایی: جوشهای پایانی خط (Tie in) سیستم های لوله کشی که طبق پاراگراف 345 با موفقیت تست شده اند نیازی به تست نشتی ندارند مشروط بر اینکه این جوشها مطابق با پاراگراف 344.7 در حین فرایند ساخت مورد آزمایش (In Process Examination) قرار گیرند. آزمایشات رادیوگرافی مطابق پاراگراف 344.5 یا آزمایشات اولتراسونیک مطابق با پاراگراف 344.6 بایستی بطور 100% در مورد آنها انجام شود.

(d) - اتصالات مربوط به وسایل اندازه گیری (ابزار دقیق): اتصالات رزوه ای، اتصالات مربوط به تیوب ها یا ترکیبی از این اتصالات که برای اتصال دادن وسایل ابزار دقیق (وسایل اندازه گیری) به سیستم لوله کشی که قبلاً تست نشتی شده اند، مورد استفاده قرار می گیرند مطابق با پاراگراف 345.1 نیازی به تست نشتی ندارند.

*- پاراگراف 345.2.4- سیستم لوله کشی تحت فشار خارجی:

(a) - سیستم لوله کشی که در معرض فشارهای خارجی (External differential pressure) قرار دارند باید با فشاری که 1.5 برابر فشار تفاضلی خارجی می باشد تست گردند. ولی این فشار نباید کمتر از 105 Kpa (15 psi) باشد. مگر اینکه همچون شرایط زیر (b) باشد.

(b) - بعنوان یک پیشنهاد (راہکار) برای تست نشتی که تحت فشار داخلی می باشد، ممکن است سیستم های لوله کشی که صرفاً برای سرویس خلاء طراحی شده اند با یک روش تست نشتی خلاء و معیار پذیرشی که توسط کارفرما تعیین شده است تست گردند. تست نشتی خلاء بایستی با استفاده از یک دستورالعمل مکتوب که با الزامات فنی و قابل اجرای کد BPV Code, Section V, Article 10 مطابقت دارد، انجام گردد. صلاحیت پرسنل انجام دهنده تست نشتی بایستی احراز شده و همانگونه که الزامی می باشد پرسنل مذکور بایستی بوسیله Section V, Article 1, T-120 (e) or (f) تایید شده باشند.

*- پاراگراف 345.2.5 (Jacketed Piping): لوله کشی های دو جداره

(a) - لوله داخلی باید بر اساس فشار طراحی داخلی یا خارجی هر کدام که بحرانی هستند، تست نشتی گردند. چنانچه طبق پاراگراف 345.3.1 بازرسی چشمی از اتصالات لوله داخلی قابل دسترسی باشد این تست باید قبل از کامل شدن لوله Jacket انجام شود.

(b) - Jacket باید مطابق با پاراگراف 345.3.1 و بر اساس فشار طراحی Jacket مورد تست نشتی قرار گیرد مگر اینکه مهندسی طراحی به گونه ای دیگر مشخص کرده باشد.

*- پاراگراف 345.2.6 (Repairs or Additions After Leak Testing): اضافه کردن یا تعمیر سیستم لوله کشی پس از تست نشتی: چنانچه پس از تست نشتی به سیستم لوله کشی (انشعابی یا فلنجی یا غیره...) اضافه گردد یا بخشی از آن مورد تعمیر قرار گیرد آن قسمت از سیستم لوله کشی باید مورد تست مجدد قرار گیرد به استثناء موارد اضافه شده یا تعمیرات جزئی که کارفرما می تواند با اتخاذ تمهیدات احتیاطی سلامت سیستم لوله کشی را تضمین نماید و از تست مجدد چشم پوشی نماید.

*- پاراگراف 345.2.7 (Test Records): گزارش تستها

در خلال تستها برای هر سیستم لوله کشی باید گزارشاتمی که در بر گیرنده موارد زیر است تهیه گردد:

(a) تاریخ تست

(b) مشخصات سیستم لوله کشی تست شده

(c) سیال تست

(d) فشار تست

(e) تاییدیه نتایج تست توسط آزمایش کننده

چنانچه از طرف بازرس یک تاییدیه صادر گردد مبنی بر اینکه سیستم لوله کشی، تست های فشار را با موفقیت پشت سر گذاشته است نگهداری این تاییدیه بر اساس این کد ضروری می باشد لذا دیگر نیازی به نگه داشتن گزارشات فوق الذکر نمی باشد.

*- پاراگراف 345.3 (Preparation for Leak Test) : آماده سازی (اقدامات اولیه) برای انجام تست نشتی

* - پاراگراف 345.3.1 - (Joints Exposed) : اتصالات روباز

(a) - بجز شرایطی که در پاراگرافهای (b) و (c) که در زیر ذکر شده است، کلیه اتصالات، جوشها (شامل جوشهای محل اتصال متعلقات به اجزایی که تحت فشار هستند) و اتصالات چسبی (Bonding) باید در حین انجام تست نشتی (Leak test) بدون عایق و پوشش در معرض آزمایش و بررسی قرار گیرند.

(b) - اتصالاتی که قبلاً مطابق این کد تست شده اند ممکن است در حین انجام تست نشتی عایق شده و مورد پوشش قرار گیرند.

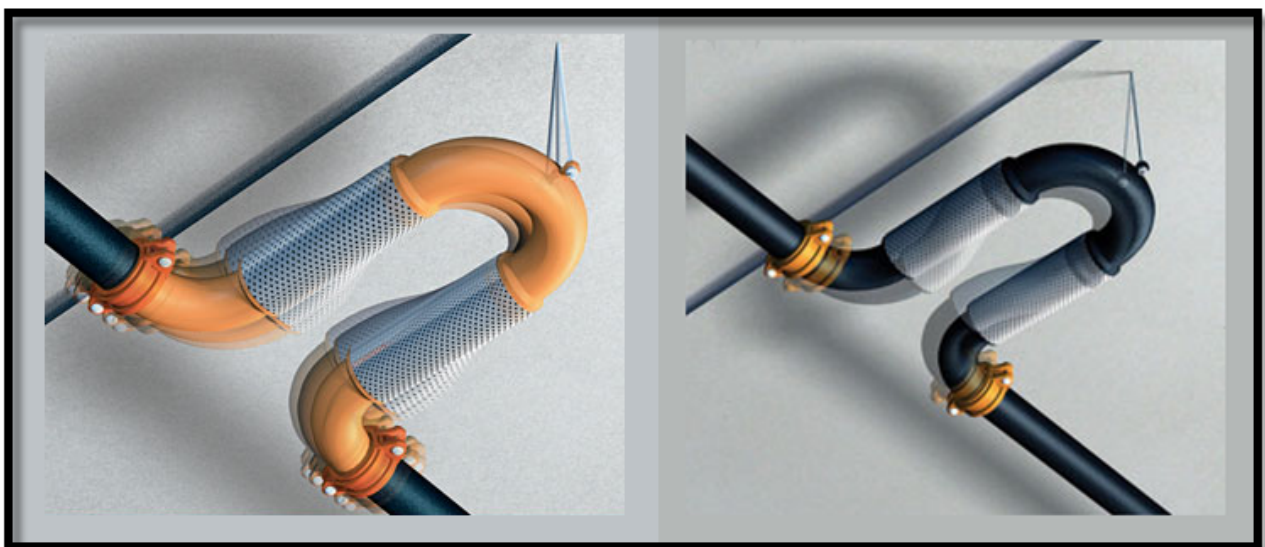
(c) - ممکن است قبل از انجام تست نشتی و با صلاحدید و اختیار کارفرما، اتصالات مربوط به سرویس سیال D که قرار است در معرض تست نشتی هیدروتست (پاراگراف 345.4) یا تست نشتی سرویس اولیه (initial service leak test) مطابق پاراگراف 345.7 قرار گیرند، عایق شده و مورد پوشش قرار گیرند. در این زمینه بایستی به افزایش مدت زمان مجاز برای تشخیص نشتی احتمالی در سراسر خط عایق شده یا پوشش داده شده، دقت لازم را بعمل آورد.

(d) - همه اتصالات ممکن است قبل از انجام تست نشتی آستر کاری (primed) و رنگ آمیزی (painted) شده باشند مگر اینکه تست نشتی حساس (sensitive leak test) مطابق پاراگراف 345.8 نیاز باشد.

*- پاراگراف 345.3.2 - **ساپورتهای اضطراری**: لوله کشی های طراحی شده برای سیستم های بخار یا گاز چنانچه لازم باشد باید بوسیله ساپورتهای اضطراری اضافی تجهیز گردند تا سیستم بتواند وزن سیال تست را تحمل نماید.

*- پاراگراف 345.3.3 - لوله کشی های دارای اتصالات قابل انبساط (Expansion Joint) :

چند نمونه از اتصالات قابل انبساط (Expansion Joint):



تصویر ۶۹۹ : اتصالات قابل انبساط

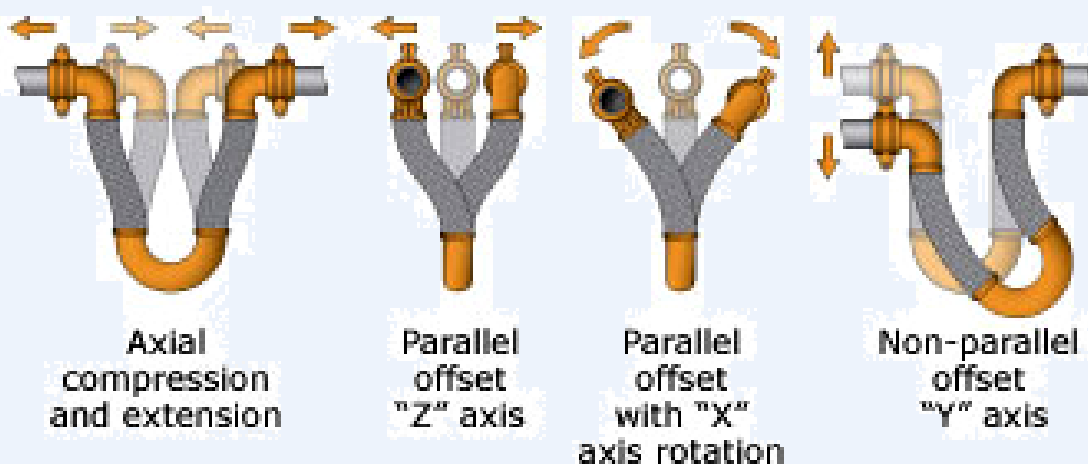
- (a) - اتصال قابل انبساط (Expansion Joint) که بوسیله میله های اصلی (Main anchor) خارجی مهار شده است می تواند همراه سیستم لوله کشی مورد تست هیدرواستاتیک قرار گیرد.
- (b) - اتصال قابل انبساط (Expansion Joint) خود مهار شده (Self-restrained Expansion Joint) که قبلاً توسط سازنده در کارگاه ساخت تست شده است (به پاراگراف (a) X302.2.3 - از ضمیمه X نگاه کنید) می تواند در تست سیستم لوله کشی شرکت نداشته باشد، مگر اینکه لازم باشد سیستم لوله کشی مطابق پاراگراف 345.8 مورد تست نشتی حساس (Sensitive leak test) قرار گیرد پس بایستی این اتصالات قابل انبساط خود مهار شده در سیستم قرار گیرند.
- (c) - وقتی یک اتصال قابل انبساط (Expansion Joint) فلزی که در سیستم لوله کشی نصب شده است در معرض تست نشتی قرار گیرد و فشار تست نشتی مطابق با پاراگراف 345 بیشتر از فشار تستی باشد که مطابق با ضمیمه توسط سازنده انجام شده است، بایستی فشار تست نشتی تا اندازه فشار تست سازنده کاهش یابد.

* - پاراگراف 345.3.4 (Limits of Tested Piping): محدوده های سیستم لوله کشی تست شده:

تجهیزاتی که نباید تست شوند یا باید از سیستم لوله کشی جدا گردند یا در هنگام تست بوسیله در پوش یا سایر وسایل از سیستم لوله کشی ایزوله (جدا) گردند، یک شیرآلات (از جمله مکانیزم باز و بستن آن) می تواند برای این منظور مورد استفاده قرار گیرد مشروط بر آنکه برای فشار تست مناسب باشد.

360° of movement

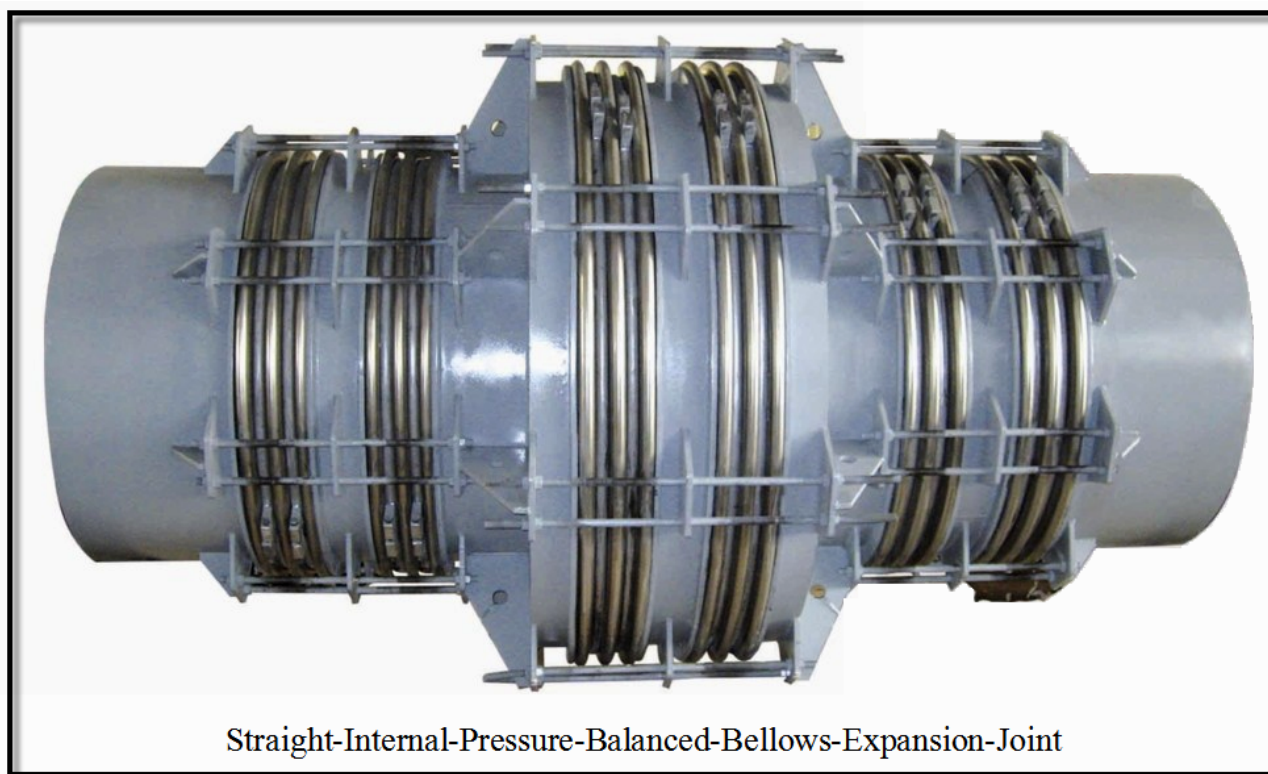
Incredibly flexible, the Fireloop seismic expansion joint comes in sizes that can accommodate up to ± 24 inches of pipe movement.



تصویر ۷۰۰: اتصالات قابل انبساط



تصویر ۷۰۱: اتصالات قابل انبساط



تصویر ۷۰۲: اتصالات قابل انبساط

*- پاراگراف 345.4 (Hydrostatic Leak Test): تست نشستی هیدرواستاتیک

*- پاراگراف 345.4.1- سیال تست: سیال باید آب باشد مگر اینکه احتمال خسارت به علت خطر یخ زدگی یا اثرات مخرب آب بر سیستم لوله کشی یا بر فرآیند آن وجود داشته باشد (به پاراگراف F345.4.1 نگاه کنید) در آن صورت مایع غیر سمی مناسب دیگری را می توان بکار برد. اگر مایع قابل اشتعال باشد نقطه اشتعال آن باید حداقل 49°C (120°F) باشد و محیط تست باید مورد بررسی دقیق قرار گیرد.

※- پاراگراف F345.4.1:

در هیدروتست، مستعد بودن به خوردگی تحت تاثیر عوامل میکروبیولوژیک باید مورد ملاحظه قرار گیرد. این شرایط بخصوص در محیطهای با رطوبت بالا و ایستا حکمفرماست. خوردگی ناشی از عوامل میکروبیولوژیک در داخل لوله ها بستگی به خصوصیات سیال تست دارد. خوردگی داخلی ناشی از عوامل میکروبیولوژیک می توانند با تخلیه مناسب و خشک کردن سیستم و یا با انتخاب سیال تست مناسب کاهش یافته و یا احتمالاً حذف گردد.

※- پاراگراف 345.4.2- فشار تست: به استثناء موارد بیان شده در پاراگراف 345.4.3 فشار تست هیدرواستاتیک در هر نقطه از سیستم لوله کشی فلزی باید به شرح ذیل باشد:

(a)- نباید کمتر از 1.5 برابر فشار طراحی باشد.

(b)- چنانچه درجه حرارت طراحی بیشتر از درجه حرارت تست باشد حداقل فشار تست باید بوسیله معادله ی (24)eq محاسبه گردد:

$$P_T = 1.5 P_{S_T}/S$$

P = internal design gage pressure

P_T = minimum test gage pressure

S = allowable stress at component design temperature for the prevalent pipe material; see Table A-1 or Table A-1M

S_T = allowable stress at test temperature for the prevalent pipe material; see Table A-1 or Table A-1M

P : فشار طراحی داخلی

P_T : حداقل فشار تست

S : مقدار تنش در درجه حرارت طراحی
(به جدول A-1 یا جدول A-1M نگاه کنید)

S_T : مقدار تنش در درجه حرارت تست

برای روشن شدن مطلب فوق و همچنین فرمول بالا به مثال زیر توجه نمایید:

مثال: مشخصات فنی سیستم لوله کشی به شرح زیر است:

متریال: SA 106 Gr.B

فشار طراحی: 23 bar

دمای طراحی: 371°C (700°F)

مقدار تنش در درجه حرارت طراحی (مطابق جدول A-1 یا A-1M): $(S = 16.7 \text{ Ksi})$

مقدار تنش در درجه حرارت تست مطابق جدول A-1 یا A-1M: $(S_T = 20 \text{ Ksi})$

حداقل فشار تست؟ $(P_T = ?)$

$$P_T = 1.5 P_{S_T}/S$$

طبق فرمول بالا عمل می کنیم:

$$P_T = \frac{1.5 P_{S_T}}{S} = \frac{1.5 \times 23 \times 20}{16.7} = \frac{690}{16.7} = 41.3 \text{ bar}$$

بنابراین حداقل فشار تست برابر با 41.3 bar است.

(C)- در این زمینه ها هر کجا که سیستم لوله کشی ممکن است شامل خود لوله یا متعلقات دیگر مربوط به سیستم لوله کشی نباشد البته بجزء اجزاء مربوط به تکیه گاه لوله ها و پیچ ها ممکن است برای تعیین کردن نسبت S_T/S از تنش های مجاز قابل کاربرد که از جدول A-1 یا A-1M بدست می آیند استفاده گردد. در این زمینه ها تا جایی که ممکن است بایستی نسبت S_T/S برای سیستم لوله کشی که از طول های مساوی و از متریالهای مختلفی ساخته شده اند را براساس حداقل نسبت محاسبه شده برای متریال های مشمول در نظر گرفت.

*- پاراگراف 345.4.3 (Hydrostatic Test of Piping With Vessels as a System)³: تست هیدرواستاتیک سیستم لوله کشی همراه با مخازن به مثابه یک سیستم:⁽³⁾

(a) - وقتی فشار تست لوله کشی های متصل به یک مخزن همسان یا کمتر از فشار تست مخزن باشد، لوله کشی ها را می توان همراه با مخزن و با فشار تست لوله کشی مورد تست هیدرواستاتیک قرار داد.

(b) - وقتی فشار تست لوله کشی های متصل به یک مخزن از فشار تست مخزن بیشتر باشد و جدا و ایزوله کردن لوله کشی ها از مخزن امکان پذیر نباشد، لوله کشی ها و مخزن را با هم می توان با فشار تست مخزن مورد تست هیدرواستاتیک قرار داد مشروط بر اینکه کار فرما موافقت کند و فشار تست کمتر از 77% فشار تست محاسبه شده مطابق با پاراگراف (b) 345.4.2 باشد.

⁽³⁾: مفاد پاراگراف 345.4.3 بر الزامات تست فشار هیچ یک از کدهای ساخت مخازن تاثیری ندارد.

*- پاراگراف 345.5 (Pneumatic Leak Test): تست نشتی بوسیله سیالات گازی

*- پاراگراف 345.5.1 (Precautions): پیش بینی های احتیاطی: تست بوسیله سیالات گازی، خطر آزاد شدن انرژی ذخیره شده در گاز تحت فشار را در بر دارد. بنابراین مراقبت های ویژه ای باید اعمال گردد تا احتمال شکست ترد در خلال تست نشتی بوسیله سیالات گازی به حداقل برسد. در این رابطه درجه حرارت مهم می باشد و زمانیکه طراح، متریال را برای ساخت انتخاب می کند باید این موضوع را مورد توجه قرار دهد. (به پاراگراف (c) 345.2.2 و پاراگراف F323.4 در ضمیمه (F) نگاه کنید).

*- پاراگراف 345.5.2 (Pressure Relief Device): لوازم آزاد شدن فشار: برای آزاد شدن فشار باید وسیله ای فراهم گردد، این وسیله باید در فشاری که از 1.1 فشار تست یا فشار تست بعلاوه 345 Kpa (50psi) (هر کدام کمتر است) بیشتر نباشد، تنظیم شده باشد.

*- پاراگراف 345.5.3 (Test Fluid): سیال تست: چنانچه از هوا استفاده نشود گاز مورد استفاده برای سیال تست نباید قابل اشتعال و سمی باشد.

*- پاراگراف 345.5.4 (Test Pressure): فشار تست: فشار تست نباید کمتر از 1.1 برابر فشار طراحی باشد و همچنین حداکثر فشار تست نباید کمتر از:

(a)- 1.33 برابر فشار طراحی باشد.

(b)- فشاری که بیشتر از ۹۰ درصد فشار توضیح داده شده در پاراگراف (a) 345.2.1 باشد.

*- پاراگراف 345.5.5 (Procedure): دستورالعمل: فشار باید به تدریج افزایش یابد تا به فشاری که کمتر از نصف فشار تست یا 170 Kpa (25 psi) است برسد و در این مرحله کنترل اولیه از جمله آزمایشات اتصالات باید مطابق با پاراگراف (a) 341.4.1 صورت پذیرد، پس از آن فشار تست مرحله به مرحله باید افزایش یابد تا به فشار اصلی تست برسد. به این ترتیب، در هر مرحله باید فشار به مدت کافی نگه داشته شود تا سیستم تحت فشار از نظر تنشهای کششی متعادل گردد. سپس فشار باید تا حد فشار طراحی تقلیل یافته و آزمایشات برای یافتن نشتی مطابق با پاراگراف (a) 345.2.2 انجام شود.

*- پاراگراف 345.6 (Hydrostatic-Pneumatic Leak Test): تست هیدرواستاتیک - نشت یابی با هوا: اگر ترکیبی از تست هیدرواستاتیک و تست نشتی بوسیله گاز بطور همزمان استفاده شود، پاراگراف 345.5 باید مراعات گردد و فشار در قسمتی از سیستم لوله کشی که بوسیله مایع پر شده است نباید از مقدار توضیح داده شده در پاراگراف 345.4.2 تجاوز نماید.

*- پاراگراف 345.7 (Initial Service Leak Test): تست نشتی اولیه در سرویس: این تست تنها در مورد سیستم های لوله کشی با سیال سرویس گروه (D) و با اجازه کارفرما قابل اجرا است. (به پاراگراف 345.1(a) نگاه کنید).

پاراگراف 345.7.1 (Test Fluid): سیال تست: سیال تست عبارت است از سیال سرویس.

پاراگراف 345.7.2 (Procedure): روش: فشار در خلال تست یا قبل از بهره برداری اولیه باید در چند مرحله و به تدریج افزایش یابد تا به فشار کاری (Operation) برسد. فشار باید در هر مرحله به مدت کافی نگه داشته شود تا نیروهای کششی ایجاد شده در سیستم لوله کشی متعادل گردند. چنانچه سیال سرویس گاز یا بخار باشد بایستی کنترل مقدماتی مطابق با پاراگراف 345.5.5 صورت گیرد.

پاراگراف 345.7.3 (Examination for Leaks): آزمایشات برای نشتی: بازرسی یا آزمایش برای یافتن نشتی ها بوسیله پاراگراف 345.2.2(a)، الزامی می باشد. آزمایش برای نشت یابی بایستی هنگامی که سیستم تحت فشار عملیاتی می باشد، انجام گردد. حذف کردن آزمایش نشت یابی برای اتصالاتی که قبلاً مطابق با این کد تست شده اند، مجاز می باشد.

پاراگراف 345.8 (Sensitive Leak Test): تست نشتی حساس

روش و تکنیک تست حباب-فشار مستقیم بایستی مطابق با BPV Code, Section V, Article 10 ضمیمه I باشد. یا بایستی مطابق با سایر روشهایی که اثبات نماید دارای حساسیت معادل هستند انجام شود. حساسیت این تست نباید کمتر از 10^{-3} atm.ml/Sec تحت شرایط تست باشد. وقتی روش تست حباب-فشار مستقیم استفاده شود:

(a) - فشار تست باید حداقل به اندازه 105Kpa (15 psi) یا 25% فشار طراحی (هر کدام کمتر است) باشد.

(b) - فشار تست باید به تدریج تا رسیدن به فشاری برابر نصف فشار تست یا 170 Kpa (25 psi) (هر کدام کمتر است) افزایش یابد و کنترل مقدماتی صورت گیرد سپس فشار باید در چند مرحله افزایش یابد تا به فشار تست برسد. فشار در هر مرحله باید به مدت کافی بطور ثابت نگه داشته شود تا نیروهای کششی ایجاد شده در سیستم لوله کشی متعادل گردند.

*- پاراگراف 345.9 (Alternative Leak Test): تست نشتی جایگزینی:

تست نشتی و روشهای زیر تنها در شرایطی که در پاراگراف 345.1(c) بیان گردیده است می توانند بکار برده شوند.

پاراگراف 345.9.1 (Examination of Welds): آزمایش جوشها: جوشها از جمله آنهایی که در ساخت لوله ها و اتصالات بکار برده می شوند و مطابق این کد در معرض تستهای نشتی و هیدرواستاتیک قرار نمی گیرند باید به شرح ذیل آزمایش گردند.

(a) - جوشهای شیاری محیطی، طولی و ماریچی باید مطابق با پاراگراف 344.5 بطور 100% رادیوگرافی یا مطابق با پاراگراف 344.6 بطور 100% مورد تست اولتراسونیک قرار گیرند.

(b) - تمام جوشها از جمله جوشهای متعلقات ساختمانی که در زمره جوشهای فوق (a) نیستند باید مطابق با پاراگراف 344.4 مورد تست مایع نافذ (PT) و یا در مورد متریالی که خاصیت مغناطیسی دارند مطابق با پاراگراف 344.3 مورد تست ذرات مغناطیسی (MT) قرار گیرند.

*- پاراگراف 345.9.2 (Flexibility Analysis): تحلیل تنش: سیستم لوله کشی باید مطابق با الزامات پاراگراف 319.4.2(b) یا (c) و (d) انجام شده باشد.

*- پاراگراف 345.9.3 (Test Method): روش تست: سیستم تست باید مطابق با پاراگراف 345.8 در معرض تست نشتی حساس قرار گیرد.

پاراگراف 346 (RECORDS): گزارشات:

*- پاراگراف 346.2 (Responsibility): مسئولیتها: طراح، سازنده، تولید کننده و نصاب سیستم لوله کشی وظیفه دارند گزارشات مورد نیاز این کد و مدارک مهندسی طراحی را تهیه نمایند.

*- پاراگراف 346.3 (Retention of Records): نگهداری گزارشات: مگر اینکه به شکل دیگری توسط مهندسی طراحی مشخص شده باشد، گزارشهای زیر باید برای مدت حداقل ۵ سال بعد از تهیه شدن نگهداری شوند:

(a) - روشهای آزمایش

(b) - ارزیابی های کیفی پرسنل آزمایشات.

(c) - گزارشات آزمایش

☀ - هیدرو تست در سیستم های لوله کشی بر اساس استاندارد IPS-C-PI-350(2)

استاندارد IPS-C-PI-350 که مربوط به تست فشار در سیستم های لوله کشی سایت است در پاراگراف 6 این موضوع را بصورت شفاف توضیح داده است.

6. HYDROSTATIC PRESSURE TESTING

۶- آزمایش فشار ایستایی

6.1 General

۱-۶ عمومی

6.1.1 Where the test pressure of piping attached to a vessel is the same as or less than the test pressure for the vessel, the piping may be tested with the vessel at the piping test pressure.

۱-۶-۱ در مواقعی که فشار آزمایش لوله های متصل به ظروف، برابر یا کمتر از فشار آزمایش ظروف هستند میتوان لوله ها و ظروف را یکجا با فشار آزمایش لوله تحت آزمایش قرار داد.

6.1.2 Where the test pressure of the piping exceeds the vessel test pressure, and it is not considered practicable to isolate the piping from the vessel, the piping and the vessel may be tested together at the vessel test pressure, provided the owner approves and the vessel test pressure is not less than 77% of the piping test pressure calculated by the Equation 1. (See 6.5.1).

۱-۶-۲ در مواقعی که فشار آزمایش لوله بیشتر از فشار آزمایش ظرف می باشد و جد کردن سامانه لوله کشی از ظرف عملی نیست، سامانه لوله کشی و ظرف هردو می توانند با فشار آزمایش ظرف تحت آزمایش قرار گیرند. به شرط اینکه کارفرما موافق بوده و فشار آزمایش ظرف از ۷۷ درصد فشار آزمایش لوله که مطابق با فرمول یک بند ۱-۵-۶ محاسبه می شود، کمتر نباشد.

6.1.3 If a portion of a piping system can not be hydrostatically tested because the presence of water is objectionable, a notation shall be made on the pressure test flow sheets indicating that pressure testing by water is prohibited.

۱-۶-۳ اگر وجود آب باعث ضرر و زیانی برای یک قسمت از سامانه لوله کشی شود، در نمودار روند آزمایش ایستایی باید توجه داده شود که آزمایش ایستایی با آب ممنوع است.

6.1.4 Underground lines inside plot limits shall be completely tested, inspected, drained and approved before coating of field welds and backfilling are carried out.

۱-۶-۴ لوله های زیرزمینی که در داخل کارخانه قرار دارند، باید قبل از اعمال هرگونه پوشش روی جوش ها و یا خاکریزی، تحت آزمایش ایستایی، بازرسی، تخلیه و تأیید گردند.

6.1.5 Cast iron piping with spigot and socket joints shall be intermittently covered, leaving the joints clear and all the bends securely anchored before testing.

۱-۶-۵ لوله کشی های چدنی که بصورت نر و ماده بهم وصل میشوند باید، یک در میان پوشیده شده و محل اتصالات تمیز گردیده و تمام خم ها قبل از آزمایش به صورت کامل مهار شوند.

تصویر ۷۰۳: هیدرو تست در سیستم لوله کشی صنعتی در استاندارد IPS-C-PI-350

6.2 Testing Area

6.2.1 If possible, test equipment including pumps, gages, recorders, and other items shall be located in the same area.

6.2.2 The area shall be continuously monitored by test personnel while testing is being performed so that any change in test procedures or conditions will be noted immediately and corrective action taken as required.

6.3 Test Equipment

The Engineer approval shall be obtained prior to use of equipment intended for the execution of the pressure test.

6.3.1 Instruments

The required instruments for each test shall be as follows:

- a) Pressure gage, accurate to within 1% of its range. The range selected shall be such that the pressure reading occurs between 25 and 90 percent of the full range of instrument.
- b) Dead weight tester and temperature indicator, if specified.

Note:

Instruments shall be suitably protected from all elements. Prior to testing, gages and indicators shall be calibrated (preferably on site) and a record of the instrument calibration and identification shall be kept as part of the inspection records. The calibration date and identification should be affixed to the instruments. Calibration shall be done according to [IPS-C-IN-100](#).

6.3.2 Pumps

Executor shall be responsible for the supply of suitable pumps for testing. As a minimum a high volume centrifugal pump for filling and a variable speed positive displacement reciprocating pump with sufficient discharge head and capacity for pressurizing shall be provided.

The executor shall provide chemical injection pump and means necessary for measuring of the inhibitor to be added to test water.

۶-۲ محوطه آزمایش

۶-۲-۱ در صورت امکان، دستگاه های آزمایش شامل تلمبه ها، اندازه گیرها، ثبتها و سایر اقلام بایستی در همان محوطه آزمایش قرار داشته باشند.

۶-۲-۲ در حین اجرای آزمایش، گروه آزمایش بایستی دائماً محوطه آزمایش را تحت نظر داشته و هرگونه تغییر در شرایط یا روش اجرایی آزمایش را بلافاصله تذکر داده و در صورت نیاز، اقدامات اصلاحی را معمول دارند.

۶-۳ تجهیزات آزمون

قبل از اجرای عملیات آزمایش فشار، باید تأیید نماینده کارفرما جهت تجهیزات آزمایش اخذ شود.

۶-۳-۱ ادوات ابزار دقیق

ادوات ابزار دقیق مورد نیاز هر آزمایش باید به شرح زیر باشد:

- الف) فشار سنج با دقت یک درصد دامنه فشارسنج انتخاب شده باید طوری باشد که فشار خوانده شده بین ۲۵ درصد تا ۹۰ درصد دامنه کل آن باشد.
- ب) فشارسنج وزنه‌ای و دماسنج (در صورتی که مشخص شده باشد)

یادآوری:

ادوات ابزار دقیق باید به طور مناسب از کلیه عوامل محافظت شوند. اندازه گیرها و نشان دهنده ها قبل از انجام آزمایش باید کالیبره شوند. (ترجیحاً در داخل محل اجرا) و گزارش کالیبراسیون و مشخصات دستگاه باید در گزارشهای بازرسی لحاظ شود. تاریخ کالیبره کردن و مشخصات آن باید روی دستگاه اندازه گیر نصب گردد. کالیبره کردن باید طبق استاندارد [IPS-C-IN-100](#) انجام شود.

۶-۳-۲ تلمبه ها

مجری، مسئول تهیه تلمبه های مناسب برای آزمایش می باشد. حداقل یک تلمبه گریز از مرکز با دبی بالا جهت پرکردن سامانه و یک تلمبه رفت و برگشتی دور متغیر با فشار و ظرفیت کافی برای بالابردن فشار سامانه باید تهیه شود.

مجری باید یک تلمبه تزریق مواد شیمیایی و وسایل لازم برای اندازه گیری مقدار مواد بازدارنده افزودنی به آب را تهیه نماید.

تصویر ۷۰۴: هیدروتست در سیستم لوله کشی صنعتی در استاندارد IPS-C-PI-350

6.4 Test Medium

۴-۶ سیال آزمون

6.4.1 General

۱-۴-۶ عمومی

a) The test fluid normally shall be fresh water and shall not contain suspended solids which may plug small lines. If it is found necessary water filter shall be used equipped with 100 mesh screen to remove 99% of particles which are 140 microns or more in size.

الف) معمولاً سیال آزمایش باید آب تازه و فاقد ذرات جامد معلق که امکان مسدود کردن لوله های کوچک را دارند، باشد. در صورت لزوم از توری صد روزه ای با قابلیت جداسازی ۹۹ درصد از ذرات به اندازه ۱۴۰ میکرون و بیشتر استفاده نمود.

b) The water shall have a corrosion inhibitor which meets approval of the Engineer.

ب) آب باید حاوی ماده بازدارنده خوردگی مورد تأیید نماینده کارفرما باشد.

c) If the water temperature is likely to fall to zero degree Centigrade ($^{\circ}\text{C}$) or below, glycol or another antifreeze approved by the Engineer shall be added.

ج) اگر امکان پایین آمدن دمای آب تا صفر درجه سانتیگراد یا پایین تر وجود داشته باشد، باید به آب گلیکول یا سایر ضد یخهای مورد تأیید نماینده کارفرما اضافه شود.

Note:

یادآوری:

In systems where residual moisture can not be tolerated, e.g., in SO_2 , acid, ammonia and LPG service and where certain catalysts are used, other test medium shall be selected. If flammable liquid is used consideration shall be given to the test environment.

در سامانه هایی که باقی ماندن رطوبت در آنها مجاز نمی باشد برای مثال در سرویس های حاوی SO_2 ، اسید، آمونیاک، گاز مایع و در جایی که از کاتالیست خاصی استفاده می شود باید برای آزمایش سیال دیگری به کار برده شود. در صورت استفاده از مایعات آتشگیر باید به محیط اطراف توجه ویژه ای به عمل آید.

6.4.2 Test medium for different pipe materials

۲-۴-۶ سیال آزمایش برای جنس های مختلف لوله

6.4.2.1 Carbon and low-alloy steels

۱-۲-۴-۶ فولادهای کربنی و کم آلیاژ

Piping manufactured from carbon steel or low-alloy steel may be hydrostatically tested with fresh water. Brackish or sea water may be used provided that prior approval of the Engineer is obtained

لوله هایی که از فولاد یا فولادهای کم آلیاژ ساخته شده باشند، می توانند با آب تازه تحت آزمایش ایستایی قرار گیرند. در صورت تأیید نماینده کارفرما میتوان از آب شور یا آب دریا استفاده نمود.

6.4.2.2 Stainless steels

۲-۲-۴-۶ فولاد زنگ نزن

The chloride content in the water used for the hydrostatic testing of piping manufactured from or containing parts manufactured from austenitic stainless steel (e.g., 18 Cr- 8 Ni or 18 Cr-10 Ni-2 Mo), shall be controlled as follows:

جهت آزمایش ایستایی سامانه لوله کشی که قسمتی یا تمام آن فولاد زنگ نزن استنیتی باشد (برای مثال فولاد NI ۸درصد، Cr ۱۸درصد یا MO ۲درصد، NI ۱۰درصد، Cr ۱۸درصد)، باید مقدار کلر موجود در آب طبق بندهای زیر کنترل شود.

If the piping metal temperature does not exceed 50°C during commissioning, operation or non-operation, water containing up to 150 mg/kg (150 mass PPM) chlorides may be used for the hydrostatic test.

اگر دمای لوله در زمان راه اندازی، عملیات، یا خارج از سرویس از 50°C درجه سانتیگراد تجاوز ننماید مقدار کلر موجود در آب آزمایش می تواند حداکثر ۱۵۰ میلیگرم بر کیلوگرم (۱۵۰ PPM جرمی) باشد.

تصویر ۷۰۵: هیدروتست در سیستم لوله کشی صنعتی در استاندارد IPS-C-PI-350

If the piping metal temperature exceeds 50°C during commissioning, operation or non-operation, the piping shall be tested using condensate water, demineralized water or oil with minimum flash point of 50°C.

6.4.2.3 Duplex stainless steels

The preferred method for hydrostatic testing of duplex stainless steel piping is to use potable water (up to 150 mg/kg Chlorides) and to carefully rinse the equipment immediately after the pressure test with condensate or demineralized water (up to 2 mg/kg Chlorides), followed by through drying or dewatering the equipment and filling with nitrogen in such a way that all oxygen is removed from the system.

6.4.2.4 9% Nickel alloy steel

The test water for hydrostatic testing of 9% nickel alloy steel piping shall be of a neutral PH value, clear and free from sulfides which may otherwise precipitate stress cracking of the equipment.

6.5 Test Pressures

6.5.1 General process piping-test pressure

The hydrostatic test pressure, at any point in a metallic piping system shall be as follows:

- a) Not less than 1.5 times the design pressure.
- b) For design temperature above the test temperature the minimum test pressure shall be calculated by the following formula, except that the value of S_T/S shall not exceed 6.5.

$$P_T = \frac{1.5PS_T}{S}$$

Where:

P_T Minimum hydrostatic test gage pressure

P Internal design gage pressure

S_T Allowable stress at test temperature

S Allowable stress at design temperature

(See table A-1 ASME B 31.3)

- c) If the test pressure as defined above would produce a stress in excess of the yield strength at test temperature, the test pressure may be reduced to the maximum pressure which produces stress not more than the yield strength at test temperature.

اگر دمای لوله در زمان راه اندازی، عملیات، یا خارج از سرویس از ۵۰ درجه سانتیگراد تجاوز نماید، باید جهت آزمایش ایستایی از آب حاصل از میعان بخار، آب فاقد مواد معدنی، یا مشتقات نفتی با حداقل نقطه اشتعال ۵۰ درجه سانتیگراد استفاده کرد.

۳-۲-۴-۶ فولادهای زنگ نزن دو جزئی

برای آزمایش ایستایی لوله‌های زنگ نزن دو جزئی ترجیحاً از آب آشامیدنی حاوی حداکثر ۱۵۰ PPM جرمی کلر استفاده میشود و بلافاصله پس از آزمایش ایستایی باید به دقت با آب مقطر یا آب بدون مواد معدنی (حداکثر ۲ PPM جرمی کلر) شستشو شود، به دنبال آن سامانه باید خشک و از آب تخلیه شود و به نحوی با نیتروژن پرگردد که اکسیژن از سامانه بیرون رانده شود.

۴-۲-۴-۶ فولاد آلیاژی ۹ درصد نیکل

برای آزمایش ایستایی سامانه لوله کشی از جنس فولاد آلیاژی ۹ درصد نیکل باید از آبی با PH خنثی، شفاف و بدون سولفیدها استفاده نمود. در غیر این صورت ممکن است ترکهای ناشی از تنش در سامانه تشدید گردد.

۵-۶ فشار آزمایش

۱-۵-۶ فشار آزمایش سامانه لوله‌کشی فرآیندی عمومی

فشار آزمایش ایستایی در هر نقطه از سامانه لوله کشی فلزی باید مطابق زیر باشد:

- الف) فشار آزمایش نباید کمتر از ۱٫۵ برابر فشار طراحی باشد.
- ب) در صورتی که دما طراحی بالاتر از دما آزمایش باشد، حداقل فشار آزمایش از فرمول زیر محاسبه میشود، به شرط اینکه مقدار S_T/S از ۶٫۵ تجاوز ننماید.

$$P_T = \frac{1.5PS_T}{S}$$

که در آن:

P_T حداقل فشار نسبی آزمایش ایستایی

P فشار نسبی داخلی طراحی

S_T تنش مجاز در دمای آزمایش

S تنش مجاز در دمای طراحی

(جدول A-1 در ASME B 31.3)

- ج) در صورتی که فشار آزمایش مطابق تعریف فوق تولید تنشی بالاتر از تنش تسلیم در دما آزمایش نماید، فشار آزمایش را می توان حداکثر تا فشاری که تولید تنشی حد اکثر برابر تنش تسلیم در دما آزمایش ایجاد نماید، کاهش داد.

6.5.2 Refrigeration service test pressure

Refrigerant piping shall be tested in accordance with the provisions of ASME B 31.5 about Refrigeration Piping and the aforementioned requirements and be successfully dried out accordingly, or other measures approved by the Engineer shall be applied against freezing.

Note:

However no oxygen or any combustible gas or combustible mixture of gases shall be used for testing within the system. Water should not, if possible, be used for testing of refrigerant piping, but if used, it must be completely removed as described in Paragraph 6.9.5.

6.5.3 Vacuum services test pressure

Lines in vacuum service shall be tested at a minimum internal pressure of 200 kPa (29 psi) unless limited to a lower pressure by design and/or construction

6.5.4 Utility services test pressure

The test pressure for service air and water piping shall be 1½ times the design pressure or 700 kPa (100 psi) for steel piping, whichever is higher. Flanged cast iron piping shall be tested to 1½ times the design Pressure + Maximum static head of pipe content during operation; but in no case more than the following test pressures:

Size (Dia.)	Class 125 Flange	Class 250 Flange
DN 25-300 (NPS 1-12)	1700 KP (250 psi)	3500 KP (500 psi)
DN 350-600 (NPS 14-24)	1400 KP (200 psi)	2800 KP (400 psi)
DN 750 (NPS 30 & LARGER)	700 KP (100 psi)	1400 KP (200 psi)

6.5.5 Jacketed lines test pressure

In jacketed lines the jacket shall be tested not less than 1½ times the jacket design pressure. The internal line shall be tested on the basis of internal or external pressure whichever (in the opinion of the Engineer) is critical. When the pressure in the jacket is high it might be advisable or essential to pressurize the inner pipe during hydraulic test of the jacket.

۶-۵-۶ فشار آزمایش سرویس های تبرید

سامانه های لوله کشی مبردها باید طبق مفاد استاندارد ASME B 31.5 و الزامات ارائه شده در آن مورد آزمایش قرار گیرند و سپس کاملاً خشک و یا با سایر روش های مورد تأیید نماینده کارفرما در مقابل یخ زدگی، محافظت شوند.

یادآوری:

به هرحال جهت آزمایش فشار سامانه لوله کشی مبردها نباید از اکسیژن، گاز قابل اشتعال و یا مخلوط قابل اشتعال از گازها استفاده شود. همچنین در این گونه سرویس ها حداقل امکان نباید آب به عنوان سیال آزمایش به کار برده شود. در صورتی که این کار اجتناب ناپذیر باشد باید پس از آزمایش طبق بند ۶-۵-۹ سامانه را آب زدایی کرد.

۶-۵-۶-۳ فشار آزمایش سرویس های خلاء

لوله های در سرویس خلاء باید با حداقل فشار داخلی ۲۰۰ کیلوپاسکال (۲۹ پوند بر اینچ) آزمایش شوند، مگر آن که در طراحی یا اجرا به فشار پایین تری محدود شده باشد.

۶-۵-۶-۴ فشار آزمایش سامانه لوله کشی آب و هوا

فشار آزمایش سامانه لوله کشی آب و هوا در صورتی که از جنس فولاد باشند باید ۱/۵ برابر فشار طراحی ۷۰۰ کیلو پاسکال (۱۰۰ پوند بر اینچ) هرکدام که بیشتر باشد در نظر گرفته شود. لوله های چدنی فلنج دار باید با فشاری معادل ۱/۵ برابر فشار طراحی بعلاوه فشار ارتفاع مایع داخل لوله در زمان عملیات تحت آزمایش قرار گیرند. اما این فشار نباید در هیچ حالتی از فشارهای زیر بیشتر باشد:

۶-۵-۶-۵ فشار آزمایش خطوط دوجداره

در خطوط دوجداره، لوله بیرونی باید با فشاری معادل حداقل ۱/۵ برابر فشار طراحی آن آزمایش شود. لوله داخلی باید براساس فشار داخلی و یا خارجی آن هرکدام که به نظر نماینده کارفرما مهم تر است، آزمایش شود. در صورتی که فشار داخل لوله بیرونی بالا باشد، ضروری است که در هنگام آزمایش ایستایی آن، لوله داخلی را نیز تحت فشار قرار داد.

تصویر ۷۰۶: هیدرتست در سیستم لوله کشی صنعتی در استاندارد IPS-C-PI-350

■ - فرمت Index of Packing List UG

		PROJECT NAME			
UG TEST PACKAGE CONTENTS					
Item	Document	Form No.	Applicable	Not Applicable	
1	Test Package Cover Sheet .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
2	UG Test Package Contents .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
3	Release Note for Piping Test Package Activity Sheet .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
4	Punch List .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
5	Surveying Data sheet .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
6	Survey Report .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
7	Warning Tag for Hydrostatic/Pneumatic Test .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
8	Piping Hydrostatic/Pneumatic Test Report .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
9	Gravity Test Report For UG Non- Pressure Lines .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
10	Pressure Gauge Calibration Record .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
11	Record Tolerance Pressure Gauge in Hydro test Period .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
12	UG Reinstallation Report .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
13	Under Ground Piping Inspection Check List .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
14	UG Mechanical Completion Check List .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
15	Wrapping & Holiday Test Report .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
16	Tie-in Joint List Summary .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
17	Field Site Query (FSQ) .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
18	JOINT HISTORY SHEET .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
19	UG Composite Plan DWG (Marked up) .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
20	P & ID (Marked up) .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
21	ISO DWG (As-Built) .....	....	Included ☐	Not Included ☐	
APPROVED BY					
SUBCONTRACTOR		CONTRACTOR REPRESENTATIVE		TPA /COMPANY	
Name:					
Sign.:					
Date:					

■ فرمت Index of Packing List AG

		PROJECT NAME			
AG TEST PACKAGE CONTENTS					
Item	Document	Form Number	Applicable	Not Applicable	
1	Above Ground Piping Cover Sheet		☐	☐	
2	Test Package Line List		☐	☐	
3	Test Package Release Check List		☐	☐	
4	Test Package Pipe Support List		☐	☐	
5	Mechanical Punch List		☐	☐	
6	QC Punch List		☐	☐	
7	Leak Test For Reinforcing Pad		☐	☐	
8	Orifice Flange Internal Grinding Inspection		☐	☐	
9	Guage Calibration Certificate		☐	☐	
10	Pressure Test Report Certificate		☐	☐	
11	Pressure Test Report Certificate - Flushing		☐	☐	
12	Pressure Test Report Certificate - Drying		☐	☐	
13	Inspection Report For Tie In Joint-A/G Piping		☐	☐	
14	Piping Reinstatement Certificate		☐	☐	
15	Spade List		☐	☐	
16	Others If Any & Water Certificate		☐	☐	
17	Marked Up Isometric		☐	☐	
18	Marked Up Test Flow Diagram		☐	☐	
19	Iso Weld Control Sheet		☐	☐	
20			☐	☐	
21			☐	☐	
22			☐	☐	
23			☐	☐	
24			☐	☐	
25			☐	☐	
26			☐	☐	
APPROVED BY					
SUBCONTRACTOR		CONTRACTOR REPRESENTATIVE		TPA /COMPANY	
Name:					
Sign.:					
Date:					

■ - فرمت پانچ لیست

PROJECT NAME												 N.I.O.C.		
PUNCH LIST														
System No.:		Subsystem No.:			Test Package No.:									
Subcontractor.:		Description:			AG		UG		Page:		1 of 1			
No.	ISO DWG	Description	Category			Completion Date	Subcontractor		Construction Rep.		Pre-com Rep.		TPA /Company	
			A	B	C		Date	Sign	Date	Sign	Date	Sign	Date	Sign
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														

A: Work shall be completed before hydrotest.
 B: Work shall be completed after test but before pre commissioning
 C: Work shall be completed after pre commissioning certificate and defect items for commissioning checklist

NOTE

SUBCONTRACTOR	CONTRACTOR (CONSTRUCTION REP.)	PRE-COMM. REP.	TPA/COMPANY
Name:			
Sign.:			
Date:			

■ - فرمت پانچ لیست خطوط روزمینی (Above Ground)

ردیف	شرح پانچ خطوط روزمینی (Above Ground)	واحد مربوطه	نوع پانچ
۱	خط نیاز به VENT یا DRAIN دارد (باتوجه به نظر مهندسی)	پایپینگ	A
۲	شماره جوش ساپورت‌های # و # کامل نشده است (یک یا چند پاس اضافه گردد)	QC	A
۳	لاین در یک راستا نمی باشد (BEND شده است)	پایپینگ	A
۴	شماره سر جوشهای # و # کامل نمی باشد	QC	A
۵	لاین پدرستی روی ساپورت ننشسته است (FIX گردد)	پایپینگ	B
۶	فاصله خطوط نسبت به هم و نسبت به استراکچر CENTER TO CENTER رعایت نشده است.	پایپینگ	B
۷	نقطه عمودی خطوط خارج از LEVEL می باشد (OUT OF ALIGNMENT)	پایپینگ	A
۸	شماره فلنج سر جوش شماره # دو هول و LEVEL نمی باشد (اصلاح گردد)	پایپینگ	A
۹	جهت ولوها مطابق آیزومتریک نمی باشد (غیر جوشی)	پایپینگ	B
۱۰	جهت ولوها مطابق آیزومتریک نمی باشد (جوشی)	پایپینگ	A
۱۱	سر جوش شماره # و شماره # که به تجهیز متصل می شوند MISS MATCH می باشند	پایپینگ	A
۱۲	کلیه ولوهای ابزار دقیق قبل از تست برداشته شوند	پایپینگ	A
۱۳	فلایر چک ولو برداشته شود	پایپینگ	A
۱۴	هر نوع پوششی اعم از رنگ و غیره از روی سر جوشها برداشته شود	QC	A
۱۵	خال جوشها (ARC STRIKE) و SPATTER اطراف سر جوش باید نه لوله سنگ زنی شود	QC	A
۱۶	RATING یا کلاس فلنجهای SCH فیتینگ ها باید مطابق B.O.M باشد	پایپینگ	A
۱۷	جهت HAND VAIL ولوها مطابق نقشه و موقعیت سایت OPERATION باشد	پایپینگ	B
۱۸	NUT - BOLT - GASKET خط مورد نظر تکمیل گردد (مطابق B.O.M)	پایپینگ	B
۱۹	شماره خط استنلس استیل یا کرین استیل بر خور دارد (از TEFLON SHEET یا STEEL SHIM PLATE استفاده شود).	پایپینگ	A
۲۰	فاصله خط با خطوط دیگر جهت عایق رعایت نشده است	پایپینگ	B
۲۱	جنس مترال استفاده شده مطابق آیزومتریک نمی باشد (NACE-LTCS)	QC	A
۲۲	موقعیت ECC FLATE REDUCER با آیزو چک شود	پایپینگ	A
۲۳	SEAM WELD لوله های درز دار باید حداقل ۱۵ و حداکثر ۳۰ درجه با هم فاصله داشته باشند	QC	A
۲۴	SEAM WELD لوله های درز دار نباید روی استراکچر یا ساپورت‌هایی مانند SADDLE یا SHOE قرار داده شود	QC	A
۲۵	VENT HOLE پدهای ساپورت و پایپینگ کار شود	QC	A
۲۶	MESH STRAINER قبل از انجام تست برداشته شود.	پایپینگ	A
۲۷	SLOP خط رعایت شود	پایپینگ	A
۲۸	ROOT PASS ORIFICE FLANGE سنگ زنی شود (فرمت مربوطه ATTACH گردد)	QC	A
۲۹	لاین کار شده مطابق آیزومتریک نمی باشد (AS BUILT گردد)	پایپینگ	A
۳۰	JACK BOLT در فلنجهای RING TYPE JOINT چک شود (ORIENTATION)	پایپینگ	A
۳۱	تمام ساپورت‌های موقت اطراف LINE برداشته شود	QC	B
۳۲	تمام ساپورت‌های موقت جوش شده روی لوله برداشته شود (در صورت نیاز PT گردد)	QC	A
۳۳	موقعیت TAPPING های ORIFICE FLANGE مطابق سیال چک شود	پایپینگ	A
۳۴	نشعینگاه ساپورت کامل شود	پایپینگ	B

تصویر ۷۱۰: فرمت پانچ لیست خطوط روزمینی (Above Ground)

ردیف	شرح پانچ خطوط رو زمینی (Above Ground)	واحد مربوطه	نوع پانچ
۳۵	خط بین سرجوش و سرجوش DENT شده است (MECHANICAL DAMAGE)	QC	A
۳۶	INSULATION KIT نصب شود	پایپینگ	B
۳۷	سرجوش شماره TIE-IN می باشد پس از تست رادیوگرافی گردد	QC	B
۳۸	سرجوش شماره RECAP شده ، NDT و PWHT آن قبل از تست مجدداً انجام شود	QC	A
۳۹	LEVEL GAUGE / LEVEL TRANSMITTER قبل از تست برداشته شود	پایپینگ	A
۴۰	شماره TAG NO ولو مطابق با آیزومتریک نمی باشد	پایپینگ	B
۴۱	انشعابات VENT و DRAIN پس از تست CAP یا PLUG گردند	پایپینگ	B
۴۲	COLOR CODE یا پانچ متریال قابل ردیابی نمی باشد	QC	A
۴۳	GAP برای SOCKET WELD FLANGE رعایت نشده (کم یا زیاد)	QC	A
۴۴	شماره ساپورت های (GUIDE) کار نشده است	QC	B
۴۵	فرمت ALIGNMENT فلنچها پیوست گردد	پایپینگ	B
۴۶	SPATTER و جرقه های جوش داخل و اطراف GUIDE تمیز کاری شود	QC	B
۴۷	NDT و PWHT خط کامل نشده است	QC	A
۴۸	بین سرجوش ۱ و ۲ یک سرجوش روی خط اضافه شده است (در آیزو و JOINT HISTORY اضافه گردد)	QC	A
۴۹	MIRROR PLATE یا EMBEDDED PLATE کار نشده است	QC	A
۵۰	VALVE باید بعد از تست نصب گردد		B
۵۱	SHIM PLATE زیر خط قرار داده شود		B
۵۲	بین سرجوش # ، # نشیمنگاه ساپورت اضافه گردد		A/B
۵۳	CAP مربوط به DRAIN یا VENT باید SEAL گردد		B/C
۵۴	VENT HOLE برای REINFORCE PAD انجام گیرد		A
۵۵	جهت CHECK VALVE مطابق با ISO و جهت جریان سیال باشد		A
۵۶	بعد از انجام تست جهت STRAINER MESH و VALVE های REMOVE شده جهت نصب یا جهت جریان سیال مطابقت داشته باشد		B
۵۷	SUPPORT بین سرجوش # ، # یا DETAIL های مربوط به ساپورت مغایرت دارد .		A/B
۵۸	مغایرت متریال با ISO		A
۵۹	LINE LIST باید تاییدیه مهندسی داشته باشد		A
۶۰	مغایرت ISO (REV) یا فرم TEST PACKAGE به شماره # ، #		A
۶۱	مغایرت TEST PRESSURE در ISO یا TEST PACKAGE یا LINE LIST		A
۶۲	مغایرت P & ID با ISO		A
۶۳	ISO , P & ID مهر دفتر فنی یا مهندسی داشته باشد		A

تصویر ۷۱۱: فرمت پانچ لیست خطوط روزمینی (Above Ground)

■ - پانچ لیست خطوط زیرزمینی (Under Ground)

ردیف	شرح پانچ خطوط زیر زمینی (Under Ground)	نوع پانچ
۱	اطراف لوله و کانال میبایست تمیز شود	A
۲	مایین سرجوش # و # توسط کیسه شنی ثابت شود (تعیین موقعیت SAND BAG با اشاره به سرجوش)	A
۳	فاصله بین لوله و کف کانال کافی نیست	B
۴	شیب خط درست نیست	A
۵	تمام ASBUILT های آیزو میبایست ضمیمه تست پکیج گردد	A
۶	سوراخ خروجی بر روی PAD اجرا نشده است	A
۷	خط بین سرجوش # و # آسیب دیده اصلاح گردد	A
۸	بعد از تست WRAPPING و HOLIDAY انجام شود	B
۹	ولو-گسکت-پیچ و مهره اصلی میبایست نصب شود	B
۱۰	سرجوش # TIE-IN است صد در صد رادیوگرافی گردد	B
۱۱	برداشت نقشه برداری برای انشعابات بعد از تست ضمیمه گردد	B
۱۲	مایین سرجوش # و # میبایست LAMINATION شود	A
۱۳	اجرای خط میبایست کامل شود	A
۱۴	خطوط اصلی و انشعابات هم از نظر عمودی و هم از نظر افقی میبایست ALIGN شود	A
۱۵	فلنجهای خط به شماره سرجوش # و # ALIGN نمی باشند	A
۱۶	جوشکاری ورق آب بندی منهل انجام شود	A
۱۷	داخل منهل تمیز گردد	A
۱۸	پد تست انجام نشده است	A
۱۹	کاتدیک پروتکشن انجام نشده است	A
۲۰	WRAPPING بین سرجوش # و # آسیب دیده . تعمیر گردد	B
۲۱	همه سرجوشها تمیز کاری گردند	A
۲۲	کوپلینگ مورد نظر LAMINATE شود	A
۲۳	فلنجهای کار شده درون ولو پاکس باید پارالل گردد	A
۲۴	رایر منهل نصب گردد	B
۲۵	نصب ولو های جوشی	A
۲۶	نصب ولو های غیر جوشی	B
۲۷	ISO, P & ID مهر دفتر فنی یا مهندسی داشته باشد	A
۲۸	LINE LIST باید تاییدیه مهندسی داشته باشد	A
۲۹	مغایرت ISO (REV) یا فرم TPG به شماره # . #	A
۳۰	مغایرت TEST PRESSURE در ISO یا TPG یا LINE LIST	A
۳۱	کپی تاییدیه گیج (Guage) بعد از استفاده در پکیج قرار گیرد	B
۳۲	مغایرت ISO یا P & ID	A
۳۳	نقاط TIE IN JOINT باید هنگام سرویس تست تحویل داده شود	B
۳۴	OPENING از منهل باید SEAL گردد (در خطوط GRAVITY)	A
۳۵	سنگ و چوب از زیر خط برداشته شود .	A
۳۶	سرجوش # . # باید RT شود	A
۳۷	سرجوش # . # باید در ISO و JOINT HISTORY حذف یا اضافه شود .	A
۳۸	HAND WEEL ولو نصب گردد	B
۳۹	سرجوش # . # نیاز به پاس جوش دارد	A

تصویر ۷۱۲: پانچ لیست خطوط زیرزمینی (Under Ground)

☀ - هیدروستاتیک در مخازن تحت فشار ASME Sec. VIII Div.1-2019

■ - پاراگراف UG-99 (STANDARD HYDROSTATIC TEST): تست هیدرواستاتیک

***- (توضیحی مختصر در رابطه با فشار هیدروستاتیک مخزن)

باید دقت کرد که در سال ۱۹۹۸ به بعد با استناد به پاراگراف (j) از Code Case 2278 ضریب تست (Test Factor) از مقدار $1\frac{1}{2}$ به ۱.۳ تغییر کرد.

CASES OF ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE	
CASE 2278	(j) The $1\frac{1}{2}$ test factor requirement in UG-99, UG-101(c), Code Case 2046 and Code Case 2055-1 shall be reduced to 1.3 times, and the 1.25 test factor requirement in UG-100 shall be reduced to 1.1 times.
Approval Date: May 20, 1998	
<i>See Numeric Index for expiration and any reaffirmation dates.</i>	

تصویر ۷۱۳: تغییر مقدار فشار Hydrostatic test در مخازن تحت فشار از ۱.۵ به ۱.۳ برابر فشار طراحی

***- پاراگراف UG-99(a): تست هیدرواستاتیک باید در مورد تمام مخازن بعد از مراحل زیر انجام شود:

(۱) - تمام شدن عملیات ساخت، به جز عملیاتی که قبل از تست نمی توانند انجام شوند مانند آماده سازی جوشهای انتهایی کار (به پاراگراف U-1 (e)(1)(a) نگاه کنید) و سنگ زنی برای اصلاح ظاهر فلز پایه بطوریکه کاهش ضخامت واقعی باعث کم شدن ضخامت طراحی نشود.

(۲) - تمام آزمایشات انجام شده باشد به استثناء آنهایی که لازم است بعد از تست انجام شوند. مخازن کامل شده به جز آنهایی که مطابق با الزامات UG-100 و UG-101 تست شده اند باید تست هیدرواستاتیک را به شرحی که قبلاً در این پاراگراف آمده است با موفقیت گذرانده باشند.

UG-99 STANDARD HYDROSTATIC TEST

(b) Except as otherwise permitted in (a) above and 27-4, vessels designed for internal pressure shall be subjected to a hydrostatic test pressure that at every point in the vessel is at least equal to 1.3 times the maximum allowable working pressure³⁶ multiplied by the lowest stress ratio (LSR) for the pressure-boundary materials

of which the vessel is constructed. The stress ratio for each pressure-boundary material is the ratio of the stress value S at its test temperature to the stress value S at its design temperature (see UG-21).

All loadings that may exist during this test shall be given consideration.

36 The maximum allowable working pressure may be assumed to be the same as the design pressure when calculations are not made to determine the maximum allowable working pressure.

تصویر ۷۱۴: مقدار فشار Hydrostatic test در مخازن تحت فشار ASME Sec. VIII Div.1-2019-UG-99 (b)

***- پاراگراف UG-99(b) - به استثناء مواردی غیر از آنچه در (a) در بالا ذکر شده و ضمیمه (۲۷-۴) مجاز شمرده است، مخازنی که برای فشار داخلی طراحی شده اند باید در معرض فشار تست هیدرواستاتیک قرار گیرند که آن فشار در هر نقطه از مخزن حداقل معادل ۱.۳ برابر حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) ضربدر کمترین نسبت تنش (LSR) برای متریال های مرز- فشار (Pressure-boundary) که مخزن از آنها ساخته است، می باشد. نسبت تنش برای هر متریال در واقع مقدار تنش (S) در درجه حرارت تست به مقدار تنش (S) در درجه حرارت طراحی است (به UG-21 نگاه کنید). تمام نیروهایی که ممکن است در این تست وجود داشته باشند باید در محاسبات در نظر گرفته شوند.

یادداشت ۳۶

هنگامی که مقدار حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) محاسبه نشده باشد ممکن است حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) برابر فشار طراحی (Design Pressure) تعیین و فرض شود.

مطابق (a) 27-4 – App. 27 Div.1 VIII Sec. ASME فشار هیدرو تست در مخازن Glass – Lined باید حداقل برابر فشار MAWP باشد و نیاز به افزایش فشار نمی باشد.

27-4 HYDROSTATIC TEST

(a) The hydrostatic test pressure for glass-lined vessels shall be at least equal to, but need not exceed, the maximum allowable working pressure to be marked on the vessel; the hydrostatic test pressure for jackets of glass-lined vessels shall be at least equal to, but need not exceed, the maximum allowable working pressure to be marked on the jacket.

تصویر ۷۱۵: مقدار فشار تست در مخازن Glass – Lined

: PRESSURE VESSL HANDBOOK

تست هیدرواستاتیک مخازن تحت فشار در کتاب PRESSURE VESSL HANDBOOK ویرایش دوازدهم:

(۴) – فشار تست هیدرواستاتیک:

اگر برای تعیین حداکثر فشار کاری مجاز (Maximum Allowable Working Pressure) محاسباتی انجام نشده باشد باید حداقل 1.3 برابر حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) یا فشار طراحی بر روی مخزن درج شود. اگر مقدار تنش متریال مخزن در دمای طراحی کمتر از تنش متریال در درجه حرارت تست باشد، فشار تست هیدرواستاتیک باید به تناسب افزایش یابد. تست هیدرواستاتیک باید پس از کامل شدن ساخت انجام شود در این صورت فشار تست باید به شرح زیر باشد:

$$\text{تنش متریال S در درجه حرارت تست} \times \frac{\text{حداکثر فشار کاری مجاز (فشار طراحی)}}{1.3} = \text{فشار تست}$$

تصویر ۷۱۶: فرمول محاسبه مقدار فشار تست و قتیکه دمای طراحی بیشتر از دمای تست باشد

وقتی حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) بوسیله فلنج ها محدود می گردند، مخازن باید در فشارهای نشان داده شده در جدول زیر تست شوند.

کلاس فشار اولیه کار	150 lb	300 lb	400 lb	600 lb	900 lb	1500 lb	2500 lb
فشار هیدرو تست بدنه	425	1100	1450	2175	3250	5400	9000

تصویر ۷۱۷: نسبت مقدار فشار تست با کلاس فلنج های مخزن

*** – پاراگراف UG-99(k): رنگ آمیزی و پوشش دادن:

(k) – رنگ آمیزی و پوشش دادن

(1) – جوش های مربوط به قسمت های تحت فشار مخازن قبل از انجام تست فشار (هیدرواستاتیک) نبایستی رنگ آمیزی شوند یا از داخل یا بیرون پوشش داده شوند [See UCI -99(b) and UCD-99(b)] مگر اینکه مصرف کننده (کارفرما) یا نماینده کارفرما مجاز بداند.

UG-99 STANDARD HYDROSTATIC TEST**(k) Painting and Coating**

(1) Unless permitted by the user or his designated agent, pressure-retaining welds of vessels shall not be painted or otherwise coated either internally or externally prior to the pressure test. [See UCI-99(b) and UCD-99(b).]

(2) When painting or coating prior to the hydrostatic test is permitted, or when internal nonmetallic linings are to be applied, the pressure-retaining welds shall first be leak tested in accordance with Section V, Article 10. Such a test may be waived with the approval of the user or his designated agent.

(3) Vessels for lethal service [see UW-2(a)]

(-a) shall not be painted or coated either internally or externally prior to the hydrostatic pressure test

(-b) shall not be internally lined by mechanical or welded attachments prior to the hydrostatic pressure test unless the requirements of UCL-51 are followed

(4) The requirements given in (1) and (2) do not apply to glass-lined vessels; see 27-4.

تصویر ۷۱۸: وضعیت رنگ و عایق قبل از تست ASME Sec. VIII Div.1-2019-UG-99 (k)

(2) - چنانچه قبل از انجام هیدرواستاتیک تست، رنگ آمیزی یا پوشش مجاز شده باشد (توسط کارفرما یا نماینده کارفرما) یا چنانچه پوشش غیر فلزی داخل مخزن (linings) انجام شده باشد، جوش قسمتهای تحت فشار مخزن بایستی ابتدا مطابق با کُد Section V, Article 10 تست نشی شوند. چنین تستی ممکن است با تایید کارفرما یا نماینده کارفرما از قوانین مذکور مثنی شود.

(3) - مخازن مربوط به سرویس های کشنده [see UW-2(a)]

(-a) قبل از انجام هیدرواستاتیک تست نبایستی رنگ آمیزی شوند یا از داخل یا از بیرون پوشش داده شوند.

(-b) قبل از آزمایش فشار هیدرواستاتیک نباید توسط اتصالات مکانیکی یا جوش سطح داخلی پوشانده شود ،

مگر اینکه الزامات UCL-51 رعایت شود.

(4) - الزامات مندرج در ۱ و ۲ بالا نباید برای مخازن Glass – Lined بکار برده شوند. رجوع شود به 27-4

طبق پاراگراف UG-100 تست بوسیله گاز یا هوا را می توان به جای تست هیدرواستاتیک مورد استفاده قرار داد.

■ - پاراگراف UG-100 (Pneumatic test): تست هوا

UG-100 PNEUMATIC TEST³⁶ (SEE UW-50)

(a) Subject to the provisions of UG-99(a)(1) and UG-99(a)(2), a pneumatic test prescribed in this paragraph may be used in lieu of the standard hydrostatic test prescribed in UG-99 for vessels:

(1) that are so designed and/or supported that they cannot safely be filled with water;

(2) not readily dried, that are to be used in services where traces of the testing liquid cannot be tolerated and the parts of which have, where possible, been previously tested by hydrostatic pressure to the pressure required in UG-99.

(b) Except for enameled vessels, for which the pneu-

matic test shall be at least equal to, but need not exceed, the maximum allowable working pressure to be marked on the vessel, the pneumatic test pressure at every point in the vessel shall be at least equal to 1.1 times the maximum allowable working pressure³⁵ multiplied by the lowest stress ratio (LSR) for the pressure-boundary materials of which the vessel is constructed. The stress ratio for each pressure-boundary material is the ratio of the stress value S at its test temperature to the stress value S at its design temperature (see UG-21).

In no case shall the pneumatic test pressure exceed 1.1 times the basis for the calculated test pressure as defined in 3-2.

35 The maximum allowable working pressure may be assumed to be the same as the design pressure when calculations are not made to determine the maximum allowable working pressure.

36 In some cases it is desirable to test vessels when partly filled with liquids. For such vessels a combined hydrostatic and pneumatic test may be used as an alternative to the pneumatic test of this paragraph, provided the liquid level is set so that the maximum stress including the stress produced by pneumatic pressure at any point in the vessel (usually near the bottom) or in the support attachments, does not exceed 1.3 times the allowable stress value of the material multiplied by the applicable joint efficiency. After setting the liquid level to meet this condition, the test is conducted as prescribed in (b) and (c) above.

Air or gas is hazardous when used as a testing medium. It is therefore recommended that special precautions be taken when air or gas is used for test purposes.

تصویر ۷۱۹: تست بوسیله گاز یا هوا را می توان به جای تست هیدرواستاتیک مورد استفاده قرار داد.

***- پاراگراف UG-100 (pneumatic test) : تست هوا

(a) - عطف به مندرجات پاراگراف (a)(2) & (a)(1) UG-99 به جای تست هیدرواستاتیک شرح داده شده در UG-99 می توان از تست نیوماتیک که در این پاراگراف شرح داده می شود برای مخازنی استفاده نمود که: (1) - طوری طراحی شده اند یا تقویت و ساپورت گذاری آنها به گونه ای است که نمی توان با اطمینان و ایمنی آن را از آب پر کرد.

(2) - به آسانی خشک نمی شوند یعنی این مخازن باید در سرویس هایی بکار برده شوند که ذرات بقایای مایع تست برای آن سرویس قابل قبول نباشند و بخشهایی از آنها قبلاً با فشاری که در UG-99 آورده شده است تست هیدرواستاتیک شده اند.

(b) - به استثناء مخازن لعاب دار (Enameled) که فشار تست نیوماتیک آنها حداقل برابر با حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) است که باید بر روی بدنه آن درج شود (ولی از آن تجاوز ننماید). فشار تست نیوماتیک برای متریکال های تحت فشار (Pressure-boundary) که مخزن از آنها ساخته می شود باید حداقل 1.1 برابر حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) ضربدر کمترین نسبت تنش (LSR) باشد. نسبت تنش برای هر متریکال تحت فشار در واقع مقدار تنش (S) در درجه حرارت تست به مقدار تنش (S) در درجه حرارت طراحی است (به UG-21 نگاه کنید). تحت هیچ شرایطی فشار تست نیوماتیک نباید از 1.1 فشار محاسبه شده تستی که در ضمیمه 2-3 تعریف شده است، تجاوز کند. **یادداشت ۳۵** هنگامی که مقدار حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) محاسبه نشده باشد ممکن است حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) برابر فشار طراحی (Design Pressure) تعیین و فرض شود.

یادداشت ۳۶ در برخی موارد لازم است مخزنی که فقط بخشی از آن از مایع پر شده است را تست نمود. برای چنین مخزنی، ترکیبی از تست نیوماتیک و هیدرواستاتیک را می توان به عنوان جایگزین برای تست نیوماتیک مشروحه در این پاراگراف بکار برد مشروط بر آنکه سطح مایع تا ارتفاعی از مخزن باشد که حداکثر تنش از جمله تنش ایجاد شده بوسیله فشار گاز یا هوا (نیوماتیک) در هر نقطه از مخزن (معمولاً نزدیک به بدنه مخزن) یا در محل اتصال ساپورت ها از 1.3 برابر مقدار تنش مجاز متریکال ضرب در ضریب اتصال (Joint Efficiency) تجاوز ننماید. بعد از اینکه سطح مایع به ارتفاعی که این شرایط را بر آورده می نماید برسد، تست آنطور که قبلاً در (b) یا (c) در بالا شرح داده شده است انجام می شود. هوا یا گاز وقتی به عنوان سیال تست بکار برده می شوند خطرناک هستند. بنابراین توصیه می شود وقتی از هوا یا گاز به منظور تست استفاده می گردد تمهیدات احتیاطی خاص پیش بینی گردد.

***- پاراگراف UG-100 (c)

UG-100 PNEUMATIC TEST³⁶ (SEE UW-50) (19)

(c) The metal temperature during pneumatic test shall be maintained at least 30°F (17°C) above the minimum design metal temperature to minimize the risk of brittle fracture. [See UG-20 and Figure UCS-66.2, Note (6).]

تصویر ۷۲۰: دمای فلز در زمان تست هوا ASME Sec. VIII Div.1-2019-UG-100 (c)

(c) - درجه حرارت فلز در خلال تست نیوماتیک باید حداقل 30°F (17°C) بالا تر از حداقل درجه حرارت طراحی فلز باشد تا خطر شکست ترد را به حداقل برساند. (به UG-20 و یادداشت کلی (6) تصویر Fig. UCS-66.2 نگاه کنید).

UG-100 PNEUMATIC TEST³⁶ (SEE UW-50)

(d) The pressure in the vessel shall be gradually increased to not more than one-half of the test pressure. Thereafter, the test pressure shall be increased in steps of approximately one-tenth of the test pressure until the required test pressure has been reached. Then the pressure shall be reduced to a value equal to the test pressure divided by 1.1 and held for a sufficient time to permit inspection of the vessel. Any leaks that are present, except for leakage that might occur at temporary test closures for those openings intended for welded connections, shall

be corrected, and the vessel shall be retested.

The visual inspection of the vessel at the required test pressure divided by 1.1 may be waived, provided:

- (1) a suitable gas leak test is applied;
- (2) substitution of the gas leak test is by agreement reached between Manufacturer and Inspector;
- (3) all welded seams that will be hidden by assembly are given a visual examination for workmanship prior to assembly;
- (4) the vessel will not contain a "lethal" substance.

تصویر ۷۲۱: دمای فلز در زمان تست هوا ASME Sec. VIII Div.1-2019-UG-100 (d)

UG-100 (d) – فشار در مخزن باید تا اندازه ای که بیشتر از نصف فشار تست نباشد به تدریج افزایش یابد و پس از آن فشار باید طی مراحل و به اندازه تقریبی $(1/10)$ فشار تست افزایش یابد تا به مقدار نهایی فشار تست برسد سپس فشار باید تا مقداری که معادل فشار تقسیم بر 1.1 می باشد کاهش یابد و در این فشار در مدت زمان کافی نگه داشته شود تا بازرسی از مخزن انجام شود. در هنگام بازرسی چشمی هیچ گونه نشتی مجاز نمی باشد، باستثناء نشتی هایی که ممکن است در محل هایی رخ بدهند که آن محلها بطور موقتی نازلها را مسدود می کنند و در آینده بایستی بوسیله جوشکاری به سیستمی متصل گردند. نشتی درزهای موقتی باید به گونه ای کنترل گردند که با سایر اتصالات تماس نداشته باشند. از بازرسی چشمی مخزن در فشاری که برابر با فشار تست تقسیم بر 1.1 می باشد می توان چشم پوشی نمود مشروط بر:

- (1) از گاز مناسبی برای تست نشتی استفاده گردد.

(2) جایگزینی گاز تست نشتی با موافقت بین سازنده و بازرس باشد.

(3) تمام درزهای جوشکاری شده که پس از مونتاژ از دید مخفی می مانند بایستی قبل از مونتاژ مورد بازرسی چشمی قرار گیرند.

(4) مخزن محتوی مواد سمی نباشد.

UG-100 PNEUMATIC TEST³⁶ (SEE UW-50)

(e) *Painting and Coating*

(1) Unless permitted by the user or his designated agent, pressure-retaining welds of vessels shall not be painted or otherwise coated either internally or externally prior to the pneumatic pressure test.

(2) When painting or coating prior to the pneumatic test is permitted, or when internal nonmetallic linings are to be applied, the pressure-retaining welds shall first be leak tested in accordance with Section V, Article 10. Such

a test may be waived with the approval of the user or his designated agent.

(3) Vessels for lethal service [see UW-2(a)]

(-a) shall not be painted or coated either internally or externally prior to the pneumatic pressure test

(-b) shall not be internally lined by mechanical or welded attachments prior to the pneumatic pressure test unless the requirements of UCL-51 are followed

تصویر ۷۲۲: وضعیت رنگ و عایق قبل از تست ASME Sec. VIII Div.1-2019-UG-100 (e)

پاراگراف UG-100 (e) – رنگ آمیزی و پوشش دادن

(1) قبل از آزمایش فشار پنوماتیک، جوش های نگهدارنده فشار نباید به صورت داخلی یا خارجی رنگ آمیزی و یا پوشش داده شوند، مگر اینکه توسط کاربر یا عامل تعیین شده وی مجاز باشد.

(2) هنگامی که رنگ آمیزی یا پوشش قبل از آزمایش پنوماتیک مجاز است، یا هنگامی که باید از پوشش های غیر فلزی داخلی استفاده شود، ابتدا باید جوش های نگهدارنده فشار مطابق با Section V, Article 10 آزمایش شوند، بنابراین ممکن است با تأیید کارفرما یا نماینده تعیین شده وی از این آزمون صرف نظر شود.

(3) مخازن مربوط به سرویس های کشنده [see UW-2(a)]

- (-a) قبل از انجام هیدرواستاتیک تست نبایستی رنگ آمیزی شوند یا از داخل یا از بیرون پوشش داده شوند.
- (-b) قبل از آزمایش فشار هیدرواستاتیک نباید توسط اتصالات مکانیکی یا جوش سطح داخلی پوشانده شود ، مگر اینکه الزامات UCL-51 رعایت شود.

☀ - خطرات تست هوا (Pneumatic test) براساس استاندارد ASME PCC-2-2018

■ - حداکثر انرژی ذخیره شده مجاز

***- پاراگراف (e) 6.2

501-6.2 Pneumatic Pressure Test of Pressure Vessels or Piping (18)

(e) The maximum calculated stored energy of any vessel or piping system being pneumatically pressure tested should not be greater than 271 000 000 J (200,000,000 ft-lb). When calculating the stored energy for a vessel, the total volume shall be considered. When calculating the stored energy of a piping system, a maximum volume based on a length of 8 pipe diameters may be considered for any single failure analyzed.

(f) If the calculated stored energy is greater than 271 000 000 J (200,000,000 ft-lb), then one of the following shall occur:

(1) The system shall be divided into smaller volumes such that each subsystem has a stored energy not greater than 271 000 000 J (200,000,000 ft-lb).

(2) A minimum distance shall be calculated per Mandatory Appendix 501-III, eq. (III-1), and this distance shall be adhered to.

(3) A barricade per (h) shall be installed.

تصویر ۷۲۳ : حداکثر انرژی ذخیره شده مجاز در استاندارد ASME PCC-2-2018-Para. 6.2 (e)

- *- پاراگراف (e) 6.2: حداکثر انرژی نهفته (انرژی ذخیره شده) محاسبه شده برای مخازن یا سیستم لوله کشی که تست هوا (Pneumatic test) می شوند نبایستی بیشتر از 271 میلیون ژول باشد. اگر انرژی نهفته (انرژی ذخیره شده) محاسبه شده بیشتر از 271 میلیون ژول باشد بایستی یکی از شرایط زیر انجام گردد:
- (1) سیستم بایستی به سیستم های کوچکتر تقسیم شود بطوریکه انرژی نهفته سیستم های کوچکتر بیشتر از 271 میلیون ژول نباشد.

(2) حداقل فاصله بایستی مطابق با ضمیمه الزامی III ، بر اساس معادله (III-1) محاسبه شود و این فاصله بایستی بطور مناسب رعایت شده باشد.

(3) یک سنگر موقتی (مانع) بایستی مطابق پاراگراف 6.2(g) نصب شود

Mandatory Appendix 501-II

Stored Energy Calculations for Pneumatic Pressure Test

(18)

501-II-1 GENERAL

The stored energy of the equipment or piping system should be calculated and converted to equivalent kilograms (pounds) of TNT (Trinitrotoluene) using the following equations:

$$E = [1/(k - 1)] \times P_{at} \times V \left[1 - (P_a/P_{at})^{(k-1)/k} \right] \quad (\text{II-1})$$

where

E = stored energy, J (ft-lb)

k = ratio of specific heat for the test fluid

P_a = absolute atmospheric pressure, 101 kPa (14.7 psia)

P_{at} = absolute test pressure, Pa (psia)

V = total volume under test pressure, m³ (ft³)

When using air or nitrogen as the test medium ($k = 1.4$), this equation becomes

$$E = 2.5 \times P_{at} \times V \left[1 - (P_a/P_{at})^{0.286} \right] \quad (\text{II-2})$$

and

$$\text{TNT} = \frac{E}{4\,266\,920} (\text{kg}) \quad (\text{II-3})$$

where

***- بخش 5.1 ضمیمه اجباری II (محاسبه انرژی ذخیره شده برای فشار تست نیوماتیک)

انرژی نهفته (ذخیره شده) تجهیزات یا سیستم لوله کشی بایستی محاسبه شوند و با استفاده از معادلات زیر به معادل کیلو گرم TNT تبدیل گردند. (یعنی در واقع معادل انفجار TNT بدست می آید)
 * - با استفاده از فرمول (II-2) مقدار انرژی ذخیره شده را در یک مخزن یا یک خط لوله که قرار است تست نیوماتیک بر روی آنها اجرا شود، محاسبه می کنیم.
 مثال: محاسبه مقدار انرژی ذخیره شده با استفاده از فرمول (II-1)

$$E = 2.5 \times P_{at} \times V [1 (P_a/P_{at})^{0.286}]$$

Where:

E = stored energy in kJ

P_a = absolute atmospheric pressure, 100 kPa

P_{at} = absolute test pressure in kPa

V = total volume under test pressure in m³

Size of Pipeline = 32 in.

OD = 812.8 mm

Thickness = 28.8 mm

ID = 755.2 mm → 0.7552 M

R = 0.3776 M

Length ~ 300 m

V = A × L → (R × R × π) × L → 0.4479 × 300 = 134 m³

V = 134 m³

DP = (Design Pressure) = 139 bar

TP = (Test Pressure) = 139 × 1.1 = 153 bar

P_a = 101 kPa

P_{at} = 153 bar → (1 bar = 101 kPa) → 153 × 100 = 15300 kPa

$$E = 2.5 \times P_{at} \times V [1 (P_a/P_{at})^{0.286}]$$

$$E = 2.5 \times 15300 \times 134 \times 0.762$$

$$E = 3905631 \text{ kJ} \rightarrow 3905631000 \text{ J} \rightarrow > \text{Max. } 271\,000\,000 \text{ J}$$

*** براساس فرمول (II-2) مقدار انرژی ذخیره شدهی این خط 32 in. با توجه به طول آن که 300 m بود از مقدار مجاز بسیار بیشتر است.
 $E = 3905631 \text{ kJ} \rightarrow 3\,905\,631\,000 \text{ J} \rightarrow \text{Max. } 271\,000\,000 \text{ J}$

* - بنابراین با توجه به نتیجه معادلهی محاسبه شده، ریسک تست هوای این خط 32 in. بالا است. حال بایستی آزاد شدن این انرژی را که معادل انفجار مقداری TNT است محاسبه شود یا به تعبیری معادل انفجار TNT آنرا محاسبه نمود.
 بنابراین با استفاده از فرمول (II-3) داریم:

$$\text{TNT} = \frac{E}{4\,266\,920} \text{ (kg)} \quad (\text{II-3})$$

$$\text{TNT} = \frac{3,905,631,000 \text{ J}}{4,266,920} \longrightarrow 915 \text{ Kg}$$

*- نتیجه محاسبه نشان می دهد چنانچه در خلال تست هوا در خط 32 in. به طول 300 m درخط جوش یا در بدنه آن نشستی وجود داشته باشد، انفجاری رخ می دهد که معادل انفجار 915 Kg مواد منفجره یعنی همان TNT می باشد. برای اینکه عمق فاجعه‌ی چنین رخدادی بیشتر مشخص شود به عکسهایی که از انفجار یک خط لوله 36 in. در حین انجام تست هوا (نیوماتیک تست) در یک پالایشگاه در کشور چین رخ داده، توجه نمایید:



تصویر ۷۲۴: خرابی های ناشی از انفجار تست هوا در لوله های روزمینی



تصویر ۷۲۵: خسارات وارده به تاسیسات یک پالایشگاه در چین در حین انفجار خط 36 in. در حین تست نیوماتیک

- ***- توجه: در چنین تستهایی (تست هوا یا نیوماتیک تست) حتماً می بایست فاصله ایمنی رعایت شود که این فاصله با توجه به مقدار TNT محاسبه شده تعیین می شود.
- برای بدست آوردن فاصله ایمنی به Article 501, Mandatory Appendix III که مربوط به محاسبه فاصله ایمنی برای تست نیوماتیک است، مراجعه کنید.

Mandatory Appendix 501-III Safe Distance Calculations for Pneumatic Pressure Test

501-III-1 BLAST WAVE DISTANCE

The minimum distance between all personnel and the equipment being tested shall be the greater of

(a) the following:

- (1) $R = 30 \text{ m}$ for $E \leq 135\,500\,000 \text{ J}$
- (2) $R = 60 \text{ m}$ for $135\,500\,000 \text{ J} < E \leq 271\,000\,000 \text{ J}$
- (3) $R = 100 \text{ ft}$ for $E < 100,000,000 \text{ ft-lb}$
- (4) $R = 200 \text{ ft}$ for $100,000,000 < E \leq 200,000,000 \text{ ft-lb}$

(b) the following equation:

$$R = R_{\text{scaled}}(2\text{TNT})^{1/3} \quad (\text{III-1})$$

where

E = stored energy as calculated by Mandatory Appendix 501-II, eq. (II-1) or eq. (II-2)

R = actual distance from equipment

R_{scaled} = scaled consequence factor; value for eq. (III-1) shall be $20 \text{ m/kg}^{1/3}$ ($50 \text{ ft/lb}^{1/3}$) or greater

TNT = energy measured in TNT, kg (lb), determined from Mandatory Appendix 501-II, eq. (II-3) or eq. (II-5)

For systems where $E > 271\,000\,000 \text{ J}$ ($200,000,000 \text{ ft-lb}$), the required distance shall be calculated by eq. (III-1).

If the minimum calculated distance cannot be obtained, an alternative value for R_{scaled} may be chosen based on Table 501-III-1-1 for use in eq. (III-1). See also para. 501-6.2(g).

For example, to prevent lung damage, the distance a person is from the equipment should result in an R_{scaled} value of more than $6 \text{ m/kg}^{1/3}$ ($15 \text{ ft/lb}^{1/3}$). Note the structural damage that can occur, which shall be considered.

501-III-2 FRAGMENT THROW DISTANCE

(a) When fragments of vessel or piping are at risk of being created and impacting personnel, the minimum distance between all persons and the equipment being tested shall be as shown in Table 501-III-2-1.

(b) If the distances in Table 501-III-2-1 are not achievable, the distance may be evaluated using methods available in the public domain.

Table 501-III-1-1 Alternative Values for R_{scaled}

R_{scaled} , $\text{m/kg}^{1/3}$	R_{scaled} , $\text{ft/lb}^{1/3}$	Biological Effect	Structural Failure
20	50	...	Glass windows
12	30	Eardrum rupture	Concrete block panels
6	15	Lung damage	Brick walls
2	5	Fatal	...

تصویر ۷۲۶: فرمول محاسبه فاصله ایمنی در تست نیوماتیک ASME PCC-2-2018

***- پاراگراف III-1- فاصله منطقه‌ی پرفشار (منطقه مستعد انفجار)

حداقل فاصله میان پرسنل و تجهیزاتی که تحت تست نیوماتیک قرار گرفته اند بایستی بیشتر از :

(a) - به شرح ذیل:

(1) - مقدار R برابر است با ۳۰ متر برای $E \leq 135\,500\,000 \text{ J}$

(2) - مقدار R برابر است با ۶۰ متر برای $135\,500\,000 \text{ J} < E \leq 271\,000\,000 \text{ J}$

(3) - مقدار R برابر است با ۱۰۰ فوت برای $E < 100,000,000 \text{ ft-lb}$

(4) - مقدار R برابر است با ۲۰۰ فوت برای $100,000,000 < E \leq 200,000,000 \text{ ft-lb}$

(b) - به شرح معادله زیر:

$$R = R_{\text{scaled}} (2\text{TNT})^{1/3} \quad (\text{III-1})$$

*- توجه: مقدارهای فرمول فوق را در تصویر فوق می توان دید.

برای سیستم هایی که انرژی نهفته آنها بیشتر از ۲۷۱ میلیون ژول می باشد فاصله الزامی بایستی بوسیله‌ی معادله (III-1) محاسبه گردد. چنانچه حداقل فاصله محاسبه شده را نمی توان بدست آورد ممکن است یک مقدار و اندازه جایگزین برای R_{scaled} انتخاب کرد.

براساس Table III-1 برای استفاده در معادله (III-1) همچنین پاراگراف 6.2(g) از این فصل را ببینید. برای مثال، برای جلوگیری از صدمه ناگهانی، برای فاصله میان یک شخص با تجهیزات بایستی یک R_{scaled} بیشتر از $6 \text{ m/kg}^{1/3}$ را بدست آورد. توجه شود که صدمات سازه ای که می توانند ایجاد گردند، بایستی مد نظر قرار گیرند.

***- پاراگراف III-2- فاصله نسبت به قطعات خرد شده و پرتاب شده

(a) - چنانچه ریسک خرد شدن و پرتاب شدن مخازن یا قطعات لوله کشی و برخورد آنها با پرسنل وجود دارد حداقل فاصله میان کلیه پرسنل و تجهیزاتی که تحت تست نیوماتیک قرار گرفته اند بایستی مطابق با آنچه که در جدول III-2 نشان داده شده است، باشد.

(b) - چنانچه فاصله های مندرج در جدول III-2 قابل وصول نباشند ممکن است فاصله را با استفاده از روشهای موجود در منابع عمومی مربوطه، ارزیابی نمود.

Table III-2 Minimum Distances for Fragment Throw Considerations

TNT Equivalent (kg)	Minimum Distance (m)	TNT Equivalent (lb)	Minimum Distance (ft)
0 to 3	50	0 to 5	140
3 to 5	60	5 to 10	180
5 to 10	70	10 to 20	220
10 to 15	80	20 to 30	250
15 to 20	90	30 to 40	280
20 to 25	95	40 to 50	300
25 to 35	105	50 to 75	340
35 to 50	120	75 to 100	380
50 to 65	130	100 to 125	400
65 to 80	140	125 to 150	430
80 to 100	150	150 to 200	470
100 to 120	160	200 to 250	510
120 to 150	170	250 to 300	540
150 to 200	190	300 to 400	590
200 to 250	205	400 to 500	640
250 to 300	215	500 to 600	680
300 to 350	225	600 to 700	710
350 to 400	240	700 to 800	750
400 to 450	245	800 to 900	780
450 to 500	255	900 to 1,000	800
500 to 600	270	1,000 to 1,200	850
600 to 700	285	1,200 to 1,400	940
700 to 800	300	1,400 to 1,800	980
800 to 900	310	1,800 to 2,000	1,010
900 to 1 100	330	2,000 to 2,500	1,090
1 100 to 1 300	350	2,500 to 3,000	1,160
1 300 to 1 500	365	3,000 to 4,000	1,270
1 500 to 1 900	395	4,000 to 5,000	1,370
1 900 to 2 300	420	5,000 to 6,000	1,460
2 300 to 2 800	450	6,000 to 7,000	1,540
2 800 to 3 300	475	7,000 to 8,000	1,600
3 300 to 3 800	500	8,000 to 9,000	1,670
3 800 to 4 400	525	9,000 to 10,000	1,730
4 400 to 5 000	530	10,000 to 12,000	1,750
5 000 to 5 500	535	12,000 to 14,000	1,770
5 500 to 6 500	545	14,000 to 16,000	1,800
6 500 to 7 500	570	16,000 to 18,000	1,880
7 500 to 8 500	590	18,000 to 20,000	1,950
8 500 to 10 000	605	20,000 to 25,000	2,000

GENERAL NOTE: Based on American Table of Distances for Storage of Explosives, published by the Institute of Makers of Explosives. Lengths are for inhabited buildings, unbarricaded.

تصویر ۷۲۷: فاصله ایمنی در تست نیوماتیک براساس وزن مواد معادل (TNT) ASME PCC-2-2018

☀ - هیدروتست در خطوط لوله های انتقال API-RP-1110

(Pressure Testing of Liquid Petroleum Pipelines)

این موضوع مربوط به تست هیدرواستاتیک خطوط لوله های انتقال نفت و گاز در خشکی و دریا می باشد و بایستی بسیار حساس و دقیق انجام شود زیرا در زمان اجرای تست بدلیل اینکه خطوط بصورت زیر زمینی (Underground) یا زیر دریایی (Underwater) کار می شوند و جوشهای محیطی با عایق پوشانده می شوند و عملاً خط در زیر زمین یا دریا دفن می شود امکان بازرسی به روش چشمی وجود ندارد، بنابراین این تست از ویژگیهای خاصی برخوردار است و مراحل تست آن توسط آقای مهندس هادی کلوشانی به شرح زیر توضیح داده شده است که از توضیحات ایشان تشکر و قدردانی می کنم.

آزمون هیدرواستاتیک خطوط لوله دریایی و خشکی: پارامترها و تجربیات میدانی

چکیده

مشخصات فنی پروژه های احداث خطوط لوله دریایی و خشکی با توجه به پیچیدگی اجرا، حساسیت کاری و ریسک بالا بهره برداری ایمن و پیوسته از آن، همواره از معیارهای پذیرش سخت گیرانه ای تبعیت کرده است. با این حال تقریباً تمامی قانون گذاران، پیمانکاران، ناظران و بازرسان پروژه های خط لوله بر این نکته به توافقی نانوشته رسیده اند که علی رغم تمهیدات بکار گرفته شده حین احداث خطوط لوله، کسب اطمینان نهایی از سلامت آن در گرو آزمون هیدرواستاتیک است. پرداختن به این موضوع و بررسی پارامترهای مؤثر مرتبط با آزمون هیدرواستاتیک خطوط لوله دریایی و خشکی به همراه تجربیات میدانی نویسنده در مقاله مد نظر قرار گرفته است. همچنین تلاش شده است از روابط ترمودینامیکی و مکانیکی در بررسی و ارزیابی رفتار آب درون یک خط لوله ای تحت تست استفاده شود.

واژه های کلیدی: خطوط لوله، آزمون هیدرواستاتیک، هوای محبوس، خواص ترمودینامیکی آب، تاثیرات دمایی.

مقدمه:

آزمون هیدرواستاتیک کاربرد وسیعی در صنایع نفت و گاز دارد. از این آزمون در لوله کشی پالایشگاه ها، خطوط لوله دریایی و زمینی، مخازن ذخیره ای و ... استفاده می شود. این آزمون نوعی تضمین را قبل از بهره برداری نهایی برای بازرسی در بر دارد. آزمون هیدرواستاتیک در خطوط لوله با توجه به زیاد بودن طول خط و همچنین مقدار زیاد آب استفاده شده جهت تست و مهمتر از همه امکان پذیر نبودن آزمون چشمی جهت بررسی خط و پیدا نمودن محل های نشتی در بسیاری از موارد پیچیدگی هایی را در زمان آزمون در بر دارد. در این مقاله آزمون هیدرواستاتیک خطوط دریایی و متغیرهای اثر گذار در آن بیشتر مورد توجه قرار گرفته شده و با استفاده از روابط ترمودینامیکی، رفتار آب در دما و فشار آزمون مورد ارزیابی قرار می گیرد.

■ - کلیات آزمون هیدرواستاتیک خط لوله

آیین نامه های مورد استفاده در آزمون هیدرواستاتیک خطوط لوله عبارتند از: (ASME B31.4-2019) خطوط لوله ای انتقال مایعات مثل نفت (ASME B31.8-2018) خطوط لوله ای انتقال سیالات گازی، در این آیین نامه ها ملزومات مربوط به تست، فشار تست و نحوه ی محاسبه ی آن آمده است. همچنین (API RP 1110) مربوط است به

هیدروتست خطوط لوله های نفت که اطلاعات و پیشنهادهای سودمندی را جهت انجام این تست بر روی خطوط لوله به بازرسین و پیمانکاران ارائه می دهد.

به طور خلاصه مقدمات آزمون هیدرواستاتیک شامل :

نصب تجهیزات، قسمت بندی نمودن خط جهت آزمون، تمیز کاری و پیگ رانی جهت اطلاع از سالم بودن خط در هنگام ساخت و پر نمودن خط با آب می باشد.

آماده سازی آزمون هیدرواستاتیک شامل :

اطمینان از ثابت شدن دما قبل از آزمون، آغاز فشار دهی به خط و محاسبه ی در صد هوای محبوس شده در خط لوله.

آزمون هیدرواستاتیک شامل :

نگهداری خط لوله تحت فشار تست به مدت معین (معمولاً ۲۴ ساعت) و انجام آزمون های استحکام و نشتی، بررسی داده ها و از فشار انداختن سیستم می باشد.

تجهیزات اندازه گیری مورد استفاده در آزمون هیدرواستاتیک خط لوله

عبارتند از:

دماسنج جهت اندازه گیری دمای بدنه ی خط لوله.

دماسنج جهت اندازه گیری دمای محیط.

دماسنج جهت اندازه گیری دمای آب بستر دریا / خاک با دقت (0.01) درجه سانتیگراد.

فشار سنج های معروف به (Deadweight Tester) نوعی فشار سنج هیدرولیکی دقیق با دقت بالا در حد (0.01) بار که جهت کالیبراسیون فشار سنجهای معمولی نیز به کار می روند.

بررسی پارامترهای مؤثر دما، فشار و حجم در آزمون هیدرواستاتیک خطوط لوله

خواص ترمودینامیکی آب

اگر حجم آب را تابعی از دمای آب و فشار آب در نظر بگیریم داریم:

$$V=V(T, P)$$

$$\Rightarrow dV = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T dP \quad (1)$$

مشتق های جزئی در این معادله معانی فیزیکی مشخصی را دارند و مربوط به دو خاصیت مهم در مایعات می شوند.

$$\beta \equiv \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \quad \text{ضریب انبساط پذیری حجمی} \quad (2)$$

$$\kappa \equiv \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T \quad \text{ضریب تراکم پذیری همدم} \quad (3)$$

ضریب انبساط حجمی و ضریب تراکم پذیری هم دما از خواص مایعات بوده و تابعی از فشار و دما می باشند. بدین معنا که در دما و فشار معین، هر مایع مقادیر مشخصی از (β) و (κ) را دارد.

با استفاده از این معادلات می توانیم رفتار آب استفاده شده در آزمون هیدرواستاتیک را در طول زمان تست بررسی نماییم و اظهار نظر دقیقی را از شرایط آزمون ارائه دهیم.

در هنگام بالا بردن فشار خط، مقدار آب اضافه شده به خط بوسیله یک کنتر به دقت اندازه گیری می شود با اضافه شدن به حجم آب درون خط لوله و با توجه به بسته بودن خط، فشار خط نیز بالا می رود. بدیهی است که هنگام تزریق آب به خط لوله، انرژی داخلی آب درون خط لوله افزایش می یابد ولی طبق محاسبات ترمودینامیکی انجام شده توسط نویسندگان، این میزان افزایش انرژی داخلی ناچیز بوده و تغییرات دمایی قابل ملاحظه ای را در بر ندارد. بنابراین این مرحله را می توان یک فرآیند در دمای ثابت در نظر گرفت. لذا طبق معادله (3) داریم.

$$\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = \kappa V$$

$$\therefore \frac{\Delta V}{\Delta P} = \kappa V \quad (4)$$

نمودار مربوط به این معادله نموداری خطی خواهد بود. در صورتیکه خط لوله را به عنوان یک جسم صلب در نظر نگرفته و اثرات انبساطی آنرا نیز محاسبه نماییم، آهنگ تغییرات حجمی خط لوله نسبت به افزایش فشار داخل آن با استفاده از روابط تعمیم یافته قانون هوک به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\frac{\Delta V}{\Delta P} = \left[\frac{D}{Et} (1 - \nu^2) \right] V \quad (5)$$

مجموع اثرات تراکم پذیری هم دمای آب و تغییرات حجمی خط لوله در اثر فشار تست را می توان به خوبی با فرمول زیر پیش بینی نمود.

$$\frac{\Delta V}{\Delta P} = \left[\frac{D}{Et} (1 - \nu^2) + \frac{1}{B} \right] V \quad (6)$$

در اینجا:

D - قطر خارجی لوله

E - مدول یانگ لوله

t - ضخامت لوله

ν - ضریب پواسون لوله

B - مدول حجمی آب

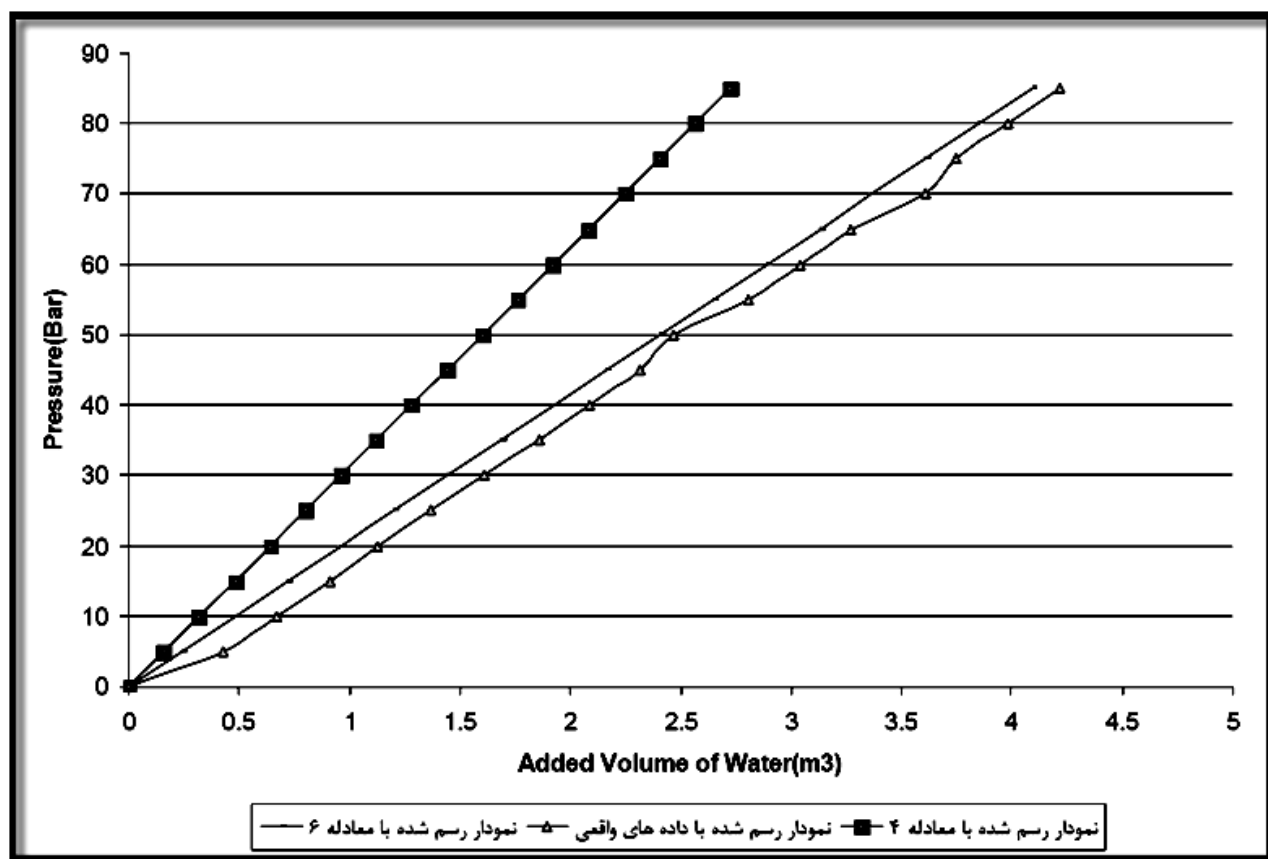
V - حجم خط لوله تست تست

لازم به ذکر است که مدول حجمی آب عکس ضریب تراکم پذیری هم دما می باشد. یعنی:

$$B = \frac{1}{\kappa} \quad (7)$$

در تصویر ۷۲۸ نمودارهای مربوط به تغییرات حجم - فشار یک خط لوله دریایی در منطقه خلیج فارس به طول (5342) متر و ضخامت دیواره (0.01052) متر و قطر خارجی (0.4572) متر در (24.6°C) درجه سانتیگراد (درجه حرارت بستر

دریا و دیواره ی خط لوله) که در فشار (176 bar) بار مورد تست هیدرواستاتیک قرار گرفته است با استفاده از معادلات (4) و (6) و همچنین به صورت داده های واقعی ترسیم شده است.



تصویر ۷۲۸: تغییرات فشار خط لوله با میزان حجم آب وارد شده به لوله

همانگونه که می توان دید با اضافه شدن آب به خط و با افزایش حجم آب در خط لوله میزان فشار خط نیز بالا می رود. واضح است که دقت معادله (6) در پیش بینی تغییرات **حجم - فشار** آب در خط لوله بیشتر از معادله (4) است. مقدار انحرافی که در نمودار واقعی نسبت به نمودار رسم شده با معادله (6) مشاهده می شود مربوط به هوای محبوس شده در خط لوله می باشد. در هنگام پر نمودن خط با آب ممکن است مقداری هوا درون لوله محبوس شود. محاسبه این مقدار هوا در خط لوله در ساعات اولیه آزمون از اهمیت بسزایی برخوردار است. با برون یابی نمودن نمودار واقعی با محور X ها میزان درصد هوای محبوس شده در خط لوله را می توان محاسبه نمود. هوای محبوس شده بیش از مقدار مجاز (0.2% حجم قسمتی از خط لوله که در حال تست است) هم از لحاظ ایمنی خطرناک است و هم اینکه با تغییرات درجه حرارت محیط اطراف خط لوله میزان انبساط و انقباض هوای محبوس بیش از آب داخل لوله است. تغییرات فشار ناشی از این انبساط و انقباض تاثیر بر روی فشار خط می گذارد و ممکن است بازرسین را به شک بیاندازد. محاسبه هوای محبوس شده در خط هنگامی صورت می گیرد که به فشار (50%) فشار تست رسیده باشیم. در این نمونه عملی مقدار تغییرات انرژی داخلی آب درون خط لوله از ابتدای فشار دهی تا رسیدن به فشار تست تنها در حدود 0.08 کیلوژول بر کیلوگرم محاسبه شده که تنها تغییر دمایی برابر (0.019) درجه سانتیگراد را می تواند در بر داشته باشد. بنابراین همانگونه که گفته شد مرحله فشار دهی خط لوله را یک فرآیند هم دما در نظر گرفتیم.

بررسی ترمودینامیکی تغییرات فشار و دمای آب در تست هیدرواستاتیک خطوط لوله

اطلاع از تغییرات فشار و دمای آب در طول زمان تست به خصوص در زمانی که خط زیر فشار به مدت (24) ساعت نگه داری می شود تا از عدم نشستی در خط اطلاع پیدا نماییم از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با توجه به اینکه بعد از رسیدن به فشار تست دیگر آب به درون خط لوله پمپ نمی شود و خط لوله به مدت (24) ساعت تحت فشار تست نگهداری می شود، می توانیم سیستم ترمودینامیکی خود را به صورت یک سیستم با حجم ثابت در نظر بگیریم. در اینصورت روابط ترمودینامیکی زیر را خواهیم داشت. با توجه به معادله (1) داریم:

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T dP$$

$$\therefore \frac{dV}{V} = \beta dT - \kappa dP$$

$$\beta dT - \kappa dP = 0 \quad (\text{حجم ثابت})$$

$$\therefore \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{\beta}{\kappa} \Rightarrow \frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{\beta}{\kappa} \quad (8)$$

در قسمت قبل گفتیم که توابع حالت (β) و (κ) وابسته به دما و فشار می باشند. با مراجعه به جدول های ترمودینامیکی می توانیم فشار و درجه حرارت های مشخص مقادیر مورد نظر را برای (β) و (κ) بدست بیاوریم. در آزمون هیدروتست خط لوله ذکر شده پس از (۲۴) ساعت دمای بستر دریا و بدنه لوله به (24.3) درجه سانتیگراد کاهش پیدا نمود. مقدار کاهش فشار طبق معادله (7) به صورت زیر بدست می آید.

$$\kappa(24.3^\circ C, 176 \text{ bar}) = 4.337e - 5 \text{ bar}^{-1}$$

$$\beta(24.3^\circ C, 176 \text{ bar}) = 309.26e - 6 \text{ } 1/^\circ C$$

$$\Delta P = \frac{\beta}{\kappa} \Delta T$$

$$\Delta P = 7.13 \Delta T$$

$$\Delta T = -0.3$$

$$\Delta P = -2.13 \text{ bar}$$

برآورد دقیق از میزان تغییرات فشار و دما در کل خط هنگامی حاصل می شود که اثرات انبساطی و انقباضی خط لوله نیز در نظر گرفته شود. ضریب انبساط پذیری حجمی خط لوله را می توان به صورت زیر بیان نمود.

$$\delta = \frac{\Delta V}{V \Delta T} = 2\alpha(1+\nu) \quad (9)$$

با در نظر گرفتن خط لوله و آب درون آن به عنوان یک سیستم، می توان ضریب انبساط پذیری حجمی این سیستم را به صورت زیر تعریف نمود.

$$\frac{\Delta V}{V\Delta T} = \beta - 2\alpha(1+\nu) \quad (10)$$

در نهایت آهنگ تغییرات فشار به دما برای این سیستم از تقسیم معادله (10) بر روی معادله (6) بدست می آید.

$$\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{\beta - 2(1+\nu)\alpha}{\frac{D}{Et}(1-\nu^2) + \frac{1}{B}} \quad (11)$$

در اینجا:

β = ضریب انبساط پذیری حجمی آب در دما و فشار آزمون

ν = ضریب پواسون

α = ضریب انبساط پذیری طولی لوله

D = قطر خارجی لوله

E = مدول یانگ

t = ضخامت لوله

B = مدول حجمی آب در فشار و دمای آزمون

اگر از رابطه (11) در محاسبه تغییرات فشار بر حسب دما استفاده کنیم تغییرات فشار به صورت زیر بدست می آید.

$$\Delta P = -1.34 \text{ bar}$$

مقدار فوق بسیار دقیقتر از وقتی است که ما اثرات انبساطی و انقباضی خط لوله را در نظر نگیریم. در عمل نیز مقدار $\Delta P = -1.31$ بدست آمد که بسیار نزدیک به مقدار پیش بینی شده توسط رابطه (11) می باشد. در صورتیکه مقدار افت فشار بیش از مقدار پیش بینی شده بوسیله رابطه (11) باشد می توان به صحت آزمون هیدرواستاتیک مشکوک بود. معمولاً در دستورالعمل های اجرایی مقدار (0.2%) فشار تست را جهت تلورانس در نظر می گیرند که این مقدار در مقایسه با میزان تغییرات فشار ناشی از تغییر دما به مراتب مقدار کمتری را دارا می باشد. در اینجا مقدار تلورانس تنها (0.35) بار می باشد که تقریباً یک چهارم تغییرات فشار ناشی از تغییر درجه حرارت آب به میزان تنها (0.3) درجه سانتیگراد بوده است.

نتیجه گیری

بررسی انجام شده در این مقاله نشان می دهد که در محیط دریایی خلیج فارس تنها تغییرات درجه حرارت در (24) ساعت معادل (0.3) درجه سانتیگراد در بستر دریا باعث افت فشار معادل (1.31) بار در طول خط لوله می شود که مقداری برابر (0.8%) فشار تست است. این در حالی است که در دستورالعمل های اجرایی آزمون هیدرواستاتیک خطوط لوله تنها میزان (0.2 %) تلورانس از فشار تست مجاز شمرده می شود.

بنابراین با توجه به حساسیت آزمون هیدرواستاتیک خطوط لوله، دقت در اندازه گیری های مربوط به فشار و دمای خط لوله در هنگام تست و همچنین دمای محیط تست از اهمیت زیادی برخوردار است.

همچنین محاسبه دقیق هوای محبوس شده در خط لوله به هنگام آزمون هیدرواستاتیک نه تنها ایمنی کار را تضمین می نماید بلکه از خطاهای ناشی از انبساط و انقباض های هوای محبوس شده در خط لوله که تاثیر مستقیم بر فشار خط در طول تست دارد جلوگیری به عمل آورده و امکان تفسیر دقیقتری از شرایط خط لوله در حال تست را به همراه خواهد داشت.

برای روشن شدن بهتر مبحث هیدرواستاتیک تست ذکر شده در فوق لطفاً به یک مثال عملی انجام شده که در زیر آمده توجه فرمایید.

فشار تست مطابق پروسیجر: ۱۷۴/۲ بار

روز اول

- ۱- 1:30 PM: شروع فشار دهی خط با سرعت تقریبی 1Bar/min .
- ۲- 2:30 PM: رسیدن به (50%) فشار طراحی (۸۷ بار) و زمان دهی به مدت ۱ ساعت و محاسبه Air Entrapment به میزان 0.025% (ماکزیمم مجاز در پروسیجر 0.2% می باشد).
- ۳- 3:30 PM: Depressurizing تا رسیدن به فشار نزدیک به فشار استاتیک.
- ۴- 4:45 PM: فشار دهی مجدد با سرعت تقریبی 1Bar/min و رسیدن به فشار 178 Bar در ساعت 6:30 PM .
- ۵- فرصت دهی جهت Stabilization به مدت 3:45 ساعت.
- ۶- Stabilize شدن در فشار 176.02 Bar در دمای (24.6 °C) Sea Bed در ساعت 10:15 PM .
- ۷- $P_1=176.02 \text{ Bar}$
 $T_1=24.6 \text{ °C}$

روز دوم

- ۸- 10:15 PM: دما و فشار ثبت شده در این زمان به صورت ذیل می باشد:
- $P_2=174.69 \text{ Bar}$
 $T_2=24.3 \text{ °C}$

مطابق محاسبات زیر نتایج مربوط به هیدروتست طبق پروسیجر ارائه شده رضایت بخش می باشد و تست تأیید است.
Temperature Calculation: (In accordance with procedure).

For restrained test section

$$\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{\beta - 2(1 + \nu)\alpha}{\frac{D}{Et}(1 - \nu^2) + \frac{1}{B}}$$

Where	Δp	=	incremental pressure	bar
	ΔT	=	incremental temperature	°C
	D	=	pipeline outside diameter	m
			D = 0.4572 m	
	E	=	Young's elastic modulus of steel	bar
			(for carbon steel, E = 2.07 x 10 ⁶ bar)	
	t	=	nominal pipe wall thickness	m
			t = 0.01050 m	
	ν	=	Poisson ratio (for steel, $\nu = 0.3$)	bar
	B	=	bulk modulus of water	bar
			at P ₂ & T ₂ B = 23055.55 bar	
	β	=	volumetric expansion coefficient of water	°C ⁻¹
			(for water at P ₂ & T ₂ $\alpha = 309.259 \times 10^{-6}$ °C ⁻¹)	
	α	=	coefficient of linear expansion of steel	°C ⁻¹
			(for carbon steel, $\alpha = 1.17 \times 10^{-5}$ °C ⁻¹)	

$$\Delta P = -1.3380 \text{ Bar}$$

$$\Delta T = -0.3 \text{ °C}$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta T} = 4.460155$$

$$P_2 = 176.02 - 1.3380 \rightarrow P_2 \text{ (Theoretically)} = 174.682$$

$$|P_{th} - P_{ac}| = |174.682 - 174.69| = 0.008$$

$$\text{On the other hand } 176.02 \times \frac{0.2}{100} = 0.35 \text{ bar}$$

$$|P_{th} - P_{ac}| = 0.008 < 0.35 \text{ bar}$$

Test is OK

از فشار انداختن خط از ساعت 11:20 شب شروع و در ساعت 01:30 بامداد به اتمام رسید. با سرعت نسبی کمتر از ۲ بار در دقیقه.

مثال عملی شماره ۲

بعد از ظهر فروردین ماه در منطقه خرمشهر، یک خط لوله کربن استیل با پوشش سیاه رنگ پلی اتیلن به قطر ۴ اینچ و به طول ۷۰ متر در دمای ۳۴ درجه سانتیگراد تحت فشار ۳۲۲ بار مورد تست هیدرواستاتیک قرار می گیرد. مدت زمان نگهداری خط لوله تحت این فشار ۶ ساعت بود. در حین انجام تست با توجه به شرایط منطقه در فروردین ماه، دمای محیط به شدت افت پیدا نموده به صورتی که دمای سطح لوله و آب درون آن از ۳۴ درجه سانتیگراد به ۲۳ درجه سانتیگراد کاهش پیدا می کند که این کاهش دما منجر به افت فشار خط لوله به میزان ۶۳/۵ بار می شود. با توجه به اینکه خط لوله در زمان تست قابل رویت بوده و هیچ گونه نشستی در محل اتصالات جوشی و فلنجی آن مشاهده نشده است دلیلی به جز کاهش دما باعث افت فشار خط نمی باشد.

اما این سوال به ذهن می رسد که آیا کاهش دمای سطح لوله و آب درون آن به میزان ۱۱ درجه سانتیگراد در این خط می تواند افت فشاری به میزان ۶۳/۵ بار بوجود آورد؟

برای پاسخ به این سوال بایستی با توجه به شرایط آب درون خط لوله و جنس خط لوله (کربن استیل) مطابق با فرمول ارائه شده در زیرکه منحصراً برای قسمتهایی از خطوط لوله که به صورت Above ground / water تست می شوند و هنوز دفن نشده و با Anchor مهار نشده اند به محاسبه این تغییرات پرداخت:

For unrestrained test section

$$\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{\beta - 3(1 + \nu)\alpha}{\frac{D}{Et}(1 - \nu^2) + \frac{1}{B}}$$

Where

ΔP = Incremental pressure	bar	?
ΔT = Incremental Temperature	°C	-11
D = Pipeline Outside Diameter	mm	101.6
E = Young's Elastic Modulus of Steel (For Carbon Steel)	bar	2.07×10^6
t = Nominal Pipe Wall Thickness	mm	7.1
ν = Poisson Ratio (For Steel)	bar	0.3
B = Bulk modulus of Water at P_2 and T_2	bar	25117
β = Volumetric Expansion Coefficient of Water at P_2 and T_2	°C ⁻¹	310×10^{-6}
α = Coefficient of Linear Expansion of steel (For Carbon Steel)	°C ⁻¹	1.17×10^{-5}

با جای گذاری مقادیر عددی بالا در فرمول داریم:

$$\frac{\Delta P}{\Delta T} = 5.734$$

$$\Delta P = -63.1 \text{ bar}$$

$$\Delta T = -11^\circ\text{C}$$

$$\text{Tolerance: } 322 \times 0.2\% = 0.6 \text{ bar} \longrightarrow 0.6 > |63.5 - 63.1| \quad \blacksquare \quad \text{Test is OK.}$$



تصویر ۷۲۹: دستگاه ثبت کننده دما و فشار آب هیدروتست



تصویر ۷۳۰: نمایی از لوله و تجهیزات اندازه گیری هیدروتست
(لوله ۴ اینچ با پوشش پلی اتیلن سیاه رنگ که بسیار حساس به دمای محیط است)



تصویر ۷۳۱: فشار سنج، فشار ۳۲۲ بار در شروع تست را نشان می دهد

مراجع

- 1: J.M.Smith., H.C. Van ness. M.M.Abbott., Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, Sixth edition.
- 2: Ferdinand P.Beer., E.Russel Johanston. JR., Mechanics of Materials.
- 3: ROYAL DUTCH/SHELL GROUP, Hydrostatic Pressure Testing of New Pipeline, June 1993.

☀ - تست سقف مخازن ذخیره ای

تست سقف مخازن ذخیره ای معمولاً همزمان با تست هیدرواستاتیک مخزن انجام می شود. بدین معنی وقتی آب تست مخزن تا بالاترین ارتفاع مورد نظر قرار گرفت قبل از تخلیه ای آب تست، سقف مخزن را بوسیله فشار هوا و با استفاده از محلول کف و صابون تست نشت یابی می کنند. اما چیزی که در تست هوای سقف مخزن مهم و قابل اهمیت است فشار تست هوا می باشد. در اینجا این سوال مطرح می شود که سقف مخزن ذخیره ای با چه فشاری تست شود؟ ابتدا این موضوع را در استاندارد های مربوط به ساخت و طراحی مخازن API-650 & API-620 بررسی می کنیم.

***- فشار لازم برای تست سقف مخزن ذخیره ای در استاندارد API-650-2020

7.3.8 Testing of the Roof

7.3.8.1 Upon completion, the roof of a tank designed to be gas-tight (except for roofs designed under 7.3.8.2, F.4.4, and E.7.5) shall be tested by one of the following methods.

- a) Applying internal air pressure not exceeding the weight of the roof plates and applying to the weld joints a bubble solution or other material suitable for the detection of leaks.
- b) Vacuum testing the weld joints in accordance with 8.6 to detect any leaks.

- **7.3.8.2** Upon completion, the roof of a tank not designed to be gas-tight, such as a tank with peripheral circulation vents or a tank with free or open vents, shall receive only visual examination of its weld joints, unless otherwise specified by the Purchaser.

تصویر ۷۳۲: تست سقف مخزن ذخیره ای در استاندارد API-650-2020

***- پاراگراف 7.3.8: آزمایش کردن سقف (تست نشت یابی)

***- پاراگراف 7.3.8.1: به محض کامل شدن، سقف تانک که برای ممانعت از خروج گاز طراحی شده است (به جزء سقف هایی که مطابق الزامات پاراگراف های 7.3.8.2, F.4.4 و E.7.5 طراحی شده اند) بایستی بوسیله یکی از روشهای زیر تست شوند:

(a) - بکار بردن فشار داخلی هوا که بیشتر از وزن ورقهای سقف نباشد و بکار بردن محلول حباب برای اتصالات جوشی یا دیگر مواد مناسب (مانند کف صابون یا کف مایع دستشویی) تا نشتی ها مشخص شوند.

(b) - بکار بردن تست خلاء اتصالات جوشی مطابق الزامات پاراگراف 8.6 برای مشخص نمودن هر گونه نشتی
پاراگراف 7.3.8.2: به محض کامل شدن، سقف تانک که برای ممانعت از خروج گاز طراحی نشده است همچون تانک با منفذهای محیطی (جانبی) (Peripheral Circulation Vents) یا تانک با منفذ باز و آزاد بایستی اتصالات جوشی آنها صرفاً بوسیله بازرسی چشمی انجام شود مگر اینکه روش دیگری بوسیله خریدار در مشخصات فنی مشخص شده باشد.

***- فشار لازم برای تست سقف مخزن ذخیره ای در استاندارد API-620-2018

7.18.4 Complete Hydrostatic Tests

7.18.4.2 Following the test preliminaries called for in 7.18.2, the pressure-vacuum relief valve or valves shall be blinded off; with the top of the tank vented to the atmosphere, the tank shall be filled with water to the top of the roof (see 7.18.7) while allowing all air to escape to prevent the accumulation of pressure. If the pressure-vacuum relief valve or valves are not available at the time of the test, the tank connections may be blinded off and the test procedure continued by agreement between the Purchaser and the Manufacturer. The vents used during water filling of the tank shall then be closed, and the pressure in the tank shall be increased slowly until the hydrostatic pressure under the topmost point in the roof is 1.25 times the pressure, P_g , which the vapor space is designed to withstand when in operation with the tank filled to its specified high liquid (capacity) level.

تصویر ۷۳۳: تست سقف مخزن ذخیره ای در استاندارد API-620-2018

*- پاراگراف 7.18.4: انجام دادن تست های هیدرواستاتیک

*- پاراگراف 7.18.4.1: تانکهایی که به منظور پر شدن با مایع تا انتهای سقف طراحی و ساخته اند، به جای دستورالعمل شرح داده شده در پاراگراف 7.18.4.3 بایستی مطابق با دستورالعمل شرح داده شده در پاراگراف 7.18.4.2 و 7.18.4.4 بطور کامل تست هیدرواستاتیک شوند.

*- پاراگراف 7.18.4.2: بدنال تستهای اولیه که در پاراگراف 7.18.4.2 ملزم شده است، شیر اطمینان تخلیه فشار یا شیر آلات بایستی بسته شوند در حالیکه ونتهای (منفذها) بالای تانک جهت تخلیهی هوا باز می باشند، تانک بایستی بوسیله آب تا انتهای سقف پر شود (پاراگراف 7.18.7 را ببینید) در چنین شرایطی هوا فرصت می یابد برای جلوگیری از تراکم فشار تخلیه گردد. اگر در زمان تست، شیر اطمینان تخلیه فشار یا شیرالات در دسترس نباشند اتصالات تانک ممکن است بسته شوند و دستورالعمل تست با توافق میان کارفرما و پیمانکار (خریدار و فروشنده) انجام شود. در خلال پر کردن تانک بوسیله آب و پس از هواگیری بایستی متناسب با شرایط آب گیری ونتها بسته شوند و فشار در تانک باید بطور آرام افزایش یابد تا جایی که فشار هیدرواستاتیک در زیر بالاترین نقطه سقف 1.25 برابر فشار طراحی P_g باشد که این فضای تبخیر (Vapor Space) برای مقاومت در زمانی که تانک در شرایط کاری با میزان بالایی از مایع پر می شود، طراحی شده است. پاراگراف 7.18.4.3: در این دستورالعمل، زمان تست باید حداقل یک ساعت نگهداشته شود. فشار هیدرواستاتیک در زیر بالاترین نقطهی سقف بایستی تا فشار طراحی P_g کاهش یابد که این شرایط برای فضای تبخیر طراحی شده است و باید برای مدت زمان کافی در این سطح از مایع نگه داشته شود تا بازرسی چشمی از همهی اتصالات دیوار تانک و همهی جوشهای اطراف نازل ها، منھول ها و دیگر اتصالات صورت گیرد.

پاراگراف 7.18.4.4: تانک در زمان تخلیه آب بایستی از هوا تخلیه گردد. میزان آب بایستی تا زیر ورودی شیر اطمینان فشار کاهش یابد و شیر اطمینان نیز باز شود. عملکرد شیر اطمینان بایستی بوسیله تزریق هوا در بالای تانک چک و کنترل شود تا اینکه فشار در فضای تبخیر معادل فشار طراحی P_g گردد. در این هنگام شیر اطمینان بایستی شروع به تخلیه هوا نماید.

بحث تست سقف مخزن را در کتاب Guide to Storage Tank and Equipment Part 1 بررسی می کنیم. در بخش سوم از این کتاب که مربوط به طراحی مخازن ذخیره ای در دمای محیط است، در پاراگراف 3.3.2.8 به تست سقف اینگونه مخازن می پردازد.

پاراگراف 3.3.2.8: فشار در فضای بخار سقف

طراحی فشار در فضایی که [بوسیلهی] بخار در سقف ایجاد می شود به حداکثر 56 mbar و حداکثر خلاء 6 mbar محدود شده است.

$$\text{Mbar} = \text{milibar} \rightarrow 1 \text{ mbar} = 0.0145 \text{ Psi}$$

در استاندارد BS 2654 مخازن (تانکها) به سه دسته تقسیم می شوند:

- تانکهای بدون فشار
- تانکهای فشار پایین
- تانکهای فشار بالا

*- تانکهای بدون فشار :

تانکهای بدون فشار برای کار در فشار اتمسفریک مناسب می باشند اما این تانکها برای فشارهای داخلی 7.5 mbar و خلاء داخلی 2.5 mbar طراحی شده اند. همچنین برای تانکهای با سقف ساپورت شده بوسیلهی ستون (سقف های ستون

دار) بایستی فشار 4 mbar در نظر گرفته شود. 4 mbar تقریباً معادل وزن ضخامت ۵ میلیمتر از ورقهای سقف می باشد و در این فشار ورقهای سقف شروع به بلند شدن از روی استرکچر سقف می کند.

※- تانکهای فشار پایین :

تانکهای فشار پایین برای فشار داخلی 20 mbar و خلاء داخلی 6 mbar طراحی شده اند.

※- تانکهای فشار بالا :

تانکهای فشار بالا برای فشار داخلی 56 mbar و خلاء داخلی 6 mbar طراحی شده اند.

3.3.2.8 Pressure in the roof vapour space

The design pressure in the vapour space is limited to a maximum of 56 mbar and a maximum vacuum of 6 mbar.

In the interests of standardisation BS 2654 classifies tanks into three categories:

- Non-pressure tanks
- Low-pressure tanks
- High-pressure tanks

Non-pressure tanks

Non-pressure tanks are suitable for working at atmospheric pressure, but are designed for an internal pressure of 7.5 mbar and an internal vacuum of 2.5 mbar. However for tanks with column supported roofs an internal pressure of 4 millibars shall be assumed. 4 mbar equates approximately to the weight of 5 mm thick roof sheets and at this pressure the roof plates will just start to lift off their supporting structure.

تصویر ۷۳۴: تست سقف مخزن ذخیره ای در Guide to storage tank and equipment part-1

Low-pressure tanks

Low-pressure tanks are designed for an internal pressure of 20 mbar and an internal vacuum of 6 mbar.

High-pressure tanks

High-pressure tanks are designed for an internal pressure of 56 mbar and an internal vacuum of 6 mbar.

Note: BS 2654 limits the internal working pressure to 56 mbar, but it is possible to design tanks for higher pressures by using the alternative Codes listed here:

تصویر ۷۳۵: تست سقف مخزن ذخیره ای در Guide to storage tank and equipment part-1

※- توجه : استاندارد BS 2654 تا فشار کاری داخلی 56 mbar محدود می باشد اما ممکن است با استفاده از گداهای جایگزینی که در زیر لیست شده اند برای فشارهای بالاتر، طراحی شوند.

API 650 Pressures up to 2½ lbs/in² G (172 mbar)
Appendix F

API 620 Pressures up to 15 lbs/in² G (1034 mbar)

As is the case for BS 2654, these Codes also only allow for a small internal vacuum to be present in the tank.

تصویر ۷۳۶: تست سقف مخزن ذخیره ای در Guide to storage tank and equipment part-1

این شرایط برای استاندارد BS 2654 نیز وجود دارد، این گداهای صرفاً برای مخازنی که دارای خلاء داخلی خفیف می باشند، مجاز است.

در استاندارد API-650-2020-Annex F

*- پاراگراف F.1.1 : حداکثر فشار داخلی برای مخازن سقف بسته ممکن است تا حداکثر فشار داخلی مجاز 18 kPa که معادل $2\frac{1}{2}$ psi (172 mbar) می باشد، افزایش یابد البته وقتی که الزامات اضافی این ضمیمه رعایت شده باشد.

*- پاراگراف F.1.3 : فشار داخلی که افزایش می یابد ترکیبی از وزن اسمی بدنه، ورقهای سقف، هرگونه اجزاء استرکچر متصل به سقف و فرم ساپورت شده بوسیله بدنه می باشد که باید الزامات F.8 را رعایت کند. مبحث F.8 مربوط به مهار مخزن به دیواره بتونی فونداسیون می باشد.

APPENDIX F—DESIGN OF TANKS FOR SMALL INTERNAL PRESSURES

$2\frac{1}{2}$ lbs/in² G -----> (2 ½ lbf) gauge ----> 2 ½ psi gauge

*- پاراگراف F.1.3 از Annex F استاندارد API-650-2020

Annex F (normative)

Design of Tanks for Small Internal Pressures

F.1 Scope

F.1.1 The maximum internal pressure for closed-top API Standard 650 tanks may be increased to the maximum internal pressure permitted (18 kPa [2.5 lbf/in.²]) gauge when the additional requirements of this Annex are met.

F.1.3 Internal pressures that exceed the combined nominal weight of the shell, roof plate, any structural members attached to the roof plate, and any framing supported by the shell shall also meet requirements of F.8.

F.8 Anchored Tanks with Design Pressures up to 18 kPa (2.5 psi) Gauge

تصویر ۷۳۷ : حداکثر فشار داخلی مخزن API-650-2020-Annex F

*- در مورد تست سقف در ضمیمه F استاندارد API-650-2020 پاراگراف F.4.4 چنین قید شده است:

F.4.4 When the entire tank is completed, it shall be filled with water to the top angle or the design liquid level, and the design internal air pressure shall be applied to the enclosed space above the water level and held for 15 minutes. The air pressure shall then be reduced to one-half the design pressure, and all welded joints above the liquid level shall be checked for leaks by means of a soap film, linseed oil, or another suitable material. Tank vents shall be tested during or after this test.

تصویر ۷۳۸ : تست بدنه و سقف مخزن ذخیره ای بر اساس API-650-2020-Annex F-Para. F.4.4

پاراگراف F.4.4 : وقتی که مخزن بطور کامل تکمیل شد. (منظور ساخت مخزن) باید مخزن تا نبشی بالایی یا سطح طراحی مایع از آب پر شود و فشار طراحی هوای داخلی بکار برده شود تا فضای بالای مایع را پر کند و این فشار برای ۱۵ دقیقه نگه داشته شود. سپس فشار هوا تا $\frac{1}{2}$ فشار طراحی کاهش یابد و در این زمان تمام جوشهایی که در سطح بالاتری از سطح آب قرار دارند بوسیله لایه ای از کف صابون، روغن برزک یا محلول مناسب دیگری برای مشخص کردن محل های نشتی استفاده شود. دریچه های تخلیه (Vents) در خلال این تست یا بعد از این تست بایستی تست شوند.

توجه مهم: هنگام تخلیه آب بعد از هیدرواستاتیک باید ونتهای سقف همگی باز شوند تا از تخریب مخزن جلوگیری شود. این اصل در مورد مخازن تحت فشاری که در سایت بطور عمودی تست می شوند نیز صادق است.



تصویر ۷۳۹: تخریب مخزن هنگام تخلیه بدلیل عدم رعایت باز بودن ونتهای سقف



تصویر ۷۴۰: تخریب مخزن تحت فشار هنگام تخلیه بدلیل عدم رعایت باز بودن ونتهای سقف

بطور مثال برای یک فلنج 20 in. با فشار تست 100 bar می بایست از ضخامت 50 mm استفاده کرد.

☀ - سایز پیچ ها در ابعاد سایز اینچی و سایز میلیمتری

استفاده از پیچ مناسب در بستن در پوشها در مراحل تست بسیار مهم است.

Metric/English Bolt Substitution Table		
Equivalent * Bolt Sizes		
Metric (millimeters)	English (inches)	Hole Diam. (millimeters)
M6	1/4	7
M8	5/16	9
M10	7/16	12
M12	1/2	14
M14	9/16	16
M16	5/8	18
M20	3/4	22
M22	7/8	24
M24	1	27
M27	1 1/8	30
M30	1 1/4	34
M36	1 1/2	40
M42	1 3/4	46
M48	2	53
M56	2 1/4	62
M64	2 1/2	70
M72	2 3/4	76
M80	3 1/4	86
M90	3 1/2	95
M100	4	107

* All bolts on any structure must be all English or all metric. **Mixing is not allowed.**

تصویر ۷۴۳: مقایسه ابعاد پیچ ها

■ - لیست برخی از استانداردهای پیچ و مهره

ASTM A183: Standard Specification for Carbon Steel Track Bolts and Nuts

ASTM A307: Standard Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60 000 psi Tensile Strength

ASTM A325: Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength AASHTO No.: M 164h

ASTM A325M: Standard Specification for High-Strength Bolts for Structural Steel Joints (Metric) AASHTO M164M

ASTM A354: Standard Specification for Quenched and Tempered Alloy Steel Bolts, Studs, and Other Externally Threaded Fasteners

ASTM A394: Standard Specification for Steel Transmission Tower Bolts, Zinc-Coated and Bare

ASTM A193/193M: Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting Materials for High-Temperature Service

ASTM A194/194M: Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High-Pressure and High-Temperature Service

ASTM A320/320M: Standard Specification for Alloy Steel Bolting Materials for Low-Temperature Service

ASTM A453/453M: Standard Specification for High-Temperature Bolting Materials, with Expansion Coefficients Comparable to Austenitic Stainless Steels

ASTM A540/540M: Standard Specification for Alloy-Steel Bolting Materials for Special Applications

■ - طول پیچ در استاندارد ASME B31.3-2016

335.2.3 Bolt Length. Bolts shall extend through (16) their nuts such that there is complete thread engagement for the full depth of the nut.

تصویر ۷۴۴: تعداد رزوه لازم برای بستن پیچ ASME B31.3-2016-Para. 335.2.3
 ***- پاراگراف 335.2.3 (Bolt length): طول پیچ: پیچ ها بایستی بوسیله مهره هایشان بطور کامل محکم شوند. بطوریکه رزوه ها (شیارها) بطور کامل در عمق (گودی) مهره درگیر شده باشند.

■ - طول پیچ در استاندارد ASME PCC-1-2019

8.2 Bolt Lengths

Check bolts for adequate length. This length should consider the presence of washers, nut height, and required thread protrusion. Section VIII, Division 1 of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code requires that nuts engage the threads for the full depth of the nut (see para. UG-13). The ASME B31.3, Process Piping Code, has a similar provision but considers the nut to be acceptably

engaged if the lack of complete engagement is not more than one thread (see para. 335.2.3). The use of bolt tensioners requires that the threaded portion of the bolt extend at least one bolt diameter beyond the outside nut face on the tensioner side of the joint. Galvanized or coated bolts may require special tensioner puller sleeves.

تصویر ۷۴۵: تعداد رزوه لازم برای بستن پیچ ASME PCC-1-2019-Para. 8.2

***-پاراگراف 8.2 (Bolt lengths): طول پیچها: استفاده از دستگاه کشش پیچ (دستگاه سفت کننده پیچ) ضروری می باشد برای اینکه قسمت رزوه شده (شیار) پیچ حداقل به اندازه یک قطر پیچ از سطح مهره به سمت اتصال دستگاه کشش بیرون باشد. پیچ های گالوانیزه یا روکش دار ممکن است به یک دستگاه کشنده مخصوص نیاز داشته باشند.

■ - طول پیچ در استاندارد ASME Sec. VIII-Div 1-2017

UG-13 NUTS AND WASHERS

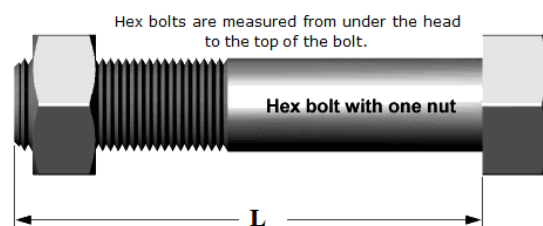
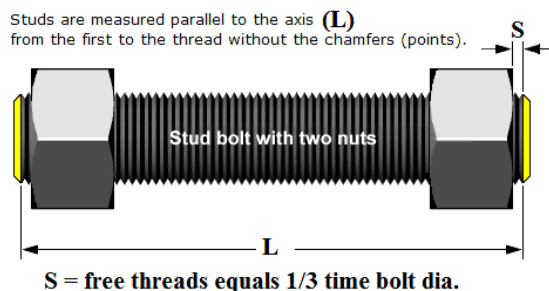
(a) Nuts shall conform to the requirements in the applicable Part of Subsection C (see UCS-11 and UNF-13). They shall engage the threads for the full depth of the nut.

(b) The use of washers is optional. When used, they shall be of wrought materials.

تصویر ۷۴۶: بستن مهره ها ASME Sec. VIII-Div 1-2019-Para. UG-13

***-پاراگراف UG-13 (Nuts and Washers): مهره ها و واشرها
 (a) - مهره ها باید با الزامات قابل کاربرد در زیر بخش C مطابقت داشته باشند. (پاراگرافهای UCS-11 و UNF-13 را ببینید) آنها بایستی کلیه رزوه ها، گودی داخل مهره را درگیر نمایند.
 (b) - استفاده از واشر اختیاری است. چنانچه از واشر استفاده شود بایستی از متریال کار شده (Wrought) باشند.

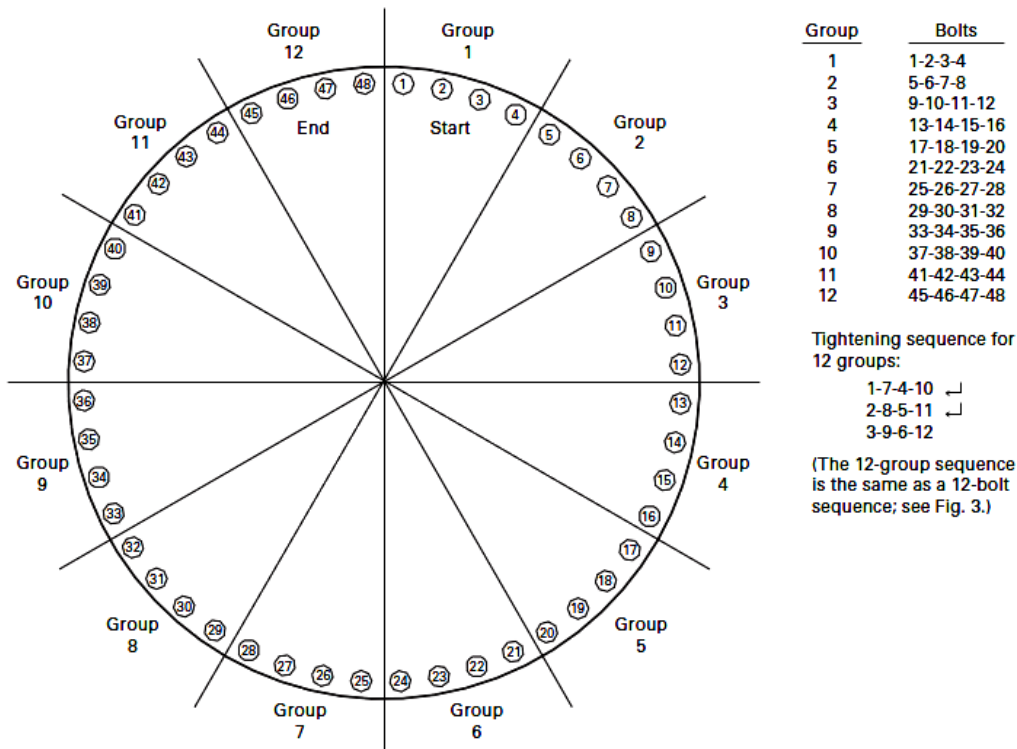
■ - تصاویری از نمونه طول پیچ



در تصاویر فوق مقدار S در واقع $\frac{1}{3}$ قطر پیچ می باشد.

■ روش بستن پیچ درپوش ها در مرحله تست مطابق استاندارد ASME-PCC-1

Fig. 4 48-Bolt Flange Bolt-Grouping Example



GENERAL NOTE: This figure is an illustration of how bolts may be grouped for tightening. Bolts may be grouped and tightened treating these groups as one bolt in the tightening sequence. A suggested number of bolts for a group is the number contained within a 30 deg arc. However, potential gasket damage or flange misalignment should be considered when bolts are grouped.

تصویر ۷۴۷: ترتیب سفت کردن پیچها در اتصالات فلنجی بصورت گروهی ASME PCC-1-2019

APPENDIX L

ASME B16.5 FLANGE BOLTING INFORMATION

Table L-1 ASME B16.5 Flange Bolting Information

Flange Size (NPS)	Class 150		Class 300		Class 400		Class 600		Class 900		Class 1500		Class 2500	
	#	Size	#	Size	#	Size	#	Size	#	Size	#	Size	#	Size
1/2	4	1/2	4	1/2	4	1/2	4	1/2	4	3/4	4	3/4	4	3/4
3/4	4	1/2	4	5/8	4	5/8	4	5/8	4	3/4	4	3/4	4	3/4
1	4	1/2	4	5/8	4	5/8	4	5/8	4	7/8	4	7/8	4	7/8
1 1/4	4	1/2	4	5/8	4	5/8	4	5/8	4	7/8	4	7/8	4	1
1 1/2	4	1/2	4	3/4	4	3/4	4	3/4	4	1	4	1	4	1 1/8
2	4	5/8	8	5/8	8	5/8	8	5/8	8	7/8	8	7/8	8	1
2 1/2	4	5/8	8	3/4	8	3/4	8	3/4	8	1	8	1	8	1 1/8
3	4	5/8	8	3/4	8	3/4	8	3/4	8	7/8	8	1 1/8	8	1 1/4
3 1/2	8	5/8	8	3/4	8	7/8	8	7/8	...	...	...	...	...	...
4	8	3/8	8	3/4	8	7/8	8	7/8	8	1 1/8	8	1 1/4	8	1 1/2
5	8	3/4	8	3/4	8	7/8	8	1	8	1 1/4	8	1 1/2	8	1 3/4
6	8	3/4	12	3/4	12	7/8	12	1	12	1 1/8	12	1 3/8	8	2
8	8	3/4	12	7/8	12	1	12	1 1/8	12	1 3/8	12	1 3/8	12	2
10	12	7/8	16	1	16	1 1/8	16	1 1/4	16	1 3/8	12	1 7/8	12	2 1/2
12	12	7/8	16	1 1/8	16	1 1/4	20	1 1/4	20	1 3/8	16	2	12	2 3/4
14	12	1	20	1 1/8	20	1 1/4	20	1 3/8	20	1 1/2	16	2 1/4	...	...
16	16	1	20	1 1/4	20	1 3/8	20	1 1/2	20	1 5/8	16	2 1/2	...	...
18	16	1 1/8	24	1 1/4	24	1 3/8	20	1 5/8	20	1 5/8	16	2 3/4	...	...
20	20	1 1/8	24	1 1/4	24	1 1/2	24	1 5/8	20	2	16	3	...	...
24	20	1 1/4	24	1 1/2	24	1 3/4	24	1 5/8	20	2 1/2	16	3 1/2	...	...

تصویر ۷۴۸: تعداد و سایز پیچ مورد نیاز برای بستن فلنجهای متفاوت در کلاسههای مختلف ASME PCC-1-2019

■ - میزان گشتاور پیچشی (تُرک) لازم جهت سفت کردن پیچ ها بر اساس کلاس فلنج ها:



CLASS FLANGES BOLT TORQUE LOADS

CLASS 150 – FLANGE INFORMATION						CLASS 300 – FLANGE INFORMATION						CLASS 600 – FLANGE INFORMATION					
Nom. Flg. Size Ins. (mm)	Bolting No. x Dia. ins	A/F Ins.	Torque lbf.ft (Nm)			Nom. Flg. Size Ins. (mm)	Bolting No. x Dia. ins	A/F Ins.	Torque lbf.ft (Nm)			Nom. Flg. Size Ins. (mm)	Bolting No. x Dia. ins	A/F Ins.	Torque lbf.ft (Nm)		
			Bolt Lubricant Copperslip (μ=0.1)	Bolt Lubricant Molycote 1000 (μ=0.13)					Bolt Lubricant Copperslip (μ=0.1)	Bolt Lubricant Molycote 1000 (μ=0.13)					Bolt Lubricant Copperslip (μ=0.1)	Bolt Lubricant Molycote 1000 (μ=0.13)	
1/2 (15)	4 x 1/2	7/8	20 (30)	25 (35)		1/2 (15)	4 x 1/2	7/8	20 (30)	30 (40)		1/2 (15)	4 x 1/2	7/8	20 (30)	30 (40)	
3/4 (20)	4 x 1/2	7/8	25 (35)	30 (40)		3/4 (20)	4 x 5/8	1-1/16	40 (55)	50 (70)		3/4 (20)	4 x 5/8	1-1/16	40 (55)	50 (70)	
1 (25)	4 x 1/2	7/8	30 (40)	35 (50)		1 (25)	4 x 5/8	1-1/16	45 (60)	55 (75)		1 (25)	4 x 5/8	1-1/16	45 (60)	60 (80)	
1-1/2 (40)	4 x 1/2	7/8	40 (55)	50 (70)		1-1/2 (40)	4 x 3/4	1-1/4	85 (115)	105 (145)		1-1/2 (40)	4 x 3/4	1-1/4	105 (145)	130 (175)	
2 (50)	4 x 5/8	1-1/16	75 (100)	95 (130)		2 (50)	8 x 5/8	1-1/16	55 (75)	70 (95)		2 (50)	8 x 5/8	1-1/16	75 (100)	95 (130)	
3 (80)	4 x 5/8	1-1/16	75 (100)	95 (130)		3 (80)	8 x 3/4	1-1/4	120 (165)	150 (205)		3 (80)	8 x 3/4	1-1/4	120 (165)	150 (205)	
4 (100)	8 x 3/8	1-1/16	75 (100)	95 (130)		4 (100)	8 x 3/4	1-1/4	120 (165)	150 (205)		4 (100)	8 x 7/8	1-7/16	195 (265)	245 (335)	
6 (150)	8 x 3/4	1-1/4	120 (165)	150 (205)		6 (150)	12 x 3/4	1-1/4	120 (165)	150 (205)		6 (150)	12 x 1	1-5/8	320 (435)	405 (550)	
8 (200)	8 x 3/4	1-1/4	120 (165)	150 (205)		8 (200)	12 x 7/8	1-7/16	190 (260)	240 (325)		8 (200)	12 x 1-1/8	1-13/16	470 (635)	590 (800)	
10 (250)	12 x 7/8	1-7/16	175 (240)	220 (300)		10 (250)	16 x 1	1-5/8	320 (435)	405 (550)		10 (250)	16 x 1-1/4	2	575 (780)	725 (980)	
12 (300)	12 x 7/8	1-7/16	180 (245)	230 (310)		12 (300)	16 x 1-1/8	1-13/16	450 (610)	565 (765)		12 (300)	20 x 1-1/4	2	575 (780)	725 (980)	
14 (350)	12 x 1	1-5/8	295 (400)	370 (500)		14 (350)	20 x 1-1/8	1-13/16	355 (480)	450 (610)		14 (350)	20 x 1-3/8	2-3/16	695 (940)	880 (1190)	
16 (400)	16 x 1	1-5/8	240 (325)	300 (405)		16 (400)	20 x 1-1/4	2	435 (590)	550 (745)		16 (400)	20 x 1-1/2	2-3/8	885 (1200)	1120 (1515)	
18 (450)	16 x 1-1/8	1-13/16	415 (565)	520 (705)		18 (450)	24 x 1-1/4	2	490 (665)	620 (840)		18 (450)	20 x 1-5/8	2-9/16	1295 (1755)	1645 (2230)	
20 (500)	20 x 1-1/8	1-13/16	415 (565)	520 (705)		20 (500)	24 x 1-1/4	2	575 (780)	725 (983)		20 (500)	24 x 1-5/8	2-9/16	1295 (1755)	1645 (2230)	
24 (600)	20 x 1-1/4	2	575 (780)	725 (985)		24 (600)	24 x 1-1/2	2-3/8	785 (1065)	995 (1350)		24 (600)	24 x 1-7/8	2-15/16	1850 (2505)	2360 (3200)	
30 (750)	28 x 1-1/4	2	360 (490)	455 (615)		30 (750)	28 x 1-3/4	2-3/4	1210 (1640)	1545 (2095)		30 (750)	28 x 2	3-1/8	2185 (2960)	2790 (3780)	
36 (900)	32 x 1-1/2	2-3/8	630 (855)	800 (1085)		36 (900)	32 x 2	3-1/8	1820 (2465)	2325 (3150)		36 (900)	28 x 2-1/2	3-7/8	3710 (5030)	4755 (6445)	
42 (1070)	36 x 1-1/2	2-3/8	-	-		42 (1070)	32 x 1-5/8	2-9/16	-	-		42 (1070)	28 x 2-1/2	3-7/8	-	-	
48 (1220)	44 x 1-1/2	2-3/8	-	-		48 (1220)	32 x 1-7/8	2-15/16	-	-		48 (1220)	32 x 2-3/4	4-1/4	-	-	
Flange Rating: ANSI B16.5, Class 150 Flange Materials: ASTM A105, ASTM A182 grades F50 and F51, ASTM A350 grades LF2 and LF3, ASTM A694 grade F52 Bolting Materials: ASTM A193 grades B7 and B7M, ASTM A320 grades L7, L7M and L43 Gasket Type: Compressed Asbestos Fibre Service Temperature Range: Minus 101 thru' plus 400°C (Per Piping Class)						Flange Rating: ANSI B16.5, Class 300 Flange Materials: ASTM A105, ASTM A182 grades F50 and F51, ASTM A350 grades LF2 and LF3, ASTM A694 grade F52 Bolting Materials: ASTM A193 grades B7 and B7M, ASTM A320 grades L7, L7M and L43 Gasket Type: Spiral Wound and Ring Joint Service Temperature Range: Minus 101 thru' plus 400°C (Per Piping Class)						Flange Rating: ANSI B16.5, Class 600 Flange Materials: ASTM A105, ASTM A182 grades F50 and F51, ASTM A350 grades LF2 and LF3, ASTM A694 grades F52 and F60 Bolting Materials: ASTM A193 grades B7 and B7M, ASTM A320 grades L7, L7M and L43 Gasket Type: Spiral Wound and Ring Joint Service Temperature Range: Minus 101 thru' plus 400°C (Per Piping Class)					

CLASS 900 – FLANGE INFORMATION						CLASS 1500 – FLANGE INFORMATION						CLASS 2500 – FLANGE INFORMATION					
Nom. Flg. Size Ins. (mm)	Bolting No. x Dia. ins	A/F Ins.	Torque lbf.ft (Nm)			Nom. Flg. Size Ins. (mm)	Bolting No. x Dia. ins	A/F Ins.	Torque lbf.ft (Nm)			Nom. Flg. Size Ins. (mm)	Bolting No. x Dia. ins	A/F Ins.	Torque lbf.ft (Nm)		
			Bolt Lubricant Copperslip (μ=0.1)	Bolt Lubricant Molycote 1000 (μ=0.13)					Bolt Lubricant Copperslip (μ=0.1)	Bolt Lubricant Molycote 1000 (μ=0.13)					Bolt Lubricant Copperslip (μ=0.1)	Bolt Lubricant Molycote 1000 (μ=0.13)	
1/2 (15)	4 x 3/4	1-1/4	65 (90)	80 (110)		1/2 (15)	4 x 3/4	1-1/4	65 (90)	80 (110)		1/2 (15)	4 x 3/4	1-1/4	95 (130)	120 (165)	
3/4 (20)	4 x 3/4	1-1/4	85 (115)	105 (145)		3/4 (20)	4 x 3/4	1-1/4	85 (115)	105 (145)		3/4 (20)	4 x 3/4	1-1/4	120 (165)	150 (205)	
1 (25)	4 x 7/8	1-7/16	140 (190)	175 (240)		1 (25)	4 x 7/8	1-7/16	140 (190)	175 (240)		1 (25)	4 x 7/8	1-7/16	210 (285)	265 (360)	
1-1/2 (40)	4 x 1	1-5/8	225 (305)	285 (390)		1-1/2 (40)	4 x 1	1-5/8	260 (350)	330 (445)		1-1/2 (40)	4 x 1-1/8	1-13/16	470 (635)	590 (800)	
2 (50)	8 x 7/8	1-7/16	150 (205)	190 (260)		2 (50)	8 x 7/8	1-7/16	160 (215)	200 (270)		2 (50)	8 x 1	1-5/8	320 (435)	405 (550)	
3 (80)	8 x 7/8	1-7/16	195 (265)	245 (335)		3 (80)	8 x 1-1/8	1-13/16	395 (535)	500 (675)		3 (80)	8 x 1-1/4	2	650 (880)	820 (1110)	
4 (100)	8 x 1-1/8	1-13/16	375 (505)	470 (635)		4 (100)	8 x 1-1/4	2	575 (780)	730 (990)		4 (100)	8 x 1-1/2	2-3/8	1060 (1435)	1350 (1830)	
6 (150)	12 x 1-1/8	1-13/16	415 (560)	525 (710)		6 (150)	12 x 1-3/8	2-3/16	770 (1040)	980 (1325)		6 (150)	8 x 2	3-1/8	2425 (3285)	3100 (4200)	
8 (200)	12 x 1-3/8	2-3/16	675 (915)	860 (1165)		8 (200)	12 x 1-5/8	2-9/16	1295 (1755)	1645 (2230)		8 (200)	12 x 2	3-1/8	2425 (3285)	3100 (4200)	
10 (250)	16 x 1-3/8	2-3/16	675 (915)	860 (1165)		10 (250)	12 x 1-7/8	2-15/16	2000 (2710)	2550 (3455)		10 (250)	12 x 2-1/2	3-7/8	4190 (5680)	5370 (7280)	
12 (300)	20 x 1-3/8	2-3/16	735 (995)	930 (1260)		12 (300)	16 x 2	3-1/8	2125 (2880)	2710 (3670)		12 (300)	12 x 2-3/4	4-1/4	6385 (8655)	8195 (11110)	
14 (350)	20 x 1-1/2	2-3/8	935 (1265)	1185 (1605)		14 (350)	16 x 2-1/4	3-1/2	3040 (4120)	3890 (5270)							
16 (400)	20 x 1-5/8	2-9/16	1295 (1755)	1645 (2230)		16 (400)	16 x 2-1/2	3-7/8	4190 (5680)	5370 (7280)							
18 (450)	20 x 1-7/8	2-15/16	1850 (2505)	2360 (3200)		18 (450)	16 x 2-3/4	4-1/4	5585 (7570)	7170 (9720)							
20 (500)	20 x 2	3-1/8	2245 (3040)	2865 (3885)		20 (500)	16 x 3	4-5/8	7280 (9870)	9350 (12675)							
24 (600)	20 x 2-1/2	3-7/8	4190 (5680)	5370 (7280)		24 (600)	16 x 3-1/2	5-3/8	11600 (1570)	14920 (20230)							
30 (750)	20 x 3	4-5/8	7070 (9585)	9085 (12315)													
36 (900)	20 x 3-1/2	5-3/8	10935 (14825)	14065 (19070)													
Flange Rating: ANSI B16.5, Class 900 Flange Materials: ASTM A105, ASTM A182 grades F50 and F51, ASTM A350 grades LF2 and LF3, ASTM A694 grades F52 and F60 Bolting Materials: ASTM A193 grades B7 and B7M, ASTM A320 grades L7, L7M and L43 Gasket Type: Spiral Wound and Ring Joint Service Temperature Range: Minus 101 thru' plus 400°C (Per Piping Class)						Flange Rating: ANSI B16.5, Class 1500 Flange Materials: ASTM A105, ASTM A182 grades F50 and F51, ASTM A350 grades LF2 and LF3, ASTM A694 grades F52, F60 and F65 Bolting Materials: ASTM A193 grades B7 and B7M, ASTM A320 grades L7, L7M and L43 Gasket Type: Spiral Wound and Ring Joint Service Temperature Range: Minus 101 thru' plus 400°C (Per Piping Class)						Flange Rating: ANSI B16.5, Class 2500 Flange Materials: ASTM A105, ASTM A182 grades F50 and F51, ASTM A350 grade LF2 Bolting Materials: ASTM A193 grades B7 and B7M, ASTM A320 grades L7, L7M and L43 Gasket Type: Spiral Wound and Ring Joint Service Temperature Range: Minus 101 thru' plus 400°C (Per Piping Class)					

تصویر ۷۴۹: مقدار ترک (گشتاور پیچشی) لازم جهت سفت کردن پیچها براساس کلاس فلنجهها

☀ - کیفیت آب تست برای مترالهای مختلف

هنگام اجرای عملیات هیدروتست، انتخاب آب با کیفیت مناسب بسیار مهم و حایز اهمیت است.

■ - کیفیت آب تست در استاندارد ASME B31.3-2016

در استاندارد ASME B31.3 به نوع خاصی از کیفیت آب برای هیدروتست مترال های مختلف اشاره ای نشده است. در همین رابطه در استاندارد ASME B31.3 سوال شده است:
سوال: آیا کُد B31.3 دارای الزاماتی برای آب جهت استفاده در هیدروتست است؟
جواب: خیر، به استثناء پاراگراف 345.2.2(c) و 345.4.1

Interpretation :B31.3-12-19

Subject :B31.3-1993 Edition, Paragraph 345.4.1.
Hydrostatic Leak Test

Date Issued :November 19, 1993

File :B31-93-036

Question: In accordance with B31.3-1993 Edition,
Does the B31.3 Code contain requirements for the water to be used
for hydrostatic testing?

Reply: No, except see paras. 345.2.2(c) and 345.4.1.

تصویر ۷۵۰: سوال از استاندارد ASME B31.3 در مورد کیفیت آب هیدروتست

*- پاراگراف 345.2.2(c): درجه حرارت پایین تست: وقتی تستهای نشتی در درجه حرارتهایی انجام می شود که درجه حرارت فلز به درجه حرارت انتقال شکست نرم به شکست ترد نزدیک است احتمال شکست ترد فلز باید در نظر گرفته شود.
*- پاراگراف 345.4.1- سیال تست: سیال باید آب باشد مگر اینکه احتمال خسارت به علت خطر یخ زدگی یا اثرات مخرب آب بر سیستم لوله کشی یا بر فرآیند آن وجود داشته باشد (به پاراگراف F345.4.1 نگاه کنید) در آن صورت مایع غیر سمی مناسب دیگری را می توان بکار برد. اگر مایع قابل اشتعال باشد نقطه اشتعال آن باید حداقل $120^{\circ}\text{F}(49^{\circ}\text{C})$ باشد و محیط تست باید مورد بررسی دقیق قرار گیرد.
اما در کتاب راهنمای ASME B31.3 برای شستشوی لوله های استنلس استیل قید شده است که درصد حجمی یون کلر آب برای شستشوی لوله های استنلس استیل باید کمتر از 50 ppm باشد

CLEANING METHODS

Source: ASME B31.3 Process Piping Guide Revision 2

Method A-1, Water Flush.

Flush pipe with clean water, on stainless steel use only water having a chloride content less than 50 ppm for the final flush. (Note: domestic water generally contains less than 2 ppm chlorides).

Dry to conform to system requirements.

تصویر ۷۵۱: کیفیت آب برای شستشوی لوله های استنلس استیل

■ - کیفیت آب تست در استاندارد شرکت UHDE

WATER QUALITY FOR PRESSURE TESTS AND FLUSHING

پاراگراف 1.2- مقدمه:

آب باید بالقوه عاری از ناخالصی‌هایی نظیر ذرات آلوده، اکسیدهای آهن، مواد آلی و از این قبیل باشد. آب حاوی یونهای کلر ممکن است سبب خوردگی حفره‌ای (Pitting) و ترکهای ناشی خوردگی تنشی گردد بخصوص در ارتباط با استنلس استیل و نیکل و آلیاژهای نیکلی، اگر یونهای کلر موجود در غلظت بحرانی باشند در حالت خشک و دمای بالا خوردگی بر اثر بالا رفتن دما تسریع می‌یابد. اگر آنالیز آب در دسترس نباشد آبی که آنالیز شده است برای استفاده در اولویت است. چنانچه از آبی چندین بار استفاده شود بایستی قبل از هر بار استفاده، آنالیز آن انجام شود.

KRUPP UHDE STANDARD		UN-V416-04 Part 1
WATER QUALITY FOR PRESSURE TESTS AND FLUSHING		
1.3	Water qualities	
WSN	= Sea water with a chloride ion content in excess of 10 000 ppm,	
WSB	= Brackish water with a chloride ion content between 1000 and 10 000 ppm,	
WSDB	= Water with a chloride ion content between 200 and 1000 ppm,	
WSDA	= Potable water with a chloride ion content between 50 and 200 ppm,	
WSD	= Potable water with a chloride ion content between 1 and 50 ppm,	
WDS	= demineralized water (e.g. condensate) with a chloride ion content of less than 1 ppm,	
WCI	= Potable water with a chloride ion content between 50 and 200 ppm with the addition of a corrosion inhibitor (e.g. 2% by vol. sodium carbonate)	

تصویر ۷۵۲: کیفیت آب برای هیدروتست در استاندارد شرکت UHDE

پاراگراف 1.3- کیفیت‌های مختلف آب:

WSN- آب دریا با درصد حجمی 10000 PPM یون کلر.

WSB- آب شور با درصد حجمی یون کلر بین 1000 PPM تا 10000 PPM

WSDB- آب با درصد حجمی یون کلر بین 200 PPM تا 1000 PPM

WSDA- آب قابل شرب با درصد حجمی یون کلر بین 50 PPM تا 200 PPM

WSD- آب قابل شرب با درصد حجمی یون کلر بین 1 PPM تا 50 PPM

WDS- آب عاری از املاح معدنی (مثل آب مقطر) با درصد حجمی یون کلر کمتر از 1 PPM

WCI- آب قابل شرب با درصد حجمی یون کلر بین 50 PPM تا 200 PPM بعلاوه یک ماده بازدارنده خوردگی مانند 2% درصد حجمی سدیم کربنات (Sodium Carbonate).

پاراگراف 2- حداقل کیفیت آب توصیه شده برای مواد مختلف:

پاراگراف 2.1- پوششهای محافظ، آسترهای لاستیکی، پلاستیکها و مواد مقاوم به آب دریا:

کیفیت آب: برای این نوع پوششها باید از گروه‌های WSN، WSB و WSDB استفاده شود.

پاراگراف 2.2- فولاد کربنی یا فولاد کم آلیاژی:

کیفیت آب برای این متریالها باید از گروه WSDA باشد در غیر این صورت باید با توافق باشد.

پاراگراف 2.3- فولاد زنگ‌زن (استنلس استیل):

کیفیت آب برای این متریالها باید از گروه WSD باشد.

آبهای با درصد حجمی یون کلر بالاتر ممکن است برای فولادهای زنگ‌زن بسیار مقاوم در مقابل خوردگی و موادی از قبیل 1.4462, 1.4465, 1.4438, 1.4439, 1.4449, Inconel 600, Incoloy 800 توصیه گردد.

■ - کیفیت آب تست در استاندارد API-650-2020

- 7.3.7.3 The Purchaser shall be responsible for the following.
 - 5) For the following metallurgies, describe on the Data Sheet, Line 14, (using a Supplemental Specification) any additional restrictions on the water quality.
 - a) Carbon Steel—For carbon steel equipment where water contact exceeds 14 days, including filling and draining (e.g. consider adding an oxygen scavenger and a biocide, and raise the pH by the addition of caustic).
 - b) Stainless Steel—See Annex S and Annex X.
 - c) Aluminum Components—See Annex AL.

تصویر ۷۵۳: کیفیت آب برای هیدروتست متریال های کربن استیل در استاندارد API-650-2020

*- پاراگراف 7.3.7.3: مشتری باید مسئولیت داشته باشد برای:

5)- برای فلزات به شرح زیر، توضیح داده شده در Data Sheet خط ۱۴ و هر گونه محدودیت‌های اضافی برای کیفیت آب مسئولیت دارد.

(a) - کربن استیل - برای تجهیزات کربن استیل که بیشتر از ۱۴ روز در معرض آب تست بوده است (شامل پر کردن و تخلیه) (بطور مثال: با اضافه کردن اکسیژن زدا و یک میکروب زدا و نیز افزایش PH بوسیله اضافه نمودن یک محلول قلیایی)

(b) - استنلس استیل - به ضمیمه‌ی Annex S و Annex X نگاه کنید.

(c) - اجزای آلومینیوم - به ضمیمه‌ی Annex H نگاه کنید.

S.4.10 Hydrostatic Testing

- S.4.10.1 The rules of 7.3.6 apply to hydrostatic testing except that the penetrating oil test in 7.3.6, Item 2) shall be replaced with liquid penetrant examination conducted by applying the penetrant on one side and developer on the opposite side of the welds. The dwell time must be at least one hour.
- S.4.10.2 The materials used in the construction of stainless steel tanks may be subject to severe pitting, cracking, or rusting if they are exposed to contaminated test water for extended periods of time. The Purchaser shall specify a minimum quality of test water that conforms to the following requirements:
 - a) Unless otherwise specified by the Purchaser, water used for hydrostatic testing of tanks shall be potable and treated, containing at least 0.2 parts per million free chlorine.
 - b) Water shall be substantially clean and clear.
 - c) Water shall have no objectionable odor (that is, no hydrogen sulfide).
 - d) Water pH shall be between 6 and 8.3.
 - e) Water temperature shall be below 50 °C (120 °F).
 - f) The chloride content of the water shall be below 50 parts per million, unless specified otherwise by the Purchaser.
- S.4.10.3 When testing with potable water, the exposure time shall not exceed 21 days, unless specified otherwise by the Purchaser.
- S.4.10.4 When testing with other fresh waters, the exposure time shall not exceed 7 days.
- S.4.10.5 Upon completion of the hydrostatic test, water shall be completely drained. Wetted surfaces shall be washed with potable water when nonpotable water is used for the test and completely dried. Particular attention shall be given to low spots, crevices, and similar areas. Hot air drying is not permitted.

تصویر ۷۵۴: کیفیت آب برای هیدروتست متریال های استنلس استیل در استاندارد API-650-2020

ANNEX S—AUSTENITIC STAINLESS STEEL STORAGE TANKS ضمیمه ی

*- پاراگراف S.4.10 - هیدروتست

*- پاراگراف S.4.10.1 - قوانین پاراگراف 7.3.6 برای تست هیدرواستاتیک بکار برده می شود مگر اینکه تست نفوذ روغن در پاراگراف (2) 7.3.6 بایستی با تست مایع نافذ جایگزین گردد که با بکار بردن مایع نفوذ کننده در یک سمت و مایع ظاهر کننده در سمت مقابل جوش انجام می شود. زمان نگه داری تست بایستی حداقل ۱ ساعت باشد.

*- پاراگراف S.4.10.2 - متریکال های مورد استفاده در تانکهای استنلس استیل چنانچه به مدت طولانی در معرض آب آلوده و کثیف باشند دچار خوردگی حفره ای (Pitting)، ترک یا زنگ زدگی می شوند. مشتری یا سازنده باید حداقل کیفیت آب تست که با الزامات زیر مطابقت داشته باشد را مشخص نماید.

(a) - آب مورد استفاده برای هیدروتست تانکها بایستی آب آشامیدنی و مناسب باشد و شامل حداقل 0.2ppm کلراید باشد.

(b) - آب تست بایستی اساساً تمیز و شفاف باشد.

(c) - آب نباید بوی بدی داشته باشد (سولفید هیدروژن نداشته باشد)

(d) - PH آب بایستی میان 6 و 8.3 باشد.

(e) - دمای آب باید زیر 50°C (120°F) باشد.

(f) - مقدار کلر آب بایستی زیر 50ppm باشد مگر اینکه مقدار دیگری از طرف خریدار یا سازنده تعیین شود.

*- پاراگراف S.4.10.3 - وقتی هیدروتست با آبهای شیرین دیگری انجام می شود. زمان نگهداری آن نباید بیشتر از ۲۱ روز باشد (این زمان شامل پر کردن و تخلیه می باشد) مگر اینکه مقدار زمان دیگری توسط خریدار یا مشتری تعیین شود.

*- پاراگراف S.4.10.4 - وقتی هیدروتست با غیر از آبهای شیرین انجام می شود. زمان نگهداری آن نباید بیشتر از ۷ روز باشد.

*- پاراگراف S.4.10.5 - وقتی هیدروتست بطور کامل انجام گردید بایستی آب بطور کامل تخلیه گردد. سطوح مرطوب باید با آب آشامیدنی شستشو شود.

وقتی هیدروتست با آب غیر آشامیدنی انجام می شود بایستی آب بطور کامل تخلیه گردد و پس از تخلیه بایستی به نقاط یا لکه های کوچک و ترکها و یا به محللهایی شبیه آنها توجه ویژه نمود. خشک کردن با هوای داغ مجاز نمی باشد.

ANNEX H—INTERNAL FLOATING ROOFS ضمیمه ی

پاراگراف H.6.6.3 - به علت اثرات خوردگی احتمالی بایستی برای کیفیت آب مورد استفاده و مدت زمان تست، ملاحظات در نظر گرفته شود. در این زمینه آب آشامیدنی (Potable Water) پیشنهاد شده است. برای مخازن سقف شناور آلومینیوم، پاراگراف AL.7.5 باید رعایت شود و برای مخازن سقف شناور استنلس استیل، پاراگراف S.4.10 باید رعایت شود.

• H.6.6 Initial Flotation

H.6.6.3 Because of possible corrosive effects, consideration shall be given to the quality of water used and the duration of the test. Potable water is recommended. For aluminum floating roofs, AL.7.5 shall be followed. For stainless steel floating roofs, S.4.10 shall be followed.

تصویر ۷۵۵: کیفیت آب برای هیدروتست متریکال های آلومینیومی در استاندارد API-650-2020

■ - وضعیت گیج (Gage) فشار سنج مطابق (c)(b) Para.UG-102 در مخازن تحت فشار

محدوده‌ی فشار سنج مطابق پاراگراف UG-102 می‌بایست از 1.5 برابر فشار تست کمتر نباشد و نیز از 4 برابر فشار تست نیز بیشتر نباشد و هنگامی که گیج دچار مشکل می‌گردد باید مجدداً تنظیم (Recalibrated) شود.

UG-102 TEST GAGES

(b) Dial indicating pressure gages used in testing shall be graduated over a range of about double the intended maximum test pressure, but in no case shall the range be less than $1\frac{1}{2}$ nor more than 4 times that pressure. Digital reading pressure gages having a wider range of pressure may be used, provided the readings give the same or

greater degree of accuracy as obtained with dial pressure gages.

(c) All gages shall be calibrated against a standard dead-weight tester or a calibrated master gage. Gages shall be recalibrated at any time that there is reason to believe that they are in error.

تصویر ۷۵۶: وضعیت گیج اندازه‌گیری فشار تست در مخازن تحت فشار



تصویر ۷۵۷: نمونه‌ای از گیج‌های فشار سنج با روغن و بدون روغن یا پارافین

وقتی خط لوله‌ای تست می‌شود چنانچه هنگام بالا رفتن فشار، خط لوله دچار ارتعاش یا لرزان می‌شود یا به عبارتی خط دارای Vibration است باید از گیج حاوی روغن استفاده نمود تا در هنگام قرائت فشار تست، بازرس دچار اشتباه قرائت نشود و همچنین گیج نیز از آسیب‌های ناشی از لرزش‌های شدید از تنظیم خارج نگردد زیرا وجود مایع (گلیسرین یا پارافین) در مانیتور گیج باعث می‌شود که مقدار فشار گیج در حین لرزش‌های مستمر و آنی، عقربه‌ی گیج دقیق و صحیح قرائت شود. معمولاً در مشخصات فنی پروژه‌ها برای مشخصات ابعادی و جنس گیج‌های فشار تست (Pressure Guages) به استاندارد BS 1780 استناد می‌شود. این استاندارد، گیج‌ها را به سه دسته تقسیم می‌کند: گیج‌های فشاری، گیج‌های خلاء و گیج‌های ترکیبی خلاء و فشاری.

مشخصات (Specification)

۱- حوزه کاربردی (Scope)

1 Scope

This British Standard specifies requirements for indicating pressure gauges, vacuum gauges and combined vacuum and pressure gauges (compound gauges), of the bourdon tube type (with C, helical or spiral tube forms) from 50 mm to

BS 1780 : 1985

300 mm nominal size with ranges up to 1000 bar*. The standard applies to gauges suitable for industrial and marine use with common industrial fluids, such as air, oil, water and steam.

*1 bar = 10^5 Pa. A reading of zero bar is atmospheric pressure.

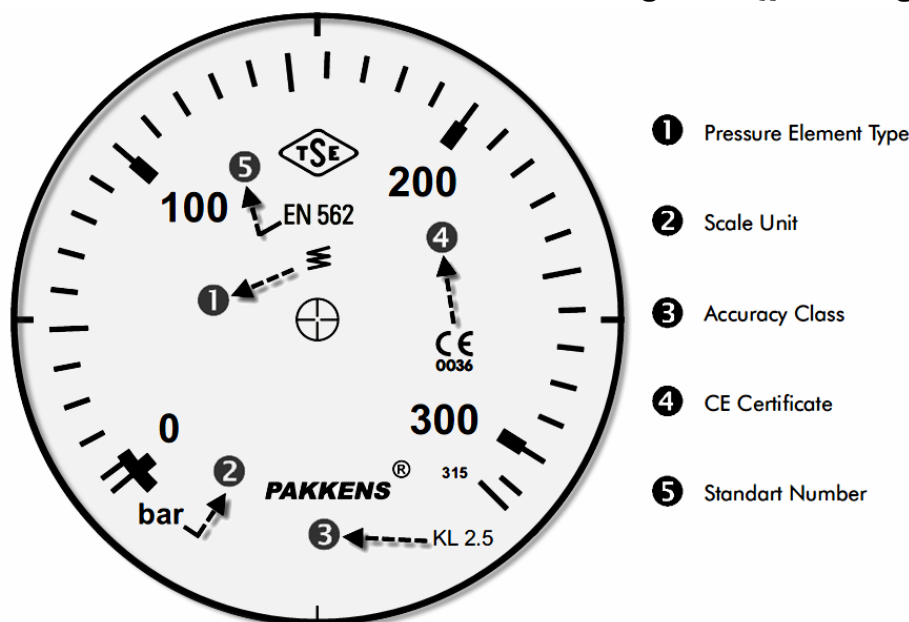
تصویر ۷۵۸: دامنه کاربردی (Scope) استاندارد BS 1780-1985

الزامات مشخص شده‌ی این استاندارد انگلیسی برای تعیین کردن گیج‌های فشاری، گیج‌های خلاء و گیج‌های ترکیبی خلاء و فشاری در انواع تیوب‌های نوع عصایی (تیوب با شکل‌هایی مانند حرف انگلیسی C، مارپیچ حلزونی و مارپیچ فنری) با ابعاد دایره‌ای به قطر ۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتری و بازده تا ۱۰۰۰ بار فشار است. معمولاً گیج مورد استفاده در انجام هیدروتست خطوط لوله (Piping) ۱۰۰ میلیمتری و در خطوط لوله انتقال (Pipe Line) در صورتیکه زمان تست بیشتر از ۱۲ ساعت باشد از گیج با قطر ۳۰۰ میلیمتری استفاده می‌شود که در حقیقت یک ثبت کننده (Recorder) برای مراحل فشار تست است.

کاربرد این استاندارد برای استفاده از گیج‌های مناسب در صنایع و صنایع دریایی با استفاده از سیالهای صنعتی مثل هوا، روغن و بخار می‌باشد.

توجه مهم: استاندارد BS EN 837-1-1998 جایگزین استاندارد BS 1780 شده است.

■ - مشخصات فنی ثبت شده روی یک گیج (Gauge)



تصویر ۷۵۹: مشخصات فنی یک گیج

تصویر ۷۵۹ مشخصات فنی که بایستی مطابق با استاندارد EN562 بر روی یک گیج قید شود را نشان داده است.

(۱) - (Pressure Element Type) نوع المان فشار

(۲) - (Scale Unit) واحد مقیاس (اندازه گیری ... bar, psi, kpa, Mpa)

(۳) - (Accuracy Class) کلاس درجه دقت

(۴) - (CE Certificate) گواهینامه تأییدیه از اروپا (تضمین کیفیت)

(۵) - (Standard Number) شماره استاندارد (EN 562)

معمولاً در مشخصات فنی پروژه‌ها برای گیج‌های مورد استفاده در هیدروتست شرایط متفاوتی وجود دارد اما چون مشخصات فنی شرکت TOTAL در بیشتر پالایشگاههای گازی عسلویه مورد استفاده قرار می‌گیرد به برخی از این شرایط اشاره می‌شود مطابق تصویر ۷۶۰:

***- پاراگراف ۴- مقدمات برای تست (هیدروتست)

*- پاراگراف ۱، ۴- مواد و تجهیزات (لازم برای هیدروتست)



Exploration & Production

General Specification

Date: 10/05

GS EP PVV 173

Rev: 02

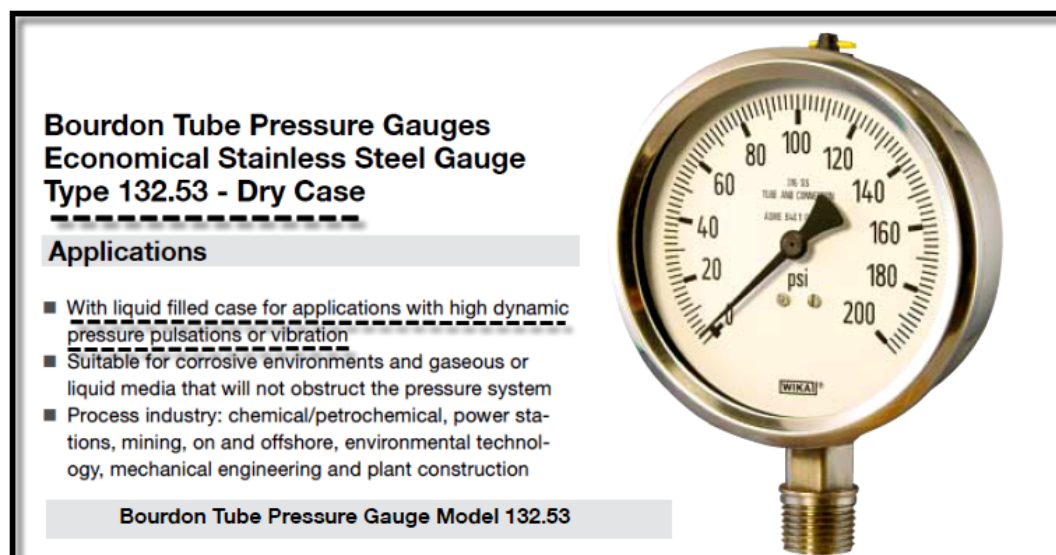
4. Preparation for testing

4.1 Equipment and materials

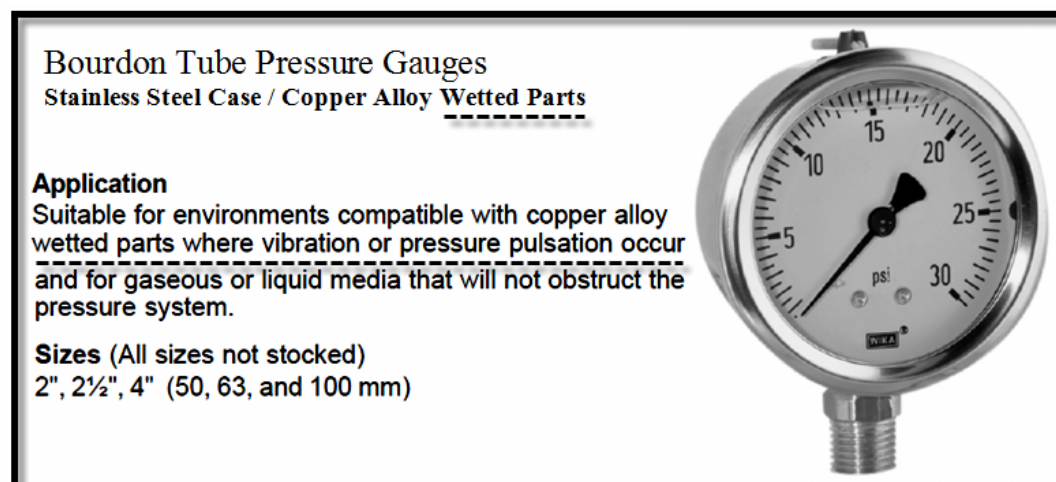
Additional Pressure gauges shall be of the Bourdon tube type, complying with **BS 1780**. The nominal diameter of each gauge shall be 100 mm.

تصویر ۷۶۰: وضعیت گیج بر اساس مشخصات فنی شرکت TOTAL

بعلاوه، گیجهای فشاری باید مطابق استاندارد BS 1780 از نوع Bourdon Tube Type باشند مطابق تصاویر ۷۶۱ و ۷۶۲ باشد و با قطر اسمی هر گیجی باید ۱۰۰ میلیمتر باشد.



تصویر ۷۶۱: گیج Bourdon Tube Type نوع خشک (Dry)



تصویر ۷۶۲: گیج Bourdon Tube Type نوع تر (Wet)

(۳۴) - کاهش ضخامت مجاز متریالها در سیستم های لوله کشی

☀ - کاهش ضخامت مجاز در استاندارد ASME Section II Part A

■ - کاهش ضخامت مجاز در لوله ها (Pipings)

متریالهایی که در سیستم های لوله کشی از آنها استفاده می شوند مانند SA-53, SA-106, SA-335 و غیره پس از بررسی در استاندارد ASME Section II Part A-2019 مشخص می شود که کاهش ضخامت مجاز نباید بیشتر از 12.5% درصد ضخامت اسمی لوله باشد. لطفاً به مثالهای زیر توجه فرمایید.

■ - کاهش ضخامت در متریال SA-53/SA-53M

مثال-۱: در مشخصات فنی متریال SA-53/SA-53M در پاراگراف 12.3 Thickness به صراحت قید شده است که حداقل ضخامت دیواره در هر نقطه از لوله نباید بیشتر از 12.5% از ضخامت اسمی لوله کمتر باشد. حداقل ضخامت دیواره در بازرسی باید با الزامات جدول Table X2.4 مطابقت داشته باشد.

12. Permissible Variations in Weight and Dimensions SA-53/SA-53M

12.3 Thickness — The minimum wall thickness at any point shall be not more than 12.5% under the nominal wall thickness specified. The minimum wall thickness on inspection shall conform to the requirements in Table X2.4.

تصویر ۷۶۳: کاهش ضخامت مجاز در لوله ی ASME Sec. II-A-2019-SA-53

■ - کاهش ضخامت در متریال SA-106/SA-106M

مثال-۲: در مشخصات فنی متریال SA-106/SA-106M در پاراگراف 16.3 Thickness به صراحت قید شده است که حداقل ضخامت دیواره در هر نقطه از لوله نباید بیشتر از 12.5% از ضخامت اسمی لوله کمتر باشد.

16.3 Thickness — The minimum wall thickness at any point shall not be more than 12.5% under the specified wall thickness. **SA-106/SA-106M**

تصویر ۷۶۴: کاهش ضخامت مجاز در لوله ASME Sec. II-A-2019-SA-106

■ - کاهش ضخامت در متریال SA-312/SA-312M

مثال-۳: در مشخصات فنی متریال SA-312/SA-312M

***- پاراگراف 9. Permitted Variations in Wall Thickness به صراحت قید شده است که حداقل ضخامت دیواره در هر نقطه از لوله باید در محدوده ی تلورانسهای مشخص شده در جدول ۳ باشد با رجوع به این جدول مشخص می شود که محدوده ی تلورانس کاهش ضخامت با توجه به قطر لوله باید زیر 12.5% ضخامت اسمی لوله باشد.

SA-312/SA-312M

9. Permitted Variations in Wall Thickness

9.1 In addition to the implicit limitation of wall thickness for seamless pipe imposed by the limitation on weight in Specification A999/A999M, the wall thickness for seamless and welded pipe at any point shall be within the tolerances specified in Table 3, except that for welded pipe the weld area shall not be limited by the "Over" tolerance. The wall thickness and outside diameter for inspection for compliance with this requirement for pipe ordered by NPS and schedule number is shown in Table X1.1.

TABLE 3 Permitted Variations in Wall Thickness

NPS Designator	Tolerance, % from Nominal	
	Over	Under
1/8 to 2 1/2 incl., all t/D ratios	20.0	12.5
3 to 18 incl., t/D up to 5 % incl.	22.5	12.5
3 to 18 incl., t/D > 5 %	15.0	12.5
20 and larger, welded, all t/D ratios	17.5	12.5
20 and larger, seamless, t/D up to 5 % incl.	22.5	12.5
20 and larger, seamless, t/D > 5 %	15.0	12.5

where:

t = Nominal Wall Thickness

D = Ordered Outside Diameter

تصویر ۷۶۵: کاهش ضخامت مجاز در لوله های استنلس استیل ASME Sec. II-A-2019-SA-312

■ - کاهش ضخامت در متریال SA-335/SA-335M

مثال -۴: در مشخصات فنی متریال SA-335/SA-335M

***- پاراگراف 11. Permissible Variations in Wall Thickness (تصویر ۷۶۶) به صراحت قید شده است که حداقل ضخامت دیواره در هر نقطه از لوله باید در محدوده‌ی تلورانسهای مشخص شده در جدول ۷ باشد با رجوع به این جدول مشخص می شود که محدوده‌ی تلورانس کاهش ضخامت با توجه به قطر لوله باید زیر 12.5% ضخامت اسمی لوله باشد.

11. Permissible Variations in Wall Thickness

SA-335/SA-335M

11.1 In addition to the implicit limitation of wall thickness for pipe imposed by the limitation on weight in Specification A999/A999M, the wall thickness for pipe at any point shall be within the tolerances specified in Table 7. The minimum wall thickness and outside diameter for inspection for compliance with this requirement for pipe ordered by NPS [DN] and schedule number is shown in ASME B36.10M.

TABLE 7 Permitted Variations in Wall Thickness

NPS [DN] Designator	Tolerance, % from Specified	
	Over	Under
1/8 to 2 1/2 [6 to 65] incl., all t/D ratios ^A	20.0	12.5
Above 2 1/2 [65], t/D ≤ 5 % ^A	22.5	12.5
Above 2 1/2 [65], t/D > 5 % ^A	15.0	12.5

^A t = Specified Wall Thickness; D = Specified Outside Diameter.

تصویر ۷۶۶: کاهش ضخامت مجاز در لوله ASME Sec. II-A-2019-SA-335

قانون 12.5% در همه موارد صدق نمی کند به مثالهای زیر دقت شود:

■ - کاهش ضخامت در متریال SA-358/SA-358M

مثال -۵: در مشخصات فنی متریال SA-358/SA-358M

***- پاراگراف 8. Permissible Variations in Wall Thickness به صراحت قید شده است که حداقل ضخامت دیواره در هر نقطه از لوله نباید بیشتر از 0.01 in. [0.3 mm] از ضخامت اسمی لوله کمتر باشد.

8. Permissible Variations in Dimensions

SA-358/SA-358M

8.1.4 *Thickness*—The minimum wall thickness at any point in the pipe shall not be more than 0.01 in. [0.3 mm] under the nominal thickness.

تصویر ۷۶۷: کاهش ضخامت مجاز در لوله ASME Sec. II-A-2019-SA-358

■ - کاهش ضخامت در مترپال SA-671/SA-671M

مثال ۶-: در مشخصات فنی مترپال SA-671/SA-671M در پاراگراف 11.2.4 Thickness به صراحت قید شده است که حداقل ضخامت دیواره در هر نقطه از لوله نباید بیشتر از $0.01\text{ in. [0.25 mm]}$ از ضخامت اسمی لوله کمتر باشد.

11. Dimensions, Mass and Permissible Variations

SA-671/SA-671M

11.1 The wall thickness and weight for welded pipe furnished to this specification shall be governed by the requirements of the specification to which the manufacturer ordered the plate.

11.2.4 *Thickness*—The minimum wall thickness at any point in the pipe shall not be more than 0.01 in. [0.3 mm] under the specified nominal thickness.

11.2 Permissible variations in dimensions at any point in a length of pipe shall not exceed the following:

تصویر ۷۶۸: کاهش ضخامت مجاز در لوله ASME Sec. II-A-2019-SA-671

■ - کاهش ضخامت در مترپال SA-691/SA-691M

مثال ۷-: در مشخصات فنی مترپال SA-691/SA-691M در پاراگراف 11.2.4 Thickness (تصویر ۷۶۹) به صراحت قید شده است که حداقل ضخامت دیواره در هر نقطه از لوله نباید بیشتر از 0.01 in. [0.3 mm] از ضخامت اسمی لوله کمتر باشد.

11. Dimensions, Mass, and Permissible Variations

SA-691

11.1 The wall thickness and weight for welded pipe furnished to this specification shall be governed by the requirements of the specification to which the manufacturer ordered the plate.

in a length of pipe shall not exceed the following:

11.2.4 *Thickness* — The minimum wall thickness at any point in the pipe shall not be more than 0.01 in. (0.3 mm) under the specified nominal thickness.

11.2 Permissible variations in dimensions at any point

تصویر ۷۶۹: کاهش ضخامت مجاز در لوله ASME Sec. II-A-2019-SA-691

نکته مهم: باید در نظر داشت، کاهش ضخامت مجاز در هر شرایطی نباید از حداقل ضخامت مورد نیاز (t_m) تجاوز کند. در ضمن کاهش ضخامت مجاز در حد 12.5% درصد یک قانون کلی برای همه مترپال های آهنی نیست بلکه مترپال هایی وجود دارند که درصد کاهش ضخامت آنها بسیار کمتر از 12.5% است.

■ - کاهش ضخامت مجاز در اتصالات (Fittings)

■ - کاهش ضخامت در مترپال SA-403/SA-403M

در یک قطعه اتصال مانند زانو (Elbow) یا سه راهی (Tee) ضخامت در همه نقاط آن باید حداقل 87.5% درصد از ضخامت اسمی را داشته باشد. به عبارتی دیگر کاهش ضخامت مجاز نباید بیشتر از 12.5% درصد ضخامت اسمی آن قطعه باشد.

توجه: این قانون در اتصالات استنلس استیل مانند SA-403, SA-815 و نیز در کربن استیل مانند SA-234 وجود دارد.

10. Surface Finish, Appearance, and Corrosion Protection

10.1 The requirements of Specification A960/A960M apply except as modified as follows:

10.6 When the removal of a surface discontinuity reduces the wall thickness below $87\frac{1}{2}\%$ of the specified nominal wall thickness at any point, the fitting shall be subject to rejection or to repair as provided in 11.

SA-403/SA-403M

تصویر ۷۷۰: کاهش ضخامت مجاز در فیتینگهای استنلس استیل ASME Sec. II-A-2019-SA-403

کاهش ضخامت مجاز در متریال SA-403 مطابق با پاراگراف 10.6 (تصویر ۷۷۰)، اینگونه تعیین شده است که ضخامت در تمام نقاط فیتینگ باید حداقل ۸۷.۵٪ درصد از ضخامت اسمی را داشته باشد. به عبارتی دیگر کاهش ضخامت مجاز نباید بیشتر از ۱۲.۵٪ درصد ضخامت اسمی آن قطعه باشد.

■ کاهش ضخامت در متریال SA-815/SA-815M

11. Workmanship, Finish, and Appearance

11.2 Surface discontinuities deeper than 5 % of the specified nominal wall thickness, except as defined in 11.3 and 11.4, shall be removed by the manufacturer by machining or grinding to sound metal, and the repaired areas shall be well faired. The wall thickness at all points shall be at least 87½ % of the specified nominal wall thickness, and the diameters at all points shall be within the specified limits.

SA-815/SA-815M

11.5 When the removal of a surface discontinuity reduces the wall thickness below 87½ % of the specified nominal wall thickness at any point, the fitting shall be subject to rejection or to repair as provided in 11.6.

تصویر ۷۷۱: کاهش ضخامت مجاز در فیتینگهای استیل ASME Sec. II-A-2019-SA-815

کاهش ضخامت مجاز در متریال SA-815 مطابق با پاراگراف 11.2 (تصویر ۷۷۱) اینگونه تعیین شده است که ضخامت در همه نقاط فیتینگ باید حداقل ۸۷.۵٪ درصد از ضخامت اسمی را داشته باشد. به عبارتی دیگر کاهش ضخامت مجاز نباید بیشتر از ۱۲.۵٪ درصد ضخامت اسمی آن قطعه باشد.

■ کاهش ضخامت در متریال SA-234/SA-234M

13. Surface Quality SA-234/SA-234M

13.1 See Specification A 960/A 960M.

SA-960/SA-960M

15.3 Fittings supplied under this specification shall be examined visually. Selected typical surface discontinuities shall be explored for depth. Unless otherwise specified in the purchase order, the following shall apply.

15.3.2 Surface discontinuities deeper than 5% of the specified nominal wall thickness, except as defined in

15.3.3 and 15.3.4, shall be removed by the manufacturer by machining or grinding to sound metal, and the repaired areas shall blend smoothly into the contour of the finished fitting. Except for fittings conforming to MSS-SP-75, the wall thickness at all points shall be at least the specified minimum wall thickness, or 87½% of the specified nominal wall thickness and the diameters shall be within the limits specified in the applicable dimensional standards.

تصویر ۷۷۲: کاهش ضخامت مجاز در فیتینگهای کربن استیل ASME Sec. II-A-2019-SA-234

کاهش ضخامت مجاز در اتصالات (Fittings) متریال کربن استیل SA-234 :

کاهش ضخامت مجاز در متریال SA-234 مطابق با پاراگراف 13 (تصویر ۷۷۲) بدینگونه است که کیفیت سطح را به استاندارد SA-960 ارجاع داده و در پاراگراف 15.3.2 استاندارد SA-960 برای کاهش ضخامت مجاز آن همان قانون حداقل ۸۷.۵٪ درصد را قید کرده است یعنی: ضخامت در همه نقاط آن باید حداقل ۸۷.۵٪ درصد از ضخامت اسمی را داشته باشد. به عبارتی دیگر کاهش ضخامت مجاز نباید بیشتر از ۱۲.۵٪ درصد ضخامت اسمی آن قطعه باشد.



Weldolet

Split Tee

۳۵) اصطلاحات فنی

☀ - اصطلاحات فنی (TERMINOLOGY)

این بخش توسط آقای مهندس پرویز صابرپور تهیه شده است که جا دارد از زحمات ایشان تشکر و قدردانی نمایم زیرا ممکن است برخی از اصطلاحات فنی برای تعدادی از کارشناسان و فراگیران محترم مبهم باشد که خوشبختانه با تلاش ایشان برخی از این ابهامات و سئوالات پاسخ داده شده است.

TERMINOLOGY

در این بخش سعی شده است برخی اصطلاحات فنی که در فرآیندها و پروژه های مختلف صنعتی رایج می باشند بطور مختصر تشریح گردند البته فراگیران برای دستیابی به اطلاعات دقیق و کامل تر در زمینه اصطلاحات مذکور بایستی به مراجع و منابع معتبر مربوطه مراجعه نمایند.

Agreement: تفاهم نامه ای است که بر اساس نظرات طرفین میان کارفرما و پیمانکار تنظیم می شود و قبل از محکمه قانونی وجهه قانونی و حقوقی ندارد و تفاوت آن با قرارداد در این است که مفاد قرارداد بطور قانونی و حقوقی لازم الاجرا است و نمی توان مفادی از آن را نقض کرد و چنانچه مفادی از آن نقض گردد بطور خود به خود غیر قانونی می باشد در حالیکه در تفاهم نامه چنانچه مفادی نقض گردد بایستی در محکمه قانونی (دادگاه) اثبات گردد.

Alloy: آلیاژی که از یک فلز اصلی که آن را فلز پایه می نامند با یک یا چند عنصر فلزی یا غیر فلزی ترکیب شده باشد را Alloy می گویند، مانند کربن استیل که ترکیبی از آهن که فلز پایه است با کربن که یک عنصر غیر فلزی است. آلیاژها بر اساس فلز پایه شان به دو دسته تقسیم میشوند:

۱- آلیاژهای آهنی (Ferrous): فلز پایه در این آلیاژها آهن است و با توجه به میزان کربن به دو دسته فولاد و چدن تقسیم می شوند.

۲- آلیاژ غیر آهنی (Non-ferrous): فلز پایه در این آلیاژها فلزی غیر از آهن است مانند آلیاژهای پایه نیکل که فلز پایه آن نیکل است یا آلیاژ پایه تیتانیوم که فلز اصلی یا پایه آن عنصر تیتانیوم است.

As-weld: جوشی که هیچگونه عملیات حرارتی یا عملیات مکانیکی (مانند Peening و...) یا عملیات شیمیایی بر روی آن انجام نشده باشد.

ANSI (موسسه استاندارد ملی آمریکا): بیانگر American National Standard Institute است. ANSI یک استاندارد از پیش تهیه شده نمی باشد بلکه یک موسسه غیر دولتی (NGO) برای استاندارد سازی است که در سال ۱۹۱۸ در آمریکا تاسیس گردید. در واقع موسسه ANSI تمام استانداردهای ایالت های مختلف آمریکا را بررسی و یکسان سازی می نماید تا آن استانداردها در تمام ایالت های کشور آمریکا قابل اجرا گردند.

Batch No : شماره ای که برای تعداد اندکی از محصول یا متریال مشخص شده ای که در شرایط یکسان تولید شده اند، بکار می رود. Batch معمولاً کوچکتر از Lot می باشد. (ASTM E 456)

Build Up : ترمیم و پوشش دادن سطحی فلز پایه بوسیله رسوب جوش برای اصلاح نمودن ابعاد آن است. مانند لبه سازی یا پر کردن شیارهای سطحی بر روی فلز پایه. در Build Up ممکن است آنالیز شیمیایی فلز جوش با آنالیز شیمیایی فلز پایه یکسان نباشد.

Buried : این ترم معمولاً در زمینه خطوط زیر زمینی استعمال می گردد. Buried در واقع دفن شدن لوله ها در زیر زمین است. این ترم ممکن است به جای ترم Underground (خطوط زیر زمینی) استفاده شود.

Buttering : پوشش دادن سطحی یک فلز پایه بوسیله رسوب جوش برای نزدیک کردن خواص متالورژیکی آن با فلز پایه دیگری که ممکن است به یکدیگر متصل شوند.

Carbon Steel : فولادی است که مقدار کربن آن نباید بیشتر از ۲/۱۱ درصد وزنی و مقدار منگنز آن نیز نباید بیشتر از ۱/۶۵ درصد وزنی باشد، ولی هیچ محدودیتی برای حداقل کرم، نیکل، مولیبدن، تنگستن، زیرکونیوم و وانادیوم در آن وجود ندارد. کربن استیل معمولاً به ۴ دسته کم کربن، کربن متوسط، پر کربن و بسیار پر کربن (Ultra High Carbon) تقسیم می شوند.

CASTI : بیانگر Code and Standard Training Institute است. Casti یک موسسه بین المللی برای آموزش کُد و استاندارد می باشد. این موسسه در سال ۱۹۸۲ میلادی توسط آقای جان برینگاس (John Bringas) در کانادا تاسیس گردید، ایشان دارای تحصیلات مهندسی متالورژی و ۳۵ سال تجربه کار حرفه ای در زمینه بازرسی می باشد. او به مدت طولانی عضو کمیته های استاندارد ASTM, NACE و نیز نماینده کشور کانادا در ISO- TC17- SC4 بوده است، همچنین ایشان مولف کتاب راهنمای استاندارد ASTM Hand Book می باشد. Casti دوره های آموزشی زیادی در زمینه استاندارد های API, ASME, CSA, NACE, ISO برگزار کرده است. مربیان و استادان این موسسه اعضای کمیته های کُد و استانداردهای مختلف می باشند. دوره های آموزشی Casti جهت آموزش بازرسان، مهندسان، تکنولوژیست ها، طراحان، ناظران، تعمیرات، تضمین کیفیت (QA) در صنایع مختلف نفت و گاز و پتروشیمی، پالایشگاهها و کارخانجات کاغذ سازی و... انجام می شود.

CB : بیانگر Certification Body است. CB یک سازمان بی طرف و مستقل می باشد که محصولات یا تولیدات مشخصی را تأیید و تضمین (Certify) می نماید. این ترم در واقع همان TPA می باشد مانند سازمان های GL, IS, BV, SGS

Certification: تأیید و امضاء مدارک پرسنل یا مدارک مربوط به فرآیند یک تولید توسط شخص ثالث را Certification می گویند.

Certified Authority: سازمان شخص ثالث که کارها و فعالیت های یک فرآیند مشخص شده را تأیید و تضمین می نماید.

Cladding: پوشش دادن سطحی فلز برای افزایش مقاومت در برابر خوردگی و حرارت است. این عملیات معمولاً در فرآیند تولید متریال ها بوسیله Rolling یا Pressing تحت فشار بالا انجام می گیرد البته این عملیات ممکن است بوسیله رسوب فلز جوش (جوشکاری) نیز انجام شود.

Clousure Weld: آخرین اتصال جوش در سیستم لوله کشی و متعلقات آن است که تست نشتی نمی شود و بایستی بوسیله آزمایش In-process یا آزمایش RT/UT بازرسی و آزمایش شود.

Consortium (کنسرسیوم): ائتلاف چند شرکت یا سازمان با یکدیگر برای انجام دادن پروژه یا کاری بزرگ است که در آن سهم هر کدام از شرکتها بطور جداگانه مشخص شده است و هر شرکت بطور مستقل مسئول تعهدات خود می باشد. کنسرسیوم ممکن است در مورد یک یا چندین پروژه بزرگ باشد.

CSWIP: بیانگر Certification Scheme for Welding and Inspection Personnel است. CSWIP در واقع خدمات رویه تأییدیه جوشکاری و تأیید کردن پرسنل بازرسی در زمینه های جوش، رنگ، حفاظت کاتدیک، NDT و ... را مطابق با استاندارد های جهانی ارائه می دهد و توسط هیات مدیریت CSWIP کنترل می شود. تأییدیه ها و ممیزی ها معمولاً توسط خدمات اعتبار گذاری بریتانیا انجام می شود.

Cyclic Load: نیروهایی که بطور مکرر بر یک قطعه وارد می شوند و ممکن است منجر به خستگی قطعه (Fatigue) گردند، مانند سیکل های مختلف فشار یا سیکل های مختلف دما.

Dilution: تغییر ترکیبات شیمیایی موجود در الکتروود یا فیلر جوشکاری به علت ترکیب شدن در عناصر فلز پایه و یا در عناصر فیلر یا الکتروود جوشکاری که در پاسهای قبلی استفاده شده اند. عواملی همچون زاویه الکتروود – ولتاژ – آمپراژ و سرعت دست جوشکار در میزان Dilution مؤثر می باشند.

Discontinuity/ Imperfection: هر گونه ناپیوستگی در ساختار فلز (جوش/فلز پایه) یا ناهمگنی در خواص مکانیکی، فیزیکی و متالورژیکی فلز است. چنانچه مقدار Discontinuity بیشتر از حد مجاز (معیار پذیرش) باشد به عنوان عیب

(Defect/Flaw) محسوب می شود، البته Flaw می تواند ضرورتاً قابل مردود شدن (Rejectable) نباشد. (ASTM E 1316)

Ditching: این ترم معمولاً در لوله کشی زیر زمینی (Underground) بکار می رود. Ditching در واقع حفر کانال یا گودال برای دفن کردن لوله ها می باشد.

Double Joint: جوش دادن دو لوله با طول استاندارد (۶ متری / ۱۲ متری / ۱۵ متری / ۱۸ متری و ۲۴) به یکدیگر را Double Joint می گویند، این عملیات ممکن است در کارخانه ساخت یا بیرون از کارخانه ساخت (Site) انجام شود ولی الزامات آن با Joints متفاوت می باشد. در لوله سازی معمولاً به لوله های با طول استاندارد ۶ متر Single Random و به لوله های با طول استاندارد ۱۲ متر Double Random می گویند. در این تعریف Joint در واقع همان Lenght (طول لوله) می باشد.

Drying: این ترم در تست های ناشی به منزله خشک کردن فوری تجهیز یا لوله پس از تست هیدرواستاتیک می باشد زیرا زمان زیاد برای نگهداری آب در تجهیزات یا لوله ها موجب بالا رفتن غلظت کلراید و نیز تجمع یون های خورنده می گردد و ممکن است پس از تست هیدرواستاتیک، آب های باقی مانده در تجهیزات یا لوله ها یا در شیارهای موجود به عنوان یک الکترولیت عمل کرده و باعث خوردگی موضعی شوند، در چنین حالتی ممکن است آب های باقیمانده در تجهیز یا لوله به تدریج تبخیر شوند و موجب بالا رفتن میزان کلراید و در نهایت افزایش خوردگی شوند. بنابراین پس از اتمام مراحل تست هیدرواستاتیک بایستی آب موجود در تجهیزات یا لوله ها بطور کامل تخلیه شود و با دمش هوا کاملاً خشک گردد و در صورت عدم تخلیه فوری تجهیز یا لوله، بایستی آب را بصورت متناوب به جریان (Circulation) در آورد، همچنین در صورت بالا بودن رطوبت هوا، بایستی هوا را در کمترین دمای ممکن استفاده نمود تا کندانس شدن رطوبت هوا درون تجهیز یا لوله به حداقل برسد. در تست هیدرواستاتیک استنلس استیل باید از آب با کلراید پایین استفاده نمود ولی اگر چنین شرایطی وجود نداشته باشد می توان آب را با استفاده از سود سوزآور در ناحیه قلیایی با $PH\ 5.7 \sim 10$ نگهداری کرد تا از خوردگی موضعی یا خوردگی حفره ای (Pitting) جلوگیری گردد یا چنانچه زمان تماس و دمای آب کم باشد می توان از آب هایی با میزان کلراید بالاتری برای تست هیدرواستاتیک استنلس استیل استفاده نمود. Drying در مترال های استنلس استیل آستینیتی از حساسیت ویژه ای برخوردار است زیرا این مترال به خوردگی Pitting و SCC بسیار حساس بوده و ممکن است در صورت عدم صحیح خشک کردن آب، یونهای خورنده موجود در آب به خصوص یون کلر با گذشت زمان موجب تخریب لایه اکسید کروم (Passive) شود.

Engineering Design (نقشه مهندسی یا طرح مهندسی یا مدارک مهندسی): طراحی تفصیلی یا کلیه جزئیات مربوط به مدارک و طرح های مهندسی همچون نقشه ها، مشخصات فنی (Specification) و کلیه پارامترهای طراحی در زمینه

ساخت و نصب که بایستی با الزامات کدهای مرجع مطابقت داشته باشند را طرح یا نقشه مهندسی می گویند. این ترم نباید بصورت نادرست به جای مهندسی طرح (Design Engineering) تعبیر شود. (ASME B 31.4)

Engineering Judgment (قضاوت مهندسی): این ترم در کد و استاندارد های مختلف استفاده شده است. منظور از قضاوت مهندسی یعنی اظهار نظر فنی بر اساس دانش و تجربه بوسیله یک طراح یا مهندس مجرب و آگاه است. قضاوت مهندسی و اظهار نظر فنی باید با ماهیت و الزامات کد و استاندارد سازگار باشد و هرگز نباید الزامات ضروری کد را در جهت آسانتر کردن کار نقض نماید زیرا ماهیت کدها و استاندارد ها بر اساس حداقل الزامات (Minimum Requirement) تعیین شده اند، همچنین از قضاوت مهندسی نباید به عنوان دستاویزی برای نقض کردن مواردی که کد آنها را ممنوع و نهی کرده است استفاده شود، زیرا به هیچ وجه قضاوت مهندسی یا دانش مهندسی و تجربی نمی توانند جایگزین الزامات کد یا استاندارد شوند. بطور مثال ممکن است در یک کد، تلورانس های مربوط به سایز، ضخامت ذکر نشده باشند، در این صورت، طراح ممکن است تلورانس های مجاز را بر اساس قضاوت مهندسی خود تعیین نماید یا ممکن است تلورانس های ابعاد، ضخامت، سایز در کد وجود داشته باشند ولی بر حسب شرایط، طراح خود اقدام به تعیین تلورانس ها می نماید، در این صورت تلورانس های تعیین شده نباید در جهت آسانتر کار، الزامات ضروری کد را کاهش دهد یا نقض نماید ولی طراح می تواند تلورانس های در نظر گرفته شده را نسبت به الزامات ضروری کد با شرایط و ضوابط سخت گیرانه تری تعیین نماید. گاهی ممکن است به جای این ترم از عبارت Engineering Sense (قضاوت مهندسی) استفاده شود.

Flexibility Analysis: این ترم در کدهای مختلف طراحی بیان شده است. Flexibility Analysis در واقع فرآیند محاسبه نیروها و تنش های موجود در سیستم لوله کشی ناشی از تغییرات دمایی، گرادیان و سیکل های حرارتی، وزن لوله و اتصالات، فشار استاتیکی و آنالیز ارتعاشات سیستم لوله کشی است و هدف آن عبارت است از:

- در نظر گرفتن تکیه گاه (Support) مناسب در سیستم لوله کشی برای مقاومت در برابر نیروهای همچون فشار، وزن، زمین لرزه و باد است تا از شکست و فرو ریختن (Collapse) قطعه یا سیستم جلوگیری گردد.
- فراهم کردن و ایجاد انعطاف پذیری مناسب در سیستم لوله کشی برای مواجه شدن با تغییرات طول ناشی از نوسانات دمایی و نیز تنش ها و شکست های ناشی از جا به جایی (Displacement) لوله ها و شیرآلات در سیستم لوله کشی و تجهیزات همچون پمپ ها و توربین ها می باشد.
- جلوگیری از نیروها و تنش های زیاد بر روی تجهیزات و لنگرگاهها

FFS: بیانگر Fitness For Service است. FFS بر اساس استاندارد API RP 579/ASME FFS-1 انجام می شود. این روش در لوله کشی (Piping) - خطوط لوله (Pipeline) - مخازن ذخیره - مخازن تحت فشار - سازه های دریایی - پلها - کشتی ها و هواپیما کار برد دارد. FFS برای ارزیابی خوردگی کلی - خوردگی موضعی - خوردگی حفره ای (Pitting) - حمله های هیدروژنی - ترکها - ترک هیدروژنی - Dent - Lamination - ناترازی ها و اعوجاج های مکانیکی - و نیز

ارزیابی تافنس متریال و ارزیابی عمر باقی مانده متریال یا قطعه در شرایط سرویس (Operation) بکار می رود و مشخص می نماید با توجه به مدت زمان سرویس (Service Life) قطعه یا متریالی که شامل یکی از عیوب مذکور می باشد تا چه مدت می تواند بطور ایمن در شرایط سرویس باقی بماند، بدون اینکه مشکلاتی همچون Rapture یا Collapse ایجاد شود. هدف از انجام FFS جلوگیری از تعمیر - تعویض و جلوگیری از خارج گردیدن سیستم (پالایشگاه) از سرویس (Shut Down) و نیز کاهش هزینه ها و بدست آوردن بهره وری و هزینه سودمند (Cost Effectiveness) می باشد. ارزیابی FFS در سه سطح تعیین شده است :

سطح یک (Level I): در این سطح ممکن است ارزیابی FFS توسط بازرس یا مهندس (طراح) صنعتی انجام شود.

سطح دو (Level II): در این سطح ارزیابی باید توسط یک مهندس (طراح) صنعتی انجام شود.

سطح سه (Level III): در این سطح ارزیابی بایستی توسط یک مهندس (طراح) صنعتی متخصص و حرفه ای یا توسط یک تیم مهندسی که حداقل دارای یک مهندس متخصص و حرفه ای می باشد انجام گیرد. برای انجام محاسبات FFS بایستی کلیه پارامترها همچون شرایط سرویس - آنالیز تنش - کلیه نتایج تست های غیر مخرب (NDT) و خواص مکانیکی و متالورژیکی متریال در اختیار باشد. آنالیز تنش ممکن است بوسیله فرمولهای رایج در استاندارد یا بوسیله نرم افزار و متالورژیکی متریال در اختیار باشد. آنالیز تنش ممکن است بوسیله فرمولهای رایج در استاندارد یا بوسیله نرم افزار FEA (Finite Element Analysis) انجام شود.

Fiber Stress: تنش موضعی بر روی سطح کوچک یک مقطع که بطور متمرکز می باشد، مانند یک تیر که تحت نیروی خمشی قرار می گیرد. تنش ها یا نرمال (کششی یا فشاری) هستند یا برشی می باشند.

F.O.B: بیانگر Free On Board است. فوب یعنی تحویل کالا در عرشه کشتی است و فروشنده موظف است کالا را بوسیله کشتی در بندر به صورت صحیح و سالم تحویل خریدار یا نماینده خریدار دهد و پس از آن هیچگونه مسئولیتی بر عهده فروشنده نمی باشد.

Hammering: این ترم در جوشکاری به معنی ضربات بیش از حد الکتروود بر روی سطح فلز در ابتدای شروع سیکل جوشکاری است و در سیالات به معنی چکش آبی است بطوریکه وقتی سیال در درون لوله در حال جریان می باشد ممکن است کم و زیاد شدن شدت جریان یا باز و بسته شدن شیر آلات (Valve) باعث تغییر ناگهانی جریان سیال و افت فشار به صورت یک موج فشاری زودگذر در طول لوله گردد، ضربات ناشی از این پدیده بسیار سنگین و خطرناک می باشد و ممکن است موجب ترکیدن لوله یا خرابی شیرآلات شوند. این پدیده معمولاً در خطوط لوله تحت فشار منتهی به شیر آلات یا توربین یا سیستم های پمپاژ اتفاق می افتد.

Hardfacing: پوشش دادن سطحی فلز بوسیله رسوب جوش یا اسپری جهت بهبود مقاومت آن به سایش و ضربه است.

Hard Water (آب سخت): این ترم معمولاً در تست های هیدرواستاتیک کاربرد دارد. آب سخت، آبی است که در آن کربنات کلسیم و کربنات منیزیم وجود دارد. درجه سختی آب بر اساس اکیوالانهای کربنات کلسیم (CaO) و کربنات منیزیم (MgO) موجود در آن تعیین می شوند. اکیوالانها بر حسب میلی گرم در لیتر میباشند. درجه سختی آب در هر کشوری متفاوت می باشد.

Heat/Ladle Analysis: در کارخانجات ساخت متریال یا کارخانجات فولاد سازی نمونه ای از مذاب موجود در پاتیل (Ladle) را برای مشخص کردن درصد عناصر شیمیایی آن، آنالیز می نمایند تا چنانچه مقدار برخی عناصر مورد نیاز دچار کاهش یا افزایش شده باشند را بتوان قبل از تولید نهایی تنظیم نمود.

Heat No (شماره ذوب): در کارخانجات فولاد سازی بر روی متریال هایی که از مذاب موجود در یک پاتیل ریخته گری تولید می شوند عدد یا حروف خاصی نوشته می شود که آنرا شماره ذوب می نامند. Heat No ممکن است بوسیله عدد یا حروف یا عدد-حروف مشخص شوند. (ASTM A941). در واقع مذاب هر پاتیل ریخته گری دارای یک شماره ذوب (Heat No) مشخص و معین می باشد. از مذاب هر پاتیل ریخته گری ممکن است قطعات زیادی تولید شوند که همه آن قطعات دارای یک شماره ذوب می باشند زیرا همه آنها از مذاب یک پاتیل تولید شده اند. شماره ذوب (Heat No) یک شماره گذاری استاندارد شده یا جهانی نمی باشد بلکه نحوه ی شماره گذاری آن در حیطه اختیار کارخانه فولاد سازی است. سیستم شماره گذاری در Heat No معمولاً دارای مفاهیم خاصی است از جمله:

- ۱- اولین عدد شماره ذوب (Heat No) بیانگر شماره کوره می باشد.
- ۲- دومین عدد شماره ذوب (Heat No) بیانگر سالی است که مذاب در کوره مورد نظر تولید شده است.
- ۳- سه یا چهار شماره آخر شماره ذوب (Heat No) بیانگر شماره مذابی است که در آن سال وارد کوره شده است.

Heat No مهمترین فاکتور برای شناسایی و ردیابی (Trace) متریال ها می باشد، چنانچه چندین قطعه متریال دارای یک شماره ذوب (Heat No) مشترک باشند، بیانگر آن است که همه آن متریال ها از یک مذاب یا یک پاتیل و در یک تاریخ و در یک کوره تولید شده اند.

High Alloy Steel: فولاد هایی هستند که مقدار عناصر آلیاژی آنها (کرم- نیکل- مولیبدن و ...) بیشتر از ۵ درصد وزنی هستند، عملیات آلیاژی کردن فلزات به منظور بالا بردن کیفیت و بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی آنها است، البته فولاد های استنلس استیل و فولاد های ۹ درصد نیکل (A 353) در این دسته بندی قرار نمی گیرند. (AWS WHB-4 CH4)

Hot Tapping: تکنیک انشعاب گرفتن بوسیله اتصالات (Fitting) مکانیکی یا جوشی از سیستم زنده لوله کشی یا تجهیزاتی است که در حال سرویس می باشند. Hot Tap در واقع فرآیند برش و سوراخ کاری بر روی خطوط لوله یا مخازن یا تجهیزات تحت فشار است که در حین سرویس می باشند، بدون آنکه خللی در انجام سرویس (Operation) ایجاد گردد.

این عملیات معمولاً زمانی انجام می گیرد که خارج کردن سیستم از سرویس ممکن نباشد. Hot Tap معمولاً بر روی متریال های آستنیتی و فریتی یا متریال های غیر آهنی (آلومینیوم، مس) یا متریال های غیر فلزی (پلاستیک) انجام می شود. Hot Tap و جوشکاری نباید بر روی سرویس هایی همچون هیدروژن (مگر با رعایت شرایط ایمنی و مهندسی خاص)، پیروکسید، کلرین، یا مواد کاستیک و آمین، انجام شود. برای اطلاعات بیشتر به استاندارد API RP 2201 مراجعه شود.

Hoop Stress : این ترم معمولاً در گُدهای طراحی استعمال می گردد. Hoop Stress در واقع تنش های حلقوی می باشند که به علت نیرو ها و فشار داخلی سیال یا فشار خارجی در متریال های استوانه ای شکل همچون لوله ها یا مخازن ایجاد می گردند. وقتی سیال تحت فشار در لوله جریان دارد ممکن است تنش های حلقوی ناشی از فشار داخلی سیال باعث گسترش و افزایش قطر لوله شود. حداکثر میزان مجاز تنش حلقوی در سیستم لوله کشی به متریال بکار رفته، محل قرار گیری (Location) لوله و شرایط عملیاتی سرویس (Operation Condition) بستگی دارد. Hoop Stress بر اساس فرمول بارلو ($S = PD/2t$) محاسبه می گردد.

Impact : این تست تاثیر شرایط محیطی و شرایط دمایی سرویس و نیز تاثیر اعمال نیروهای دینامیکی بر روی خواص مکانیکی فلز را بررسی و مشخص می نماید. تست Impact برای سنجش تردی (Brittle) یا نرمی (Ductile) فلزات انجام می شود، فلزات ترد انرژی ضربه کمتری جذب می کنند و فلزات نرم انرژی ضربه بیشتری جذب می کنند. Impact جزء پارامترهای طراحی دینامیکی محسوب می شود و در سیالات ممکن است ناشی از Impingement (ذرات مایع یا جامد)، Cavitation (ترکیدن حباب ها)، نوسانات فشاری (Pressur Surge)، ارتعاشات (Vibration) یا ضربات چکش آبی (Water Hammering) باشد.

Impingement : ضربات متوالی و برخورد موضعی ذرات جامد یا مایع یک سیال بر روی سطح فلز در سرعت های بالا است که ممکن است باعث توربولانس مایع و تشکیل حباب هایی گردد. Impingement ممکن است به دو صورت اتفاق بیفتد:

Solid Impingement : ضربات متوالی ذرات جامد بر روی سطح فلز یا قطعه است که منجر به کاهش ضخامت قطعه می شود.

Liquid Impingement : برخورد یا ضربه سیال یا پرتاب قطرات سیال بر روی سطح فلز یا قطعه است که منجر به کاهش تدریجی ضخامت قطعه می شود. تفاوت دو ترم مذکور با Cavitation در این است که در Impingement در واقع خود ذرات جامد یا مایع یک سیال باعث کاهش ضخامت می گردد ولی در Cavitation ترکیدن حبابها بر روی سطح قطعه باعث کاهش ضخامت یا سایش (Erosion) می شود، این حباب ها ممکن است گاز یا بخار یا هر دو باشند.

Initial Service Leak Test : یکی از روشهای تست نشتی است که سیستم لوله کشی بوسیله سیال سرویس تحت فشار قرار میگیرد. در این روش چنانچه سیال سرویس گاز باشد بایستی قبل از انجام آن یک تست نشتی مقدماتی انجام شود.

In-process Inspection: بازرسی چشمی در حین انجام فعالیت است، مانند بازرسی Fit-up یا بازرسی از عملیات پیشگرمی، بازرسی از پاسهای میانی جوش و بازرسی از الکتروود و فیلر ها در حین جوشکاری.

ISO: بیانگر International Organization for Standardization است. ISO یک سازمان بین المللی برای استاندارد سازی می باشد و مقر آن در ژنو سوئیس می باشد.

ITP: بیانگر Inspection and Test Plan است و یکی از مهمترین مدارک مهندسی در پروژه ها می باشد که متناسب با مشخصات فنی، نقشه ها یا تفاهم نامه (Agreement) میان کارفرما و پیمانکار تهیه می شود. در ITP فعالیت ها ی بازرسی و مسئولیت ها یا ایستگاه های بازرسی (Inspection/ Test Point) برای سازمان های مختلف از جمله پیمانکار جزء (Subcontractor)، پیمانکار اصلی (General Contractor)، سازمان شخص ثالث (TPA) و کارفرما (Owner) مشخص شده است. در ITP مهمترین ایستگاه های بازرسی بشرح ذیل می باشند:

H: بیانگر HOLD است و سطحی از بازرسی است که بازرس کارفرما / خریدار باید مطابق با RFI (Request For Inspection) جهت بازرسی دعوت گردد و تا زمانی که بازرس کارفرما / خریدار حضور نیابد و بازرسی صورت نگرفته باشد ادامه مرحله بعدی فعالیت برای پیمانکار / سازنده مجاز نمی باشد، در واقع دعوت و حضور بازرس کارفرما / خریدار جهت بازرسی فعالیت ضروری می باشد و در صورت عدم حضور بازرس کارفرما / خریدار آن فعالیت برای پیمانکار / سازنده تأیید شده محسوب نمی باشد. در استاندارد API 618 برای چنین سطحی از بازرسی از ترم Witnessed استفاده شده است.

W: بیانگر Witness است و سطحی از بازرسی است که بازرس کارفرما / خریدار باید مطابق با RFI (Request For Inspection) جهت بازرسی دعوت گردد و چنانچه بازرس کارفرما / خریدار طبق زمان مشخص شده در RFI حضور نیابد ادامه مرحله بعدی فعالیت برای پیمانکار / سازنده مجاز می باشد، در واقع دعوت بازرس کارفرما / خریدار برای بازرسی فعالیت پیمانکار / سازنده ضروری است. بازرس در ایستگاه Witness Point بایستی برای بازرسی حضور یابد و مشاهدات خود را بصورت مکتوب (OK / Rej) اعلام نماید. در استاندارد API 618 برای چنین سطحی از بازرسی از ترم Observed استفاده شده است. نقطه مشترک Hold Point و Witness Point در این است که در هر دو ایستگاه بازرسی مذکور بازرس بایستی جهت بازرسی فعالیت حضور مستقیم داشته باشد و نقطه تمایز آنها در اهمیت و حساسیت فعالیت است بطوریکه در ایستگاه Hold Point چنانچه بازرس به دلایلی حضور نیابد تأیید و ادامه آن فعالیت برای پیمانکار یا مجری مجاز نمی باشد زیرا از اهمیت و حساسیت ویژه ای برخوردار است ولی در ایستگاه Witness Point چنانچه بازرس به دلایلی حضور نیابد سازنده یا پیمانکار می تواند به فعالیت خود ادامه دهد.

R: بررسی مدارک مربوط به نتایج آزمایشات یا نتایج بازرسی ها است که بایستی مطابق با مدارک مهندسی پروژه (Spec) یا دستورالعمل ها یا نقشه ها باشند و نیازی به صدور RFI ندارد.

Monitoring: بازرسی های سرزده به صورت متوالی و دوره ای (متناوب) در حین انجام فعالیت می باشند و نیازی به صدور RFI ندارند، مانند کنترل عملیات پیشگرمی یا کنترل الکتروود در حین عملیات جوشکاری که در سایت انجام می گیرد.

RFI یا Notification فرمتی است که از جانب پیمانکار / سازنده جهت دعوت بازرس کارفرما / خریدار برای بازرسی فعالیتی صادر می شود و در آن زمان و مکان و کلاس بازرسی مشخص شده است.

Jointer : این ترم در استاندارد API 5L استفاده می شود. در کارخانجات ساخت لوله، اتصال دادن یا جوشکاری کردن دو لوله به یکدیگر است را Jointer می گویند. در Jointer طول هر لوله نباید کمتر از ۱٫۵ متر باشد. تفاوت این ترم با ترم Double Joint در این است که در Double Joint طول هر دو لوله باید استاندارد (۶ متر ، ۱۲ متر، ۱۵ متر، ۱۸ متر، و ۲۴ متر) باشند و فاقد هر گونه کاهش طول باشند اما در Jointer طول هر لوله می تواند کمتر از طول استاندارد آن باشد ولی هرگز نباید کمتر از ۱/۵ متر باشد.

Joint Venture : سرمایه گذاری مشترک چند شرکت برای انجام دادن کاری یا پروژه ای است بطوریکه آنها به نسبت سرمایه گذاری خود در درآمد و هزینه و سود شرکت سهام و شریک می باشند. در این روش قرارداد هر شرکت نسبت به شرکت دیگر بطور جداگانه عهده دار تعهدات خود می باشد ولی در برابر کارفرما نسبت به تعهدات خود به صورت مشترک مسئول می باشند. Joint Venture فقط در مورد یک پروژه انجام می گیرد و پس از پایان پروژه یا اتمام کار، منتفی می گردد، ولی چنانچه دو یا چند شرکت با هم سرمایه گذاری کنند و یک شرکت جدید و دائمی تاسیس نمایند به آن J.V.C می گویند.

Ladle : پاتیل ریخته گری که با مواد نسوز مسلح شده است و از آن برای ریختن یا انتقال مذاب استفاده می شود.

Lap : نوعی عیب سطحی است که ظاهری شبیه به ترک یا درز دارد و معمولاً در فرآیند های آهنگری یا نورد بر روی سطح فلزات یا قطعات یا در گوشه های تیز ایجاد می شود. این عیب در فرآیند تولید متریال به علت برخورد دو جریان مایع در درون قالب ریختگری ایجاد می شود.

Line Up : این ترم معمولاً در خطوط لوله (Pipeline) بکار می رود. Line Up در واقع ریسه کردن لوله ها در کنار یکدیگر یا در یک صف قرار دادن لوله ها و آماده کردن آنها برای مونتاژ و جوشکاری می باشد.

Lot No : شماره ای است که برای تعداد مشخصی از یک محصول یا متریال که در یک زمان و طی یک فرآیند و در یک شرایط یکسان تولید شده اند، در نظر گرفته می شود. هدف از تقسیم بندی متریال ها بر اساس Lot معمولاً نمونه گیری (Sampling) برای آزمایشات مورد نیاز و یا ردیابی آسانتر برای بازرسی متریال ها می باشد. (ASTM E 456)، بطور مثال استاندارد ASTM A106 برای هر ۴۰۰ شاخه لوله زیر ۶ اینچ یک Lot در نظر گرفته است و برای ۶ اینچ و بالاتر نیز برای هر ۲۰۰ شاخه لوله یک Lot تعیین نموده است.

Low Alloy Steel : فولاد هایی هستند که مقدار عناصر آلیاژی آنها (کرم- مولیبدن- نیکل و...) کمتر از ۵ درصد وزنی می باشند. فولاد کربن استیل در این دسته قرار نمی گیرد.

Lowering: این ترم معمولاً در زمینه خطوط زیر زمینی استعمال می گردد. Lowering در واقع قرار دادن و خواباندن لوله ها در کانال یا گودال می باشد.

MC: بیانگر Management Consulting (مشاور مدیریت) است و عضوی از بدنه کارفرما محسوب می شود که به عنوان نماینده کارفرما به انجام خدمات مدیریت در زمینه ساخت یا طراحی یا موارد دیگر می پردازد. گاهی ممکن است به جای این ترم از عبارت Management Contracting (پیمانکاری مدیریت/ مدیریت پیمانی) استفاده شود.

MC Book: بیانگر Mechanical Completion Book است. MC Book شامل کتابچه یا پرونده و مدارک نهایی و تأیید شده کلیه فعالیت های مکانیکی در مرحله ساخت یک پروژه (Construction) می باشد، که بایستی مطابق با نقشه ها، دستورالعمل ها و مدارک مهندسی و الزامات پروژه باشند. در واقع پیمانکار مجری، پس از تکمیل نمودن کارهای مکانیکی مربوط به نصب تجهیزات، الکتریکال، ابزار دقیق، لوله کشی، سازه های فلزی، عایق و HVAC، کلیه مدارک نهایی و تأیید شده فعالیت های مذکور را تحویل (Hand Over) گروه راه اندازی (Commissioning) می نماید. گاهی به جای این اصطلاح از ترم MC Dossier نیز استفاده می شود.

Project Milestone: ترتیب مراحل مهم اجرای یک پروژه صنعتی بر اساس اولویت یا حساسیت کار را Project Milestone می گویند. ترتیب مراحل مهم کار (Contractual Milestones) در یک پروژه صنعتی به ترتیب شامل مرحله ساخت (Construction)، مرحله پیش راه اندازی (Precomissioning)، مرحله راه اندازی (Comissioning)، مرحله آماده سازی برای شروع بکار پروژه (Preparation for Start-up) و مرحله شروع بکار پروژه یا تولید (Start-up) می باشد.

Mill Scale: لایه های اکسیدی (اکسید آهن) که در هنگام کار گرم یا عملیات حرارتی بر روی سطح فلزات یا قطعات تشکیل می شود.

MSS: بیانگر Manufacturer Standardization Society of the Valve and Fitting Industry است. در واقع انجمن استاندارد سازی سازندگان صنایع شیر آلات و اتصالات می باشد.

MTR (گزارش تست کارخانه/نورد): بیانگر Mill Test Report است و یکی از مدارک مربوط به تضمین کیفیت (QA) است که شامل ابعاد متریکال، نتایج آنالیز شیمیایی، نتایج تست های مکانیکی، شماره ذوب (Heat No) و نتایج تست های غیر مخرب و در صورت نیاز نتایج سختی سنجی می باشد که معمولاً با درخواست خریدار و بوسیله فروشنده (سازنده) تهیه کننده تهیه می شود.

NCR (گزارش عدم تطابق) : بیانگر None Conformance Report است. چنانچه در بازرسی حین کار (In-Process Inspection) یا در بازرسی پایان کار (Final Inspection) مشخص شود فعالیت انجام شده یا نتایج آزمایشات مربوط به کاری که تولید (Production) آن انجام شده است مطابق با الزامات مشخصات فنی پروژه (Spec) یا مدارک و نقشه های مهندسی نمی باشد، مجری (پیمانکار) بایستی گزارش عدم تطابق آنرا در قالب فرمت NCR همراه با موضع گیری های پیشنهادی به کارفرما ارائه نماید. موضع گیری و رعایت شرایط برای NCR در موافقت نامه میان پیمانکار و کارفرما ذکر شده است. در استاندارد برای NCR چند موضع گیری (Disposition) پیشنهاد شده است که بصورت ذیل می باشند :

- ۱- Rework (فعالیت مورد نظر باید مجدداً صورت گیرد تا مطابق با الزامات طراحی پروژه انجام گردد).
- ۲- Accept (پذیرفتن فعالیت همراه با تعمیر کردن یا عدم تعمیر آن با ادعای غرامت و خسارت از پیمانکار)
- ۳- Regrade (پذیرفتن فعالیت انجام شده بوسیله الزامات جایگزین است. در این موضع گیری ممکن است کار انجام شده با الزامات پروژه مغایر باشد ولی می توان آنرا بوسیله الزامات جایگزین پذیرفت).
- ۴- Reject/ Scrap

در زمینه NCR پیمانکار باید دستورالعمل تأیید شده ای برای Corrective Action (اقدام اصلاحی) و نیز Preventive Action (اقدام پیشگیری) داشته باشد و این اقدامات بایستی جهت اصلاح NCR ایجاد شده یا برای NCR که ممکن است در آینده ایجاد گردد، در نظر گرفته می شود، همچنین راه حل های ارائه شده بایستی متناسب با خطرات احتمالی ناشی از عدم تطابق باشند. البته ممکن است کارفرما مطابق با موافقت نامه (Agreement) پروژه، نسبت به NCR ایجاد شده، ادعای خسارت (Concession) نماید زیرا پیمانکار فعالیت انجام شده را مطابق با الزامات و طراحی های تعیین شده انجام نداده است.

OCTG Pipe : این ترم در استاندارد NACE استفاده می شود و بیانگر Oil Country Tubular Goods است. OCTG شامل لوله ها یا تیوب های فولادی است که در صنایع بالا دستی نفت استفاده می شوند، مانند Pipe Casing, Drill Pipe, Oil Pipe

O.P.I. : بیانگر Opening Package Inspection است. OPI یعنی بازرسی پس از ورود محموله به سایت یا انبار کارگاه بایستی کلیه متریال های موجود را از نظر کمی و کیفی بر اساس Packing List مورد بازرسی قرار دهد و هرگونه عیب (Damage)، کسری متریال (Shortage) یا متریال اضافی (Overage) را گزارش نماید.

Ovality : انحراف زاویه ای در قطر لوله یا تیوب یا هر چیز مدور را Ovality می گویند. در واقع Ovality اختلاف میان بیشترین و کمترین قطر لوله است که بصورت درصد مشخص می شود. (حداکثر قطر - حداقل قطر $\times 100 = \%$)

Overhaul : فرآیند انجام سرویس و بررسی های اساسی بر روی یک قطعه یا یک تجهیز یا یک سیستم از طریق باز کردن، تمیز کردن، شستن، نصب و مونتاژ کردن مجدد و در نهایت تست مجدد بر روی آنها و نیز آماده کردن برای عملکرد مجدد می باشد. Overhaul در حین سرویس (Maintenance) به منظور جلوگیری از خرابی یا از کار افتادگی قطعات یا تجهیزات انجام می شود، البته این فرآیند ممکن است همراه با تعمیر یا جایگزینی (Replacement) قطعه یا تجهیز نیز باشد.

PCN: بیانگر Personnel Certification for Non- Destructive Testing است. PCN یک رویه بین المللی برای تأیید کردن پرسنل آزمایشات غیر مخرب (NDT) بر اساس استاندارد های اروپایی و بین المللی است که زیر نظر موسسه تست های غیر مخرب بریتانیا فعالیت می کند و دارای مدارک بین المللی Level I, II, III می باشد.

Piping Component: متعلقات و کلیه المان های مکانیکی مربوط به سیستم لوله کشی مانند، لوله، اتصالات، تیوب، فلنج، شیرآلات، گسگت، پیچ و مهره، Expansion Joint، Flexible Joint، Separator، Strainer، Traps، Pressure Hose و ... است.

Piping Element: مشخصات طراحی، متریال ها، متعلقات (Component)، ساپورت ها، ساخت، آزمایش، بازرسی به عنوان المان های لوله کشی محسوب می شوند.

PMI: بیانگر Positive Material Identification است و یکی از روشهای NDT برای مشخص کردن عناصر شیمیایی و ترجیحاً عناصر آلیاژی فلز و نیز مشخص کردن گرید متریال می باشد. این روش معمولاً عناصر آلیاژی سطحی فلز را نشان می دهد. معمولاً برای PMI دو روش وجود دارد که عبارتند از:

- ۱-روش (XRF(X-Ray Fluorescence
- ۲-روش (OES(Optical Emission Spectrometry

P.O (سفارش خرید): بیانگر Purchase Order است. P.O یک سند تجاری-بازرگانی است که بوسیله خریدار تهیه می شود که در آن کلیه الزامات مورد نیاز برای کالای درخواستی خود از جمله نوع متریال، تعداد متریال، الزامات کیفی مورد نیاز، قیمت توافق شده، مدت زمان پرداخت هزینه متریال و تاریخ بارگیری و ... را مشخص می نماید و سازنده یا فروشنده نیز ملزم به رعایت کلیه الزامات تعیین شده می باشد، زیرا این سند در واقع یک قرارداد الزام آور میان خریدار و فروشنده می باشد.

Preservation: روش محافظت و نگهداری از تجهیزات نصب شده در یک سایت (پروژه) می باشد. Preservation مرحله ای است که معمولاً قبل از عملیاتی شدن (Operation) سیستم انجام می شود، البته ممکن است پس از عملیاتی شدن نیز ضروری باشد.

Processor: این ترم در استاندارد API 5L استفاده شده است و منظور از آن، شرکت یا موسسه ای است که صلاحیت و توانایی انجام عملیات حرارتی بر روی لوله هایی که بوسیله کارخانجات لوله سازی تولید می شوند را دارد.

Product/Check Analysis: کنترل نمودن آنالیز شیمیایی فلز جامد پس از تولید نهایی (Finished) است. این آنالیز شیمیایی ممکن است با درخواست خریدار و در کارخانه انجام بگیرد و معمولاً از قسمت میانی قطعه جامد یا از قطعه ای که در تست های مکانیکی دچار شکست شده است صورت میگیرد. Product Analysis معمولاً مطابق با استاندارد ASTM بطور رندوم بر روی چند قطعه متریال (تعداد قطعات در استاندارد های ASTM ذکر شده است) از هر Lot No یا از هر Heat No انجام میگیرد، بطور مثال هر Lot No لوله A106 با قطر کمتر از ۶ اینچ دارای ۴۰۰ لوله میباشد و ممکن

است آنالیز شیمیایی بر روی ۲ لوله آن انجام شود. میزان مجاز اختلاف (تلورانس) میان Heat و Heat Analysis و Product ممکن است در مدارک مهندسی پروژه یا در استاندارد مرجع ذکر شده باشد. رایج ترین دستگاه های آنالیز شیمیایی عبارتند از:

۱-دستگاه X-Ray Fluorescence Spectroscopy (XRF)

۲-دستگاه Optical Emission Spectroscopy (OES)

۳-دستگاه Atomic Absorption Spectrophotometer

۴-دستگاه Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer

۵- اندازه گیری دی اکسید کربن و دی اکسید گوگرد بوسیله هدایت حرارتی یا بوسیله دستگاه Infrared Detector

۶- تعیین کردن کربن یا گوگرد بوسیله احتراق در اکسیژن (Combustion)

۷-دستگاه Direct Plasma Emission یا دستگاه Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy(ICP)

Project Specification (مشخصات فنی پروژه) : یکی از مهمترین مدارک مهندسی می باشد که جزئیات و مشخصات حداقل الزامات کیفی یک پروژه یا پروسه را مطابق با مدارک طراحی یا اسناد قراردادی و الزامات کد و استاندارد های مرجع مشخص می نماید. Spec ها برای مراحل مختلف پروژه از جمله مرحله ساخت (Construction) یا مرحله راه اندازی (Commissioning) و تهیه می شوند. در تدوین و تهیه Spec ها، ممکن است طراح بر اساس قضاوت مهندسی (Engineering Judgment) خود الزامات Spec را نسبت به الزام کدهای مرجع سخت گیرانه تر تعیین نماید، ولی به هیچ وجه نمی تواند الزامات Spec را نسبت به الزامات کد و استاندارد های مرجع آسانتر یا کمتر در نظر بگیرد زیرا کدهای طراحی خود دارای حداقل الزامات (Minimum Requirement) می باشند. Specification ها ممکن است به صورت استاندارد باشند مانند API 5L یا ASTM A106 و یا ممکن است به صورت مشخصات فنی داخلی (In- house) باشند مانند Spec Total که بوسیله مهندسان و طراحان شرکت توتال فرانسه تهیه شده است تا در پروژه هایی که شرکت توتال فعالیت دارد مورد استفاده قرار گیرند.

Proof Test : به مجموع آزمایشاتی که برای ارزیابی مقاومت اجسام در برابر نیروهای مختلفی که در حین سرویس اعمال می گردند، Proof Test می گویند. آزمایشات Proof Test ممکن است بصورت تست های مخرب یا غیر مخرب باشد، مانند تست سختی سنجی، تست فشار، تست های شیمیایی، تست کشش، تست خمش، تست نشی و... (AWS CH-14)

PSL (سطح کیفیت تولید) : این ترم در استاندارد API 5L بیانگر Product Specification Level است که سطح کیفیت تولید متریال ها را نشان می دهد. سطح کیفیت تولید متریال های PSL 2 نسبت به سطح کیفیت متریال های PSL 1 بهتر و مناسب تر می باشند بطوریکه انجام دادن برخی الزامات همچون تست ضربه، حداکثر استحکام کششی، حداکثر استحکام تسلیم یا مقدار کربن معادل برای متریال های PSL 1 ضروری نمی باشد، در حالیکه انجام دادن برخی الزامات همچون تست ضربه، مقدار کربن معادل، حداکثر استحکام کششی، حداکثر استحکام تسلیم، ترکیبات شیمیایی و... برای متریال های PSL 2 ضروری و مهم می باشند. همچنین تعمیر بر روی بدنه متریال های PSL 2 مجاز نمی باشد در حالیکه بر روی بدنه متریال های PSL 1 مجاز می باشد. در شرایط حساس همچون محیط های ترش بایستی از متریال های PSL 2 استفاده شود.

Quality Assurance (QA): تضمین کیفیت شامل مجموعه دستورالعمل ها و مدارک و الزامات کیفی است که قبل از انجام فرآیند تولید تهیه می شوند تا کیفیت مناسب محصول را تضمین نمایند.

Quality Control (QC): کنترل و بازرسی هایی که در حین فرآیند تولید مطابق با دستورالعمل های QA انجام می گیرد را کنترل کیفیت می گویند. کنترل کیفیت بخشی از مدیریت کیفیت (QM) می باشد.

Quality plan (QP): مدارکی هستند که برای مشخص کردن جزئیات دستورالعمل های هر فعالیت و منابع مورد نیاز یک پروژه یا فرآیند تهیه می شوند. کلیه دستورالعمل های مربوط به هر فعالیت همچون دستورالعمل RT، دستورالعمل PWHT، دستورالعمل UT-PT-MT و... به عنوان QP محسوب می شوند.

Rating: حداکثر فشار کاری مجاز در دمای معینی از سرویس را ریتینگ می گویند، Pressure Rating Class فلنج ها شامل ۱۵۰ پوند، ۳۰۰ پوند، ۴۰۰ پوند، ۶۰۰ پوند، ۹۰۰ پوند، ۱۵۰۰ پوند و ۲۵۰۰ پوند می باشند. بطور مثال مطابق استاندارد ASME B16.5 فلنج کربن استیل A105 در دمای ۶۰۰ درجه فارنهایت و فشار 800 PSI باید دارای ریتینگ ۶۰۰ پوند باشد. گاهی ممکن است برای تعیین نمودن ریتینگ مناسب جهت فشار و دمای مشخصی، از عملیات اینترپولاسیون (تناسب گیری) استفاده نماییم.

RBI (بازرسی بر مبنای ریسک): بیانگر Risk based Inspection است و یک روش نوین در مدیریت بازرسی است که برای تشخیص و اولویت بندی ریسک های مربوط به تجهیزات تحت فشار و ارائه برنامه بازرسی بر اساس ریسک های محاسبه شده بکار می رود. یکی از مهمترین اهداف ارزیابی ریسک، تلاش در جهت کاهش آسیب های مکانیکی، هزینه و اتلاف مواد می باشد. در این روش ابتدا میزان احتمال (Likelihood) و پیامد یا نتیجه (Consequence) از کارافتادگی وسایل تحت فشار محاسبه شده سپس از ضرب این دو فاکتور (احتمال و پیامد) میزان ریسک بدست می آید، سپس بر اساس اندازه ریسک های بدست آمده، تجهیزات اولویت بندی شده و برنامه بازرسی که فاصله زمانی ثابتی ندارد برای آنها تعریف می گردد و تمرکز بازرسی بیشتر بر روی تجهیزاتی است که بیشترین تاثیر را بر روی ایمنی یک مجتمع پالایشگاهی خواهد داشت. معمولاً فواصل بازرسی بر اساس میزان ریسک و محدوده بازرسی بر اساس پیامد وقوع خرابی و نیز روش بازرسی (تکنیک های NDT) بر اساس احتمال وقوع خرابی تعیین می گردد.

در مورد بازرسی بر مبنای ریسک به استانداردهای API RP 580 و API RP 581 مراجعه شود.

استاندارد API RP 581 دستورالعمل های کمی برای برنامه بازرسی با استفاده از روش های بازرسی بر مبنای ریسک را برای تجهیزات ثابت تحت فشار همچون مخازن تحت فشار، سیستم لوله کشی، مخزن سازی، مبدل های حرارتی گرم ارائه می نماید. استاندارد API RP 580 نیز دستورالعمل برای گسترش دادن برنامه های بازرسی بر مبنای ریسک را برای تجهیزات ثابت در صنایع پالایشگاهی - پتروشیمی - واحدهای صنعتی شیمیایی و تاسیسات نفت و گاز ارائه می نماید.

Relevant: این ترم معمولاً در روشهای تست مایع نافذ (PT) و تست ذرات مغناطیسی (MT) استعمال می گردد.

Relevant یعنی نشانه یا عیبی (Indication) که ابعاد واقعی آن بیشتر از 1.5mm می باشد و بایستی آن را برای ارزیابی قبول یا مردود (Accept/ Reject) بودن بررسی و تفسیر نمود، ولی Non Relevant نشانه هایی هستند که قابل قبول می باشند و نیازی به ارزیابی ندارند.

Repair: هر گونه عملیات تعمیر بوسیله جوشکاری (Repair by Welding) یا سنگ زنی (Grinding) یا گوجینگ (Gouging) یا برشکاری (Cutting) که برای ترمیم و بر طرف نمودن عیوب بکار برده می شوند تعمیر (Repair) محسوب می شود.

Run : این ترم در استاندارد در بحث انشعابات (Branch)، همان لوله اصلی (Header) است که ممکن است انشعابات متعددی از آن منشعب گردد.

Safeguarding : این ترم در گداهای طراحی بیان شده است و به منزله فراهم کردن اقدامات حفاظتی یا تقویتی برای کاهش خطر آسیب های غیر مترقبه یا کاهش خطرانی که ممکن است پیامد های آنها موجب شکست در سیستم لوله کشی شوند، در نظر گرفته می شوند، بطور نمونه ممکن است یک سیستم لوله کشی به خودی خود مقاوم به آتش نباشد ولی در نقشه های طراحی، آنها را بوسیله عایق های مخصوص در مقابل احتمال آتش سوزی، مقاوم و محافظت می نمایند.

Scrap : متریال ها یا محصولات نا مناسب و معیوب که به دلیل داشتن عیوب یا صدمات (Damage) برای فروش مناسب نمی باشند و معمولاً آنها را از متریال های سالم تفکیک نموده و در محل دیگری نگهداری می کنند.

Seam : در ریختگری نوعی عیب سطحی شبیه ترک است که بر روی سطح قطعات ایجاد می شود. در ساخت لوله Seam در واقع درز جوشی لوله ها می باشد. درز جوشی (Seam) لوله ها ممکن است به صورت طولی (Longitudinal) یا به صورت مارپیچ (Helical/ Spiral) باشد.

Sensitive Test : یکی از روش های تست نشتی است که سیستم لوله کشی بوسیله گاز، تحت فشار قرار می گیرد. در این روش برای نشتی یابی بایستی از روشی استفاده شود که بتوان نشتی های کوچکی به اندازه 10^{-3} atm-ml/sec را نشان دهد. در این روش حداقل فشار تست کمتر از 15 Psi و نیز ۲۵٪ فشار طراحی می باشد.

Schedule : بر اساس مقدار تقریبی فشار سرویس (P) تقسیم بر میزان مجاز تنش (S) ضربدر ۱۰۰۰ ($P/S \times 1000$) محاسبه می شود. Schedule در واقع انتخاب ضخامت مناسب برای مقاومت در برابر فشار داخلی سرویس سیال می باشد. چنانچه عدد Schedule بیشتر باشد، ضخامت لوله نیز بیشتر خواهد بود، زیرا عدد Schedule با ضخامت لوله رابطه ای مستقیم دارد ولی با قطر داخلی لوله (ID) رابطه خطی و معکوس دارد، بطور نمونه، در یک سایز ثابت (۱۰ اینچ) هرچه عدد Schedule بیشتر شود ضخامت لوله نیز بیشتر می شود ولی قطر داخلی لوله به نسبت افزایش ضخامت، کاهش می یابد و قطر خارجی لوله (OD) نیز استاندارد و ثابت و بدون تغییر می باشد. در استانداردها دسته بندی ضخامت لوله ها به دو صورت انجام شده است، یکی بصورت عدد Schedule مانند 40, 80, 120, 160, 10S, 5S, 80S و غیره است و دیگری به صورت STD, XS (Extra Strong) & XXS (Double Extra Strong) می باشد. معمولاً ضخامت لوله های STD در سایز های مختلف بیشتر از ۹/۵ میلی متر نمی باشند و ضخامت لوله های XS نیز بیشتر از ۱۲/۷ میلی متر نمی باشند و همچنین ضخامت لوله های XXS در سایز های مختلف بیشتر از ۲۵/۴ میلی متر نمی باشند. ضخامت لوله های Heavy Wall نیز معمولاً بیشتر از یک اینچ (۲۵/۴ میلی متر) می باشند.

Skelp : ورق یا نوارهای فولادی با پهنا و ضخامت و لبه های مناسب که برای تولید لوله های درز دار استفاده میشوند. به عبارت دیگر ورق یا نواری که برای تولید لوله درز دار آماده و مهیا می باشد را Skelp می گویند.

Standard : استاندارد مجموعه ای از قوانین و دستورالعمل ها است که در زمینه طراحی، ساخت، تولید، نصب و روشهای مختلف آزمایشات بکار می روند. استانداردها ممکن است بصورت کُد، مشخصات فنی (Specification)، RP، Code Case، Method، Interpretation، غلط نامه (Errata) و Guide ها باشند. بر اساس تعریف مذکور کُد ها قوانینی هستند که به عنوان بخشی از استاندارد ها می باشند و در صورت استفاده کردن، رعایت الزامات آنها لازم الاجرا می

باشند، مانند ASME که یک استاندارد است و در زمینه طراحی، ساخت و روشهای مختلف آزمایشات NDT بکار می رود ولی B31.3 یک کُد طراحی است که زیر مجموعه یا بخشی از استاندارد ASME می باشد و در زمینه طراحی لوله کشی فرآیندی بکار می رود. یا ASTM یک استاندارد است ولی A106 یا A333 یک Specification می باشد که بخش هایی از مجموعه استاندارد ASTM می باشند، یا E 94 یک Guide یا راهنما برای آزمایش رادیوگرافی است که زیر مجموعه استاندارد ASTM می باشد یا P 581 بصورت یک Method است که بخشی از استاندارد ASTM می باشد. بنابراین تفاوت کُد با دیگر بخش های استاندارد در این است که رعایت مقررات کُد ضروری و اجباری می باشند ولی ممکن است رعایت مقررات بخش های دیگر استاندارد مانند RP، Method ضروری نباشد و صرفاً حکم پیشنهادی دارند.

Stencil: درج نمودن و مارک کردن مشخصات (سایز، ضخامت، شماره ذوب و...) بر روی سطح قطعات (لوله یا ورق) بوسیله ورق شابلون یا الگو (Stencil Plate) و نیز اسپری رنگ را Stencil می گویند. در این عملیات، شابلون یا الگو که مشخصات متریال در آن تهیه و طراحی شده است را بر روی سطح قطعه قرار می دهند سپس بر روی آن رنگ اسپری می کنند و بدین صورت مشخصات متریال بر روی سطح قطعه درج و مارک می گردد.

TPA: بیانگر Third Party Agency است. TPA شرکت یا سازمان شخص ثالث می باشد که از سازمان کارفرما و پیمانکار مستقل و مجزا می باشد و مسئولیت آن بازرسی از کارهای تعیین شده و تأیید و تضمین آنها بر اساس مدارک مهندسی (Spec) و کدها و استانداردهای مرجع پروژه می باشد. تأییدیه TPA در هر فعالیتی برای کارفرما و پیمانکار معتبر می باشد، ولی به هیچ وجه تأییدیه TPA نافی مسئولیت های سازنده یا فروشنده یا پیمانکار نخواهد بود. در ایران شرکت ها یا سازمان های شخص ثالث بایستی مورد تأیید موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و نیز در فهرست بانک مرکزی قرار داشته باشند. بازرسی شخص ثالث ممکن است به صورت موقتی و پاره وقت یا به صورت تمام وقت باشد. گاهی به جای این ترم از ترم TPI(Third Party Inspection) استفاده می شود.

Tandem Welding: جوشکاری قوسی که در آن دو یا چند الکترود (Multiple Electrode) بصورت موازی با خط جوش قرار می گیرند.

Thermoplastic Pipe: لوله پلاستیکی که قادر است بطور مکرر با افزایش دما نرم و با کاهش دما سخت شود.

TQ (سؤال یا استفسار فنی): بیانگر Technical Query است. هرگونه درخواست برای شفاف سازی (Clarification)، تغییر (Variation)، تخفیف (Relaxation)، یا حذف (Waiver) در برخی الزامات مدارک مهندسی پروژه یا Spec را TQ می گویند. وقتی پیمانکار اجرایی تشخیص دهد به دلایلی نمی تواند یک فعالیت را مطابق با الزامات مهندسی پروژه انجام دهد ممکن است قبل از انجام آن فعالیت از کارفرما یا تیم مهندسی (طراح) درخواست نماید تا در الزامات مهندسی پروژه، تغییر یا تخفیف یا حذف ایجاد گردد، در این زمینه پیمانکار بایستی دلایل و شرایط موجود کار، دلایل ایجاد تغییر یا تخفیف یا حذف و راهکارهای فنی را در قالب فرمت TQ/DR جهت تأیید به کارفرما یا گروه مهندسی ارسال نماید. اجرای مفاد TQ فقط در صورت موافقت و تأیید کارفرما مجاز می باشد و در صورت تأیید آن، سازمان مهندسی (تیم طراح) بایستی تاثیرات هزینه ای (Cost Impact) و تاثیرات زمانی (Time Impact) آن را بر روی اجرای پروژه مشخص نمایند که آیا ایجاد تغییر /حذف/تخفیف در مدارک مهندسی پروژه، از نظر زمانی یا هزینه ای بر روی اجرای پروژه تاثیر گذار می باشد یا خیر، همچنین فرمت TQ/DR بایستی به عنوان یک سند معتبر در مدارک نهایی پروژه (Final Dossier) حفظ و نگهداری شود. گاهی ممکن است از TQ صرفاً جهت شفاف سازی الزامی از مشخصات فنی پروژه که برای پیمانکار اجرایی

مبهم است استفاده شود و بقیه موارد فوق (تغییر/تخفیف/حذف) در قالب یک فرمت DR (Deviation Request) تهیه و درخواست شوند.

Vendor/ Supplier (فروشنده): سازنده یا نماینده سازنده (Manufacturer Agent) است که کالاهای تولید شده یک کارخانه را به خریدار می فروشد. Vendor/ Supplier ممکن است خود سازنده (Manufacturer) باشد که کالا های تولیدی خود را بطور مستقیم به خریدار می فروشد یا ممکن است یک واسطه گر (Agent) باشد که صرفاً تهیه کننده یا توزیع کننده متریال است که کالاهای یک یا چند کارخانه را تهیه و به خریداران می فروشد. (API 610)

تولید متریال یا سفارش خرید متریال ممکن است به دو صورت انجام گیرد:

Stock: کالاهایی هستند که سازنده آنها را بر اساس سیاست و برنامه ریزی داخلی خود تولید نموده و در انبار نگهداری می کند (Build for Stock) تا به فروش برساند. خرید متریال به روش Stock بایستی با دقت و ملاحظات خاصی انجام گیرد.

Mill Order: کالاهایی هستند که بر اساس درخواست مستقیم خریدار (Build for Order) تولید می شوند. در این روش خریدار بر اساس P.O درخواست خرید متریال خود را بطور مستقیم به سازنده (Manufacturer) ارائه می نماید و در آن الزامات کیفی مورد نظر خود را مشخص می کند و سازنده نیز ملزم به رعایت شرایط تعیین شده از جانب خریدار می باشد. در این روش ممکن است خریدار یا نماینده خریدار بر پروسه کامل تولید و آزمایشات مورد نیاز نظارت مستقیم داشته باشند و سازنده نیز بایستی کلیه تسهیلات بازرسی را برای بازرس خریدار یا نماینده او فراهم نماید.

قرارداد بیع متقابل (Buy Back): این قرارداد معمولاً در پروژه های نفت و گاز عملی می باشد که در آن کشور یا شرکت سرمایه گذار مسئول تامین مالی اجرای پروژه از جمله طراحی، خرید و سفارشات متریال، ساخت و نصب، انتقال تکنولوژی و راه اندازی طرح و تحویل آن به کشور سرمایه پذیر می باشد و بازگشت سرمایه و سود سرمایه شرکت سرمایه گذار که میزان آن (سود) در قرارداد ذکر شده است از طریق فروش محصولات تولیدی آن پروژه انجام می گیرد و پس از آن پروژه تحویل کشور سرمایه پذیر می گردد و شرکت سرمایه گذار دیگر تعهد یا حقی نسبت به آن ندارد.

قرارداد فاینانس: یک نوع روش تامین مالی است و معمولاً دو نوع فاینانس رایج تر و عملی تر می باشد:

۱- اعتبار خریدار (Buyers Credit): که در آن بانک مرکزی تسهیلات مالی اعتباری را از بانک های کشور های خارجی دریافت می کند و در مقابل متعهد می گردد که تولیدات کشورهای اعتبار دهنده را خریداری نماید و نیز نرخ بهره سالانه را مطابق با قرارداد پرداخت نماید.

۲- اعتبار فروشنده (Suppliers Credit): که در آن یک کشور چون دارای سرمایه کافی نمی باشد به کشور دیگری اجازه می دهد تا در آن کشور سرمایه گذاری کند.

قرارداد EPC: بیانگر Engineering (مهندسی)، Procurement (خرید و سفارش متریال)، و Construction (ساخت و نصب) می باشد. در این قرارداد، کارفرما تمام مسئولیت کارهای مهندسی، تدارکات، ساخت را به پیمانکار اصلی واگذار می کند و ممکن است پیمانکار اصلی (General Contractor) هر بخش از E, P, C را به پیمانکاران جزء (Subcontractor) محول نماید ولی از نظر قراردادی کلیه مسئولیت های پروژه از جمله طراحی، خرید متریال و ساخت بر عهده پیمانکار اصلی می باشد و زیان پروژه از نظر زمان بندی و بودجه بر عهده خود پیمانکار اصلی می باشد. البته

گاهی ممکن است یک پیمانکار فقط بخشی از قرارداد مذکور را بپذیرد بطور مثال فقط E و P پروژه را انجام دهد و ریسک بخش C را نپذیرد، در این شرایط ممکن است کارفرما بخش C را به پیمانکار دیگری محول نماید یا گاهی ممکن است مرحله راه اندازی (Commissioning) نیز به ۳ بخش مذکور اضافه گردد و پروژه به صورت EPCC به پیمانکار محول گردد، در این صورت قرارداد به صورت کلید گردان یا کلید تحویل (Turn-Key) می باشد و در واقع پیمانکار مسئولیت راه اندازی (پیش راه اندازی گرم) را نیز بر عهده می گیرد، البته ممکن است فاز راه اندازی به تنهایی توسط پیمانکار دیگری صورت گیرد. بنابراین در این نوع قرارداد ممکن است کارفرما مسئولیت کار را به یک شرکت یا کنسرسیومی از چند شرکت واگذار نماید که در این صورت رهبری کنسرسیوم به شرکتی محول می گردد که بیشترین حجم کار را متقبل شده است. هزینه قرارداد EPC به صورت توافقی میان پیمانکار اصلی و کارفرما تعیین می شود و با توافق طرفین به صورت قسط بندی پرداخت می شود. قیمت و هزینه قرارداد EPC به صورت قیمت مقطوع (Lump Sum) یا بصورت کلید گردان با قیمت قطعی (LSTK) می باشد، که در قرارداد ذکر می شود، البته ممکن است قیمت قرارداد به دلایلی همچون نوسان در نرخ ارز یا افزایش دامنه کاری دچار تغییرات گردد. در این نوع قراردادها کارفرما به صورت نظارت عالیه بر کلیه کارها و فعالیت ها نظارت کلی و کلان میکند و یا در صورت انتخاب مشاور بخشی از مسئولیت های کارفرما با عنوان نماینده کارفرما بر عهده مشاور یا نظارت قرار می گیرد. در این نوع قراردادها کارفرما در نظارت و بازرسی و کنترل کیفی فعالیت ها در حین اجرای پروژه تا حدودی دارای محدودیت می باشد بنابراین می بایست قبل از ارجاع کار به پیمانکار به خوبی معیارها و الزامات ضروری را در قالب استانداردها و ضوابط کنترلی در اسناد و مدارک پیمان به خوبی مشخص نمایند و از نظر کیفی طرح های پیشنهادی را مورد آنالیز دقیق قرار دهند زیرا معیار کیفیت از اهمیت و جایگاه ویژه ای برخوردار است. در این نوع قراردادها کارفرما طراحی پایه یا Basic Design (طراحی که براساس نتایج طراحی مفهومی (Conceptual Design) می باشد و مشخصات عناصر اصلی طرح را تعیین می نماید) و استانداردهای مورد نظر و طرح کلی پروژه راتحت عنوان خواسته های کارفرما به پیمانکار تحویل می دهد و پس از آن پیمانکار کلیه مسئولیت های طراحی تفصیلی یا Detailed Design (طراحی که بر اساس طراحی پایه انجام می شود و جزئیات اجرایی در بخش های مختلف اعم از ساخت، نصب و راه اندازی را تعیین می نماید)، خرید و ساخت پروژه را بر عهده می گیرد. در این پروژه ها به دلیل افزایش مسئولیت در قبال طراحی، پیمانکار معمولاً می تواند در صورت تمایل کارفرما اقدام به انتخاب یک لیسانسر (سازمان طراحی) به عنوان مشاور در کنار خود به صورت Joint Venture نماید تا مسئولیت بخشی از طراحی پروژه را بر عهده بگیرد، هر چند از نظر قراردادی در نهایت مسئولیت کار بر عهده پیمانکار طرف قرارداد می باشد.

قرارداد B.O.T: بیانگر Build- Operation-Transfer است. در این نوع قراردادها یک شرکت یا یک کشور در قبال امتیازاتی، برای اجرای یک پروژه سرمایه گذاری می کند و در کلیه مراحل از جمله ساخت (Build) و راه اندازی و عملیاتی کردن پروژه برای تولید (Operation) و انتقال صحیح و سالم آن به کارفرما (Transfer) مسئولیت دارد. مطابق این قرارداد شرکت سرمایه گذار به مدت محدودی که در قرارداد ذکر شده است از تولید پروژه منتفع می گردد، همچنین مدت زمان انتقال نیز در قرارداد ذکر شده است.

۳۶ - سرعت مجاز باد در جوشکاری

وقتی عملیات جوشکاری در فضاهای باز انجام می شود منطقه جوش باید بوسیله بادگیر محافظت شود. وزش باد می تواند بر کیفیت جوش تاثیر منفی بگذارد. در استانداردهای مختلف قید شده است که جوشکاری نباید در معرض باد، باران، برف و سطح الوده به مواد چربی انجام شود. اما در برخی از استانداردها وقتی به باد شدید اشاره می شود دقیقاً سرعتی برای آن مشخص نشده است.

7.11 Welding Environment

7.11.1 Maximum Wind Velocity. GMAW, GTAW, EGW, or FCAW-G shall not be done in a draft or wind unless the weld is protected by a shelter. Such shelter shall be of material and shape appropriate to reduce wind velocity in the vicinity of the weld to a maximum of 5 miles per hour [8 kilometers per hour].

تصویر ۷۷۳: حداکثر سرعت مجاز باد در جوشکاری AWS D1.1/D1.1M-2020

در استاندارد AWS D1.1/D1.1M-2015 پاراگراف 5.12 میزان سرعت باد قید شده است:

※- پاراگراف 5.11.1: حداکثر سرعت باد

فرآیندهای GMAW, GTAW, EGW یا FCAW-G نباید در شرایط وزش باد انجام شوند مگر اینکه جوش بوسیله یک محافظ از وزش باد محافظت شود. جنس این محافظ باید طوری انتخاب شود (بادگیر یا چادر برزنتی) که در مقابل وزش شدید باد مقاوم باشد. حداکثر سرعت مجاز باد برای جوشکاری فرآیندهای فوق ۵ مایل بر ساعت یا ۸ کیلومتر بر ساعت می باشد.

7.11 Welding Environment

7.11.2 Minimum Ambient Temperature. Welding shall not be done

- (1) when the ambient temperature is lower than 0°F [-20°C], or
- (2) when surfaces are wet or exposed to rain, snow, or
- (3) high wind velocities, or
- (4) when welding personnel are exposed to inclement conditions.

تصویر ۷۷۴: حداقل دمای محیط برای جوشکاری AWS D1.1/D1.1M-2020

■ - حداقل دمای محیط برای جوشکاری

جوشکاری نباید انجام شود وقتی که

(۱) - دمای محیط زیر [0°F (-20°)] است یا

(۲) - وقتی که سطح خیس یا در معرض باران است یا

(۳) - باد شدید در حال وزیدن است یا

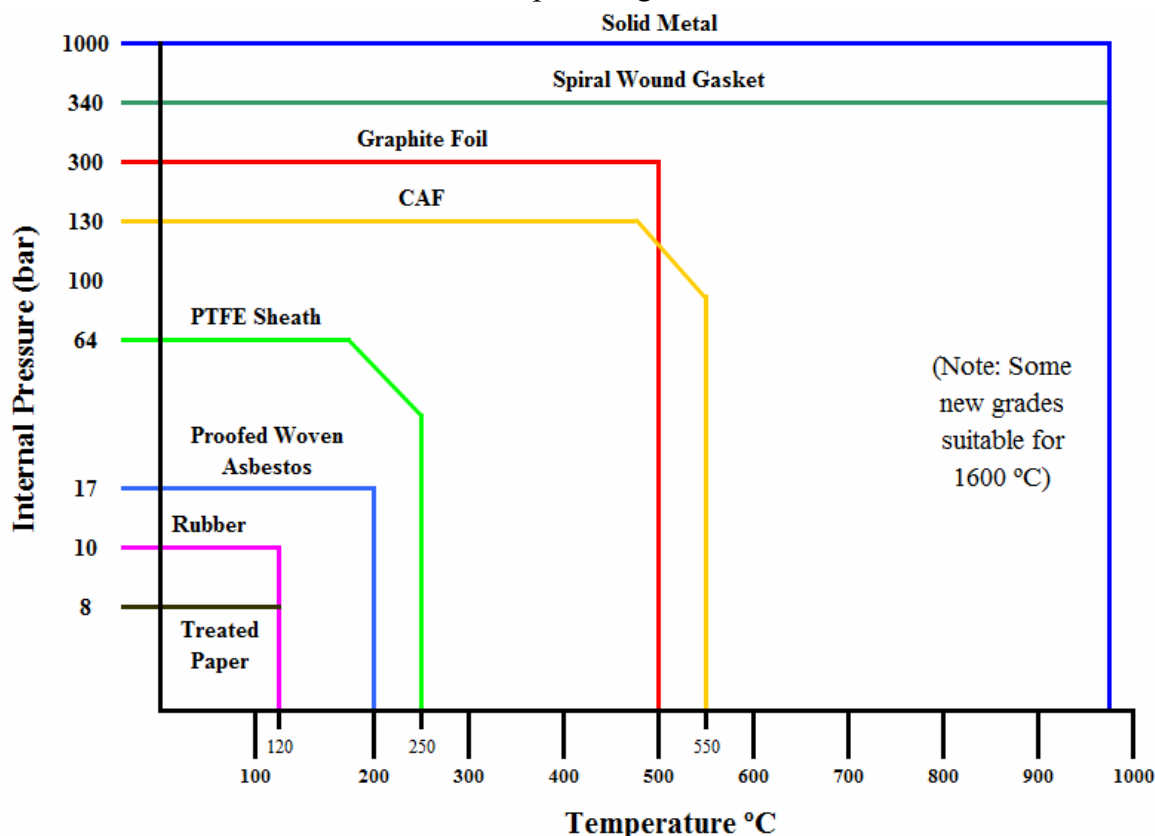
(۴) - وقتی که پرسنل جوشکاری در شرایط هوایی نامتعادل (سرد یا طوفانی) قرار دارند.

یادداشت: توجه 0°F Zero: به معنای دمای محیط نیست، بلکه درجه حرارت در مجاورت جوش است. دمای محیط ممکن است زیر 0°F [-20°C] باشد، اما یک ساختار یا پناهگاه گرم شده در اطراف منطقه در حال جوشکاری ممکن است دمای مجاور جوشکاری را در 0°F [-20°C] یا بالاتر حفظ کند.

(۳۷) – چارت پیشنهادی گسکت برای دماها و فشارهای مختلف

* – استانداردهای مربوط به گسکت ها:

ASME B16.20 Metallic Gaskets for Pipe Flanges - Ring-Joint, Spiral-Wound, and Jacketed
ASME B16.21 Nonmetallic Flat Gaskets for Pipe Flanges



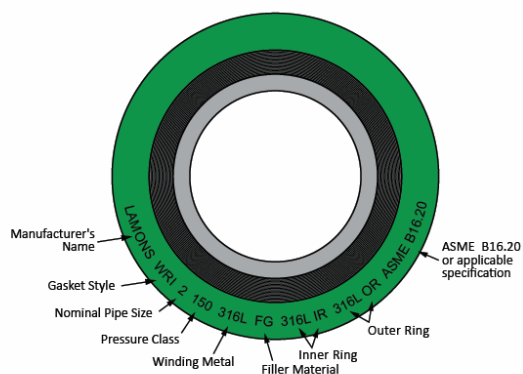
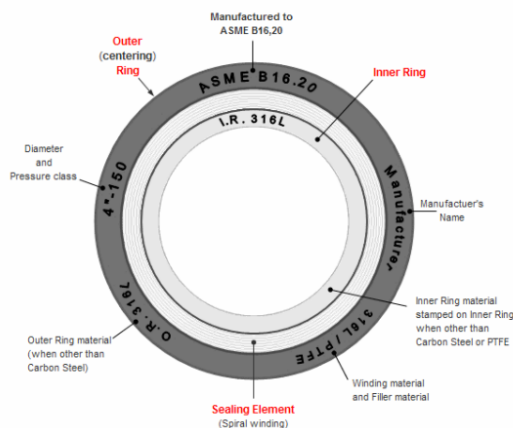
Temperature / Pressure Guidelines for Common Gasket Materials
(Check with the gasket manufacturer)

تصویر ۷۷۵: دیاگرام دما - فشار برای گسکت های مختلف

CAF → Removing Compressed Asbestos Fiber gasket

*** – مشخصات فنی قید شده بر روی گسکت های فلزی (Metalic)

MARKINGS FOR STANDARD SPIRAL WOUND GASKETS



تصویر ۷۷۶: مشخصات فنی قید شده بر روی گسکت های فلزی

***- انتخاب گسکت مناسب

Service	Flange Design Conditions			
	Pressure Class	Temp. °C	Flange Facing	Gasket Selection
General Hydrocarbon	150 300	-196 / 500	RF	Tanged Graphite Sheet or Spiral Wound With Flexible Graphite or Spiral Wound with Non Graphite filter
Steam/Con- densate, Boiler Feed Water		-196 / + 500		
		-196 / 350		
General Utilities		-40 / 250	RF	Nitrile Rubber Based Reinforced Sheet
General Hydro carbon, Steam/ Condensate, Boiler Feed Water	600 900	-196 / 500	RF	Spiral Wound With Flexible Graphite
General Hydro carbon, Steam/ Condensate, Boiler Feed Water	1500 2500	As per flange material	RTJ	Metal Joint Ring
Hydrogen	150 300 600	-196 / 500	RF	Spiral Wound With Flexible Graphite
	900 1500 2500	As per flange material	RTJ	Metal Joint Ring
Chemical Oxidisers/ HF Acid	150	-40 / +200	RF	PTFE (reinforced or envelope)
	150 300 600	-40 / +200	RF	Spiral Wound PTFE Filler

تصویر ۷۷۷: انتخاب گسکت برای فلنج با توجه به دما - فشار کلاس فلنج و نوع سطح فلنج Flange Facing

※- سطح مقطع انواع گسکت های فلزی مخصوص فلنجهای RTJ به شرح زیر هستند:



تصویر ۷۷۸: سطح مقطع انواع گسکت های فلزی RTJ

***- تحمل دمایی و سختی متریال گسکت های فلزی RTJ

Common Materials of RTJ

Material	Brinell Hardness Maximum	Temperature Limitation	Identification
Soft Iron	90	-60 to +400°C	D
Low Carbon Steel	120	-40 to +500°C	S
4%-6% Cr ½% Mo	130	-125 to +500°C	F5
Stainless Steel 304	160	-250 to +650°C	S304
Stainless Steel 316	160	-196 to +800°C	S316
Stainless Steel 321	160	-250 to +870°C	S321
Stainless Steel 347	160	-250 to +870°C	S347
Stainless Steel 410	170	-20 to +500°C	S410
Inconel 625	-	+1000°C	625
Incoloy 825	-	+1000°C	825
Hastelloy C276	-	+1000°C	C-276
Duplex	-	+800°C	S31803
Titanium	-	+540°C	Ti

تصویر ۷۷۹: تحمل دمایی و سختی متریال گسکت های RTJ

※- منبع مدرک فوق مربوط به شرکت کلینگر است.

***- نمونه هایی از گسکت های غیر فلزی (Nonmetallic)



PTFE (Polytetrafluoroethylene) has emerged as the most common thermoplastic gasket material. PTFE's outstanding properties include resistance to temperature extremes from cryogenic to 450°F (232°C) (for virgin material). PTFE is highly resistant to chemicals, solvents, caustics and acids except free fluorine and alkali metals.



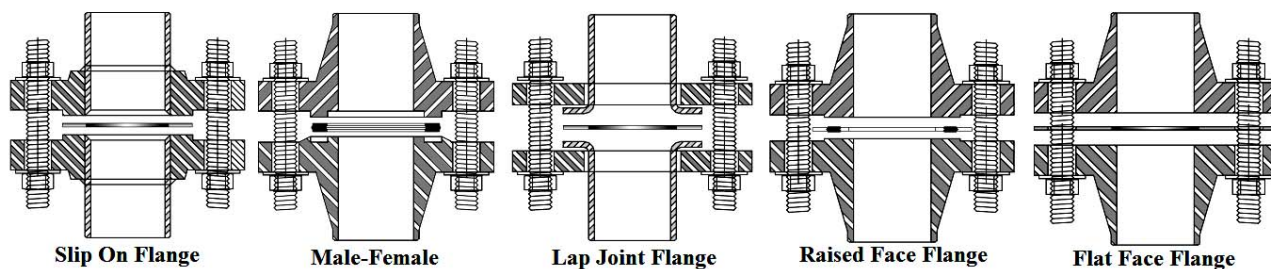
تصویر ۷۸۰: گسکت غیر فلزی (Nonmetallic)



تصویر ۷۸۱: گسکت غیر فلزی (Nonmetallic) نوع Rubber



تصویر ۷۸۲: گسکت غیر فلزی CAF Gasket مخصوص سرسیلندر ماشین



تصویر ۷۸۳: انواع فلنج های مورد استفاده در صنعت

(۳۸) - ضمیمه ها

■ - جدول ASME Sec. VIII Div.1-2019-Table UCS-23

Table UCS-23 Carbon and Low Alloy Steel					
Spec. No.	Type/Grade	Spec. No.	Type/Grade	Spec. No.	Type/Grade
SA-36	...	SA-333	1, 3, 4, 6, 7, 9	SA-556	A2, B2, C2
SA-53	E/A, E/B, S/A, S/B	SA-334	1, 3, 6, 7, 9	SA-557	A2, B2, C2
SA-105	...	SA-335	P1, P2, P5, P5b, P5c, P9, P11, P12, P15, P21, P22, P91	SA-562	...
SA-106	A, B, C	SA-336	F1, F3V, F3Vcb, F5, F5A, F9, F11 Cl. 2 & 3, F12, F21 Cl. 1 & 3, F22 Cl. 1 & 3, F22V, F91	SA-574	4037, 4042, 4140, 4340, 5137M, 51B37M
SA-135	A, B	SA-350	LF1, LF2, LF3, LF5, LF9	SA-587	...
SA-178	A, C	SA-352	LCB, LC1, LC2, LC3	SA-612	...
SA-179	...	SA-354	BC, BD	SA-662	A, B, C
SA-181	...	SA-369	FP1, FP2, FP5, FP9, FP11, FP12, FP21, FP22	SA-675	45, 50, 55, 60, 65, 70
SA-182	FR, F1, F2, F3V, F3Vcb, F5, F5a, F9, F11 Cl. 1 & 2, F12 Cl. 1 & 2, F21, F22 Cl. 1 & 3, F22V, F91	SA-372	A; B; C; D; E Cl. 55, 65, & 70; F Cl. 55, 65, & 70; G Cl. 55, 65, & 70; H Cl. 55, 65, & 70; J Cl. 55, 65, 70, & 110; L; M Cl. 85 & 100	SA-727	...
SA-192	...	SA-387	2, 5, 11, 12, 21, 22, 91	SA-737	B, C
SA-193	B5, B7, B7M, B16	SA-414	A, B, C, D, E, F, G	SA-738	A, B, C
SA-203	A, B, D, E, F	SA-420	WPL 3, WPL 6, WPL 9	SA-739	B11, B22
SA-204	A, B, C	SA-423	1, 2	SA-765	I, II, III, IV
SA-209	T1, T1a, T1b	SA-437	B4B, B4C	SA-832	21V, 22V, 23V
SA-210	A-1, C	SA-449	...	SA-836	...
SA-213	T2, T5, T5b, T5c, T9, T11, T12, T17, T21, T22, T91	SA-455	...	SA-841	A Cl. 1, B Cl. 2
SA-214	...	SA-487	1 Cl. A & B, 2 Cl. A & B, 4 Cl. A, 8 Cl. A	SA-1008	CS-A, CS-B
SA-216	WCA, WCB, WCC	SA-508	1, 1A, 2 Cl. 1, 2 Cl. 2, 3 Cl. 1, 3 Cl. 2, 3V, 3Vcb, 4N Cl. 3, 22 Cl. 3	SA/AS	PT430, PT460, PT490
SA-217	C12, C5, WC1, WC4, WCS, WC6, WC9	SA-515	60, 65, 70	1548	...
SA-225	C	SA-516	55, 60, 65, 70	SA/	38W, 44W, 50W
SA-234	WPB, WPC, WPR, WP1, WP5, WP9, WP11 Cl. 1, WP12 Cl. 1, WP22 Cl. 1	SA-524	I, II	CSA-	G40.21
SA-250	T1, T1a, T1b	SA-533	A Cl. 1 & 2, B Cl. 1 & 2, C Cl. 1 & 2, D Cl. 2, E Cl. 1 & 2	SA/EN	P235GH, P265GH, P295GH, 10028-2 P355GH, 13CrMo4-5, 10CrMo9-10
SA-266	1, 2, 3, 4	SA-537	Cl. 1, 2, & 3	10028-3	P275NH
SA-283	A, B, C, D	SA-540	B21, B22, B23, B24, B24V	SA/EN	P235GH, P265GH, 16Mo3, 10216-2 13CrMo4-5, 10CrMo9-10
SA-285	A, B, C	SA-541	1, 1A, 2 Cl. 1, 2 Cl. 2, 3 Cl. 1, 3 Cl. 2, 3V, 3Vcb, 22 Cl. 3, 22V	SA/EN	P280GH, P305GH, 13CrMo4-5, 10222-2 11CrMo9-10
SA-299	A, B	SA-542	B Cl. 4, C Cl. 4a, D Cl. 4a, E Cl. 4a	SA/GB 713	Q345R
SA-302	A, B, C, D				
SA-307	A, B				
SA-320	L7, L7A, L7M, L43				
SA-325	1				

GENERAL NOTE: Maximum allowable stress values in tension for the materials listed in the above table are contained in Section II, Part D, Subpart 1 (see UG-23).

تصویر ۷۸۴: جدول ASME Sec. VIII Div.1-2019-Table UCS-23

***- یادداشت کلی: کُد ASME Section II Part D, Subpart 1 شامل حداکثر مقدار تنش مجاز در کشش برای متریال های لیست شده در جدول بالا می باشد. (به پاراگراف UG-23 نگاه کنید)

■ - جدول ASME Sec. VIII Div.1-2019-Table UHA-23

(19)

Table UHA-23 High Alloy Steel								
Spec. No.	UNS No.	Type/Grade	Spec. No.	UNS No.	Type/Grade	Spec. No.	UNS No.	Type/Grade
SA-182	N08904	F904L	SA-213	S31609	TP316H	SA-240	S32906	...
	S20910	FXM-19		S31651	TP316N		S32950	...
	S21904	FXM-11		S31725	...		S34700	347
	S30400	F304		S32100	TP321		S34709	347H
	S30403	F304L		S32109	TP321H		S34800	348
	S30409	F304H		S34700	TP347		S38100	XM-15
	S30453	F304LN		S34709	TP347H		S38815	...
	S30815	F45		S34751	TP347LN		S40500	405
	S31000	F310		S34800	TP348		S40910	...
	S31050	F310MoLN		S34809	TP348H		S40920	...
	S31254	F44		S38100	XM-15		S40930	...
	S31266	F58		S38815	...		S41000	410
	S31600	F316	SA-217	J91150	CA15		S41008	410S
	S31603	F316L		N08904	904L		S42900	429
	S31609	F316H	SA-240	S20100	201-1, 201-2		S43000	430
	S31700	F317		S20153	201LN		S44400	...
	S31703	F317L		S20400	204		S44626	XM-33
	S31803	F51		S20910	XM-19		S44627	XM-27
	S32100	F321		S24000	XM-29		S44635	...
	S32109	F321H		S30100	301		S44660	26-3-3
	S32202	F66		S30200	302		S44700	...
	S32205	F60		S30400	304		S44800	...
	S32750	...		S30403	304L	SA-249	S20910	TPXM-19
	S32750	F53		S30409	304H		S24000	TPXM-29
	S32760	F55		S30451	304N		S30400	TP304
	S34700	F347		S30453	304LN		S30403	TP304L
	S34709	F347H		S30815	...		S30409	TP304H
	S34800	F348		S30908	309S		S30451	TP304N
	S34809	F348H		S30909	309H		S30453	TP304LN
	S39274	F54		S30940	309Cb		S30815	...
	S41000	F6a Cl. 1 & 2		S31008	310S		S30908	TP309S
	S44627	FXM-27Cb		S31009	310H		S30909	TP309H
SA-193	S21800	B8S, B8SA		S31040	310Cb		S30940	TP309Cb
	S30400	B8 Cl. 1 & 2		S31050	310MoLN		S31008	TP310S
	S30451	B8NA Cl. 1A		S31200	...		S31009	TP310H
	S30500	B8P Cl. 1 & 2		S31254	...		S31040	TP310Cb
	S31600	B8M Cl. 1 & 2, B8M2 Cl. 2		S31260	...		S31050	TP310MoLN
	S31651	B8MNA Cl. 1A		S31266	...		S31254	...
	S32100	B8T Cl. 1 & 2		S31277	...		S31277	...
	S34700	B8C Cl. 1 & 2		S31600	316		S31600	TP316
	S41000	B6		S31603	316L		S31603	TP316L
	S20910	XM-19		S31609	316H		S31609	TP316H
SA-213	S30400	TP304		S31635	316Ti		S31651	TP316N
	S30403	TP304L		S31640	316Cb		S31700	TP317
	S30409	TP304H		S31651	316N		S31703	TP317L
	S30451	TP304N		S31700	317		S31725	...
	S30453	TP304LN		S31703	317L		S32100	TP321
	S30815	...		S31725	...		S32109	TP321H
	S30908	TP309S		S31803	...		S34700	TP347
	S30909	TP309H		S32003	...		S34709	TP347H
	S30940	TP309Cb		S32100	321		S34800	TP348
	S31008	TP310S		S32101	...		S34809	TP348H
SA-213	S31009	TP310H		S32109	321H	SA-268	S38100	TPXM-15
	S31040	TP310Cb		S32202	...		S38815	...
	S31050	TP310MoLN		S32205	2205		S40500	TP405
	S31254	...		S32304	...		S40800	...
	S31277	...		S32550	...		S40900	TP409
	S31600	TP316		S32750	...		S41000	TP410
	S31603	TP316L		S32760	...		S42900	TP429
				S32900	329		S43000	TP430

تصویر ۷۸۵: جدول UHA-23

**Table UHA-23
High Alloy Steel (Cont'd)**

Spec. No.	UNS No.	Type/Grade	Spec. No.	UNS No.	Type/Grade	Spec. No.	UNS No.	Type/Grade
SA-268	S43035	TP439	SA-351	J92901	CF10M	SA-479	S30815	...
	S43036	TP430Ti		J93000	CG8M		S30908	309S
	S44400	...		J93254	CK3MCuN		S30909	309H
	S44600	TP446-1, TP446-2		J93400	CH8		S30940	309Cb
	S44626	XM-33		J93402	CH20		S31008	310S
	S44627	XM-27		J93790	CG6MMN		S31009	310H
	S44635	...		J94202	CK20		S31040	310Cb
	S44660	26-3-3		...	CT15C		S31600	316
	S44700	29-4		J95150	CN7M		S31603	316L
	S44735	...	SA-358	S31254	...		S31725	...
SA-312	S44800	29-4-2		S31266	...		S31803	...
	N08904	...		S31725	...	SA-564	S32100	321
	S20910	TPXM-19	SA-376	S30400	TP304		S32101	...
	S21904	TPXM-11		S30409	TP304H		S32109	321H
	S24000	TPXM-29		S30451	TP304N		S32202	...
	S30400	TP304		S30453	TP304LN		S32205	...
	S30403	TP304L		S31600	TP316		S32550	...
	S30409	TP304H		S31609	TP316H		S32760	...
	S30451	TP304N		S31651	TP316N		S32906	...
	S30453	TP304LN		S31725	...		S34700	347
	S30815	...		S32100	TP321		S34800	348
SA-320	S30908	TP309S	SA-403	S32109	TP321H	SA-638	S38815	...
	S30909	TP309H		S34700	TP347		S40500	405
	S30940	TP309Cb		S34709	TP347H		S41000	410
	S31008	TP310S		S34800	TP348		S43000	430
	S31009	TP310H		N08904	904L		S43035	439
	S31040	TP310Cb		S20910	XM-19		S44627	XM-27
	S31050	TP310MoLN		S30400	304		S44700	...
	S31254	...		S30403	304L		S44800	...
	S31600	TP316		S30409	304H	SA-688	S17400	630
	S31603	TP316L		S30451	304N		S66286	660
SA-320	S31609	TP316H		S30453	304LN		S20100	201-1, 201-2
	S31651	TP316N		S30900	309		S21904	XM-11
	S31700	TP317		S31008	310S		S24000	TPXM-29
	S31703	TP317L		S31600	316		S30400	TP304
	S31725	...		S31603	316L		S30403	TP304L
	S32100	TP321		S31609	316H		S30451	TP304N
	S32109	TP321H		S31651	316N		S30453	TP304LN
	S34700	TP347		S31700	317		S31600	TP316
	S34709	TP347H		S31703	317L		S31603	TP316L
	S34751	TP347LN		S31725	...	SA-705	S17400	630
SA-320	S34800	TP348		S32100	321		S44626	TPXM-33
	S34809	TP348H		S32109	321H		S44627	TPXM-27
	S38100	TPXM-15		S34700	347		S92180	CB7Cu-1
	S38815	...		S34709	347H		S31260	...
	S30323	B8F Cl. 1, B8FA Cl. 1A		S34800	348		S31500	...
	S30400	B8 Cl. 1 & 2, B8A Cl. 1A		S34809	348H		S31803	...
	S31600	B8M Cl. 1 & 2, B8MA Cl. 1A		S38815	...		S32003	...
	S32100	B8T Cl. 1 & 2, B8TA Cl. 1A		S31725	...		S32101	...
	S34700	B8C Cl. 1 & 2, B8CA Cl. 1A		S92800	CPF3M		S32202	...
	J92500	CF3, CF3A	SA-451	J92900	CPF8M		S32205	...
SA-351	J92590	CF10		S63198	651 Cl. A & B		S32304	...
	J92600	CF8, CF8A		S66286	660 Cl. A & B		S32550	...
	J92710	CF8C		S20910	XM-19		S32750	...
	J92800	CF3M		S24000	XM-29		S32760	...
	J92900	CF8M		S30200	302		S32900	...
				S30400	304		S32906	...
				S30403	304L		S32950	...
				S30409	304H		S39274	...
				S30453	304LN		S31260	...
						SA-790		

**Table UHA-23
High Alloy Steel (Cont'd)**

Spec. No.	UNS No.	Type/Grade	Spec. No.	UNS No.	Type/Grade	Spec. No.	UNS No.	Type/Grade
SA-790	S31500	...	SA-814	S31008	TP310S	SA-995	J92205	4A
	S31803	...		S31040	TP310Cb		J93345	2A
	S32003	...	SA-815	S31803	...		J93380	6A
	S32101	...		S32101	...	SA-1010	S41003	40, 50
	S32202	...		S32202	...		SA/EN	X2CrNi18-9
	S32205	...		S32205	...	SA/EN 10028-7 [Note (1)]	...	X2CrNiMo17-12-2
	S32304	...		S32760	...		...	X2CrNiMoN17-11-2
	S32550	...	SA-965	S21904	FXM-11		...	X2CrNiMoN17-13-3
	S32750	...		S30400	F304		...	X2CrNi18-10
	S32760	...		S30403	F304L		...	X5CrNi18-10
	S32900	...		S30409	F304H		...	X5CrNiMo17-12-2
	S32906	...		S30451	F304N		...	X5CrNi19-9
	S32950	...		S30453	F304LN		...	X6CrNiTi18-10
	S39274	...		S31000	F310	SA/JIS G4303	...	SUS302
SA-803	S30453	TP304LN		S31600	F316		...	SUS304
	S43035	TP439		S31603	F316L		...	SUS304L
	S44660	26-3-3		S31609	F316H		...	SUS310S
SA-813	S30453	TP304LN		S31651	F316N		...	SUS316
	S30908	TP309S		S32100	F321		...	SUS316L
	S30940	TP309Cb		S32109	F321H		...	SUS321
	S31008	TP310S		S34700	F347		...	SUS347
SA-814	S31040	TP310Cb		S34709	F347H		...	SUS405
	S30908	TP309S		S34800	F348			
	S30940	TP309Cb		S34809	F348H			

GENERAL NOTE: Maximum allowable stress values in tension for the materials listed in the above table are contained in Section II, Part D, Subpart 1 (see UG-23).

NOTE:

(1) For the rules of this Part and for Mandatory Appendix 44, SA/EN 10028-7 materials shall be considered as SA-240 materials with the following corresponding grades:

- (a) X2CrNi18-9 shall be considered as Type 304L.
- (b) X2CrNiMo17-12-2 shall be considered as Type 316L.
- (c) X2CrNiMoN17-11-2 and X2CrNiMoN17-13-3 shall be considered as Type 316LN.
- (d) X2CrNi18-10 shall be considered as Type 304LN.
- (e) X5CrNi18-10 shall be considered as Type 304.
- (f) X5CrNiMo17-12-2 shall be considered as Type 316.
- (g) X5CrNi19-9 shall be considered as Type 304N.
- (h) X6CrNiTi18-10 shall be considered as Type 321.

ASME Sec. VIII Div.1-2019-Table UHA-23 تصویر ۷۸۷: جدول

***- یادداشت کلی: کُد 1 ASME Section II Part D, Subpart شامل حداکثر مقدار تنش مجاز در کشش برای

متریال های لیست شده در جدول بالا می باشد. (به پاراگراف UG-23 نگاه کنید)

*- یادداشتها:

(1)- متریال X5CrNi18-10 باید بعنوان متریال Type 304 برای قوانین این قسمت در نظر گرفته شود.

(2)- متریال X5CrNiMo17-12-2 باید بعنوان متریال Type 316 برای قوانین این قسمت در نظر گرفته شود.

(۳۹) - منابع

در تهیه و تدوین این کتاب، منابع و مراجع زیر استفاده شده اند:

- API 1104-Welding of Pipelines and Related Facilities-2018
- API 5L -Specification for Line Pipe-2018
- API 600-Bolted Bonnet Steel Gate Valves for Petroleum and Natural Gas Industries-2015
- API 620-Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks-2018
- API 650-Welded Steel Tanks for Oil Storage-2020
- ASM Volume -1
- ASM Volume -6
- ASME B16.25-Butt Welding End (Revision of ASME B16.25-2017
- ASME B16.47-Large Diameter Steel Flang NPS 26 through NPS 60-2020
- ASME B31.1 -Interpratation-
- ASME B31.3 -Interpratation-
- ASME B31.3-Process Piping-2016
- ASME B31.4-PipeLine Liquid Transportation Systems for Hydrocarbons, Liquid Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia, and Alcohols-2019
- ASME B31.8[PipeLine Gas Transmission and Distribution Piping Systems-2019
- ASME Section IX-Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding, Brazing Operators-2019
- ASME Section V-Nondestructive Examination-2019
- ASME Section VIII Div.1-ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE-Rules for Construction of Pressure Vessel-2019
- ASME Section VIII Div.2-ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE-Rules for Construction of Pressure Vessel) (Alternative Rules)-2019
- ASME Section VIII Div.3-ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODEAlternative Rules for Construction of High Pressure Vessels)-2019
- ASTM A6-Standard Specification for General Requirements for Rolled StructuralSteel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling-2014
- ASTM A20-Standard Specification for General Requirements for Steel Plates for Pressure Vessels-2019
- ASTM A370-Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products-2018
- AWS A2-4-Standard Symbols for Welding, Brazing, and NDE-2020
- AWS A3.0-Standard Welding Terms and Definitions Copyright by the American WeldingSociety Inc-2010
- AWS B2.1-Specification for Welding Procedure and Performance Qualification-2014
- AWS D 10.4-RP for welding Austenitic chromium – Nickel S.S Piping and Tubing (1986)
- AWS D 10.8-RP for welding chromium - Molybdenum Steel Piping and Tubing (1996)
- AWS D 10.11-RP for Root Pass welding of Pipe Without Backing-2007
- AWS D 14.6-Specification for Welding of Rotating Elements of Equipment-2012
- AWS WHB-2 CH*2-Shielded Metal ARC Welding
- AWS WHB-4 CH*2-Welding Handbook
- AWS WHB-5 CH*6-Welding Handbook
- AWS WI-CH-7-Welding Metallurgy-
- CASTI Guide ASME IX (1997 CD-ROM)
- CASTI Guide ASME B31 3 (1997 CD-ROM)

- CASTI Guidebook - ASME Section VIII Div 1 - PRESSURE VESSELS 2000-
- CASTI Metals Black Book (Fifth Edition) North-American Ferrous Data
- Engineers' Guide to Pressure Equipment
- Internet (G1valve.en.alibaba.Com)
- IPS-G-ME-100- General Standard for Atmospheric Above Ground Welded Steel Tanks for Oil Storage
- IPS-C-PI-240- Construction Standard for Plant Piping System
- IPS-C-PI-270- Construction Standard for Welding of Transportation Pipeline
- IPS-C-PI-290- Construction Standard for Welding of Plant Piping Systems
- IPS-C-PI-350- Construction Standard for Welding of Plant Piping Systems Pressure Testing
- Pressure Equipment (Professional Engineering Publishing Limited, London and bury St Edmunds, UK)
- Pressure Vessel Design and Practice
- Pressure Vessel Handbook (Twelfth Edition) (Eugene F.Megyesy)
- Welding Pipeline Handbook (ESAB)



* تهیه و تنظیم، کنترل و بررسی

WPS, PQR & WQT
for GTAW & SMAW

بر اساس

ASME Sec. IX-2017

جلد اول و دوم

* کلید الکتروود برای فلزات براساس

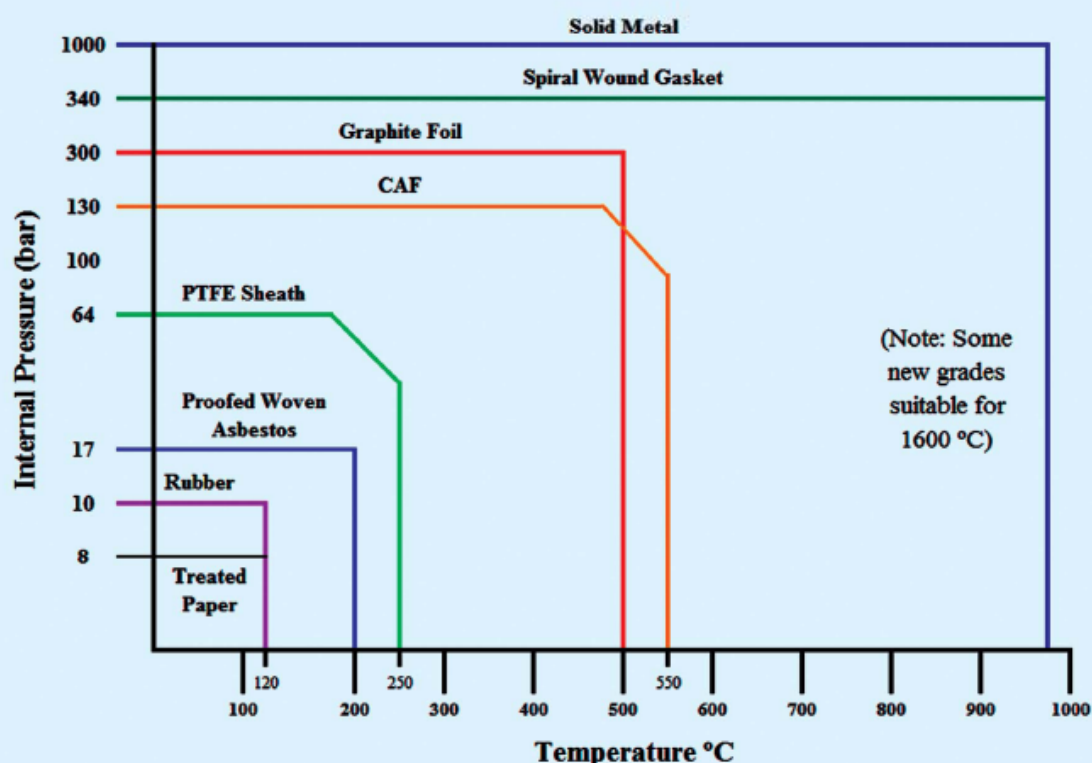
ASME Sec. IX-2017

در فرآیند

GTAW, SMAW & SAW



چارت پیشنهادی گسکت برای دماها و فشارهای مختلف



Temperature / Pressure Guidelines for Common Gasket Materials
(Check with the gasket manufacturer)



نشر تاراوا

اهواز: کیانپارس خیابان نهم پلاک ۱۲۸

نمابر: ۰۹۱۶۱۱۳۶۷۸۵ همراه: ۰۶۱-۳۳۹۰۳۷۱۴

taravapublication@yahoo.com

فروشگاه اینترنتی www.Tarava.com

taravapub