فهرست

یادداشت ۹
سخن مترجم ۱۱
فصل اول: مقدمه ۱۳
تاریخچه‌ای بر نظام‌نامه‌های مخازن و لوله‌کشی ۱۳
جمع‌بندی ۲۰
مقدمه‌ای بر نظامنامه B31.3 ۲۱
تعاریف ۲۴
تنش و محور اصلی ۲۵
تئوری‌های شکست ۲۷
انواع تنش ۲۸
اساس و تعریف تنش مجاز، S_h , S_c ۳۱
فصل دوم: طراحی لوله‌کشی تحت‌فشار و اجزای لوله‌کشی ۳۳
حالت‌های طراحی ۳۳
فشار و دمای طراحی ۳۳
ملاحظات طراحی ۳۸
ارتعاش ۳۸
ضربهٔ قوچ [301.5¶] ۴۰
طراحی لوله‌کشی ۴۲
ضخامت جداره برای فشار داخلی ۴۳
کلید ماتریس ۴۷
ضخامت جداره برای فشار خارجی ۵۰
کفایت حلقهٔ سفت‌کننده ۵۶
طراحی اجزای لوله‌کشی ۶۳
خم‌ها و زانویی‌ها ۶۵
ضخامت دیوارهٔ لوله‌های خم شده ۶۶
اتصالات انشعابی ۷۲
مجرای اکسترود شدهٔ خروجی از لولهٔ اصلی ۸۷
اتصالات از نوع انسدادی [بلوکی] ۸۷
درپوش ۸۹
فلنج‌ها ۹۱
فشار معادل ۹۴
صلبیت فلنج ۹۷
گشتاور نشتی ۹۹
طوقه یا توپی فلنج ۱۰۲
فلنج‌های کور[کننده] ۱۰۳
منفک‌کننده‌ها ۱۰۶
اتصالات انبساطی ۱۰۷
فاصلهٔ بین تکیه‌گاه‌های مهار کننده ۱۱۵
فصل سوم: تحلیل انعطاف‌پذیری سیستم‌های لوله‌کشی ۱۱۷
تحلیل‌های مورد نیاز ۱۱۷
محدودهٔ تنش مجاز ۱۲۰
محدودهٔ تنش جابه‌جایی ۱۲۶
تنش خمشی ۱۲۷
تنش پیچشی ۱۲۸
تفسیر نظامنامه در مبحث لوله‌کشی تحت‌فشار قضیهٔ ۵۳ (بسط مجدد)- تنش- ضریب تشدید[تنش] ۱۳۳

ضریب تشدید تنش ۱۳۵
تنش‌های جابه‌جایی اتصال نامتشابه
جوشی لوله ۱۳۹
Cold Spring (کشسانی سرد) ۱٤۱
تنش‌های ناشی از بارگذاری‌های نامتداوم ۱٤۷
نیروی باد ۱٤۸
زمین‌لرزه ۱٥٤
فشار تنظیم شیر اطمینان ۱٥۹
تخلیهٔ شیر اطمینان ایمنی [محافظ] ۱٦۱
API RP-520 ۱٦٤
2.4.2 . تعیین نیروهای واکنش
در یک سیستم تخلیه – بسته ۱٦٤
افزایش قابلیت انعطاف [انعطاف‌پذیری] ۱٦٥
تکیه‌گاه‌های لوله ۱٦٦
فاصله [مناسب] تکیه‌گاهی لوله ۱٦۸
نگهدارنده‌های آویزی فنری متغیر ۱٦۹
تکیه‌گاه لوله از نوع ترونیون (مفصل افقی)۱۷۲
تکیه‌گاه لوله‌هایی که در اثر ارتعاش
تجهیزات مکانیکی مرتعش می‌شوند. ۱۷۷
ارتعاش لولهٔ ناشی از وزش باد ۱۸۰
تنش رفتار در تکیه‌گاه لوله ۱۸۱
فصل چهارم: محدودیت‌های لوله‌کشی و اجزای لوله‌کشی ۱۸٥
نظام مبتنی بر به‌کارگیری سیال ۱۸٥
وضعیت‌های چرخ‌های سخت ۱۸۷
فصل پنجم: مواد ۱۸۹
مقدمه ۱۸۹
مشخصات و سیستم‌های طبقه‌بندی مواد ۱۹۰
نام‌گذاری‌های عمومی و کلی ۱۹۱
نام‌گذاری‌های مبتنی بر خواص
و نام‌های تجاری [مواد] ۱۹۳
توصیف کننده‌های حرف– عددی
استاندارد شده ۱۹۳
انجمن آمریکایی آهن و فولاد (AISI) ۱۹٤
سیستم انجمن امریکایی آهن و ... ۱۹۸
جامعهٔ آلیاژهای ریخته‌گری شده (ACI) ۱۹۹
انجمن آلومینیوم(AA) ۲۰۰
سیستم عددگذاری یکپارچه ۲۰٦
فولادهای متداول کربن‌دار ASTM
برای لوله‌کشی ۲۰۹
الزامات مواد در B31.3 ۲۱۰
دسته‌بندی‌های مواد و نوع به‌کارگیری سیال ۲۱۰
مواد مشخصه‌ها [323.1¶] ۲۱۲
محدودیت‌های دمایی [323.2¶] ۲۱۲
محدوده‌های درجه حرارت [323.2.1¶] ۲۱۳
محدوده‌های تحتانی دمایی و ... ۲۱٤
انتخاب کمترین درجه حرارت
کمیتهٔ طراحی (DMT) ۲۱٥
کمترین دمای مجاز ماده ۲۱٦
مبانی گسترش جدول ۱٤–٥ ۲۱٦
جدول 323.2.2- الزامات آزمون‌های
چقرمگی دما پایین ۲۱۸
اجتناب از مواد دما پایین ۲۲۰
بندهای مشترک نظام‌نامه‌های
مربوط به الزامات دمای پایین
و چقرمگی شکاف ۲۲۱
انتخاب مواد ۲۲۲
ملاحظات قانونی ۲۲۲
ملاحظات نظام‌نامه B31.3 ۲۲۳
ملاحظات تجاری ۲۲٤
ملاحظات فنی ۲۲٤
طرح ادراکی– برداشتی کلی از
فناوری فرایندی ۲۲٦
طراحی فرایند ۲۲۸
طراحی مکانیکی ۲۳۱
گواهینامه‌های ماده ۲۳۳
فصل ششم: ساخت، مونتاژ و نصب ۲۳٥
پیشگفتار ۲۳٥
خم‌کاری و شکل‌دهی [322¶] ۲۳٦
خمش [یا خم‌کاری] ۲۳۷

عملیات حرارتی لازم پس از تغییر شکل یا خمش ۲۴۲
مآخذ خمکاری ۲۴۳
جوشکاری ۲۴۳
مسئولیت جوشکاری [328.1¶] ۲۴۴
شرایط جوشکاری [328.2¶] ۲۴۶
فرایندهای جوشکاری ۲۴۷
جوشکاری قوسی با الکترود روکش‌دار ۲۴۷
جوشکاری قوسی تحت حفاظت گاز با الکترود تنگستن ۲۴۸
جوشکاری قوسی با الکترود فلزی تحت حفاظت گاز ۲۴۹
جوشکاری قوسی با الکترود تو پودری ۲۵۰
جوشکاری قوسی زیرپودری ۲۵۰
منابع تأمین نیرو در فرایندهای جوشکاری قوسی ۲۵۱
اتصالات [QW-402¶] ۲۵۲
انواع اتصال ۲۵۳
انواع جوش ۲۵۳
هندسه اتصال و آماده‌سازی لبه ۲۵۴
نفوذ اتصال ۲۵۴
پشت‌بند* ۲۵۵
افزودنی‌های مصرفی ۲۵۷
فلزات پایه [QW-4.3¶] ۲۵۸
فلزات پرکننده ۲۶۱
مشخصات و طبقه‌بندی AWS برای مواد مصرفی جوشکاری ۲۶۱
دسته بندی F-Number (عدد پرکننده) ASME ۲۶۲
طبقه‌بندی‌های عدد A (عدد آنالیز) برای فلزات آهنی ۲۶۴
نام‌های تجاری ۲۶۶
موقعیت‌ها [QW-405¶] ۲۶۶
دمای بین پاسی و پیش گرم ۲۶۷
گاز برای محافظت، پشتبند و پاکسازی [QW-408¶] ۲۷۵
تمیزکاری [328.4.1¶] ۲۷۷
مهارت ۲۷۸
انجام آزمون‌های مکانیکی ۲۷۹
عملیاتی حرارتی [331¶] ۲۷۹
انواع عملیات حرارتی ۲۸۱
الزامات عملیات حرارتی ۲۸۳
ضخامت‌های غالب در عملیات حرارتی
جوش‌ها [331.1.3¶] ۲۸۴
روش‌ها و تجهیزات عملیات حرارتی ۲۸۵
سنجش دما ۲۸۸
نرخ‌های گرمایش و سرمایش [331.1.4¶] ۲۹۰
آزمون‌های سختی [331.1.7¶] ۲۹۰
فصل هفتم: بازرسی، امتحان و آزمایش ۲۹۳
پیشگفتار ۲۹۳
بازرسی در برابر امتحان کردن ۲۹۳
الزامات نیروی انسانی [341¶] ۲۹۴
امتحان کردن [341¶] ۲۹۶
چه بخش‌هایی باید امتحان شوند؟ ۲۹۶
چه نوع امتحاناتی برروی بخش‌ها باید انجام شوند ؟ ۲۹۶
چه هنگام باید امتحان صورت گیرد ؟ ۲۹۸
به چه میزان باید امتحان صورت گیرد ؟ ۲۹۹
تعداد اقلامی که به امتحان کردن نیازمندند ۲۹۹
مقدار امتحانی که برروی هر آیتم انجام می‌شود (حدا قلام) ۳۰۱
چگونه باید امتحان‌ها را هدایت کرد و راه برد؟ ۳۰۳
چه استانداردهایی مورد پذیرش‌اند ؟ ۳۰۴
معیار پذیرش در امتحان کردن
چشمی و پرتونگاری ۳۰۷
آزمایش کردن ۳۰۷
فصل هشتم: لوله‌کشی سرویس‌های سیالات گروه M ۳۲۱
مدخل ۳۲۱
تعریف ۳۲۱
مسئولیت طبقه‌بندی کردن ۳۲۲

حالت‌ها [یا شروط] طراحی ۳۲۲
ملاحظات طراحی ۳۲۳
تنش‌های مجاز/موافقت‌هایی
برای طراحی فشار ۳۲٤
طراحی فشار برای اجزای فلزی لوله‌کشی ۳۲٤
ضخامت دیوارهٔ لوله برای
[مقابله با] فشار خارجی ۳۲۵
محدودیت‌های لولهٔ فلزی، اتصالات
لوله و خم‌ها ۳۲۵
اتصالات لوله فلزی ۳۲۵
اتصالات فرعی [یا انشعابی] ۳۲٦
محدودیت‌های کلی شیرهای فلزی و اجزای
خاص [لوله‌کشی] ۳۲۷
شیرها [¶M307] ۳۲۷
فلنج‌ها [¶M308] ۳۲۷
حلقه‌های شیاردار پوششی ۳۲۸
اتصالات جوشی طوقه‌ای ۳۲۸
اتصالات انبساطی [منبسط شونده] ۳۲۸
انعطاف‌پذیری و پشتیبانی لوله‌کشی فلزی ۳۲۸
ساپورت‌های لوله ۳۲۸
سیستم‌های تقلیل فشار ۳۲۸
مواد لوله‌کشی فلزی ۳۲۹
ساخت و نصب لوله‌کشی‌ای که از کاربری
سیال نوع M استفاده می‌کند ۳۲۹
حلقه‌های پوششی [¶M328.3] ۳۳۰
خم‌های لوله ۳۳۰
بازرسی، امتحان و آزمایش کردن
لوله‌کشی فلزی با کاربری سیالات
گروه M ۳۳۰
آزمون نشت ۳۳۰
فصل نهم: لوله‌کشی فشار بالا ۳۳۱
هدف و تعریف ۳۳۱
الزامات اصلاح شدهٔ نظام‌نامهٔ مبنا
برای لوله‌کشی فشار بالا ۳۳۲
شرایط طراحی ۳۳۲
فشار طراحی اجزای لوله‌کشی ۳۳۳
ضخامت دیوارهٔ لولهٔ مستقیم تحت فشار
خارجی ۳۳۵
خم‌های لوله ۳۳۵
اتصالات انشعابی ۳۳٦
طراحی دیگر اجزای لوله‌کشی برای
لوله‌کشی فشار بالا ۳۳٦
تحلیل انعطاف‌پذیری و خستگی در
لوله‌کشی فشار بالا ۳۳۷
براورد تنش فشاری برای تحلیل
خستگی لولهٔ مستقیم ۳۳۷
ضمیمه ۱: سلسله کتب راهنمای کستی ۳۳۹
سلسه کتاب‌های کستی در مبحث خوردگی ۳۳۹
پیوست ۱: سیستم طبقه‌بندی AWS ۳۴۱
پیوست ۲: داده[های] مهندسی ۳۵۵
نظام‌نامه‌های لوله‌کشی ASME ۳۵۵
نظام‌نامهٔ ASME در مورد دیگ[بخار]
و ظروف[یا مخازن] تحت فشار ۳۵٦
پیوست ۳: سازمان‌ها، جوامع و انجمن‌های فنی بین‌المللی استانداردها ۳۵۷
سازمان‌های استانداردهای بین‌المللی ۳۵۷
جوامع و انجمن‌های فنی ۳۵۸
پیوست ۴: روش‌های ساده‌سازی شده محاسبهٔ تنش ۳۶۱
A. روش تیرطره (کنسول) ۳٦۱
معادله تنش خمشی ۳٦۱
B. روش تیرطره (کنسول) مهار شده ۳٦۲
پیوست ۵: تفاسیر ۳۶۳
دربارهٔ پدیدآورندگان ۳٦٤

یادداشت

مؤسسهٔ آموزشی نوین پارسیان

نوین پارسیان، عالی‌ترین سطح آموزش موردنیاز را برای دانشجویان خود فراهم می‌سازد، به‌طوری که که دانشجویان پس از طی دوره‌های آموزشی به‌عنوان یک نیروی علمی با داشتن تجربه اجرایی و انگیزه و اخلاق حرفه‌ای به جامعه صنعتی کشور (علی‌الخصوص صنعت نفت، گازو پتروشیمی) وارد شوند.

نوین پارسیان، برای غنی‌سازی سطوح آموزشی ارائه شده به دانشجویان همواره در زمینه تحقیق و توسعه در ارتباط با نیازهای آموزشی و بازخورد نیازهای صنایع فعالیت موازی خود را ادامه خواهد داد.

ارائه خدمات در جهت پاسخگویی به نیازهای صنایع شامل انتشار کتاب‌های مرتبط و تولید نرم‌افزارهای آموزشی نیز در حوزه فعالیت‌های مؤسسه می‌باشد.

تلاش مضاعف برای ایجاد انگیزه و رفاه کادر علمی و پژوهشی و دستیابی به توانای مالی مناسب برای توسعه فعالیت‌ها در تشکل‌های بنیان‌گذار نیز از دیگر اهداف مؤسسه می‌باشد.

رشد و توسعه شرکت‌های بخش خصوصی ایرانی، از طریق رشدو توسعه دانش و علوم‌کاربردی درکشور(به ویژه در صنعت نفت گاز پتروشیمی)، برقراری و توسعه همکاری هدفمند بین مراکز آموزشی- دانشگاهی، و ایجاد زمینه مناسب برای اجرای پروژه‌های ملی و فرامرزی توسط شرکت‌های بخش خصوصی ایرانی، در دستور کار نوین پارسیان می‌باشد.

ایجاد ارتباط صادقانه با کلیه ذینفعان، توجه به مسایل اجتماعی آنان، استفاده از استادان دارای علم و تجربه در صنایع و عنایت به اقتصادی بودن کلیه فعالیت‌هایی که در مؤسسه انجام می‌شوند، از اصول مورد توجه می‌باشد.

سخن مترجم

اگرچه استانداردها به‌عنوان اصلی‌ترین مرجع در طراحی مهندسی ایفای نقش می‌کنند ولی استفاده درست و تغییر به رأی صحیح از آنها نیز خود جای دقت‌نظر دارد. لذا کتب راهنمایی زیادی در این مورد تاکنون نوشته شده است.

کتاب حاضر ترجمه کتاب راهنمای استاندارد ASM=B31.3 از سری کتاب‌های Casti می‌باشد که بدون شک از شناخته شده‌ترین کتاب‌های راهنمای استانداردهای می‌باشد.

این کتاب قصد دارد با ارائه توضیحات جامع و حل مسائل مختلف به تفهیم درست استاندارد طراحی لوله‌کشی در پتروشیمی بپردازد.

سعی کردم تا آنجا که ممکن است دخل و تصرفی در ارائه مطالب و حتی نحوه‌ای جمله‌بندی کتاب مرجع نداشته باشیم تا مطالب عیناً آورده شود.

جا دارد از دقت و کوشش عزیزان سرکار خانم مهندس فلسفی و آقای مهندس ناجیان و دیگر دوستان که بنده را یاری نمودند تشکر و قدردانی بنمایم. این کتاب تحفه‌ای است ناقابل تقدیمی به تمامی مهندسین و زحمتکشان این مرز و بوم.

فصل اول

مقدمه

تاریخچه‌ای بر نظام نامه‌های[1] مخازن و لوله‌کشی

نیاز به نظام‌نامه‌ها تا اختراع ماشین بخار درک نشده بود. نخستین ماشین بخار تجاری موفق، در ۱۶۹۸، توسط توماس سوری[2]، در انگلستان به ثبت رسیده است. ماشین بخار سوری و تعداد بسیار زیادی از دیگر ماشین‌هایی که براساس طرح‌های بهبودیافتهٔ ماشین بخار وی ساخته شدند، آغاز انقلاب صنعتی[3] را مشخص می‌کنند. این منبع اقتصادی نوین [تولید] قدرت، در گرداندن [بخش‌های دوار] ماشین‌ها در کارخانجات مورد استفاده قرار گرفت، و با ایجاد اشکال سریع‌السیرتر و نوین حمل و نقل[4] به توسعهٔ [آنها] یاری رساند.

دیگ‌های این ماشین‌های بخار اولیه کمی از آرایهٔ نوع کتری چای که در آنها از حرارت‌دهی مستقیم دیوارهٔ دیگ برای تولید بخار استفاده می‌شود، کوچکترند. این دیگ‌های ناکامل سرآغاز [طراحی] سیستم‌های فشار محدود محسوب می‌شوند.

از آنجا که نظام‌نامه‌های طراحی و ساخت برای راهنمایی سازندگان دیگ‌های بخار، جهت تولید دیگ بخاری که بتواند به‌طور مطمئن کار کند وجود نداشت، لذا طراحان و سازندگان بر دانش اندوختهٔ خویش در تولید دیگ‌های بخار تکیه کردند. دانش آنان ناکافی بود، گواه آن نیز انفجار تعداد زیادی از دیگ‌های ساخته شده است. در زیر به تعداد کمی از انفجارات قابل بررسی [دیگ‌های بخار] اشاره خواهد شد.

---

۱. Code دارای معانی متفاوتی است. جهت رسایی ترجمهٔ متن در برداشت از ترجمه هر جا که لازم باشد از کلمه Code به با "کد" استفاده خواهد شد، در غیراین‌صورت واژهٔ پارسی نظام‌نامه ذکر می‌شود.

2. Thomas Savery

3.Industrial Revolution

٤. در اینجا مراد از Transportation می‌تواند جابه‌جایی و انتقال سیال نیز باشد.

در پایان جنگ‌های داخلی، به تاریخ ۲۷ آوریل ۱۸٦٥، ۲۰۲۱ اسیران جنگی متفقین از اردوگاه‌های متحدین در ویکسبورگ[1]، می‌سی‌سی‌پی[2] آزاد شدند. کشتی بخار سولتانا[3] آنان را از طریق رود می‌سی‌سی‌پی[4] به خانه‌هایشان می‌برد (شکل ۱-۱). در هفت مایلی شمال ممفیس[5] دیگ‌های سولتانا منفجر شدند. کشتی نهایتاً نابود شده و ۱٥٤۷ تن از مسافرین آن کشته شدند. تعداد کشته شدگان این حادثه از دو برابر مجموع کشته‌شدگان زمین‌لرزهٔ سان‌فرانسیسکو[6] و آتش‌سوزی آن در ۱۹۰٦ بیشتر بود.

انفجار قابل‌توجه دیگری در ۱۸۹٤ در یک معدن زغال سنگ، نزدیک شاموکین[7] و پنسیلوانیا[8] رخ داد و طی آن ۲۷ دیگ از ۳٦ دیگ موجود به سرعت و پیاپی منفجر شده و تمامی تأسیسات [معدن نام برده شده] از بین رفته و ٦ تن کشته شدند.

انفجار دیگ‌های بخار ادامه یافت. در فاصلهٔ زمانی ده ساله از ۱۸۹٥ تا ۱۹۰٥ تعداد ۳٦۱۲ انفجار دیگ بخار ثبت شده است، به‌طور متوسط روزی یک انفجار. ضایعات انسانی انفجارها دو برابر رقم یاد شده است؛ بیش از ۷٦۰۰ تن [در این انفجارات] کشته شدند. در ۲۰ مارس ۱۹۰٥ در بروکتون[9] ماساچوست کارخانهٔ شرکت کفش R.B.Grover [در اثر انفجار] نابود شد (شکل ۲a-۱ و شکل ۲b-۱)، [در جریان انفجار مذکور] ٥۸ تن کشته و ۱۱۷ تن دیگر زخمی شدند. یک سال بعد، در ناحیهٔ لین[10] ماساچوست، بر اثر انفجار دیگ کارخانه‌ای که در شب کار می‌کرد، ٥۰۰۰۰۰ دلار خسارت به بار آمد و تن زخمی شدند.

شکل ۱-۱

1. Vicksburg
2. Mississipi
3. Sultana
4. Mississipi River
5. Memphis
6. San Francisco Earthquake
7. Shamokin
8. Pennsylvania
9. Brockton
10. Lynn

مسئله کاملاً روشن بود. دیگ‌های بخار، اگرچه منابع ارزشمند[تولید] قدرت بودند، لیکن مطمئن نبودند. لازم بود تا یک راه‌حل مهندسی برای پیشگیری از انفجارهای فاجعه‌آمیز [دیگ‌های بخار] یافت شود. در اوت ۱۹۰۷، توسط ایالت ماساچوست با تأسیس هیئت‌عامل قوانین دیگ بخار[1] که نخستین قانون‌گذار مؤثر طراحی در ایالات متحدهٔ امریکا به‌شمار می‌رود، این موضوع برای نخستین بار مطرح شد.

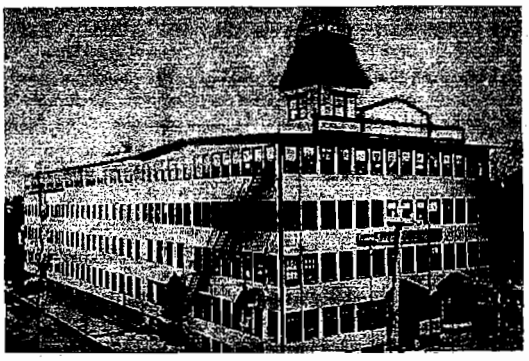
دیگر ایالات، براساس قوانین [خاص] خود، از [رویهٔ فوق] تبعیت کردند: اوهایو و نیویورک[2] ۱۹۱۱؛ نیوجرسی[3] ۱۹۱۳؛ ایندیانا[4] ، ۱۹۱۵؛ پنسیلوانیا ، ۱۹۱۶؛ کالیفرنیا[5] ، میشیگان[6] و آرکانزاس[7] ، ۱۹۱۷؛ دلاوار[8] و اکلاهما[9] ، ۱۹۱۸؛ ارگن[10] ۱۹۲۰ و به همین ترتیب سایر ایالات.

در هر حال با وجود تمامی سازمان‌های مقنن در ایالات [مختلف] ، حتی دو قاعدهٔ مشابه نیز [در بین قواعد وضع شده] یافت نمی‌شد. بنابراین در بازرسی دیگ‌هایی که برای خارج از یک ایالت در نظر گرفته شده بودند، مشکلی اساسی، معتبر شناخته شدن نتایج بازرسی‌ها بود؛ به‌گونه‌ای که موارد و دستورالعمل‌های جوشکاری معتبر در یک ایالت، مورد پذیرش نبوده و مطمئن شناخته نمی‌شد.

انجمن امریکایی مهندسین مکانیک (ASME) که پیش از این به‌عنوان یک سازمان مهندسی پیشرو شناخته می‌شود، توسط اعضای ذینفع خود ترغیب شد تا نسبت به فرمول‌بندی و ارائهٔ پیشنهادات مشخصات همسان استانداردی برای طراحی، ساخت و بهره‌برداری از دیگ‌های بخار و دیگر مخازن تحت فشار اقدام کند.

---

1. Board Of Boiler Rules
2. New York and Ohio
3. New Jersey
4. Indiana
5. California
6. Michigan
7. Arkansas
8. Dlaware
9. Oklahoma
10. Oregon



شکل ۲-۱a

شکل ۲-۱b

در ۱۵ فوریه ۱۹۱۰-، نخستین نظامنامهٔ دیگ بخار ASME، تحت‌عنوان:
SECTION 1, POWER BOILERS به شورای ASME جهت تأیید پیشنهاد شد. بخش‌های دیگر نظام‌نامه که در طی یازده سال بعد پیشنهاد شد به شرح زیر هستند.

بخش III . دیگ‌های بخار لوکوموتیوی[1] ، ۱۹۲۱
بخش V. دیگ‌های بخار کوچک[2]، ۱۹۲۲
بخش VI. دیگ‌های بخار گرمایشی[3] ، ۱۹۲۳
بخش II . مواد و بخش VI بازرسی، ۱۹۲٤
بخش VIII. مخازن تحت فشار آتش‌نخوار [4] ، ۱۹۲۵
بخش VII . استفاده و مراقبت از دیگ‌های بخار ، ۱۹۲٦

1. Locomotive Boilers
2. Miniature Boilers
3. Heating Boilers
4. Unfired Pressure Vessels

شکل ۳-۱، تأثیر نظام‌نامه‌ها و تلاش‌های جمعی برای معرفی و تبیین قواعد طراحی و ترسیم خطوط راهنمایی برای طراحان و سازندگان جهت تولید دیگ‌های بخار مطمئن را به‌صورت ترسیمی نشان می‌دهد. در اینجا، ملاحظه می‌شود که انفجارات دیگ بخار، حتی درحالتی‌که فشار بخار به‌صورت پایداری افزایش یابد، با شیب تندی کاهش یافته است. هر یک از بخش‌های این نظام‌نامه به‌وسیلهٔ کمیته‌های منحصربه‌فرد [ویژه‌ای] که حامل نقطه‌نظرات فنی متنوع و گوناگونی در زمینه‌های طراحی، ساخت و مونتاژ دیگ‌های بخار و ظروف تحت‌فشار بودند، نگاشته شده‌اند.

در سال ۱۹۳٤، برای مخازن بزرگی که تحت درجه حرارت و فشار بالا کار می‌کردند، برای نخستین بار نظام‌نامهٔ API-ASME منتشر شد. این نظام‌نامه در ۱۹۳٦ به چاپ دوم رسید. نظام‌نامه API-ASME Vessel از نظام‌نامهٔ بخش VII که در ۱۹۲۵، یعنی نه سال قبل منتشر شده بود، کمتر محافظه کارانه بود. اعضای دو کمیتهٔ [تدوین] نظام‌نامه در خلال سال‌های ۱۹۳۵ سال ۱۹۵٦ به بررسی و سنجش پرداختند. در نتیجه، نظام‌نامهٔ API-ASME کنار گذاشتهٔ بخش VIII ، یعنی نظام‌نامهٔ ASME برای دیگ بخار و مخازن تحت‌فشار پذیرفته شد.

به همین ترتیب نظام‌نامهٔ لوله‌کشی تحت‌فشار[1]، از نظام‌نامهٔ مخازن تحت‌فشار[2] [استخراج] شد. براساس درخواست ASME و برای تهیهٔ یک نظام‌نامهٔ ملی جهت لوله‌کشی تحت‌فشار[3]، انجمن استانداردهای آمریکا[4] (ASA) در مارس ۱۹۲٦، با مسئولیت تضامنی ASME پروژهٔ B31 [5] دربردارنده چهل سازمان از انجمن‌های مهندسی، صنعتی، دوایر حکومتی، انستیتوها و جوامع تجاری بود. نخستین ویرایش نظام‌نامهٔ B31 به‌عنوان نظام‌نامهٔ استاندارد تجربی امریکایی[6] برای لوله‌کشی تحت فشار در ۱۹۳۵ به چاپ رسید.

برای به‌روز نگاه داشتن این نظام‌نامه، همپای توسعه [و تکامل] طراحی و لوله‌کشی و همهٔ نظامات [الزامات] مرتبط با آن، ملحقات [و ضمائم] نظام‌نامه یاد شده مورد تجدیدنظر قرار گرفته و ویرایش‌های جدیدی از آن، به شرح زیر به چاپ رسیده است:

B31.1 – نظام‌نامهٔ استاندارد امریکایی برای لوله‌کشی تحت‌فشار[7]، ۱۹٤۲

B31.1A – ملحقات ۱، ۱۹٤٤

B31.1B – ملحقات ۲، ۱۹٤۷

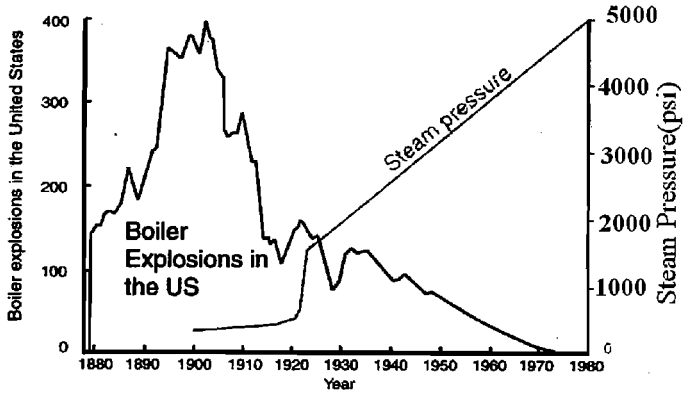
B31.1 – نظام‌نامهٔ استاندارد امریکایی برای لوله‌کشی تحت‌فشار، ۱۹۵۱

B31.1A – ملحقات ۱ به B31.1 منتشره به سال ۱۹۵۱، ۱۹۵۳

---

1. The Code For Pressure Piping
2. Pressure Vessel Code
3. National Pressure Piping Code
4. The American Standards Association
5. Section Committee B31
6. The American Tentative Standard Code For Pressure Piping
7. American Standard Code For Pressure Piping

B31.1- نظام‌نامه استاندارد امریکایی برای لوله‌کشی تحت‌فشار، ۱۹۵۵



شکل ۳-۱

نخستین ویرایش نظام‌نامهٔ لوله‌کشی پالایشگاه‌های نفتی، در ۱۹۵۹، تحت‌عنوان ASA B3.1 منتشر شده و جایگزین بخش ۳ از B31.3 منتشره به سال ۱۹۵۵ شد. دو ویرایش بعدی از ASA B31.3 به ترتیب در سال‌های ۱۹۶۲و ۱۹۶۶ نشر یافتند.

در ۱۹۶۷ ساختار انجمن استانداردهای امریکایی[1] مورد بازنگری قرار گرفت و نام آن به انستیتوی استانداردهای ایالات متحدهٔ امریکا تغییر یافت. انستیتو، در ۱۹۶۹، نام خویش را به انستیتوی ملی استانداردهای امریکایی[2] (ANSI) تغییر داد.

در ۱۹۷۳، یک نظام‌نامهٔ جدید برای لوله‌کشی، به‌عنوان ANSI-B31.3 1973 منتشر شد.

با حمایت انجمن تولیدکنندگان موادشیمیایی[3]، نظام‌نامه‌ای برای لوله‌کشی کارخانجات تولید مواد شیمیایی تحت‌عنوان ANSI B31.6 در دست تهیه بود، ولی تا ۱۹۷٤، [نظام‌نامه یادشده]آمادهٔ چاپ نشد. در این سال براساس استعلام صورت گرفته از کمیتهٔ نظام‌نامهٔ لوله‌کشی ASME، قضیهٔ ٤۹ نظام‌نامه[4] نشر یافت؛ و بر آن مبنا به طراحان توصیه شد که از الزامات B31.3 برای لوله‌کشی پروژه‌های شیمیایی استفاده کنند.

قضیه ۴۹ نظام‌نامه: استعلام مربوط به استفاده از بخش نظام‌نامه در لوله‌کشی صنایع شیمیایی.

استعلام: آیا بخشی از نظام‌نامهٔ ASA B31 (نظام‌نامهٔ لوله‌کشی تحت‌فشار) وجود دارد که بتوان از آن در طراحی، مونتاژ، بازرسی و آزمایشی لوله‌کشی فرایندی صنایع شیمیایی استفاده کرد؟

---

1. American Standards Code For Pressure Piping
2. American National Standards Institute (ANSI)
3. The Chemical Manufacturers Association
4. Code Case 49

پاسخ: کمیته بر این باور است که مادامی که یک بخش نظام‌نامه‌ای از لوله‌کشی تحت‌فشار که به‌طور خاص در مورد لوله‌کشی فرایندی شیمیایی کاربرد داشته باشد، منتشر نشده است می‌توان طراحی، مونتاژ، بازرسی و آزمایش لوله‌کشی فرایندی صنایع شیمیایی را براساس الزامات لوله‌کشی پالایشگاه نفتی ASA B31.3 انجام داد.

از آن پس، دو بخش نظام‌نامه‌ای نشر یافت، بعدتر تصمیم گرفته شد تا الزمات B31.3 و B31.6 ترکیب شده و ویرایش جدیدی [از نظام‌نامه] ANSI B31.3 با تغییر عنوان آن به لوله‌کشی پالایشگاه نفتی و کارخانه شیمیایی طراحی شود. این ویرایش نخستین بار در ۱۹۷۶ نشر یافت.

در ۱۹۷۸ کمیتهٔ B31 استانداردهای امریکایی، تحت دستورالعمل‌های بسطیافتهٔ ASME که توسط ANSI به رسمیت شناخته شد، تجدید سازمان یافت و به‌عنوان نظام‌نامه‌ای ASME برای لوله‌کشی تحت‌فشار[1] موسوم شد.

ویرایش ۱۹۸۰ نظام‌نامهٔ لوله‌کشی پالایشگاه نفتی و کارخانه شیمیایی تحت‌عنوان ANSI/ASME B31.3 نشر یافت.

در ژوئیهٔ ۱۹۸۱ برای لوله‌کشی سرمایشی[2] یک بخش نظام‌نامه‌ای، ANSI/ASME B31.10 که همان مسیری را که B31.6 در ۱۹۷۱ از سر گذارنده بود، طی کرده بود، ، نوشته شد. این [بخش] و قواعد بسطیافتهٔ آن برای لوله‌کشی سرمایشی نیز در خطوط [اصلی و] راهنمای B31.3 ادغام شد. تغییرات حاصله در B31.3 منجر به تطبیق بهتر آن جهت لوله‌کشی سرمایشی شد، در پی این تصمیم، لزومی به تغییر نام نظام‌نامه برای رساندن این امر که نظام‌نامهٔ یادشده لوله‌کشی سرمایشی را نیز پوشش می‌دهد، نبود لذا نظام‌نامهٔ جاری همان ASME B31.3 بود.

در مارس ۱۹۹۶ یک نظام‌نامهٔ جدید اساسی که نام آن به ASME B31.3 برای لوله‌کشی فرایندی[3] تغییر کرده بود، منتشر شد. در این ویرایش از B31.3، سیستم آحاد متریک برای واحدهای اندازه‌گیری جایگزین شد.

واحدهای متریک اندازه‌گیری که پذیرفته شده‌اند، عبارت‌اند از:

درجه حرارت، برحسب درجهٔ سلسیوس(°C) اندازه‌گیری شده و به نزدیکترین درجه گرد می‌شود. درجه حرارت‌های مطلق در محاسبات نظام‌نامهٔ مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

اندازه‌گیری خطی، [در این نوع اندازه‌گیری] میلی‌متر (mm) جایگزین اینچ (in.)، متر (m) جایگزین فوت (ft) گشته و نسبت‌های طولی، چنانچه در جداول ضمیمه C آورده شده‌اند، چونان mm/m جایگزین in/100 ft و μm/m جایگزین μin./in. شده‌اند. در اندازه‌گیری‌های دقیق (مثل اندازه‌گیری ضربهٔ تیز برروی نمونه‌ها) اندازه‌گیری‌ها تا حدود 0.1mm گرد می‌شوند.

---

1. The ASME Code For Pressure Piping and Petroleum Refinery Piping Code
2. Cryogenic Piping
3. Process Piping

فشار و تنش، کیلو پاسکال و مگاپاسکال (Mpa , Kpa) جایگزین پوند- نیرو بر اینچ مربع کیلو پوند بر اینچ مربع شده‌اند. در همهٔ موارد از Kpa به‌عنوان مقیاس سنجش فشار و از Mpa به‌عنوان مقیاس سنجش تنش استفاده شده است. چنانچه از واحدهای نامتناقص، چه به‌صورت فوت- پوند و با سیستم متریک استفاده شود، این امکان فراهم می‌شود که معادلات بدون بعد نوشته و استفاده شود. در حالت‌های خاص مدول‌الاستیسیته، از هزار مگاپاسکال استفاده می‌شود. گرد کردن فشار تا نزدیک‌ترین ۵ کیلو پاسکال (5Kpa) و روند کردن تنش تا نزدیک‌ترین ۱ مگاپاسکال (1 Mpa) صورت می‌گیرد.

نیرو، گشتاور و انرژی، برای نیرو، نیوتن (N) جایگزین پوند نیرو (1bf) ، برای گشتاور، نیوتن- متر (N-M) جایگزین اینچ- پوند- نیرو(in.1bf) و در مورد انرژی ژول (J) جایگزین فوت- پوند- نیرو (ft-1bf) گشته است.

اندازهٔ اسمی[1] لوله (NPS) جایگزین قطر معادل (DN) [فرانسوی] شده است.

نرخ فشار[2] (Psi) ، جانشین فشار اسمی (PN) شده است.

ضخامت جدار[3]، Schedule، هیچگونه معادلی در سیستم متریک برای Schedule وجود ندارد. از میلی‌متر به‌عنوان معادل ضخامت جدار با دقت یک دهم در این کتاب استفاده خواهد شد، به‌عنوان مثال ۰/۳۷۵ اینچ به ۹/۵ میلی‌متر تبدیل می‌شود.

سختی[4] و پرداخت سطح[5]، معادل متریک شناخته شده‌ای برای سختی وراکول C وجود ندارد.

از هر دو سیستم متریک و اینچ- پوند [سیستم انگلیسی]، در هر جا که به کار آیند، در محاسبات صورت گرفته در این کتاب استفاده خواهد شد. به ضمیمهٔ شماره ۲، جدول تبدیل متریک نگاه کنید.

جمع‌بندی

چنانکه در بخش پیشین ملاحظه می‌شود، شکل‌گیری نظام‌نامه‌ها حاصل احساس مسئولیت در قبال انفجارهای دیگ‌هایی است که به‌طور نامطمئن طراحی گشته و یا عملیات ساخت آنها ایمن نیست. بنابراین چندان اعجاب‌آور نیست که هدف اولیهٔ نظام‌نامه‌ها، تأمین ایمنی [دیگ‌های بخار] باشد. با به‌کارگیری مجموعه‌ای از الزامات مفروض مهندسی که برای طراحی و ساخت سیستم‌های ایمن لوله‌کشی لازم هستند، هدف یادشده قابل حصول است. به‌علاوه، ممنوعیت‌ها و هشدارهایی در خصوص طراحی‌ها و عملیات ناایمن [در نظام‌نامه‌های تدوین شده] داده شده است.

1. Nominal Pipe Size
2. Pressure Rating
3. Wall Thickness
4. Hardness
5. Surface Finish

نکتهٔ مهم

مواد معرفی شده [در این بخش] و آنچه که دربارهٔ آنها ارائه شده است، اطلاعاتی عمومی برای خواننده فراهم می‌آورد و نمی‌توان بدون لحاظ داشتن نکات فنی و ایمنی ویژه، از آنها برای کاربردهای خاص استفاده کرده و بر آن داده‌ها تکیه کرد. [همچنین] هیچ‌یک از داده‌های یادشده را نمی‌توان جایگزین نظام‌نامه‌های مهندسی و استانداردها کرد. در حقیقت، [داده‌های ارائه شده] پیشنهاداتی هستند که شما را به مرور جزئیات ساخت، ترغیب می‌کنند.

از آنجایی‌که برای گردآوری [اطلاعات مربوط به] موادی که در این کتاب آورده شده‌اند، تلاش بزرگی صورت گرفته و با اعتقاد به صحیح بودن آنها از نظر فنی، شرکت سهامی انتشارات CASTI و کارکنان آن، هیچگونه تضمینی را مبنی بر مناسب بودن آنها برای تمامی مصارف عمومی و یا ویژه نمی‌سپارند و فرض را بر این می‌گذارند که هیچگونه مسئولیتی، از هر نوع آنکه می‌خواهد باشد، در ارتباط با داده‌هایی که دربارهٔ آنها بحث می‌شود، متوجه مسئولیت آنان نیست.

مقدمه‌ای بر نظام‌نامه B31.3

نظام‌نامهٔ لوله‌کشی فرایندی ASME B31.3 مجموعه‌ای از قواعد حداقلی را که لازم است در جریان اجرای سیستم‌های لوله‌کشی فرایندی در عرصه‌های عملیات طراحی، مواد، مونتاژ، آزمایش و بازرسی مراعات شود، ارائه می‌دهد. در هر حال B31.3 با ملاحظهٔ بنیان یا منظور [غایی] قواعد نظام‌نامه، توضیحات مختصری را نیز به‌دست می‌دهد. این دیدگاه، می‌تواند، گاهاً منبعث از تفسیرهای نشر یافتهٔ نظام‌نامه باشد، لیکن اینگونه تفسیرها [عمدتاً] پاسخ‌هایی هستند که به سؤالات ویژهٔ استفاده کنندگان [نظام‌نامه] داده شده است. هرگونه استنتاج معطوف به بنیان یا منظور[غایی] قواعد نظام‌نامه باید از تفسیرهای [ذکر شده] استنباط و یا مشتق شود. هدف این کتاب، بسط درک بنیان یا منظور [غایی] قواعد نظام‌نامه است.

مانند پاره‌ای از نظام‌نامه‌ها، استانداردها و مشخصات، فهم و عمل [به قواعد] B31.3 دشوار است. در جریان جستجو برای حل مسئله و از آنجا که یک موضوع ترتیبات فنی متعددی را همپوشانی می‌کند، مراجعات بی‌حد چندجانبه [به نظام‌نامه] ضروری خواهد بود.

B31.3 فرض را بر این قرار می‌دهد که استفاده کنندگان از نظام‌نامه درک خوبی از طیف گسترده‌ای از موضوعات را دارا هستند، لیکن تجربه نشانگر آن است که اغلب وسعت درک و فهم به‌طور روزافزونی متغیر بوده و به یک حوزهٔ فنی ویژه [نهایتاً] محدود می‌شود. این کتاب، پاره‌ای دیدگاه‌ها را در خصوص فناوری‌های مبنای طراحی، [انتخاب] مواد، مونتاژ، بازرسی و آزمایش سیستم‌های لوله‌کشی فرایندی، به‌دست می‌دهد.

B31.3 ناظر بر همهٔ وضعیت‌های طراحی، [انتخاب] مواد، مونتاژ، بازرسی و آزمایش سیستم‌های لوله‌کشی فرایندی نیست. درهرحال الزامات حداقل ارائه شده در نظام‌نامه باید برای انجام یک طراحی درست مهندسی مدنظر قرار گیرند؛ [باید به یاد داشت] که نظام‌نامه جایگزین معیارهای مهندسی صحیح نیست. با عنایت به هدف از لوله‌کشی و [درجه] پیچیدگی آن، تعداد قابل توجهی از جزئیات اضافی برای

تکمیل کار مهندس و ساخت موردنیاز است. این کتاب دربردارندهٔ اطلاعات تکمیلی درمورد مسائلی ویژه است که نظام‌نامه مشخصاً ناظر بر آنها نیست. هدف از این داده‌های اضافی، به‌طور کلی ارتقای درک استفاده کنندگان نظام‌نامه از فرایند طراحی سیستم لوله‌کشی، انتخاب مواد، فنون مونتاژ، عملیات آزمودن و روش‌های بازرسی است.

گلیان وودز، عضو فعال کمیتهٔ B31.3 از ۱۹۷۹، پرسش‌هایی را از کاربران نظام‌نامه در خصوص کاربرد، موقعیت و منظور [غایی] نظام‌نامه دریافت داشته است. همچنین، تجربیات بین‌المللی روی باگیولی به‌عنوان یک مهندس متالوژ و جوشکاری، که حاصل از کاربرد نظام‌نامه در کشورهای مختلف دیگر بود به‌کار گرفته شد. این تجربیات زمینهٔ عملی مهندسی موردنیاز برای نگارش این کتاب را فراهم ساخت. این‌ها چالش‌های مؤلفان برای تدوین B31.3 بودند، به‌گونه‌ای که خواننده بتواند در استفاده وکاربرد نظام‌نامه احساس راحتی کرده و نظام‌نامه بدین‌وسیله دیدگاه‌های دقیق و نوین را بسط دهد.

نظام‌نامه B31.3 ، [موارد زیر را] نیز ارائه می‌دهد:

۱. فهرستی از مواد قابل قبول لوله‌کشی با تنش‌های مجاز آنها در دماهای متفاوت و تعداد زیادی از نکات و اطلاعات اضافی در خصوص چگونگی استفاده از هر ماده.

۲. جدولی از استانداردهایی که دربردارندهٔ اجزای قابل قبولی برای استفاده در سیستم‌های لوله‌کشی B31.3 هستند، مانند:

الف- ASME B16.5 : که ابعاد، مواد سازنده و محدوده‌های دما- فشار انواع فلنج‌های معمولی موجود در لوله‌کشی پالایشگاهی را در بردارد.

ب – ASME B16.9 : دیگر استاندارد ابعادی برای اتصالات جوش لب‌به‌لب[1] ، مانند سه‌راهی‌ها[2]، چهارراهه‌ها[3] ، زانویی‌ها[4]، تبدیل‌ها[5]، درپوش‌های جوشی[6] ، و ته‌بندهایی با جوش لب‌به‌لب[7]. همچنین اتصالات B16.9 باید قادر به نگهداری حداقل فشار محاسبه شده باشند.

پ – ASME B16.11 : دیگر استاندارد ابعادی برای سه‌راهی‌ها، کوپلینگ‌ها و نیمه کوپلینگ‌های رزوه‌ای[8] و جوشی از نوع سوکت[9]. همچنین، در این استاندارد کمترین فشار به‌عنوان یک الزام است. این‌ها صرفاً تعداد اندکی از بیش از ۸۰ استاندارد فهرست شده‌اند.

۳. رهنمودهایی برای تعیین سطوح تنش این لوله‌کشی[10] و عمر طرح.

---

1. Butt-Welded Fittings
2. Tees
3. Crossess
4. Elbows
5. Reducers
6. Weld Caps
7. Lap Joint Stub Ends
8. Socket-weld
9. Socket-Weld
10. Safe Piping Stress Levels

٤. الزامات بازرسی جوش برای اندازه‌گیری یکپاچگی ساختار جوش‌ها.

٥. الزامات فشار تست سیستم‌های لوله‌کشی قبل از راه‌اندازی طرح.

با در نظر داشتن موارد بالا، باید نظام‌نامهٔ B31.3 به‌عنوان کتاب راهنمای یک طراح قلمداد شود. این باور دور از حقیقت نیست. نظام‌نامهٔ یک کتاب راهنمای طراحی نیست و [در عین‌حال] نمی‌توان نیاز طراح را بدان یا نیاز [دانش مهندسی] را برای دستیابی به معیارهای صحیح مهندسی نادیده انگاشت [مقدمهٔ q[B31.3] . نظام‌نامه صرفاً در پی آن است که طراح را در جهت تحلیل طراحی سیستم لوله‌کشی، از طریق ارائهٔ معادلات ساده‌شده جهت تعیین سطوح تنش، ضخامت جداره و یا کفایت طراحی اجزای [لوله‌کشی] و [ارائه] معیارهای قابل قبول بازرسی، هدایت کند. نظام‌نامه هیچگونه دستورالعملی در مورد اینکه چه‌چیزی را چگونه باید طراحی کرد، صادر نمی‌کند.

رهیافت نظام‌نامه‌ای برای محاسبهٔ سطوحی از تنش و تضمین ایمنی لوله‌کشی، منحصربه‌فرد است[مقدمه q[B31.3]. اگر معادلات ویژه‌ای که استفاده از آنها بسیار پیچیده و دشوار باشد، وجود داشته باشند، در این صورت نظام‌نامه کاربرد اندکی خواهند داشت. اگر دستورالعمل‌ها[1] و فنونی[2] ورای درک مهندسی لوله‌کشی در کار باشد، نظام‌نامه‌ها مقبولیت کمی خواهند داشت. این امر بدین‌معنا نیست که طراحانی که توانایی تحلیل دقیق‌تری را دارا هستند، خود را به رهیافت ساده‌شده‌ای محدود سازند. در واقع، چنانچه طراحانی که توانایی تحلیل دقیق‌تری را دارا هستند، آزادی عمل لازم را نیز داشته باشند، خواهند توانست اعتبار رهیافتشان را به اثبات رسانند.

انتخاب نظام‌نامه‌ای برای [طراحی] سیستم لوله‌کشی، در غالب موارد، با کارفرمای طرح[3] است. [اجرای] نظام‌نامه B31.3 به‌جز در تعداد اندکی از استان‌ها و ایالات کانادایی اجباری نیست.

برحسب وضعیت [طرح]، کارفرما می‌بایست تصمیم بگیرد که کدام بخش نظام‌نامه برای مصارف عملی استفاده شود. مثلاً، استفاده از دو نظام‌نامهٔ متفاوت که در مواردی یکدیگر را همپوشانی کنند، مناسب است. به‌عنوان مثال، طرح‌های مشابهی که در داخل یک پالایشگاه [اجرا می‌شوند]، می‌توانند براساس نظام‌نامه‌های B31.1 و یا B31.3 طراحی گردند. پاسخ به دو سؤال زیرین می‌تواند در انتخاب بخش غالب نظام‌نامه‌ای یاری رساند:

۱. می‌خواهید طرحتان چه عمری داشته باشد؟

۲. مایل هستید طرحتان چه قابلیت اطمینانی داشته باشد؟

طرح‌هایی که براساس B31.3 طراحی شده‌اند، عموماً عمری حدود ۲۰ تا ۳۰ سال داشته‌اند. از سویی دیگر، پروژه‌هایی که براساس B31.1 طراحی گشته‌اند، عمری متجاوز از ٤٠ سال یافته‌اند. تفاوت بین دو نظام‌نامه در ضریب اطمینان آنها جهت کاستن از دمای متوسط طراحی[4] است. B31.3 از ضریب اطمینان ۱ تا ۳ استفاده می‌کند، حال آنکه ضریب اطمینان B31.1 ، یک تا چهار است. این ضریب منعکس‌کنندهٔ تفاوت‌هایی در مشخصه‌های طرح است. به‌عنوان مثال، در شرایط مشابه طراحی، Schedule

1. Procedures
2. Techniques
3. The Plant Owner
4. Design Temp. Range

موردنیاز جهت ضخامت جدارهٔ لوله در سیستم لوله‌کشی B31.1 برابر با ۸۰ است، حالا آنکه در سیستم لوله‌کشی B31.3 ، Schedule موردنیاز برای ضخامت جدارهٔ لوله، ٤۰ است.

طرح‌هایی که عموماً با استفاده از B31.3 طراحی می‌شوند عبارت‌اند از : تأسیساتی که دربردارندهٔ سیالاتی همچون جامدات [ذرات] روان[1]، مواد شمیایی خام، محصولات میانی یا مواد شیمیایی در نهایی؛ نفت، محصولات پتروشیمی، گاز، بخار، هوا، مبردها (نه آن مبردهایی که به‌وسیلهٔ B31.5 پوشش داده می‌شوند) هستند. این تأسیسات از نظر الزامات مربوط به خواص آنها شبیه به طرح‌های فرایندی و پالایشی بوده و شامل مواد زیرند:

- طرح‌های شیمیایی[2]
- آسیاب‌های کاغذ و خمیر کاغذ[3]
- پایانه‌های باربری[4]
- سکوهای دریایی[5]
- واحدهای تولید عمده[6]
- پالایشگاه‌های پتروشیمی[7]
- واحدهای مخازن[8]
- واحدهای فرایندی گاز طبیعی[9]
- فرایند تهیه غذا[10]
- کارخانه‌های ترکیبی[11]
- آسیاب‌های فولاد[12]
- آبجوسازی‌ها[13]
- کارخانجات غنی‌سازی سوخت هسته‌ای[14]

تعاریف

برای به‌کارگیری نظام‌نامه، طراح باید دانش عملی و درک [درسی] از وضعیت‌ها و اصطلاحات [به کار رفته] داشته باشد. این امر به طراح، در پیاده‌سازی مفاد نظام‌نامه کمک قابل توجهی می‌کند. پاره‌ای از اصطلاحات و وضعیت‌های [اساسی] در زیر تعریف شده‌اند.

---

1. Fluidized Solids
2. Chemical Plants
3. Pulp & Paper Mills
4. Loading Terminals
5. Off-Shore
6. Bulk Plants
7. Petroleum Refineries
8. Tank Farms
9. Natural gas Processing Plants
10. Food Processing
11. Compounding Plants
12. Steel mills
13. Beer breweries
14. Nuclear Fuel Reprocessing Plants

تنش و محور اصلی

انجام تحلیل لوله‌کشی بارگذاری شده به‌وسیلهٔ فشار، وزن و انبساط حرارتی که ظاهر می‌شود، دشوار و پیچیده است. این پیچیدگی، هنگامی‌که تحلیل کنندهٔ سیستم محور اصلی[1] را دریابد، بسیار ساده خواهد شد.

مکعبی را فرض کنید که از جدارهٔ لوله‌ای که تحت تنش قرار دارد جدا شده و تحت اثر نیروهایی در جهات مختلف است. چه‌چیزی مکعب را از شکست[2] و یا پارگی[3] در امان نگاه می‌دارد؟
برای پاسخ به این پرسش، تنش را در مکعب به‌سادگی محاسبه کرده و [حاصل] را با محدودهٔ تنش مجاز مقایسه کنید.

تنش به‌عنوان نسبت نیرو به سطح تعریف می‌شود. برای یافتن تنش در مکعب یک سیستم قطبی با سه محور که دوبه‌دو بر یکدیگر عمودند بسازید به‌گونه‌ای که هر محور عمود بر سطحی از مکعب باشد (شکل ٤-١) . مبدأ سیستم قطبی بر مرکز مکعب قرار دارد.

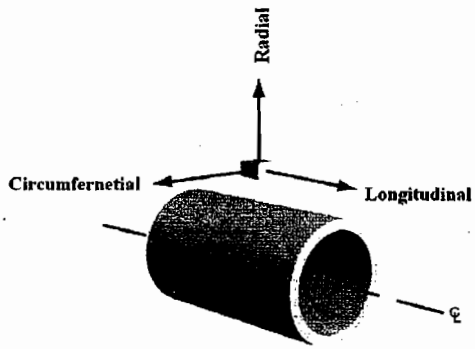
هر نیرویی که بر مکعب اثر می‌کند را می‌توان به‌طور مثلثاتی به‌مؤلفه‌های نیرو، که به‌وسیلهٔ بردارهایی که هر یک در راستای محورهای اصلی اثر می‌کنند، تجزیه کرد. نسبت برآیند مؤلفه‌های هر نیرویی که بر سطح مکعب اثر می‌کند به سطحی از مکعب که نیرو بر آن وارد می‌شود را تنش اصلی[4] می‌نامند. تنش اصلی‌ای که بر خط‌المرکزین لوله اثر می‌کند به تنش طولی اصلی[5] موسوم است. این تنش به وسیلهٔ خمش طولی، بارگذاری محوری نیرو[6] و یا فشار ایجاد می‌شود.

تنش اصلی شعاعی در راستای خطی که از مرکز لوله به سمت جدارهٔ لوله به‌طور شعاعی امتداد می‌یابد، اثر می‌کند. این تنش، یک تنش فشاری[7] است که براثر فشار داخلی یا بر اثر یک تنش کششی[8] ناشی از فشار خلاء، بر [راستای] قطر داخلی لوله اثر می‌کند.

تنش اصلی محیطی[9]، گاهاً تنش مماسی یا حلقوی[10] [نیز] نامیده می‌شود، در راستای خطی عمود بر تنش‌های طولی و شعاعی اثر می‌کند. این تنش منجر به پارگی [یا جدایش] دیوارهٔ لوله در راستای محیطی شده و ناشی از فشار داخلی است.

---

1. Failure
2. Failure
3. Over Strain
4. The Principal Stress
5. Longitudinal Principal
6. Axial Force Loading
7. Compressive Stress
8. Tensile Stress
9. Circumferntial Principal Stress
10. Hoop or Tangential Stress

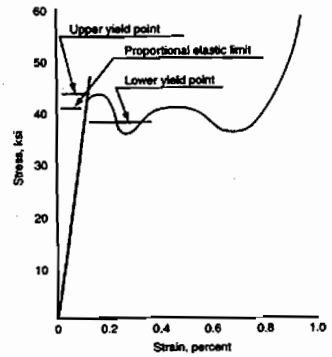


شکل ٤-١

هنگامی‌که دو یا چند تنش در یک نقطه از لوله اثر کنند، یک تنش برشی[1] ایجاد می‌شود. مثالی از تنش برشی را در یک تکیه‌گاه لوله[2]، هنگامی‌که تنش شعاعی ایجاد شده به‌وسیلهٔ عضو تکیه‌گاهی با خمش طولی ناشی از آویزان ماندن لوله، به‌طور ترکیبی عمل می‌کنند، می‌توان یافت.

در بحث آینده، تنش‌های اصلی در معرفی نظریه‌های شکست[3] که برمبنای استحکام تسلیم مواد[4] قرار دارد، به‌کار گرفته می‌شوند. راهنمای طراحی B31.3 برمبنای دو نظریهٔ شکست بنا شده است.

شکل ٥-١ نشان‌دهندهٔ استحکام تسلیم یک فولاد آبکاری[5] شده برروی نمودار نمونه‌وار تنش- کردنش[6] است.



شکل ٥-١

1. Shear Stress
2. Pipe Support
3. Failure Theories
4. The Yield Strength Of Materials
5. Annealed Steel
6. Streess - Strain

تئوری‌های شکست

نظام‌نامه نمایانگر معادلاتی برای تعیین سطوح تنش در یک سیستم لوله‌کشی و ارائه‌دهندهٔ محدوده‌های مجاز تنش برای مقایسه است [مثلاً ¶302.3.5,319.4.4]. این معادلات نظام‌نامه براساس تئوری‌های شکست نوشته شده‌اند. مروری بر این نظریات، کمک خواهد کرد تا درک عمیق‌تری از محتوای نظام‌نامه به‌دست آید. این نظریات عبارت‌اند از تئوری شکست[مبتنی بر] حداکثر تنش اصلی[1] و تئوری شکست [مبتنی بر] حداکثر تنش برشی[2] (TRESCA).

نظریهٔ شکست [مبتنی بر] حداکثر تنش اصلی مبین آن است که هنگامی‌که یکی از تنش‌هایی که دوبه‌دو بر یکدیگر عمودند، در درجه حرارت معینی، از استحکام تسلیم ماده تجاوز کند، شکست رخ خواهد داد. مثالی از کاربرد نظریهٔ شکست [مبتنی بر] حداکثر تنش اصلی در زیر بیان می‌شود:

مثال ۱-۱

تنش‌های اصلی حاصل از اثر فشار داخلی معادل 8275KPa(1200 Psig) را بر لوله‌ای با ضخامت جداری معادل با DN 350,9.5 mm(NPS 14,0.375 ineh) محاسبه کنید.

حل:

در آحاد متریک: در آحاد مرسوم امریکایی:

تنش اصلی طولی، (LPS): $LPS = \frac{PD}{4T}$

$LPS = \frac{8275Kpa(355.6mm)}{4(9.5mm)} \times \frac{1MPa}{10^3 KPa} = 77MPa$ $\quad LPS = \frac{1200Psi(14in.)}{4(0.375in)} = 11200Psi$

تنش اصلی محیطی، (CPS): $CPS = \frac{PD}{2T}$

$CPS = \frac{8275KPa(355.6mm)}{2(9.5mm)} \times \frac{1MPa}{10^3 KPa} = 155MPa$ $\quad CPS = \frac{1200PSi(14in.)}{2(0.375in.)} = 22400Psi$

تنش اصلی شعاعی، P=(RPS)

RPS = 8MPa – برروی سطح داخلی لوله $\quad$ RPS = 1200 Psi– برروی سطح داخلی لوله

RPS = 0 برروی سطح خارجی لوله $\quad$ RPS = 0 برروی سطح خارجی لوله

کاربرد نظریهٔ شکست [مبتنی بر] حداکثر تنش اصلی در مورد وضعیت این لوله‌کشی، نشان‌دهندهٔ آن است که تنها تنش اصلی محیطی ایجاد شده نگران کننده است. برای جلوگیری از بروز شکست، باید ضخامت جدارهٔ لوله به گونه‌ای انتخاب شود که تنش محیطی ایجاد شده در دمای معین و تحت فشار [داده شده در فوق] ، کمتر از استحکام تسلیم مادهٔ لوله‌کشی باشد.

نظریهٔ شکست [مبتنی بر] حداکثر تنش برشی یک متوسطگیری ریاضی بین تفاضل بزرگترین و کوچکترین تنش اصلی است (تنش‌های اصلی کششی مثبت و تنش‌های اصلی فشاری منفی فرض

1. The Maximum Principal Stress Failure Theory
2. The Maximum Shear Stress Theory

می‌شوند). پیش‌تر، تنش برش به‌عنوان دو یا چند تنش اصلی که بر نقطهٔ واحدی از لوله اثر می‌کنند، تعریف می‌شود.
از مثال آورده شده در مورد تئوری شکست [مبتنی بر] حداکثر تنش اصلی می‌توان برای توصیف نظریهٔ شکست [مبتنی بر] حداکثر تنش برشی، سود جست.

سه تنش اصلی که بر نقطهٔ واحدی اثر می‌کنند، براساس داده‌های مثال پیشین عبارت‌اند از:

LPS=77 MPa یا 11200 Psi

CPS = 155 MPa یا 22400 Psi

مؤثر بر سطح داخلی RPS=-8MPa یا -1200 Psi

حداکثر تنش برشی (MS) برای این مثال برابر است با :

در آحادمتریک $MS = \frac{CPS - RPS}{2} = \frac{155 - (-8)}{2} = 82MPa$

در آحاد مرسوم امریکایی $= \frac{22400 - (-1200)}{2} = 11800Psi$

نظریه شکست [مبتنی بر] حداکثر تنش برشی مقرر می‌دارد که اگر حداکثر تنش برشی از نصف استحکام تسلیم مادهٔ لوله در دمای معین تجاوز کند، شکست رخ خواهد داد. بنابراین، در این مثال، استحکام تسلیم مادهٔ لوله در دمای معین می‌تواند تا 163 MPa(23600PSi) ارتقا یابد.

انواع تنش[1]

نظام‌نامهٔ B31.3 راهنمای طراحی برای تنش‌های اولیه و ثانویه[2] را ارائه می‌دهد. از آنجا که استفاده‌کنندگان یا کاربران نظام‌نامه این اصطلاحات را به‌صورت فهرست شده و یا تشریح در متن نظام‌نامه نخواهند یافت، در پی پایه‌ای برای به‌کارگیری معادلات نظام‌نامه جهت محاسبهٔ سطوح تنش در سیستم‌های لوله‌کشی و مقایسهٔ تنش‌های محاسبه شده با تنش‌های مجاز نظام‌نامه، یادآوری آنها ضروری می‌نماید.

یک تنش ثانویه، تنش اصلی است مانند تنش برشی یا تنش خمشی ایجاد شده که بر اثر مهار کردن ساختاری و یا کنترل کردن انعطاف‌پذیری لوله و یا به‌وسیله‌ای قیود خود لوله به‌وجود آمده باشد. مشخصهٔ اساسی تنش اولیهٔ آن است که این تنش خود- محدود کننده[3] نیست. چنانچه بار هر چه بیشتری [در مدت‌زمان بیشتری] اعمال شود، تنش ایجاد خواهد شد لیکن این تنش با گذشت زمان نقصان نخواهد پذیرفت و یا چنان‌که تغییر شکل رخ دهد، کاسته نخواهد شد. در این نوع از شکست تغییر شکل ناهنجار ناشی از تنش اولیه منجر به گسیختگی[4] خواهد شد.

---

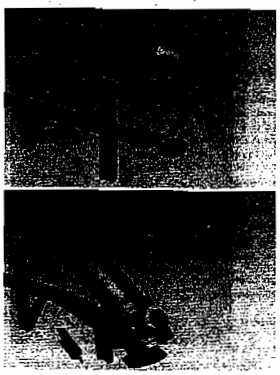
1. Stress Categories
2. Primary and Secondary Stresses
3. Self -Limiting
4. Rupture

از تنش‌های محیطی ایجاد شده در اثر فشار داخلی و تنش‌های خمشی طولی به‌وجود آمده در اثر گرانش زمین می‌توان به‌عنوان مثال‌هایی از تنش‌های اولیه نام برد (به شکل‌های ۱-۶ a ۱-۷ b ۱-۷ نگاه کنید).

یک تنش ثانویه، تنش اصلی است مانند تنش برشی یا تنش خمشی ایجاد شده که بر اثر مهار کردن ساختاری و یا کنترل کردن انعطاف‌پذیری لوله و یا به‌وسیله‌ای قیود خود لوله به‌وجود آمده باشد. مشخصهٔ اساسی تنش ثانویه خود- محدود کننده بودن آن است. چنانچه اینگونه تنش در یک سیستم لوله‌کشی توسعه یابد، تسلیم موضعی[1] رخ می‌دهد، بنابراین تنش‌ها کاهش می‌یابند.

خمش یک زانویی که دو لولهٔ راست را به یکدیگر متصل می‌سازد، در اثر ازدیاد درجه حرارت لوله، نمونه‌ای از تنش ثانویه است (شکل ۱-۸ را ببینید). چنانچه لوله‌کشی به دمای کاری خود برسد، کرنش(تنش) خمشی[2] در زانویی افزایش یافته و به حداکثر مقدار خود خواهد رسید و کرنش (تنش) به‌حالت پایدار خود دست خواهد یافت. بنابراین باید وضعیتی که منجر به افزایش تنش می‌شود را متوقف ساخت. زانویی، اینک در موقعیت بالاتری از نظر تنش قرارگرفته و با تسلیم موضعی و یا تغییر شکل، که منجربه کاهش تنش‌ها در زانویی می‌شوند، مواجه می‌شود.

شکل ۱-۶

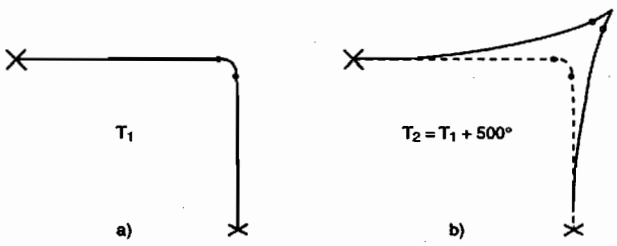


شکل ۱-۷ a,b

1. Local yielding
2. The Bending Strain (Stress)

چنان‌که ملاحظه می‌شود، تنش‌های ثانویه در یک سیستم لوله‌کشی به وضعیت‌ها و موقعیت‌های ادواری وابسته‌اند؛ این موقعیت‌های ادواری عبارت‌اند از افزایش و یا کاهش درجه‌حرارت و راه‌اندازی یا خاموش‌سازی کارخانه. طرز شکست [لوله] بر اثر تنش ثانوی به‌صورت ایجاد ترک‌های حاصل از خستگی[1] و توسعهٔ آنها بروز کرده و در یک فشار مرزی[2] منجربه یک نشتی می‌شود. (به شکل ۹-۱ نگاه کنید).

تنش حداکثر[3]، برای آن تنش در B31.3 توصیف خاصی ارائه نشده است، [همچنین] این تنش واجد ارزش برای افزودن به فهرست تعاریف نیست. تنش‌های حداکثر، آن دسته از تنش‌هایی هستند که در اثر ناپیوستگی‌های موضعی[4] یا تغییرات ناگهانی[5] ناشی از بارگذاری تنش اولیه و یا ثانویه بر لوله، ایجاد می‌شوند. تنش‌های Peak [یا تنش‌های حداکثر نقاط تمرکز] تنشی هستند که می‌توانند باعث ایجاد ترک‌هایی که منجر به شکست ناشی از خستگی می‌شوند، گردند.



شکل ۸-۱

شکل ۹-۱

1. Fatigue Crack
2. Pressure boundary
3. Peak Stress
4. Local discontinuities
5. Abrupt Changes

اساس و تعریف تنش مجاز، S_c[1]، S_h[2]

هنگامی‌که از نظام‌نامه‌های لوله‌کشی گفتگو می‌شود فهم اصطلاح تنش مجاز[3] ضروری است. یک تنش مجاز نظام‌نامه‌ای برای طراحی فشار سوای تنش‌های کششی، برشی و فشاری خالص وجود دارد [302.3¶] و نیز برای تنش‌های حرارتی جابه‌جایی محاسبه‌شده از معادلات، تنش‌های مجاز دیگری وجود دارند که آنها را با عبارات " S_c " و " S_h " نشان می‌دهند. مروری بر شالوده‌های این دو عبارت، برای افزایش درک و فهم علل به‌کارگیری معادلات و اصطلاحات تنش مجاز، مفید خواهد بود.

برای یک سیستم لوله‌کشی با مادهٔ اجزای لوله‌کشی، تنش مجاز، براساس عمل استحکام تسلیم یا کششی موادی که تحت دمای متوسط سرد قرار دارند تعریف می‌شود؛ این تنش در سرویس‌های دما بالا براساس نرخ‌های خزش[4] یا تنش گسیختگی تعریف می‌شود.

عبارت " S_c " مبین تنش مجاز یک ماده در وضعی سرد، که شامل سرویس سرمازایی، یا درجه حرارت محیط نصب برای سرویس دما بالا، می‌باشد، است.

" S_h " مبین تنش مجاز ماده در شرایط کارکردی گرم، که می‌تواند شامل درجه حرارت طراحی برای سرویس دما بالا یا درجه حرارت محیط برای سرویس سرد یا سرمازا باشد، است.

مقادیر " S_c " و " S_h " در جدول ضمیمهٔ A آورده شده‌اند. از جدول A-1 از نظام‌نامهٔ B31.3 برای غالب مواد به کار رفته در سرویس‌های لوله‌کشی پالایشگاهی استفاده می‌شود. این مقادیر مشابه مقادیر آنها در نظام‌نامهٔ BPV هستند. از ضریب اطمینان ۱ تا ۳ برای درجه حرارت‌های پایین محدودهٔ خزش، در بخش VIII – قسمت ۲ (که در بخش II، قسمت D از ASME نیز نشر یافته است) استفاده می‌شود. به‌طور کلی، محدودهٔ درجه حرارت‌های خزش بین ۷۰۰ تا ۸۰۰ درجه فارنهایت قرار دارد. هر مقدار از جدول A-1 برای درجه حرارت‌های پایین محدودهٔ خزش، پایین‌ترین [درجه حرارت] وضعیت‌های زیر است:

۱. یک سوم حداقل استحکام کششی ویژه در دمای اتاق؛
۲. یک سوم استحکام کششی تحت دما؛
۳. دو سوم حداقل استحکام تسلیم ویژه در دمای اتاق؛
٤. دو سوم استحکام تسلیم تحت دما. (برای فولادهای ضدزنگ اوستینیتی و آلیاژهای مشخص نیکل، این مقدار ممکن است به حد ۹۰ درصد استحکام تسلیم تحت‌دما نیز برسد [302.3.2(e)¶].)

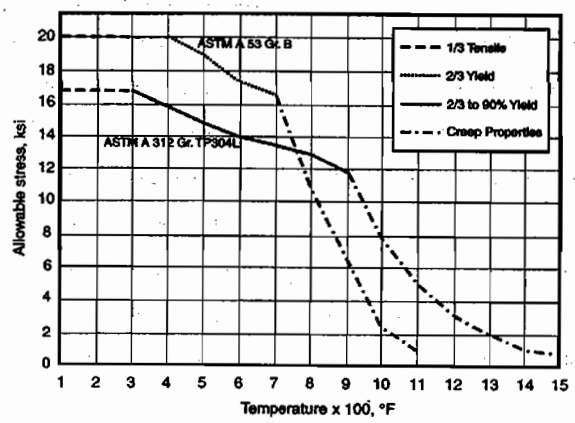
تصویر ۱۰-۱ نشان می‌دهد که چگونه تنش مجاز برای دو ماده با افزایش درجه حرارت کاهش می‌یابد. تنش مجاز برحسب ksi و درجه حرارت برحسب درجهٔ فارنهایت بیان شده است.

---

1. Cold Stress
2. Hot Stress
3. Allowable Stress
4. Creep Rates

برای مواد دستهٔ[1] B ، تنش مجاز براساس یک سوم استحکام کششی تا دمای بالاتر از ٤٠٠ درجه فارنهایت، دو سوم استحکام تسلیم تا درجه حرارت‌های ٤٠٠ تا ٧٠٠ درجهٔ فارنهایت و خواص خزش در دمای بالاتر از ٧٠٠ درجه فارنهایت معین شده است. تنش مجاز مادهٔ ضدزنگ براساس یک سوم استحکام کششی تا دمای ٣٠٠ درجهٔ فارنهایت، دو سوم استحکام تسلیم تا ٩٠ درصد آن در دمای ٩٠٠ درجهٔ فارنهایت و خواص خزش در بالاتری از ٩٠٠ درجه فارنهایت مشخص شده است.

برای مادهٔ ASTM A53Gr.B هنگامی که درجه حرارت از ٧٠٠ درجه فارنهایت تجاوز می‌کند، کاهش تنش مجاز، غیرخطی می‌شود. مادهٔ ضدزنگ این رفتار غیرخطی را در دمای بالای ٩٠٠ درجه فارنهایت از خود نشان می‌دهد. اینگونه غیرخطی بودن حاکی از آن است که محدودیت تنش مجاز نظام‌نامه که بر ماده تحمیل می‌شود، تحت محدوده‌های دمایی خزش رخ می‌دهد. جدول A-1 در ضمیمهٔ ٢ یک فهرست ناکامل از تنش‌های مجاز مواد تحت اثر حرارت است که بر حسب هر دو واحد ksi و Mpa بیان شده است.



شکل ١٠-١

1. Grade

فصل دوم

طراحی لوله‌کشی تحت‌فشار و اجزای لوله‌کشی

حالت‌های طراحی

یکی از بخش‌های ضروری هر گونه طراحی یک سیستم لوله‌کشی تعریف حالت‌های طراحی برای هر فرایند[در آن سیستم] است. این وضعیت‌ها، قبلاً تعریف شده‌اند و می‌توانند به‌عنوان مبنای طراحی سیستم موردنظر به‌کار گرفته شوند. مؤلفه‌های کلیدی وضعیت‌های طراحی[1] و فشار طراحی[2] و درجه حرارت طراحی[3] هستند.

فشار و دمای طراحی

فشار طراحی به بالاترین فشاری اطلاق می‌شود که بزرگترین ضخامت یک جزء از لوله‌کشی تحمل می‌کند و [یا] به مثابه بالاترین نرخ فشار[4] [یک] جزء از لوله‌کشی تعریف می‌شود. هنگامی‌که سیستم تحت‌تأثیر فشارهای داخلی و یا خارجی به‌طور هم‌زمان قرار داشته و یا تحت درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر کار می‌کند؛ فشار طراحی نباید کمتر از فشار ایجادشده در وضعیت‌های فوق‌الذکر باشد [¶ 301.2].

دمای طراحی به‌عنوان دمایی که فلز لوله متحمل می‌شود تعریف می‌شود، این دما نمایانگر بدترین وضعیت‌ها ازنظر اعمال هم‌زمان دما و فشار در فرایند کار سیستم است. [¶ 301.2]. نظام‌نامهٔ B31.3 در ¶ 301.302 راهنمایی‌های لازم را جهت تعیین دمای فلز لوله برای لولهٔ گرم و سرد کرده است.

طراحان باید بر این امر واقف باشند که در هر سیستم سادهٔ لوله‌کشی بیش از یک وضعیت طراحی وجود دارد. یک وضعیت طراحی ممکن است براساس ضخامت جدارهٔ لوله شکل گرفته باشد و وضعیت

---

1. Design Conditions
2. Design Pressure
3. Design Temparture
4. Pressure rating

دیگر ممکن است بر مبنای درجه‌بندی[1] یک جزء لوله‌کشی مثلاً براساس Rating فلنج‌ها سامان یافته باشد.

حال دما و فشار طراحی برای یک سیستم تعیین شده است، در این صورت باید به این سؤال پاسخ گفت: آیا دما و فشار می‌توانند از دما و فشار طراحی در برخی وضعیت‌ها تجاوز کنند؟ پاسخ این پرسش مثبت است، بله می‌توانند. در کارکرد عادی یک پالایشگاه یا یک کارخانهٔ شیمیایی این امر یک نیاز است، در زمان‌هایی مثل احیا کردن کاتالیست[2]، بخار- رانی[3] کاتالیزورها، فرار خار یا دیگر وضعیت‌هایی که در کوتاه‌مدت حاصل می‌شوند، ممکن است فشار- دما از فشار و دمای طراحی، بالاتر روند، نظام‌نامه به‌جای آنکه اساس فشار و دمای طراحی را بر این وضعیت‌های کوتاه‌مدت قرار دهد، حالت‌هایی را ارائه کرده است که اجازه می‌دهد این تغییرات [در دما و فشار] ، بدون آن‌که مبنای طراحی واقع شوند، رخ می‌دهند.

مروری بر ¶302.2.4، حدود مجاز تغییرات فشار و درجه حرارت در لوله‌کشی فلزی، نشان‌دهندهٔ چنین وضعیت‌هایی از تغییر دما و فشار است. در آنجا نظام‌نامه نخست دو تنش مجاز برای طراحی را معین کرده است:

۱. تنش فشار نامی[4](hoop stress) نباید از استحکام تسلیم مادهٔ تحت اثر دما تجاوز کند.

۲. مجموع تنش‌های طولی ناشی از فشار، وزن و دیگر بارهای وارده و تنش‌های مثبت ایجاد شده در اثر بارهای گاه و بی‌گاه[5] مانند باد و زلزله باید کمتر از ۱/۳۳ برابر دو سوم استحکام تسلیم ماده باشد.

پیش از ادامهٔ مطالب، اجازه دهید بگوییم که این دو پیشنهاد چه‌چیزی را پوشش می‌دهند تا علت محدودیت نظام‌نامه در استفاده از این دو تنش مفهوم شود.

تنش فشاری اشاره‌شده در نخستین وضعیت اشاره‌شدهٔ فوق، یک تنش (اصلی) محیطی یا یک تنش حلقوی (hoop stress) است که قبلاً تشریح شده است. محدوده تنش براساس استحکام تسلیم در یک دما، [در حقیقت] ، تبیین مجدد تئوری شکست [مبتنی بر] حداکثر تنش اصلی است. در واقع، اگر تنش حلقوی از استحکام تسلیم ماده در آن حرارت تجاوز کند، شکست بر اثر تنش اولیه رخ خواهد داد.

تنش اشاره‌شده در دومین وضعیت اشاره شدهٔ فوق، تنشی طولی است که بر اثر فشار و وزن ایجاد می‌شود، این تنش یک تنش اصلی است و فشار، وزن و دیگر بارهای وارده (تنش‌های حاصله بر اثر باد و زلزله) بارهای مربوط به تنش اولیه هستند. تنش مجاز S_h که پیشتر در فصل ۱ تعریف شده، به‌عنوان محدوده‌ای از تنش که نباید از یک سری از وضعیت‌ها تجاوز کند، که یکی از این وضعیت‌ها

1. Rating
2. Catalyst Regeneration
3. Steam-out
4. The Nominal Pressure Stress
5. Occasional loads

دوسوم استحکام تسلیم ماده در یک دما است. به‌کار بردن این تنش برابر با دوسوم استحکام تسلیم با حد تنش برابر با ۱/۳۳ برابر S_h در واقع کاربرد مستقیم تئوری شکست [مبتنی] بر حداکثر تنش اصلی است. در این نظریه تنش اصلی طولی باید کمتر از ۱/۳۳ برابر دو سوم استحکام تسلیم ماده در آن دما باشد، که در نتیجه تنش حدوداً نزدیک به ۹۰ درصد استحکام تسلیم می‌شود. [302.306 ¶] . بنابراین تنش اولیه باید کوچکتر از استحکام تسلیم ماده در آن دما باشد. (برخی از ضرایب اطمینان، از معادلاتی که در اثر ترکیب این تنش‌ها حاصل آمده است، محاسبه می‌شوند)

در ادامهٔ بررسی‌ها و مطالعات در مورد وضعیت‌هایی که در آنها دما و فشار از حدود دما و فشار طراحی فراتر می‌روند، به یکی از تفسیرها و کاربردهای نادرستی که از عبارات نظام‌نامه دریافت می‌شود، برمی‌خوریم. این تفاسیر و کاربردهای نادرست در 302.2.4(1) ¶ (در جایی که تنش مجاز برای فشار طراحی، S_h، بیان شده) هستند.

... عبور و فرا رفتن از نرخ فشار یا تنش مجاز تعریف‌شده برای فشار طراحی [مادهٔ] تحت‌اثر حرارت هنگامی‌که وضعیت از نظر فشار و دما به سطح بالاتری ارتقا می‌یابد، در حدود ذکر شده در زیر، مجاز است:

الف- ۳۳ درصد برای حداکثر ۱۰ ساعت متوالی و حداکثر برای ۱۰۰ ساعت در سال یا؛

ب- ۲۰ درصد برای حداکثر ۵۰ ساعت متوالی و حداکثر برای ۵۰۰ ساعت در سال.

در حقیقت نظام‌نامه چه می‌گوید؟ مبنای این زمان‌های وابسته به حدود تنش یا Rating چیست؟

نظام‌نامه می‌گوید: در حقیقت اجازه دهید که نرخ فشار اجزای [لوله‌کشی] ، مثلاً فلنج‌ها، تا ۳۳ درصد افزایش یابد و تنش‌ها به استحکام تسلیم فلنج، بدون آن‌که عاملی برای فزاینده[1] شدن ایجاد شود، نزدیک گردند. روش‌های تعیین Rating فلنج‌ها[2]، در همین فصل تشریح خواهند شد. از آنجا که تنش مجاز برای فشار طراحی برمبنای ۹۰ درصد استحکام تسلیم مادهٔ تحت اثر حرارت تعریف شده است، مثل فولادهای ضدزنگ اوستینیتی که در دماهای بالا کار می‌کنند، باید احتیاطهای لازم به کار برده شود. در اینجا، چنانچه تنش‌های فشاری از S_h تجاوز کنند باعث بروز تغییر شکل[3] و ایجاد نشستی در فلنج می‌شوند. در مورد این دسته از فولادهای ضدزنگ تنش مجاز فشاری براساس ۷۵ درصد S_h با استفاده از جدول A-1 از B31.3 و یا بر مبنای دو سوم استحکام تسلیم ماده‌ای که در قسمت D ، بخش II از ASME فهرست شده است، تعیین می‌شود [302.3.2(e) ¶].

این عبارت نظام‌نامه که پیش‌روی از تنش مجاز برای فشار طراحی را اجازه می‌دهد، باعث سردرگمی طراحان می‌شود. تنش مجاز برای فشار طراحی S_h، تنش مجاز مبنای[4] مادهٔ تحت‌اثر درجه حرارت داغ[5]

---

1. Over Stress
2. Flange Rating
3. Deformation
4. The basic allowable Stress
5. Hot temperature

است. این عبارت غالباً مورد استفادهٔ نادرست قرار می‌گیرد و [طراحان به استناد آن] محدودهٔ تنش مجاز "S_A" ، [و] تنش مجاز برای تنش‌های جابه‌جایی[1] "S_E" ، را ۳۳ درصد افزایش می‌دهند.

شایان توجه است که 302.2.4 ¶ شامل زمان وابسته به حدود تنش است. مبنای حدود این تنش‌ها چیست؟ این حدود بر قاعدهٔ کاربردی تجمیع کسری[2] استوارند که به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\sum \frac{t(i)}{t(ri)} \le 1.0$$

که t(i) برابر است با عمر کلی (ماده) تحت‌فشار داده شده P(i) و یا تحت درجه حرارت داده‌شده T(i) برحسب ساعت. و t(ri) برابر است با زمان مجاز قبل از شروع شکست در ماده‌ای که تحت تنش ناشی از فشار P(i) و دمای T(i) قرار دارد. هنگامی‌که یک مادهٔ خاص تحت تنشی برابر با تنش محاسبه شده S(i) تقسیم بر 0.8 قرار می‌گیرد، مقادیر t(ri) با استفاده از منحنی تنش- گسیختگی[3] تعیین می‌شوند. این امر، با توجه به ارتقای مقدار تنش محاسبه شده، به ضریب اطمینان ۲۵ درصد افزوده و نیز اجازه می‌دهد که منحنی شکست به‌عنوان یک منحنی طراحی مورد استفاده قرار گیرد. طراحان می‌توانند ضرایب اطمینان دیگری را برحسب وضعیت ویژهٔ طراحی خود برگزینند. منحنی‌های تنش- گسیختگی‌ای که در مورد N47 [4] از نظام‌نامه ASME یافت می‌شوند، فاقد هرگونه ضریب اطمینان هستند. آنها منحنی‌های شکست‌اند، نه منحنی‌های طراحی.

مثال ۱-۲ قاعدهٔ کاربردی تجمیع کسری

فرض کنید تنش‌های (اولیهٔ) اعمال شده در یک زانویی که به‌وسیلهٔ فشار دما و یا بارگذاری دیگر به‌وجود آمده‌اند، تحت اثر 1100 درجه فارنهایت و فشار 600Psig برابر با 5000Psi باشند.

همچنین فرض کنید که که فرایند به گونه‌ای باشد که لازم شود برای مدتی کوتاه از فشار – دمای کاری یادشده در جدول ۱-۲ فراتر رویم". قاعدهٔ کاربری تجمیع کسری" را به کار بگیرید، آیا زانویی فراتنیده[5] خواهد شد؟ مادهٔ زانویی ASTM A 358 type 304 است و عمر طرح ۱۰ سال است.

سؤال این است که آیا "P(i)" و "T(i)" که فشار و درجه حرارت کاری هستند، همان فشار و دمای طراحی‌اند؟ یا اینکه با تغییراتی جایگزین شرایط طراحی شده‌اند؟

حد تنش مجاز برای S_L که براساس شرایط عادی کاری تعیین می‌شود، تنش مجاز داغ[6] S_h است که (برای ASMT A 358 Type 304 در ۱۱۰۰ درجهٔ فارنهایت، از جدول A-1 از B31.3) برابر است با S_h = 9700Psi از شرایط عادی کاری نباید فراتر رود، ولی آیا می‌بایست این شرایط تغییر یابند؟

---

1. Displacement Stresses
2. Use- Fraction Sum Rule
3. Stress-to-Rupture Curve
4. ASME Code Case N47
5. Over Stress
6. The hot allowable, S_h

حل: با استفاده از نمودار شکل ۱-۲ در تنش ذکر شده در فوق و دمای موردنظر، جدولی مانند جدول ۲-۲ را بسازید. چنانچه تجمیع کسری کاربردی از یک کوچکتر باشد، تغییرات فشار- درجه حرارت در محدودهٔ زمانی و تنش‌های محاسبه شده در محدودهٔ زمان – تنش معرفی شده در 302.2.4¶ از نظام‌نامه قرار خواهند داشت. زانویی فراتنیده نشده و دما و فشار طراحی افزایشی نخواهند داشت.

به هنگام نگارش این متن، معادل متریک این روش در دسترس نبود.

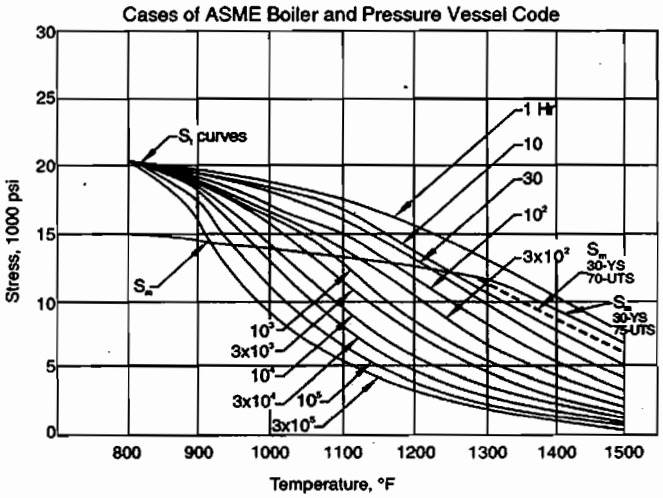
جدول ۱-۲ وضعیت‌های فشار- دمای کاری

وضع	P(i) (psig)	T(i) (°F)	تناوب و زمان واقعه	S(i) (Psi)	زمان کل t(ri) (ساعت)
کارکردهای عادی	۶۰۰	۱۱۰۰	پیوسته	۵۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
سیلان فشاری[1]	۷۰۰	۱۱۰۰	۱۲ واقعه در سال، مدت- زمان ۴۰ ساعت	۵۳۰۰	۴۸۰۰
سیلان دمایی[2]	۶۰۰	۱۲۰۰	۱۰ واقعه در سال، مدت- زمان ۱۰ ساعت	۵۴۰۰	۱۰۰۰
فشار- دما	۷۵۰	۱۲۵۰	۳ واقعه در سال، مدت- زمان ۱۰ ساعت	۵۸۰۰	۳۰۰

جدول ۲-۲ جدول کاربردی کسری

وضع	S(i)/0.8(PSI)	T(i) °F	t(i) (ساعت)	t(ri)(ساعت)	T(i)/ t(ri)
کارکردهای عادی	۶۲۵۰	۱۱۰۰	۱۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۰/۵
P Surge	۶۶۲۵	۱۱۰۰	۴۸۰۰	۱۰۰۰۰۰	۰/۰۵
T Surge	۶۷۵۰	۱۲۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۰/۱۰
T-P Surge	۷۲۵۰	۱۲۵۰	۳۰۰	۲۰۰۰	۰/۱۵
تجمیع کسری- کاربردی					۸۰/۰

1. Pressure Surge
2. Temperature Surge



شکل ۱-۲

ملاحظات طراحی[1]

علاوه بر درجه حرارت و فشار طراحی، ملاحظات دیگری نیز در طراحی وجود دارد؛ که برای تضمین کارکرد ایمن یک سیستم لوله‌کشی باید نظارت لازم بر آنها نیز صورت پذیرد. در نظام‌نامه فهرستی از این ملاحظات که با 301.4 ¶ آغاز می‌شود تهیه شده و توضیحات خوبی در مورد هر یک ارائه شده است. صرفاً یکی از این ملاحظات به تفضیل مورد بحث قرارگرفته است. این امر در قسمت ارتعاش [301.5.4 ¶] توضیح داده شده است.

ارتعاش[2]

راهنمای ارائه شده در نظام‌نامه، برای چک کردن سطوح تنش سیکلیک[3]، براساس تنش بالا و سیکل کوتاه[4] [در اعمال تنش] است. در یک سیستم ارتعاشی، تنش درگیر، تنش پایین[5] و سیکل بلند[6] هستند. روشن کردن اینکه معنی سیکل بلند و کوتاه چیست، در دستور کار است.

1. Considerations Of Design
2. Vibration
3. Cyclic Stress Levels
4. Low Cycle
5. Low Stress
6. High Cycle

محدودهٔ تنش‌های مجاز، برای تنش‌های سیکلی، در نظام‌نامه، S_A [302.3.5¶] به‌طور جزئی، بر تعداد سیکل حرارتی[1] یا تعداد سیکل‌های مشابهی که در طول عمر طرح، سیستم تجربه می‌کند، قرار دارد. جدول 302.3.5 از نظام‌نامه ضریبی را که برای تعیین S_A به کار می‌رود معرفی می‌کند، این ضریب، ضریب کاهش محدودهٔ تنش[2] (" F") نامیده می‌شود؛ محدودهٔ F از یک برای ۷۰۰۰ سیکل یا کمتر(۷۰۰۰ سیکل حدود یک سیکل در روز برای ۲۰ سال است)، تا ۰/۳ برای ۲۰۰۰۰۰۰ سیکل به بالا را دربر می‌گیرد. نظام‌نامه یک ضریب کاهش تنش مجازی[3] را برای سیکل‌های تنش ثانوی، که در طول عمر طرح، انتظارشان را داریم، ارائه می‌کند.

یک سیستم لوله‌کشی، در یک روز عادی می‌تواند به‌سادگی تا بیش از ۵۰۰۰۰۰ چرخهٔ تنش را تجربه کند (به شکل ۲-۲ نگاه کنید). روشن است که در مورد سیستم‌های لوله‌کشی در حال ارتعاش، فلسفهٔ محدودهٔ تنش مجاز- ضریب کاهش محدودهٔ تنش، به‌کار گرفته نمی‌شود. نظام‌نامه ناظر به عمر لوله‌کشی سیستم‌های در حال ارتعاش با " تنش پایین- سیکل بالا" نیست.

پس چگونه یک لولهٔ در حال ارتعاش تحلیل می‌شود؟ یک پاسخ به این پرسش می‌تواند به شکل زیر باشد:

۱. سطح تنش s_E را، که به‌وسیلهٔ جابه‌جایی در لولهٔ درحال ارتعاش ایجاد گشته است، محاسبه کنید [319.4.4¶].

۲. تعداد سیکل‌های ارتعاشی‌ای[4] را که انتظار داریم در طول عمر طرح رخ می‌دهند، تخمین بزنید.

۳. وارد منحنی‌های طراحی شکست از نظام‌نامهٔ ASME BPV ، برای تعیین مادهٔ لوله شوید، اگر نقطهٔ تقاطع " سیکل – تنش"[5] زیر منحنی شکست باشد می‌توانید مادهٔ لوله را مشخص کنید. در این صورت سیستم ارتعاشی تا پایان عمر طراحی شده برای پروژه دوام خواهد آورد.

منحنی‌های نشان داده شدهٔ شکست در ضمیمهٔ ۵ از قسمت ۲، بخش VIII از نظام‌نامهٔ ASME BPV تبعیت می‌کنند. منحنی شکست برای [لوله‌های] کربن استیل که به هنگام کار تحت دمای بیش از ۷۰۰ درجهٔ فارنهایت قرا نمی‌گیرند، در شکل ۳-۲ نشان داده شده است. به‌عنوان مثال به نحوهٔ استفاده از خط هادی برای تعیین عمر سیکلی[6] یک زانویی کربن استیل که S_E آن برحسب محاسبه Psi ۳۰۰۰۰ است توجه کنید.

تقاطع خط گذرنده از Psi ۳۰۰۰۰ با خط استحکام نهایی کشش (UTS) کوچکتر از ۸۰ عمر سیکلی‌ای را در حدود ۳۵۰۰۰ سیکل به‌دست می‌دهد. عموماً تنش‌های ارتعاشی در محدودهٔ بین Psi ۱۰۰۰ تا Psi ۲۰۰۰ قرار دارند. محدودهٔ سیکل و تنش انتخاب شده از دیگر منحنی [موجود] مربوط به عمر سیکلی‌ای حاصل از محدودهٔ تنشی پایین‌تر[7] است.

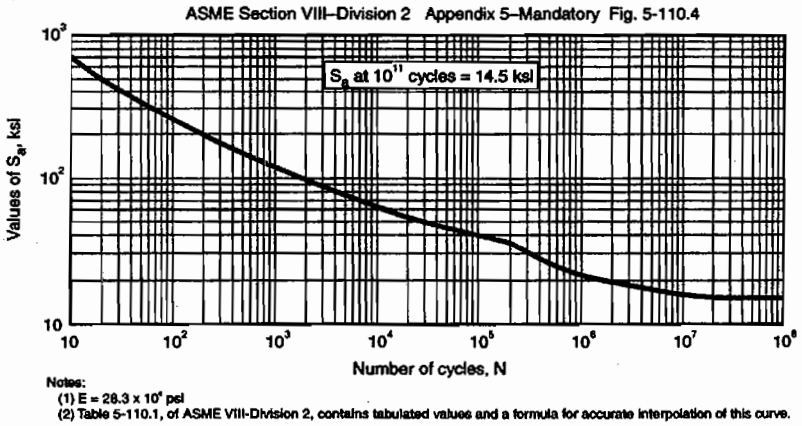
---

1. Thermal Cycles
2. Stress-Range Reduction Factor
3. Allowable Stress Reduction Factor
4. Vibrating Cycle
5. Stress – cycle intersection Point

۶. منظور عمر زانویی است که تحت تنش سیکلی‌ای (Cyclic) قرار می‌گیرد. ـ م ـ

7. Lower Stress Vange

شکل ۲-۲



شکل ۲-۳

ضربهٔ قوچ[1] [¶301.5]

در طراحی سیستم‌های لوله‌کشی، ضربهٔ قوچ و سیلان فشاری[2] جزء ملاحظاتی هستند که طراح می‌تواند برای پیشگویی افزایش فشاری که در یک سیستم مایع، بر اثر بسته شدن سریع شیر ایجاد می‌شود، به کمک استاندارد لولهٔ فولادی AWWA(AWWA Mll)[3]، درنظر گیرد.

افزایش فشار (" P ") ناشی از بسته شدن آنی شیر مستقیماً با سرعت قطع سیال (" V") و مقدار سرعت موجی که یکباره زیاد شده[4] (" a") نسبت داشته و وابسته به طول لوله است.

---

1. Water hammer
2. Pressure Surge
3. AWWA Steel Pipe Manual
4. Surge Wave Valocity

$$P = \frac{awv}{144g}$$

$$a = \frac{12}{\sqrt{\left(\frac{w}{g}\right)\left(\left(\frac{1}{k}\right)+\left(\frac{d}{E.e}\right)\right)}}$$ فونت بر ثانیه

که در رابطهٔ فوق:

a = سرعت موج (فونت بر ثانیه)

p = مقدار افزایش فشار بیش از فشار نرمال (psi)

v = سرعت جریان (ft/sec)

w = وزن سیال (lb/ft^3)

k = مقدار مدول‌الاستیسیتهٔ مایع (psi)

E = مدول‌الاستیسیتهٔ یانگ فلز لوله (psi)

d = قطر داخلی لوله (in.)

e = ضخامت جدارهٔ لوله (in.)

g = شتاب جاذبه (۳۲/۲ ft/sec^2.)

برای لوله فولادی $a = \frac{4660}{\sqrt{\left(1+\left(\frac{d}{100e}\right)\right)}} ft/sec$

مثال ۲-۲ ضربهٔ قوچ

یک Check Valve به قطر ۳٦ اینچ، ضخامت دیوارهٔ لوله با اندازه ۰.۳۷۵ اینچ با سرعت آبی معادل 4ft/sec(E=29000000Psi,K=294000Psi و $W=62.4/ ft^3$) به سرعت بسته می‌شود. مقدار افزایش فشار آنی بالای فشار کاری چقدر است؟

a=3345 ft/sec

p=180 Psi افزایش فشار بالای فشار نرمال

چنین افزایشی فشاری که در این سیستم لوله‌کشی بر شیر بسته شده عمل می‌کند نیرویی را معادل چند برابر فشار اولیه 175665 پوند به‌وجود می‌آورد که بر سطح مقطع لوله اعمال می‌شود، چنین فشاری می‌تواند باعث کنده شدن لوله از وضعیت عادی خود شود.

طراحی لوله‌کشی[1]

طراحی لوله‌کشی یکی از بخش‌های لازم در کارکرد مناسب طرح است. برای دستیابی به این کارکرد رضایت‌بخش طرح، در مرحلهٔ طراحی باید تصمیمات چندی شامل موارد زیر گرفته شود:

- مقدار سیالی که لازم است در یک فرایند وارد شده یا از آن خارج شود.
- درجه حرارت- فشار بهینهٔ فرایند
- انتخاب مادهٔ اجزای لوله‌کشی
- انتخاب عایق
- تعیین بار وارد به نازل و تنش [حاصله در سیستم لوله‌کشی]
- نقشهٔ تکیه‌گاه گذاری لوله

نظام‌نامه حداقل یاری را در مورد هر یک از تصمیمات فوق خواهد رساند (نظام‌نامه یک جزوهٔ طراحی نیست). در هر صورت، نظام‌نامه ناظر به متناسب بودن ماده با در نظر داشتن درجه حرارت، نیست.

انتخاب مادهٔ اجزای لوله‌کشی برای یک سیال ویژه براساس میزان خوردگی[2] سایش[3] و واکنش[4] آن ماده به سیال خاص در حال کار صورت می‌گیرد، که این امر جزو دستور کار نظام‌نامه نیست.

جدول A-1 از ضمیمهٔ A نظام‌نامه فهرستی از مواد لوله‌کشی را با توجه به فشاری که سیستم لوله‌کشی تحمل می‌کند، ارائه داده است. با مرور این جدول، طراح می‌تواند موارد زیر را تعیین کند: ماده انتخاب شده برای سیال "به رسمیت شناخته شده توسط نظام‌نامه" (فهرست شده)، تنش مجاز (S_c یا S_h) ماده برای درجه حرارت فرایند، ملاحظات ویژه‌ای که نظام‌نامه برای استفاده از ماده [لوله‌کشی] در نظر گرفته است. به‌عنوان مثال از کمکی که این نظام‌نامه در انتخاب ماده می‌تواند بکند، به مورد زیر توجه کنید:

برای شرایط فرایندی T=454°c(850°F); P=4135 Kpa (600 Psig) ، مادهٔ ASTM A5 Gr.B انتخاب شده است.

سؤال: آیا مادهٔ یادشده برای شرایط ذکر شده مناسب است؟

در جدول A-1 از ضمیمهٔ A ، مادهٔ ASTM A 53 Gr.B فهرست شده است و لذا این ماده از نظر نظام‌نامه معتبر است. فهرستی از S_h، که یک الزام دیگر جهت کارکرد رضایت‌بخش سیستم لوله‌کشی است، وجود دارد. نهایتاً، ملاحظات ویژه‌ای در نکتهٔ (۵۷) از جدول A-1 ارائه شده است که مقرر می‌دارد:

پس از آنکه درجه حرارت به بالای 427°c(800°F) رسید تبدیل کربیدها[5] به گرافیت[6] صورت می‌پذیرد.

---

1. Piping design
2. Corrosion
3. Erosion
4. Reactivity
5. Carbides
6. graphite

بنابراین، این ماده برای کار عادی سیستم در دمای بالاتر از 427°c(800°F) مناسب نیست. طراحان باید با رفتار مادهٔ انتخاب شده برای لوله‌کشی، هنگامی‌که در مجاور با سیال در حال کار قرار می‌گیرد، از قبیل نرخ انبساط حرارتی[1] و هر گونه محدودیتی که نظام‌نامه در مورد ماده ذکر کرده است، که شامل نکات جدول A-1 نیز می‌شود، آشنا باشند.

ضخامت جداره برای فشار داخلی[2]

نظام‌نامه می‌تواند در تعیین ضخامت مناسب جداره برای مادهٔ داده شدهٔ لوله و با توجه به شرایط طراحی، به شکل زیر، به طراح یاری رساند:

۱. ضخامت [مناسب برای] فشار طراحی را محاسبه کنید، " t "

۲. خوردگی‌های مکانیکی و ساییدگی " C" را برای تعیین ضخامت اضافه کنید. "t(m)=t+c."

۳. تلرانس ساخت[3] میزان و درصد خطای ساخت لوله در کارخانه را به t(m) افزوده و سپس Schedule تجاری قابل دسترس برای ضخامت جداره را انتخاب کنید.

روشی مشابه برای طراحی لوله‌ای که در فهرست‌ها، Schedule برای آن وجود ندارد به‌کار می‌رود، مانند لوله‌ای که حداقل ضخامت جدارهٔ آن به‌وسیلهٔ قطرهای داخلی و خارجی آن کنترل می‌شود. این لوله‌کشی عموماً در سیستم‌های دما بالا و فشار بالا، مانند لوله‌کشی نیروگاهی[4]، سیستم‌های B31.1، یافت می‌شود. B31.3 برای تعیین ضخامت [مناسب جهت] فشار طراحی، چهار معادلهٔ ضخامت جداره t را [304.1.2¶] ارائه می‌دهد (در ضمیمهٔ A از نظام‌نامهٔ ویرایش ۱۹۹۹ ، معادلات 3b و3c حذف شده‌اند.). در حالتی‌که t کوچکتر از $\frac{1}{6}$ قطر D باشد، از هر یک از معادلات چهارگانه برای تعیین ضخامت جدار می‌توان استفاده کرد. اگر t از $\frac{1}{6}$ قطر D بزرگتر باشد، باید از معادلات ذکر شده در فصل ۹ در مورد لوله‌کشی تحت فشارهای بالا سود جست.

مثالی از کاربرد قواعد نظام‌نامه برای تعیین ضخامت جداره عبارت است از:

مثال ۳-۲

ضخامت جدارهٔ لوله‌ای با قطر خارجی DN 200(NPS8) را برای شرایط طراحی زیر بیابید:

T=260°C(500 °F);

P=4135 Kpa(600 Psig);

Ca=106 mm (0.63 in.)(حد مجاز خوردگی- سایش)؛

Material=ASTM A 53 Gr.B , ERW

---

1. Thermal Expansion Rate
2. Wall Thickness For Internal Perssure
3. Mill Tolerance
4. Power Piping

حل: از چهار معادلهٔ معرفی شده در [پاراگراف] 304.1.2 ¶ از نظام‌نامه، معادلهٔ (3a) برای محاسبه ضخامت مناسب جداره، انتخاب شده است. (گزینش معادله برعهده طراح است. برای درجه حرارت‌های پایین تا نسبتاً بالا[1] همهٔ معادلات مربوط به تعیین ضخامت جدارهٔ OD که در 304.1.2 ارائه شده‌اند، منتج به نتایج مشابهی می‌شوند.

$$t = \frac{PD}{2(SE + PY)}$$

P= مقدار فشار گیج داخلی طراحی

D= قطر خارجی لوله

S=A به‌دست آمده از ضمیمه S_h

E=A-1B ضریب کیفیت به‌دست آمده از جدول

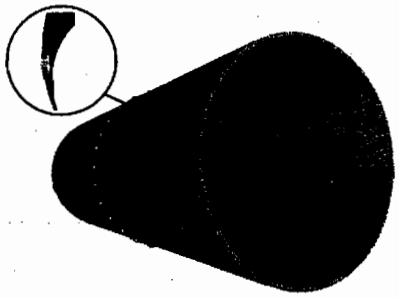
Y= ضریب (بدون بعد) جبران تنش- درجه حرارت[2] به‌دست آمده از جدول 304.1.1 نظام‌نامه

پیش از ادامهٔ[بحث] کلامی چند در خصوص ضرایب "E" و "Y" ارائه می‌شود. ضریب E یک "تنش جبرانی مجاز حاصل فشار"[3] است که اساس آن برروش ساخت لوله توسط سازنده قرار دارد. این ضریب منعکس کنندهٔ کیفیت جوش طولی در لولهٔ درزجوش[4] شده است؛ مقدار این ضریب در یک محدوده، از ۰.٦ برای جوش لب‌به‌لب کوره‌ای[5] (FBW) تا 1.0 برای لولهٔ بدون درز[6] (SMLS) تغییر می‌کند. هنگامی‌که از روش پرچکاری یا دیگر روش‌ها برای ساخت لولهٔ درزدار- درز لوله- استفاده می‌شود، این عامل پس از چند روز خود را آشکار می‌سازد (به شکل ٤-٢ نگاه کنید).

برای لولهٔ درزدار، با انجام معاینات غیرمخرب[7] (NDE) که در 302.3.4 ¶ از نظام‌نامه معرفی شده‌اند، می‌توان ضریب E را از 0.8 تا 1.0 بهبود داد. از ضریب E صرفاً در محاسبهٔ ضخامت جدارهٔ لوله و دیگر اجزای تحت‌فشار استفاده می‌شود.

---

1. Low To moderately high temperature
2. Stress-Temperature Compensating Factor(nondimensional)
3. Allowable Pressure Stress Penalty
4. Seam-welded Pipe
5. Furnace butt welded
6. Seamless Pipe
7. Nondestructive Examination



شکل ٤-٢

ضریب Y دربردارندهٔ مقادیری برای کاهش غیرخطی تنش مجاز در وضعیتی است که لوله تحت اثر درجه حرارت‌های بالاتر از 482° C(900°F) قرار دارد، به شکل ١٠-١ نگاه کنید.

حل مسئله مربوط به تعیین ضخامت جداره را دنبال می‌کنیم.

P=4135 KPa (600 Psig)

D=219.1 mm (8.25 inches)

S=130 MPa در 260°C (18900 Psi در S00°F) S_h ، A-1 (از جدول

E=0.85 (A-1B (از جدول

Y=0.4 (304.1.1 (از جدول

برای آحاد متریک، تنش مجاز برحسب MPa را درصورت سازگاری آحاد به Kpa تبدیل کنید.

$$t = \frac{4135KPa(219.1mm)}{2(130000Kpa)(0.85) + 0.4(4135Kpa)} \cong 4.0$$

و:

T(m)=4.0 mm + 1.6 mm + 1.0 mm=6.6mm

(در استاندارد جدارهٔ لوله، 1.0 mm برداشته شدن مجاز از سطح لوله به هنگام کار است.)

$$t = \frac{600Psi(8.625in.)}{2(18900Psi)(0.85) + 0.4(600Psi)} = 0.159in$$

t(m)=0.159 in +0.063 in +0.040 in =0.262 in

0.040 اینچ دوازده و نیم درصد ضخامت نامی دیواره، 0.322 اینچ، که انتظار آن را داریم و خریداری شده است می‌باشد.)

برای این شرایط، ضخامت بعدی در دسترس تجاری جدارهٔ لوله، 40 Schedule با ضخامت اسمی جداره‌ای برابر با 8.2mm (0.322 in) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

چنان‌که اشاره شد مقدار تلرانس کاهش ضخامت ناشی از برداشت از سطح لوله به هنگام کار $۱۲\frac{۱}{۲}$ درصد برای لولهٔ درزدار است. این مقدار $۱۲\frac{۱}{۲}$ درصد، در واقع $۱۲\frac{۱}{۲}$ درصد ضخامت موردانتظار جدارهٔ لوله‌ای است که خریداری شده است. چنان‌که ملاحظه می‌شود، براساس مشخصات ورق ASTM، مثالی که خواهد آمد، این تلرانس برای ورق تخت[1] برابر با 0.01 اینچ است. در هر حال در جریان رل شدن[2] صفحه برای ساختن لوله، صفحه می‌تواند نازک شدن را تجربه کند.

استفاده از Schedule برای تعریف ضخامت جدارهٔ لوله،ئ نخستین بار در ۱۹۳٤ توسط ASME تأیید شد. روش تعیین Schedule برای لوله در یک کاربرد مشخص داده شده به شکل زیر است:

$$\text{Schedule} = \frac{\text{فشار} \times 1000}{S_h}$$

مثال ۴-۲

به‌عنوان مثال از کاربرد این معادله، Schedule لولهٔ ASTM a 53 Gr.B که تحت شرایط کاری 500°F و فشار 600 Psig را بیابید.

$$S_h = 189000\text{Psi}$$

آنگاه داریم:

$$\text{Schedule} = \frac{1000(600\text{Psi})}{18900\text{Psi}} = 37.1$$

Schedule 40 ، Schedule بعدی تجاری در دسترس برای لوله است.

محاسبهٔ Schedule آورده شده در این مثال صرفاً به جهت اطلاع صورت گرفته است و نمی‌توان آن را به‌عنوان یک پیشنهاد جهت تعیین ضخامت جدارهٔ لوله محسوب داشت.

پرسشی که غالباً مطرح می‌شود این است که برای مواد مختلف لوله‌کشی چگونه می‌تواند حد مجاز خوردگی را تعیین کرد[3]. بدین منظور، B31.3 به پژوهش‌های اطلاعات خوردگی NACE[4] به‌عنوان یک مأخذ، ارجاع می‌دهد. [¶F323] این پژوهش‌ها دربردارندهٔ جدولی از چند مادهٔ لوله‌کشی و میزان خوردگی آنها در واکنش با مواد مختلف شیمیایی است. شکل ٥-۲ نوع اطلاعات خوردگی‌ای را که می‌توان از این مرجع به‌دست آورد نشان می‌دهد.

---

1. Flat Plate
2. Rolling
3. Corrosion Allowance
4. The NACE Corrosion Data Survey

نخستین نمودار "پژوهش‌های اطلاعات خوردگی" کلید جدول داده‌هاست. در این جدول درصد تمرکز سیال خورنده در آب که دارای نسبت معکوس با درجه حرارت است آورده شده است[1]، نمودار مرکزی نشان‌دهندهٔ نشانه‌ای[2] برای نرخ متوسط نفوذخوردگی[3] در سال و نمودار پایین نمایانگر نرخ خوردگی برای فولاد ضدزنگ ٣٠٤ و فولاد کربنی[4] برای سه مادهٔ شیمیایی بی‌سولفیت آمونیوم، کلریدنیکل و اسید نیتریک است.

F.	C	کلیدهای جدول داده‌ها				
500	260					
400	204					
300	149					
200	93					
100	38					
0	-18					

0 20 40 60 80 100

درصد تمرکز سیال خورنده در آب

کلید ماتریس[5]

در جدول‌های اطلاعاتی، نقاط [شاخص] اطلاعاتی نشان‌دهندهٔ متوسط نفوذ در سال هستند.[6] خانه‌های افقی درصد تمرکز سیال خورنده در آب، و خانه‌های عمودی درجه حرارت را نشان می‌دهند.

نشانه		هزار	اینچ	میلی‌متر
*	>	2	0.002	0.05
0	>	20	0.020	0.51
+	}	20-50	0.020-0.050	0.51-1.27
×	<	50	0.050	1.27

---

۱. به این معنی که با بالارفتن درجه حرارت درصد تمرکز سیال خورنده در آب کاهش یافته و با پایین آمدن درجه حرارت تمرکز سیال خورنده در آب افزایش می‌یابد.–م.

2. Code

3. Average Penetration rate

4. Carbon Steel

5. Matrix Key

٦. این نقاط در پایین جدول آورده شده ند. –م.

نشانه	هزار	اینچ	میلی‌متر

تبصره برای خانه‌های اطلاعاتی:

۱- [خوردگی] حفره‌ای(Pitting)

۲- ترک برداشتن بر اثر خوردگی تنشی[2]

۳- [خوردگی] از دانه‌بندی داخلی[1]

۴- [خوردگی] شیاری[3]

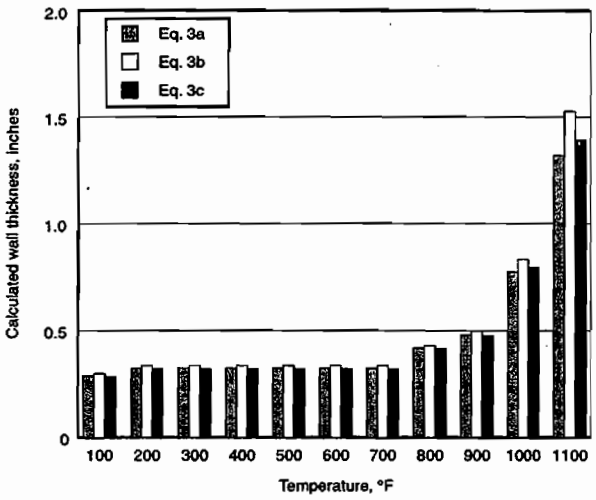
سیال خورنده	فولاد کربنی(کربن استیل)					فولاد ضدزنگ ۳۰۴				
بی‌سولفیت آمونیوم										
						0	0	0	0	
	×	×	×			0	0	0	0	
						0	0	0	0	
اسید نیتریک					2					
						0	0	0		
				×		0	*	*	*	
	×	×	×	*	0	*	*	*	*	

شکل ۵-۲ نرخ‌های خوردگی " پژوهش‌های اطلاعاتی خوردگی"

شکل ۶-۲ نمایانگر مقایسه‌ای بین سه معادلهٔ B31.3 است که در تعیین ضخامت جدارهٔ یک لولهٔ با قطر خارجی و مادهٔ خاص به‌کار می‌روند، است؛ این لوله برای افزایش درجه حرارت تحت‌فشار قرار گرفته است. در صفحات زیرین گزینه‌ای از استانداردهای ASTM که در تعیین میزان تلرانس باری که از لولهٔ در حال کار برداشت می‌شود به‌کار رفته است.[4] (به‌عنوان مثال لولهٔ بدون درز و لوله‌ای که از صفحه درست می‌شود.

1. Intergranual Attack
2. Stress Corrosion Cracking
3. Crevice Attack

۴. منظور لوله‌ای است که با روش‌ها خاصی توسط سازندگان ساخته می‌شود و در جریان ساخت لوله مقداری از ضخامت جدارهٔ لوله کاسته می‌شود.-م.



شکل ۶-۲

مشخصات استاندارد ASTM A 106-91 برای لولهٔ کربن استیل بدون درز که تحت درجه حرارت بالا کار می‌کند.

۱۶. تغییرات مجاز درون و ابعاد

۱-۱۶ وزن- وزن هر طول از لوله نباید[1] تا بالاتر از ۱۰ درصد و پایین‌تر از ۳.۵ درصد مشخصهٔ ذکر شده برای وزن تغییر کند. به‌جز مواردی که مورد توافق سازنده و خریدار قرار گرفته است، افزایش یا کاهش وزن لوله با NPS 4 و کمتر به هر شکل که به‌راحتی میسر است صورت می‌پذیرد، حال آن‌که برای لوله‌های بزرگتر از NPS 4 باید کاهش و یا افزایش هر لوله به‌طور جداگانه صورت پذیرد.

۲-۱۶ قطر – تغییر در قطر خارجی نباید از مقادیر ذکر شده در جدول ۵ تجاوز کند.

۳-۱۶ ضخامت- در هر نقطه [از لوله] ضخامت حداقل جداره نباید از ۱۲.۵ درصد، زیر ضخامت اسمی جدارهٔ تعریف شده، بیشتر باشد.[2]

نکتهٔ شمارهٔ ۷- در جدول X2.1 ضخامت‌های حداقل دیوارهٔ حاصل از بازرسی برخی اندازه‌های قابل دسترس [لوله] آورده شده است.

مشخصات استاندارد ASTM A 516A 516M-90 برای صفحات تحت‌فشار مخازن[3]، کربن استیل و صفحاتی که در درجه حرارت‌های متوسط و یا پایین‌تر کار می‌کنند.

2. مستندات مرجع

---

1. Shall not

۲. یعنی مثلاً ۱۳ درصد نباشد. یعنی ۱۳ درصد لاغرتر نباشد. لاغری تا ۱۲/۵ درصد ضخامت اسمی جداره مجازات. - م.

3. Vessel

۱-۲ استانداردهای ASTM:

مشخصات A 20/A 20M برای الزامات عمومی صفحات فولادی مخازن تحت‌فشار.

مشخصات استاندارد ASTM A20/20 M-93 برای الزامات عمومی صفحات فولادی جهت مخازن تحت‌فشار.

۱ هدف

۱-۱ به‌جز آن دسته از مواردی که الزامات آنها به‌طور جداگانه تعیین گشته است، این استاندارد دربردارندهٔ الزامات مشترکی است که برای دسته‌ای از صفحات فلزی که جهت ساخت مخازن تحت‌فشار رُل می‌شوند و هر یک از این مخازن تحت‌فشار، خود براساس مشخصات معین شده توسط ASTM ساخته می‌شوند، به‌کار می‌روند.

پیوست‌ها (اطلاعات لازم‌الاجرا)[1]

A1 تغییرات مجاز در ابعاد و غیره. آحاد اینچ- پوند

A1.1 آنچه که در زیرفهرست آمده است تغییرات مجاز در ابعاد و اطلاعات مربوط به چقرمگی شکافته[2] را که براساس آحاد اینچ- پوند اندازه‌گیری شده‌اند، بیان می‌کند.

جدول A1.1 تغییرات مجاز ضخامت را برای صفحات مستطیلی شکل[3] ارائه می‌دهد.

نکته ۱. تغییر ضخامت مجاز، زیر ضخامت تعیین شده، 0.01 اینچ است.

نکته ۲. در فاصلهٔ 3/8 اینچ از لبهٔ طولی[4]، ضخامت باید اندازه‌گیری شود.

نکته ۳. اگر در هر موضع دیگری به‌جز آنچه که در نکته ۲ ذکر شده است، ضخامت اندازه‌گیری شود، حداکثر تلرانس[5] دست بالای مجاز [برای ضخامت] می‌بایست تا ۷۰ درصد افزایش یابد؛ که رقم آن تا 0.01 اینچ گرد می‌شود.

ضخامت جداره برای فشار خارجی[6]

حداقل ضخامت برای لوله‌ای که تحت‌فشار خارجی قرار دارد، چه لولهٔ بدون درز باشد و چه لولهٔ درزدار با جوش طولی باشد، براساس دستورالعمل معرفی شده در بند UG-28 قسمت ۱ از بخش VIII برای D_0/t بزرگتر از ۱۰ [¶304.1.3] تعیین می‌شود. این دستورالعمل در زیر تشریح می‌شود.

فهرست علائم و اختصارات:

---

1. ANNEXES (mandatory Information)
2. Notch Toughness Information
3. Rectangular Plates
4. Longitudinal edge
5. Maximum Over-tolerance
6. Wall thickness for External Pressure

A= ضریبی که با استفاده از جدول 5-u60-28.0 (شکل ۲-۷-a) تعیین می‌شود

B= ضریبی که با استفاده از جدول مواد کاربردی برای دمای حداکثر طراحی ماده تعیین می‌شود

D_0= قطر خارجی لوله، (inches)

E = مدول‌الاستیسیتهٔ ماده در دمای طراحی، (Psi)

L = طول کلی لوله، (inches)

P = فشار خارجی طراحی، (Psi)

P_a= مقدار محاسبه‌شدهٔ حداکثر فشار مجاز خارجی کاری برای مقدار فرض شدهٔ "t"، (Psi)

t= حداقل ضخامت مورد نیاز لوله، (inches)

دستورالعمل:

مقداری را برای t لوله‌ای که تحت‌فشار خارجی قرار گرفته است، فرض کنید و نسبت‌های D_0/t و L/D_0 را معلوم کنید.

۱. با در دست داشتن نسبت L/D_0 به شکل 5-UGO-28.0 از پیوست ۵ (شکل ۲-۷-a) رجوع کنید. برای مقادیر از L/D_0 که بزرگتر از ۵۰ هستند به جدول نشان داده شده در مورد L/D_0 = 50 مراجعه کنید. برای آن دسته از مقادیر از L/D_0 که کوچکتر از ۰٫۰۵ هستند به جدول L/D_0=0.05 رجوع کنید.

۲. برای L/D_0 تعیین شده در (1)، خطی قائم را برروی نمودار D_0/t رسم کنید.

توجه داشته باشید که در بخش VIII چند نمودار D_0/t وجود دارد، نموداری را با توجه به ملاحظات ذکر شده در مورد مادهٔ لوله انتخاب کنید. از نقطهٔ تقاطع، به‌طور افقی به سمت چپ حرکت کنید تا ضریب A بدین طریق معلوم شود.

۳. با استفاده از مقدار به‌دست آمدهٔ A در (2)، با توجه به ملاحظات ذکر شده در مورد ماده، به نمودار مادهٔ مناسب جهت استفاده[1] در پیوست ۵ مراجعه کنید. نمودار مادهٔ این مثال، نمودار کربن استیل تحت‌اثر دمای 300°F است. باز هم، [برای این شرایط] در بخش VIII چند نمودار وجود دارد. به‌طور قائم رو به بالا حرکت کنید تا به یک نقطهٔ تقاطع با خط ماده/درجه حرارت[2] برای

1. The Applicable Material Graph
2. The Material/Temperature Line

دمای طراحی برسید. برای رسیدن به درجه حرارت‌های میانگین ممکن است میان‌یابی[1] بین دو خط لازم باشد.

٤. درحالتی که مقدار A به سمت راست انتهای خط درجه حرارت/ماده می‌افتد، تقاطعی را با پیش‌آمدگی افقی انتهای بالایی خط درجه حرارت/ماده، فرض کنید. برای مقادیری از A که در سمت چپ خط درجه حرارت/ ماده افتاده‌اند، به [شماره] ۷ در زیر نگاه کنید.

٥. از [نقطه] تقاطع به‌دست آمده در (3)، به‌طور افقی به سمت چپ حرکت کنید و مقدار ضریب B را بخوانید.

٦. با استفاده از فرمول زیر و به‌کارگیری مقدار به‌دست آمده برای B، مقدار حداکثر فشار مجاز کاری خارجی P_a را محاسبه کنید.

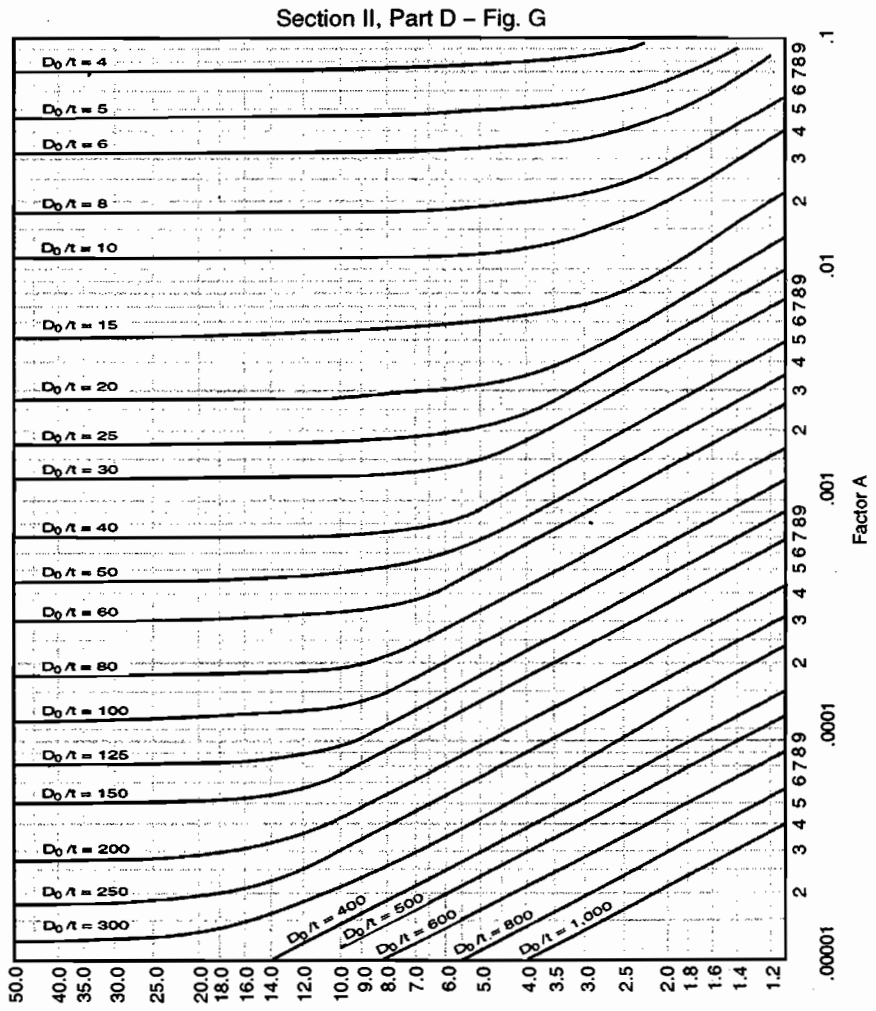
$$P_a = \frac{4B}{3\left(\frac{D_0}{t}\right)}$$

۷. برای حالتی‌که A در سمت چپ خط درجه حرارت/ماده مناسب برای استفاده واقع شود، مقدار P_a را می‌توان براساس فرمول زیر محاسبه کرد:

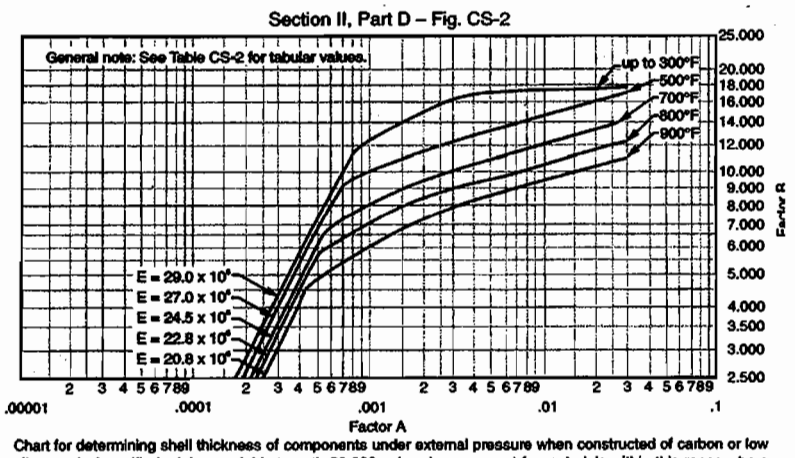
$$P_a = \frac{2AE}{3(\frac{D_0}{t})}$$

۸. مقدار P_a محاسبه شده از بندهای (٦) یا(۷) را با P مقایسه کنید. اگر P_a از P کوچکتر باشد، t بزرگتری را انتخاب کرده و اجرای دستورالعمل را تکرار کنید تا P_a به‌دست آمده برابر یا بزرگتر از P شود.

1. Interpolation


Section II, Part D – Fig. G
Do/t = 4
Do/t = 5
Do/t = 6
Do/t = 8
Do/t = 10
Do/t = 15
Do/t = 20
Do/t = 25
Do/t = 30
Do/t = 40
Do/t = 50
Do/t = 60
Do/t = 80
Do/t = 100
Do/t = 125
Do/t = 150
Do/t = 200
Do/t = 250
Do/t = 300
Do/t = 400
Do/t = 500
Do/t = 600
Do/t = 800
Do/t = 1,000
50.0 40.0 35.0 30.0 25.0 20.0 18.0 16.0 14.0 12.0 10.0 9.0 8.0 7.0 6.0 5.0 4.0 3.5 3.0 2.5 2.0 1.8 1.6 1.4 1.2
.1 2 3 4 5 6 7 8 9
.01 2 3 4 5 6 7 8 9
.001 2 3 4 5 6 7 8 9
.0001 2 3 4 5 6 7 8 9
.00001
Factor A

شکل ۲-۷a



شکل ۲-۷b

نموداری برای تعیین ضخامت دیوارهٔ بدنهٔ اجزای [لوله‌کشی] که تحت‌فشار خارجی قرار دارند و از فولادهای آلیاژی سبک[1] یا فولادهای کربنی[2] (موادی که استحکام تسلیم آنها 30000Psi است، برای موادی که دارای استحکام‌های تسلیمی بیش از حدود ذکر شده باشند نمودارهای ویژه‌ای وجود دارد که لازم است به آنها مراجعه شود) و یا از فولادهای ضدزنگ نوع ٤٠٥ و ٤١٠ ساخته شده‌اند.

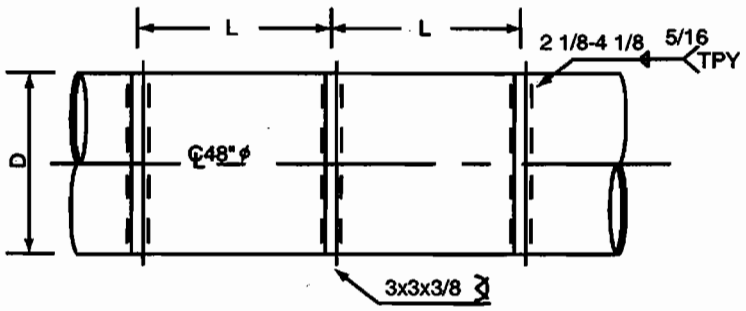


Figure 2.8 Stiffener rings on pipe.

شکل ۲-۸

1. Low Alloy Steels
2. Carbon Steels

مثال ۵-۲

یک سیستم لوله‌کشی طویل خلاء دارای شرایط طراحی زیر است:

ماده: A 285 Gr.C ERW NW=0.375 inches CD=45 inches

$P_d = -15\text{Psig}$ $T_d = 400^\circ F$ Ca=0.063 inches

حل: فرض کنید که تلرانس برداشته شدن بار از سطح لوله[1] $12\frac{1}{2}$درصد است. آنگاه ضخامت جدارهٔ t را که باید فشار خارجی را متحمل شود محاسبه کنید:

t=(0.375 in.)(0.875)-0.063 in.=0.265 inches

نخستین آزمون، تعیین فشار خارجی مجاز، P_a، برای لولهٔ بدون حلقه‌های سفت‌کننده است. نسبت‌ها را بسط دهید. (اگر L/D بزرگتر از ۵۰ باشد، آنگاه L/D=50 خواهد بود.) برای یک لولهٔ طویل:

$$L/D = 50 \qquad \frac{D}{t} = \frac{48\text{in.}}{0.265\text{in.}} = 181$$

به شکل ۲-۷ a (شکل G از قسمت D بخش II) مراجعه کنید، از نسبت‌های بسط داده شده برای تعیین ضریب A استفاده کنید.

A=0.000038

در گام بعدی، برای تعیین ضریب B، با استفاده از ضریب A، به شکل ۲-۷ b(شکل CS-2 از قسمت D، بخش II از ASME)، نمودار درجه حرارت / ماده مناسب جهت استفاده رجوع کنید. اگر برای مسئله‌ای که داریم حل می‌کنیم، ضریب A در سمت چپ نمودار درجه حرارت /ماده قرار گرفت، P_a را با استفاده از معادلهٔ زیر محاسبه می‌کنیم:

$$P_a = \frac{2AE}{3\left(\frac{D}{t}\right)} \quad \text{که} \quad E = 27.0\times10^6\text{Psi}$$

(از شکل CS-2 از قسمت D، بخش II از ASME)

$$P_a = \frac{2(0.000038)(27\times10^6\text{Psi})}{3(181)} = 3.8\text{Psig}$$

حداکثر فشار مجاز خلاء[2] برای لولهٔ طویل به قطر خارجی ۴۸ اینچ، و با NW برابر با 0.375 اینچ 3.8Psig است که بسیار کوچکتر از فشار خلاء طراحی می‌باشد، بنابراین حلقه‌های سفت کننده موردنیاز هستند.

حلقه‌های سفت کنندهٔ محیطی را در فواصل ۱۴۴ اینچ از یکدیگر، فاصلهٔ مرکز به مرکز حلقه‌ها در امتداد محور طولی لوله (L=144 inches)، کار بگذارید. بنابراین:

$$L/D = 3\frac{D}{t} = 181 \qquad A=0.00018 \qquad B=2500$$ (شکل ۲-۷ b)

1. mill tolerance

2. The maximum allowable vacuum pressure

توجه داشته باشید که ضریب A در سمت راست نمودار درجه حرارت/ماده واقع شده، و بنابراین P_a باید به شکل زیر محاسبه شود:

$$P_a = \frac{48}{3(\frac{D}{t})}$$

$$P_a = \frac{4(2500)}{3(181)} = 18Psig$$

حلقه‌های سفت کننده که فاصلهٔ مرکز به مرکز آنها در امتداد محور طولی لوله ۱۴۴ اینچ است، لوله را با قطر خارجی ۴۸ اینچ در برابر هر گونه متلاشی شدن به خوبی محافظت می‌کنند. این فشار، یعنی $P_a = 18Psig$ اجازه می‌دهد تا فشار خلأ بتواند تا 20 درصد تغییر کند.

کفایت[1] حلقهٔ سفت‌کننده[2]

تعداد حلقه‌های سفت‌کننده‌ای که لازم می‌باشد به‌وسیلهٔ تعیین مقدار اینرسی حلقه و یا ممان اینرسی ترکیب بدنه - حلقه[3] تعیین می‌شود و هر یک از این دو گشتاور باید از I_s و I'_s بزرگتر باشند، که I_s و I'_s به ترتیب عبارت‌اند از : ممان اینرسی لازم حلقهٔ سفت‌کننده حول محور خنثی آن‌که موازی با محور لوله است، ممان اینرسی سطح مقطع ترکیب بدنه - حلقه حول محور خنثی آن‌که موازی محور لوله است.

$$I_s = \frac{D_0^2 L_s (t + \frac{A_s}{L_s})A}{14}$$

$$I'_s = \frac{D_0^2 L_s (t + \frac{A_s}{L_s})A}{10.9}$$

که در آن: سطح مقطع حلقه سفت‌کننده ، $A_s = (in.^2)$

مجموع نیم‌فاصله هر طرف[4] از یک حلقهٔ سفت‌کننده که در جهت موازی محور لوله اندازه‌گیری شده است، $L_s = L$ ($L_s = L$)

اصطلاحات A ، D_0 جلوتر تعریف خواهند شد.

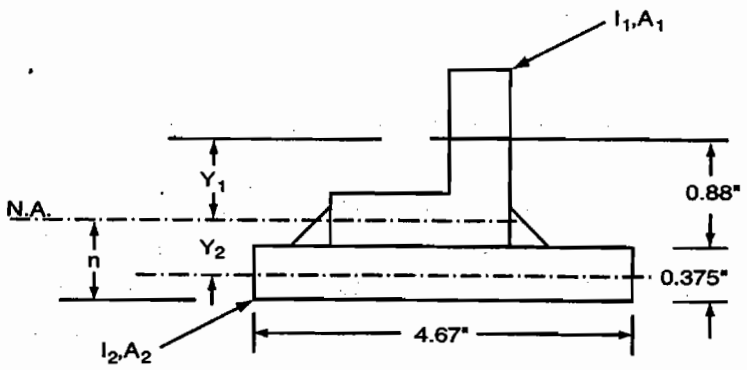
---

۱. منظور از کفایت حلقه سفت‌کننده محاسبهٔ تعداد مورد نیاز آن در واحد طول لوله و یا محاسبهٔ فاصله میان دو حلقه است.-م.

2. Adequacy Of Stiffener Ring

3. Ring-Shell Combination

4. One-half the distance each Side Of a Stiffener Ring



شکل ۹-۲

فرض کنید که یک حلقهٔ سفت کننده زاویه‌ای با ساق‌های برابر[1]، که جزئیات آن در شکل (d) ۱۰-۲ نشان داده شده است، با ابعاد 3 inch×3inch×3/8 inch به لوله‌ای با قطر خارجی ۴۸ اینچ جوش شده است. مقادیر A و B را مجدداً محاسبه کنید.

با محاسبهٔ مجدد ضریب B ، از طریق به کاربردن معادلهٔ زیر، ضریب A را با استفاده از نمودار درجه حرارت / ماده در شکل b ۷-۲ تعیین کنید.

$$B = 0.75\frac{PD}{t+(\frac{As}{Ls})}$$

$$B = 0.75\frac{(151lb)(48in.)}{0.265in.+(\frac{2.11in.^2}{144in.})} = 1930psi$$

با استفاده از جزوهٔ فولاد[2]

A_s = سطح مقطع حلقهٔ سفت کننده = $2.11in^2$.

مقدار B=1930 در سمت چپ نمودار درجه حرارت / ماده از شکل b ۷-۲ واقع می‌شود، بنابراین این مقدار A از معادله زیر تعیین می‌شود.

$$A = \frac{2B}{E}$$

$$A = \frac{2(1930Psi)}{27\times10^6 Psi} = 0.00014$$

$$I_s = \frac{(48in.)^2(144in.)\left[0.265in.+\frac{2.11in.^2}{144in.}\right](0.00014)}{14} = 0.93in.^4$$

1. Equal Leg Angle Stiffener Ring

2. Manual Of Steel Construction ,AISC Inc.,101 Park Avenue ,New York 10017

$$I'_s = \frac{(48in.)^2(144in.)\left[0.265in. + \frac{2.11in.^2}{144in.}\right](0.00014)}{10.9} = 1.2in.^4$$

از جزوهٔ فولاد[1] ممان اینرسی برای یک [حلقهٔ سفت‌کننده] زاویه‌ای به [به ابعاد] $3inch \times 3inch \times 3/8inch$ برابر با $1.76in.^4$ $(I_1 = 1.76in.^4)$ است. ممان اینرسی ترکیب بدنه- حلقه[2] In با ضرب کردن سطح هر مؤلفهٔ سازه‌ای حلقهٔ سفت‌کننده در مجذور فاصلهٔ مرکز ثقل[3] هر مؤلفهٔ سازه‌ای حلقهٔ سفت کننده تا محور خنثای ترکیب بدنه - حلقه تعیین می‌شود.

فرض می‌شود که محور خنثای ترکیب بدنه- حلقه، N.A ، از محور مرجعی[4] در امتداد قسمت تحتانی مقطع، (دیوارهٔ داخلی لوله)، دارای یک فاصلهٔ ثابت، n است.

$$n = \frac{\sum M}{\sum A_t}$$

M= گشتاور M، هر مؤلفه حول محور مرجع مقطع[5] به روش زیر تعیین می‌شود: سطح مؤلفه ضربدر فاصلهٔ مرکز ثقل مؤلفه از محور مرجع مقطع، Y.

آنگاه گشتاور مؤلفه‌های مختلف با یکدیگر جمع شده و بر سطح کل مقطع، A_t، تقسیم می‌شوند. این عملیات فاصلهٔ محور خنثی، n، از محور مرجع، N.A را به دست می‌دهد.

طول دیواره‌ای لوله که در محاسبات مربوط به گشتاور [ترکیب] پوسته- حلقه مورد لحاظ قرار می‌گیرد، از معادلهٔ $1.10\sqrt{Dt_s}$ تعیین می‌شود؛ که t_s ضخامت اسمی دیوارهٔ لوله است.

طول دیوارهٔ لوله[6] $= 1.10\sqrt{(48in.)(0.375in.)} = 4.67inches$

مساحت مؤلفه‌ها [اجزا] و ممان‌های اینرسی برابر است با:

$A_1 = 2.11in.^2$

$A_2 = (0.375in.)(4.67in.) = 1.75in.^2$

$I_1 = 1.76in.^4$

$I_2 = 1/12(4.67in.)(0.375in.)^3 = 0.02in.^4$

$$n = \frac{2.11in(0.88in + 0.375in.) + 1.75in.(\frac{0.375in.}{2})}{2.11in. + 1.75in.}$$

مقدار 0.88 اینچ در رابطهٔ فوق، مقدار [ساق] برای یک [حلقه سفت کننده با ساق‌های مساوی] ، Y، است که از جزوهٔ فولاد استخراج شده است.

---

1. Steel Manual
2. ring-Shell Combination
3. Center Of gravity
4. Reference axis
5. Section reference axis
6. Length Of Pipe Wall

ممان اینرسی In ترکیب پوسته- حلقه حول محور خنثای آن برابر است با:

$$I_n = I_1 + I_2 + A_1Y_1^2 + A_2Y_2^2$$

$$Y_1 = 0.88in. + 0.37in. - 0.77in. = 0.485mch$$

$$Y_2 = 0.77in. - (\frac{0.375in.}{2}) = 0.583inch$$

$$I_n = 1.76in.^4 + 0.02in.^4 + 2.11in.^2(0.485in.)^2 + 1075in.^2(0.583in.)^2 = 2.87inches^4$$

نتیجه: حداقل ممان اینرسی لازم ترکیب پوسته- حلقه برابر است با:

$I_s = 0.93inch^4$ و $I'_s = 1.2inch^4$

ممان واقعی حلقه و ترکیب پوسته- حلقه برابر است با:

$I_1 = 1.76inch^4$ و $I_n = 2.87inch^4$

[بنابراین] برای لوله‌ای با قطر خارجی ٤٨ اینچ و ضخامت اسمی جدارهٔ ۰.۳۷۵ اینچ، حلقه‌های 3inch×3inch×3/8inch سفت کنندهٔ زاویه‌ای که فاصلهٔ خط‌المرکزین آنها از یکدیگر ١٤٤ اینچ است، کفایت می‌کند.

اتصال حلقهٔ سفت کننده [به لوله] [1]

فرض کنید که حلقه سفت کننده با جوش به لولهٔ با قطر خارجی ٤٨ اینچ وصل شود. همچنین فرض کنید که جوش، جوش منقطع همراستا[2]، مطابق شکل ۱۰-۲ باشد. چنانچه در بخش VII مشخص شده، طول جوش‌های ماهیچه‌ای[3] به‌طور جداگانه دو اینچ و یا بزرگتر بوده، و فاصلهٔ مناسب بین پنجه‌های جوش[4] [های ماهیچه‌ای] مجاور هم نباید از 8t بیشتر شود که t=0.265inches است. طول کلی جوش در هر طرف حلقهٔ سفت کننده نباید کمتر از یک دوم محیط لوله باشد.

بارهای وارده بر اتصال انجام شده توسط جوش‌های ماهیچه‌ای [5]

بارهای خارجی طراحی[6] (از هر نوع)، w برحسب پوند، که باید توسط سفت کننده متصل شود w/¶D(1b/in.) به‌وجود آورندهٔ بارهای برشی‌ای هستند که به‌طور شعاعی[7] برروی سفت کننده‌ها عمل می‌کنند؛ همچنین بارگذاری کامل فشاری شعاعی، (1b/in)PLS ، حاصل از پوستهٔ بین سفت کننده‌ها موجود نتیجهٔ [برایند] فشاری[8] معین است؛ این نتیجهٔ فشار و بارهای برشی‌ای که به‌طور شعاعی بر روی سفت‌کننده عمل می‌کنند، به‌وجود آورندهٔ نیروی برشی محاسبه شدهٔ شعاعی V[9] هستند؛ اندازهٔ

1.Attachment Of The Stiffening ring

2. inline intermittent weld

3. Fillet welds

٤. پنجه جوش (Toe) مرز بین فلز پایه با گردهٔ جوش است و خط مشترک بین آن‌ها را Toe Line نامند.

5. Loads On Attachment Fillet Welds

6. External design loads

7. Full radial pressure load

8. Pressure resulting

9. The Computed Radial Shear Load

جوش‌های اتصال دهندهٔ حلقهٔ سفت کننده[به لوله] باید به گونه‌ای باشد که در برابر نیروی برشی محاسبه شدهٔ شعاعی V مقاومت کند. طول جوش لازم برای هر دوبار که باید مورد لحاظ قرار گیرد، برابر است با قطر لوله، (طول ماهیچه‌ای برابر با نصف قطر لوله برای هر طرف حلقهٔ سفت کننده)

بار برشی شعاعی، $V=0.01\ PL_s\ D(1b)$

حداقل اندازهٔ جوش ماهیچه‌ای ساق [سفت کننده] نباید کوچکتر از [موارد زیر] باشد:

۱. یک چهارم اینچ

۲. ضخامت لوله در محل جوش

۳. ضخامت سفت کننده در محل جوش

فشار شعاعی، PL_s و برایند بار شعاعی برشی، V برابر است با:

$$PL_s = 15Psi(144in.) = 2160 1b/in$$

$$V = 0.01(15Psi)(144in.)(48in.) = 10371b$$

[هیچگونه] بار برشی خارجی طراحی، W، که به‌وسیلهٔ سفت کننده تحمل شود، وجود ندارد. بنابراین جریان برشی جوش[1]، $W_s(1b/in)$، ناشی از بار برشی شعاعی، V، برابر است با:

$$W_s = (\frac{VQ}{I_s})$$

که [در آن]:

Q = گشتاور اول سطح[2] $= (4.67in.)(0.375in.)(0.583in.)=1.02in.^3$

بنابراین:

$$W_s = 10371b\left[\frac{1.02in.^3}{0.93in.^4}\right] = 11371b/in.$$

بار ترکیبی وارده بر جوش ماهیچه‌ای $= \sqrt{(PLs)^2 + (W_s)^2} = \sqrt{(21601b/in.)^2 + (11371b/in.)^2} = 24401b/in.$

تنش مجاز جوش[3]

تنش مجاز جوش، براساس سطح جوش [تعیین می‌شود]، سطح جوش در حالتی که از حداقل ابعاد ماهیچه برای جوش ساق برای آن استفاده شود؛ همچنین این تنش به ماده‌ای که تحت دمای معین جوش شده است، (A285 Gr C) بستگی داشته و به ضریب کارایی اتصال[4] درصدی، با توجه به بخش VII، یا S_h ۰/۵۵ نیازمند است:

$S_h = 14400Psi$ از جدول B31.3A−1

تنش مجاز جوش $=0.55\times14400Psi=7920Psi.$

---

1. The weld Shear Flow
2. The First moment of Area
3. Allowable weld stress
4. Joint efficiency factor

طول جوش ماهیچه‌ای و پهنای ساق[1]

یک جوش ماهیچه‌ای، یک **جوش خطی**[2] محسوب می‌شود، که استحکام یک ماهیچه [آن] با ضرب کردن پهنای ساق ماهیچه (برحسب واحد طول) در تنش مجاز فلز پایه‌ای که در دمای معین جوش داده می‌شود، تعیین می‌شود. بالعکس، پهنای ساق ماهیچه را می‌توان با تقسیم نیروی وارده بر جوش ماهیچه‌ای .1b/in، بر تنش مجاز جوش، ^{2}.1b/in، به‌دست آورد.

$$\text{پهنای ساق ماهیچه} = \frac{2440 \text{lb/in.}}{7920 \text{lb/in.}^2} = 0.31 \text{inch}$$

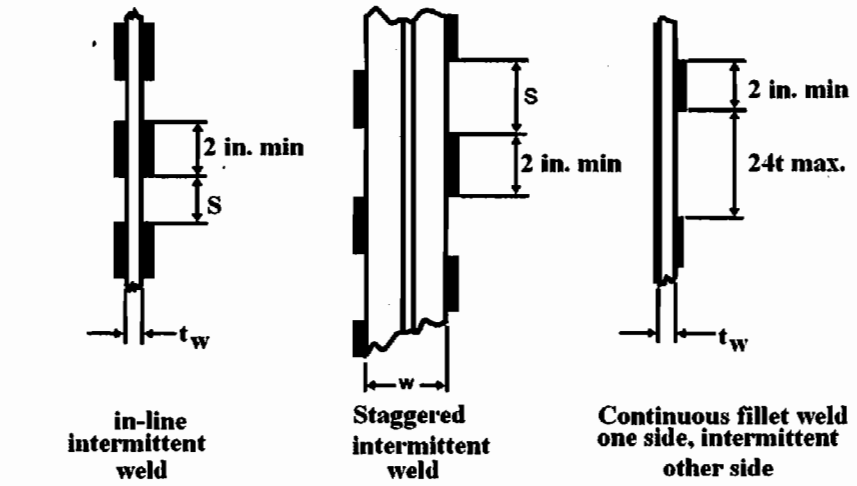
طول جوش ماهیچه‌ای در هر طرف از حلقهٔ سفت کننده نباید کمتر از نصف محیط خارجی در هر طرف از حلقهٔ سفت کننده باشد، [همچنین] طول هر بخش جداگانهٔ جوش ماهیچه‌ای نباید از دو اینچ کمتر باشد. حداکثر فاصله گذاری بین پنجه‌های قطعات جوش ماهیچه‌ای نباید از 8t تجاوز کند.

به U6-30(C) نگاه کنید، 8(0.265 in.)=2.125inch = حداکثر فاصله گذاری مستقیم

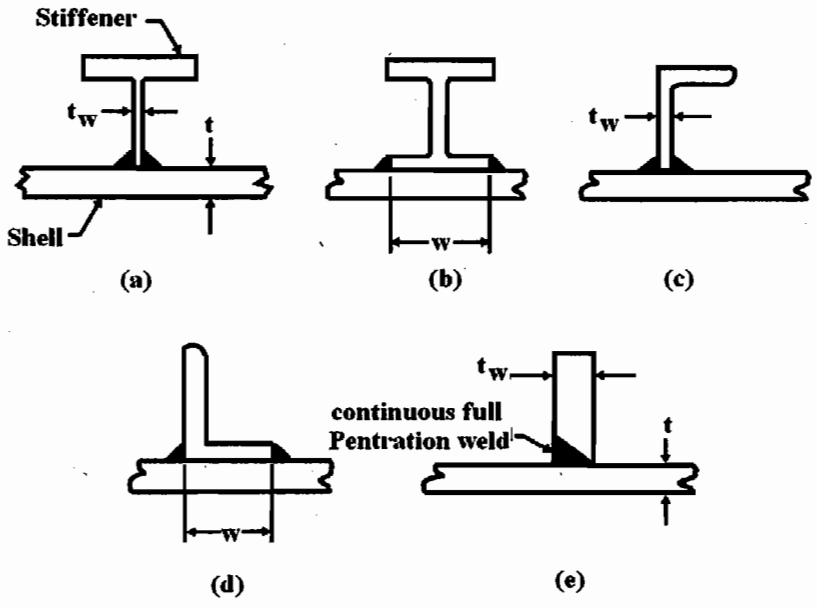
نتیجه

٣٦ قطعه جوش ماهیچه‌ای به طول $2\frac{1}{8}$ اینچ، با ساق ماهیچه‌ای به‌طول 5/16 اینچ در هر طرف از حلقهٔ سفت کننده، که فاصلهٔ بین پنجه‌های جوش هر قطعهٔ مجزای جوش $2\frac{1}{16}$ اینچ باشد، استحکام مناسب را برای شرایط لوله‌ای با قطر خارجی ٤٨ اینچ را تأمین می‌کند.

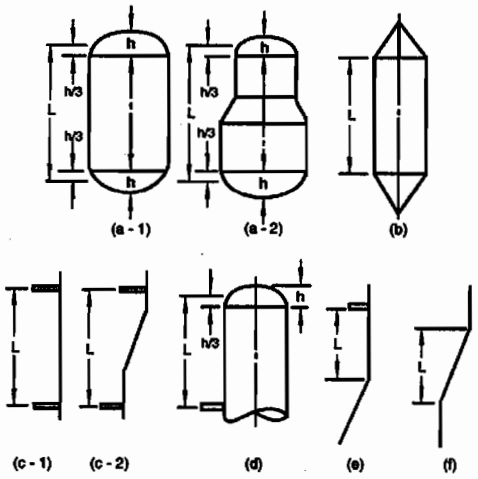
1. Fillet Weld Length and Leg Width
2. a Line Weld



$S \leq 8t$ external stiffeners
$S \leq 12t$ internal striffeners



شکل ۱۰-۲

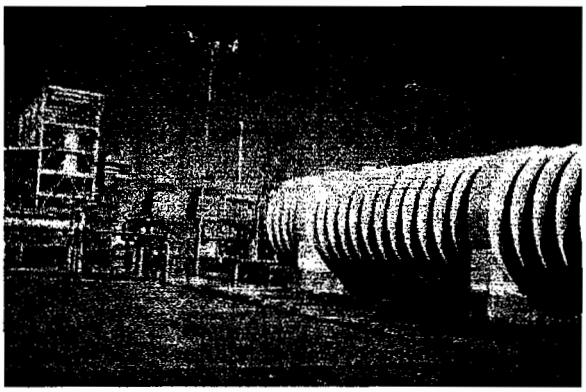


شکل ۱۱-۲

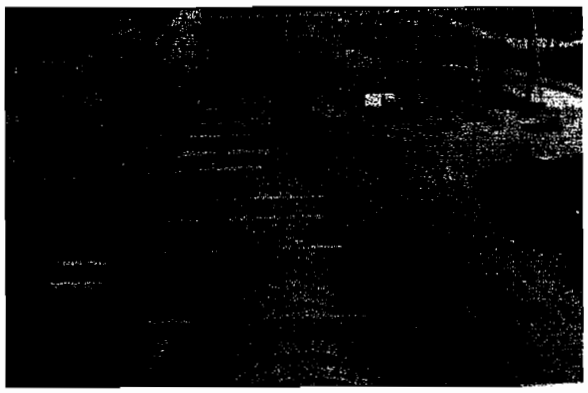
طراحی اجزای لوله‌کشی[1]

تاکنون مباحث گفته شده، مروری بوده است بر رهنمودهای طراحی B31.3 در مورد لوله‌کشی تحت‌فشار و ضخامت لازم دیواره [لوله] که طی مثال بالا محاسبه شده است، مبین آن است که نظام‌نامه صرفاً [ضخامت] حداقلی را برای جداره ارائه می‌کند، و روش به‌کار رفته در نظام‌نامه برای تعیین این ضخامت حداقل، صرفاً یک روش از روش‌های ممکن و موجود محاسباتی است. برای دیگر اجزای لوله‌کشی تحت‌فشار نیز، [نظام‌نامه] از چنین روشی استفاده می‌کند. این بدان‌معنا نیست که طراح باید برای هر جزء در یک سیستم، تحلیلی معین و جداگانه‌ای را در طراحی آن جزء تحت‌فشار به‌کار گیرد. برای اغلب اجزایی که تحت‌فشار هستند، نظام‌نامه طراح را به سوی یک آزمودن به‌عنوان "پیش شرط"[2] دلالت می‌کند؛ که این آزمودن به طراح در تعیین ویژگی‌هایی برای کفایت طراحی اجزای تحت‌فشار یاری می‌رساند. با چنین برخوردی، نظام‌نامه، سه نوع دسته‌بندی برای اجزای لوله‌کشی [تحت‌فشار] را، به شرح زیر، برپا می‌دارد:

1. Component design
2. Prequalification test



شکل ۲-۱۲a



شکل ۲-۱۲b

۱. **اجزایی که نرخ‌بندی(Rated) و فهرست شده‌اند**[1]* [¶3020.2.1]: این اجزا، اجزایی هستند که براساس نرخ فشار- درجه حرارت، در استاندارد فهرست شده‌اند، اگر از این اجزا در محدوده‌های تعریف شده استفاده شود، بدون نیاز به هیچگونه تمهید اضافی برای تعیین کفایت فشار طراحی، ایمن هستند.

---

1. Listed Rated Component

*نرخ‌بندی کاملاً گویای rated نیست، چرا که rate در نظام‌نامه علاوه بر بار معنایی واژهٔ خود دارای بار فنی نیز هست که "نرخ‌بند" این بار فنی را نشان نمی‌دهد ولی به ناچار آن را به کار گرفته‌ایم؛ که هر جا که نرخ برای معادل دیگری به‌کار رود در زیرنویس ذکر خواهیم کرد.-م.

برای rate از مفهوم درجه نیز می‌توان سود جست. -م.

۲. **اجزای فهرست شده که نرخ‌بندی نشده‌اند [¶302.2.2]** : شامل اجزایی هستند که در مسیر لوله-کشی قرار می‌گیرند مانند زانویی‌ها، کاهنده‌ها، سه‌راهی‌ها، که نرخ Rating آنها،براساس تحمل فشار لوله بدون درز هستند. این اجزا از موادی که بتوانند حد تحمل تنش لوله را متحمل بشوند ساخته می‌شوند به‌طوری که باید بتوانند معادل مقاومت نگهداری فشار حداقل ۸۷/۵ درصد از ضخامت جداره‌ای لوله را تحمل کنند.

۳. **اجزای فهرست‌نشده** [3020.2.3¶]: درصورتی‌که خواص فیزیکی و شیمیایی مواد به‌کار رفته در جزء ، [و یا] کنترل کیفی آن و روش ساخت آن در کارخانه طراح را ارضا کند، ممکن است از این اجزای استفاده شود. فشار طراحی یک جزء فهرست نشده باید در انطباق با فشار طراحی ذکر شده در 304¶ یا توسط 304.7.2¶ **از B31.3** (با محاسبه) معلوم شود.

خم‌ها و زانویی‌ها[1]

نظام‌نامه برای خم‌ها و زانوهایی که در انطباق با استانداردهای فهرست شده، ساخته نمی‌شوند، الزاماتی را برای طراحی فشار به شرح زیر در نظر گرفته است:

۱. درصورتی‌که برای فرایند خمش[2] از مواد مناسبی استفاده شود [332.1¶] خم‌ها قادر خواهند بود با فرایندهای سرد و یا گرم[3] ساخته شوند.

۲. سطوح پرداخت شده باید اساساً عاری از ناصافی و نیز فاقد هر گونه ترک باشند.

۳. ضخامت جدارهٔ لوله پس از خمش نباید کمتر از حداقل ضخامت، با احتساب تلرانس کاهش ضخامت در اثر غلتک‌زنی[4] هنگام ساخت و یا خوردگی- سایش، باشد. در تصویر ۱۳-۲ یک زانویی را که در فرایند ساخت، اکسترود شده است و میزان کاهش ضخامت جدارهٔ آن را، ملاحظه می‌کنید.

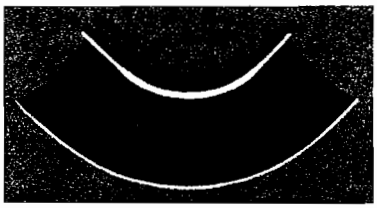
٤. [در فرایند] خم کردن [صفحه] تخت شده، خمی که تحت فشار داخلی قرار گرفته است. اختلاف قطرهای حداقل و حداکثر هر سطح مقطع نباید از ۸ درصد قطر اسمی خارجی تجاوز کند، و درصورتی‌که خم تحت‌فشار خارجی قرار گرفته باشد، این اختلاف نباید از ۳ درصد قطر اسمی خارجی تجاوز کند [332.2.1¶] .

هنگامی‌که یک زانویی تحت‌فشار خارجی [برای شکل یافتن] قرار دارد، نگرانی عمده این است که در چنین وضعیتی ساختار [مادهٔ سازندهٔ زانویی] به‌طور بالقوه مستعد فروریزی [و از هم پاشیدگی] می‌شود. استفاده از زانویی‌هایی که تحت‌فشار خارجی قرار می‌گیرند با خروج از خارج از انحنای[5] بیش

---

1. Elbows and Bends
2. Bending Process
3. Hot or Cold Processes
4. Mill Under-Run Tolerance
5. Out-Of-Round

از ۳ درصد ممکن است منجربه فروپاشی ساختاری شود. استفاده از زانویی‌هایی با خروج از خارج از انحنا بیش از ۸ درصد درمورد سیستم‌هایی که تحت‌فشار داخلی قرار دارند به‌واسطهٔ آن‌که فشار در مقادیر پایین‌تر از ۸ درصد [خروج از انحنا] باعث راست شدگی گردی [زانویی] می‌شود، مجاز است.



شکل ۱۳-۲

ضخامت دیوارهٔ لوله‌های خم شده[1]

شعاع‌های حداقل داخلی[2] و خارجی[3] خم‌های لوله (که براساس استانداردهای فهرست نشده ساخته می‌شوند.)، t، با معادلهٔ 3C از نظام‌نامه محاسبه می‌شود؛ در این معادله t به مقدار C، میزان مجاز خوردگی/ سایش، اضافه می‌شود:

$$t_m = t + c$$

$$t = \frac{PD}{2\left[\frac{SE}{I} + PY\right]}$$

که از معادلهٔ (3d) ، I_i، شعاع داخلی خم، به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$I_i = \frac{4\left[\frac{R_1}{D}\right] - 1}{4\left[\frac{R_1}{D}\right] - 2}$$

و از معادلهٔ (3e) ، شعاع خارجی خم I_e به شکل زیر محاسبه می‌شود.

$$I_e = \frac{4\left[\frac{R_1}{D}\right] + 1}{4\left[\frac{R_1}{D}\right] + 2}$$

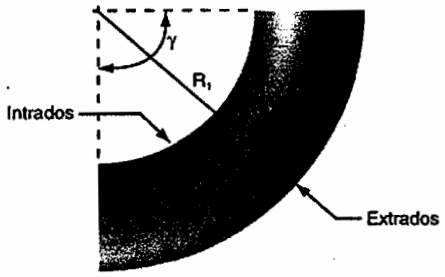
برای شرایط زیر مقایسه‌ای بین معادلات (3a)، (3c) برای لولهٔ راستی که تحت فشار داخلی قرار گرفته است انجام شده و نتایج در جدول [زیر] ثبت شده است:

دمای طراحی =500°F فشار طراحی =500 psig

1. Wall Thickness For Pipe Bends
2. Intrados = Inside Bend Radius
3. Extrados =Outside Bend Radius

ماده : SMLS A 106 Gr.B

R_1[1] = شعاع متوسط (1.5 برابر قطر لوله)



شکل ١٤-٢

ضخامت t برحسب اینچ

NPS	T, 3a	t_i, 3d	I_e, 3e	t, انحنای داخلی intrados 3C	t, انحنای خارجی Extrados 3C
6	0.087	1.291	0.865	0.112	0.075
8	0.113	1.280	0.868	0.144	0.098
10	0.141	1.279	0.868	0.179	0.122
12	0.167	1.274	0.869	0.212	0.145
14	0.183	1.250	0.875	0.228	0.161
16	0.209	1.250	0.875	0.261	0.183
18	0.236	1.250	0.875	0.294	0.206
20	0.262	1.250	0.875	0.326	0.229

1. R_1= Bend Radius Of Welding Elbow Or Pipe Bend

خم‌های مایتر یا چندتکه دارای محدودهٔ فشاری هستند که می‌تواند در طبقه‌بندی مجدد سیستم لوله‌کشی به‌کار روند؛ این محدوده با استفاده از معادلات (4a) ، (4b) یا (4c) بند 304.2.3¶ B31.3 محاسبه می‌شود. یک مایتر برحسب زاویهٔ مرجعی[1] تعریف می‌شود که تحت زاویهٔ نام برده شده که بزرگتر از سه درجه است، قطعاتی از لوله به یکدیگر جوش داده می‌شوند. علائم و اختصارات خم‌های مایتر[2] در شکل ۱۵-۲ نشان داده شده‌اند.

مایترهای مرکب[3] ، به مایترهایی گفته می‌شود که زاویهٔ برش آنها کوچکتر از ۵،۲۲ درجه باشد؛ اینگونه مایترها دارای محدودیت‌فشاری هستند؛ در واقع فشاری که باعث به‌وجود آمدن تنش حلقوی (hoop stress) می‌شود باید به‌گونه‌ای باشد که تنش حلقوی به‌وجود آمده از نصف استحکام تسلیم ماده، در دمای معین، بیشتر نشود. با محاسبهٔ فشار حداکثر براساس معادلات (4a) یا (4b) از نظام‌نامه و انتخاب مقدار کوچکتر از محاسبات یادشده برای فشار، این امر محقق و محدودهٔ فشار لازم تعیین می‌شود.

معادلهٔ (4a):

$$P_m = \frac{SE[T-C]}{r_2}\left[\frac{T-C}{(T-C)+0.643tg\theta\sqrt{r_2(T-C)}}\right]$$

$$P_m = \frac{SE(T-C)}{r_2}\left[\frac{R_1-r_2}{R_1-0.5r_2}\right]$$

معادلهٔ (4b) :

P_m = حداکثر فشار مجاز داخلی برای خم‌های مایتر

r_2 = شعاع متوسط[4] لوله‌ای که ضخامت اسمی جدارهٔ آن، $\overline{T}$ ، باشد

R_1 = شعاع مؤثر[5] خم مایتر

تک مایترهایی که زاویه آنها بیشتر از ۲۲/۵ درجه و تنش‌های حلقوی محدود به ۲۰ درصد yield جنس هستند توسط معادلهٔ (4C) محاسبه می‌شوند:

معادل (4C) :

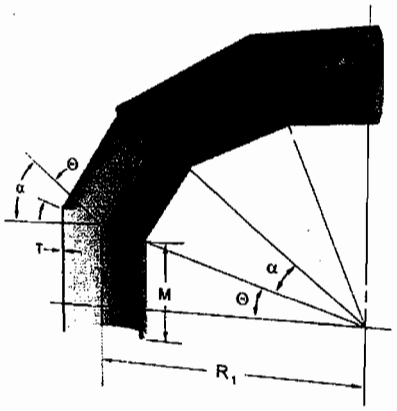
$$P_m = \frac{SE(T-C)}{r_2}\left[\frac{T-C}{(T-C)+1.25tg\theta\sqrt{r_2(T-C)}}\right]$$

---

1. An Angle Off-set
2. Miter
3. Multiple Miter
4. Mean Radius Of Pipe
5. Effective Radius

از خط (محور) مرکزی لوله تا محل تقاطع [راستای] صفحاتی از مایتر که مجاور محل اتصال لوله با مایتر هستند، تعریف می‌شود.

طراحانی که مایلند از مایتر استفاده کنند ولی تمایلی ندارند تا محدودیت‌های فشاری ناشی از استفاده از مایتر را در طراحی‌های خود بپذیرند، می‌توانند به‌سادگی ضخامت جداره را افزوده و یا از زاویهٔ θبکاهند، تا به این ترتیب مقدار تنش حلقوی را به حدی پایین‌تر از محدودهٔ نظام‌نامه برسانند. اگرچه استفاده از این روش به‌نظر، آسان می‌رسد، ولی همواره نمی‌توان به هنگامی‌که [اجرای] مایتر آغاز می‌شود، نتایج را پیش‌بینی کرد.



شکل ۱۵-۲

برای تعیین چگونگی امتداد یافتن مایتر در طول یک لولهٔ مستقیم، نظام‌نامه روشی را تدارک دیده است. این فاصله که به‌عنوان " M" [304.2.3(c)] تعریف شده برابر است با:

بزرگتر از $2.5\sqrt{r_2 T}$ یا $M = tg\theta(R_1 - r_2)$، که در شکل ۱۵-۲ نشان داده شده است.

"T" استفاده شده در این معادله، برابر با تلرانس کم باربرداری میل [mill Tolelance]

مثالی از محاسبات مربوط به حداکثر فشار مجاز داخلی برمبنای 304.2.3¶ در زیر آمده است:

مثال ۶-۲

حداکثر فشار مجاز داخلی را برای یک مایتر، با در دست داشتن اطلاعات زیر محاسبه کنید: قطر اسمی 900، ضخامت اسمی جداره 9.5mm(0.376in., NPS 36)، جنس ورق از A515 Gr.60، درجه حرارت 260°C(500°F)، C=2.5mm(0.10in.)، E=1.0 (تمام رادیوگرافی شده) R_1=1.5D، تلرانس $r_2 = 0.5(D_0 - \overline{T})$ مقداری که از سطح ورق، در حین کار لوله کاسته می‌شود برابر با 1.2mm(0.047in.,$12\frac{1}{2}$%).

حل:

الف. معادلهٔ (4a) برای $\theta = 22.5^{\circ}$

$$P_m = \frac{SE(T-C)}{r_2} \times \frac{T-C}{(T-C)+0.643tg\theta\sqrt{(r_2(T-C))}}$$

در آحاد متریک:

S= 119266 Kpa $\qquad$ E = 1.0

T= 9.5mm-1.2mm=8.3mm $\qquad$ $r_2 = 0.5(914.4mm - 9.5mm) = 452.5mm$

آنگاه:

$$P_m = \frac{119266kpa(5.8mm)}{452.5mm} \times \frac{5.8mm}{5.8mm + 0.643tg(22.5)\sqrt{(452.5mm)(5.8mm)}} = 455kpa$$

در آحاد رایج امریکا:

S=17300 psi
T=0.375in.-0.047in.=0.328in.
E=1.0
R_2=0.5(36in.-0.375in.)=17.813 in.

$$P_m = \frac{17300Psi(0.228in.)}{17.813in.} \times \frac{0.228in.}{0.228in. + 0.643tg(22.5)\sqrt{(17.813in.)(0.228in.)}} = 66psig$$

برای $\theta = 22.5^\circ$، با استفاده از معادله (4b) خواهیم داشت:

$$P_m = \frac{SE(T-C)}{r_2} \times \frac{R_1 - r_2}{R_1 - 0.5r_2}$$

در آحاد متریک:

$$P_m = \frac{119266kpa(5.8mm)}{452.5mm} \times \frac{1373mm - 452.5mm}{1373mm - 0.5(452.5mm)} = 1225kpa$$

در آحاد رایج امریکا:

$$P_m = \frac{17300Psi(0.228in.)}{17.813in.} \times \frac{54in. - 17.813in.}{54in. - 0.5(17.813in.)} = 178psig$$

حداکثر فشار مجاز داخلی، با ، برای زانویی مایتر مرکب، برابر است با 455kpa(66Psig)

ب. برای $\theta = 30^\circ$ $(\theta > 22.5^\circ)$ با استفاده از معادله (4C) خواهیم داشت:

$$P_m = \frac{SE(T-C)}{r_2} \times \frac{T-C}{((T-C)+1.25tg\theta\sqrt{(r_2(T-C)}}$$

در آحاد متریک:

$$P_m = \frac{119266kpa(5.8mm)}{452.5mm} \times \frac{5.8}{5.8mm + 1.25tg(30)\sqrt{(452.5mm)(5.8mm)}} = 205kpa$$

در آحاد رایج امریکا:

$$P_m = \frac{17300psi(0.228in.)}{17.813in.} \times \frac{0.228in.}{0.228in + 1.25tg(30)\sqrt{(17.813in.)(0.228in.)}} = 30Psig$$

برای این سیستم لوله کشی که یک مایتر با $\theta = 30^\circ$ را دارد، حداکثر فشار مجاز داخلی برابر است با (30psig)205kpa برای برآوردن [ارضا] شرایط یادشده در¶304.2.3(d) از B31.3 ، مقدار R_1 در معادلات بالا نباید از مقدار محاسبه شده در زیر کمتر باشد:

$$R_1 = \frac{A}{tg\theta} + \frac{D}{2}$$

که مقدار "A" با استفاده از جداول زیر حاصل می‌شود:

(T-C),mm	A
≤13	25
13 < (T − C) < 22	2(T-C)
≥ 22	[2(T-C)/3]+30

(T-C),in.	A
≤0.5	1.0
0.5 < (T − C) < 0.88	2(T-C)
≥0.88	[2(T-C)/3]+30

بنابراین مقدار حداقل R_1 برای مثال بالا برابر است با:

در آحاد متریک:

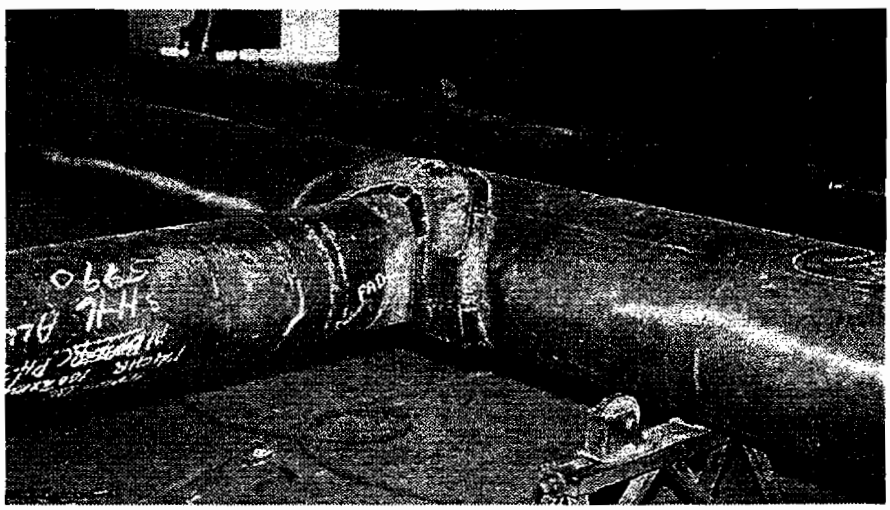
در $(T-C) \le 13mm$، $A=25$ بنابراین برای $\theta = 22.5^\circ$

R_1=518mm

در آحاد رایج امریکا:

در $(T-C) \le 0.5in.$، $A=1.0$ بنابراین برای $\theta = 22.5^\circ$

R_1=20.4in.



شکل ۱۶-۲

اتصالات انشعابی[1]

اتصالات انشعابی سیستم لوله‌کشی ممکن است به روش‌های مختلفی ساخته شوند. این روش‌ها عبارت‌اند از: ایجاد سه‌راهی‌ها[2] ، تعبیهٔ مقاطع بالشتکی مسلح[3] (به شکل ۱۶-۲ نگاه کنید) یا غیر مسلح، به‌وجود آوردن چهارراهه‌ها[4] و اتصالاتی فیتینگی که در لوله قرار گرفته و با اکستروژن یا جوشکاری از داخل و یا خارج متصل می‌شوند. [304.3.1¶] .

فلسفهٔ طراحی فشار در مقاطع در نظام‌نامه ناشی از آن است که به فشاری که هندسهٔ مقطع می‌تواند تأمین کند دست یابیم. فرایند ساخت یک مقطع، از آنجا که سوراخی را در لوله ایجاد می‌کند، لوله را ضعیف می‌سازد. مگر آن‌که ضخامت دیوارهٔ لوله‌ای که در انطباق با استاندارد فهرست شده، ساخته نشده است، برای مقابله با فشار وارده در یک مقطع کافی باشد؛ در این وضعیت برای تقویت لوله [در آن مقطع] ، موادی را اضافه می‌کنند. این ماده که برای تقویت لوله‌های مسیر به‌کار می‌رود، به‌طور موضعی در محل مقطع به لوله افزوده می‌شود.

میزان تقویت در فشار مورد نیاز، با توجه به شرایط طراحی مقطع، به‌وسیلهٔ محاسبات مربوط به سطحی که باید برداشته شود [304.3.3¶] ، تعیین می‌شود. محاسبات مربوط به جابه‌جایی[5] سطح برای مقاطعی که از مقاطع سه‌راهی طبقه‌بندی شده- فهرست شده[6] یا از مقاطع سه‌راهی طبقه‌بندی نشده – فهرست شده[7] برای ساخت مقطع، در محدوده‌های دما- فشار مقرر در استاندارد فهرست شده[8] ، توصیف شده‌اند، استفاده شده است، موردنیاز نیست. درصورتی‌که برای مقاطع سه‌راهی فهرست نشده، حداقل یکی از الزامات 304.7.2¶ [که در زیر آمده است]، توسط جزء سه‌راهی تأمین شده باشد، نیازی به محاسبات مربوط به جابه‌جایی سطح نیست:

۱. [وجود] سیستم مطمئن کارکرد دوگانه[9] .

۲. تحلیل تنش محیطی[10].

۳. [انجام] آزمایش برای اطمینان از صحت عملکرد[11].

---

1. Branch Vone
2. Tees
3. Pad Reinforced Or unreinforced intersections
4. Crosses
5. Area Replacement Calculations
6. Listed –Rated tee Intersections
7. Listed-Unrated Tee Intersections
8. Listing Standard
9. Duplicating a Successful Operating System
10. Experimental Stress Analysis
11. Proof test

٤. [وجود] تحلیل تنش در سطح ریز شده (جزء محدود)[1]
همچنین، برای مقاطعی که از کوپلینگ‌هایی که اندازه‌شان از یک- چهارم قطر اسمی لولهٔ مسیر و یا از DN 50 (NPS 2) بیشتر نیست استفاده می‌کنند، نیازی به تقویت فشار نیست.
برای شرایط[زیر] دستورالعمل‌های B31.3 جهت محاسبات مربوط به جابه‌جایی [سطح] قابل اجرا هستند:

۱. خط مرکزی لولهٔ انشعابی، محور مرکزی لولهٔ مسیر را قطع کند.

۲. زاویهٔ تقاطعβ ، بین 45° و 90° باشد(شکل 304.3.3 در B31.3 را نگاه کنید).

۳. نسبت قطر لولهٔ مسیر [اصلی] به ضخامت آن (D_h / T_h)کوچکتر از 100 باشد.

٤. نسبت قطر لولهٔ انشعابی به قطر لولهٔ مسیر [اصلی] (D_b / D_h) بزرگتر از 1.0 نباشد.

٥. برای $D_h / T_h \geq 100$ قطر لولهٔ انشعابی از یک دوم قطر لوله مسیر بزرگتر نباشد.

مقاطعی که به محاسبات مربوط به تقویت نیازمندند (همان [مقاطعی] که به‌وسیلهٔ 304.7.2¶ توصیف نشده‌اند و یا در فهرست‌های تهیه شده ذکری از آنها نشده است) با تجمیع فلز کامل و یک‌دست پیرامون مقطع کنترل می‌شوند، (در داخل محدوده‌ای که قبلاً توضیح داده شده است)، (سطح یا منطقهٔ تقویت)؛ در واقع این تجمیع فراتر از میزان لازم فلز برای حفظ فشار بوده و می‌توان آن سطح تجمیع شده را با سطح فلزی‌ای که برداشته می‌شود و مقطعی را می‌سازد، مقایسه کرد. لازم است مقطعی که جایگزین می‌شود، حداقل برابر با سطحی که برداشته می‌شود، باشد.

درصد سطحی که نیازمند جایگزینی، در محدوده‌های پیش توصیف شدهٔ تقویت است، به زاویهٔ β مقطع وابسته است. این درصد، در محدوده‌ای بین 100% سطحی که برداشته می‌شود تغییر می‌کند. $t_h d_1 (2 - \sin\beta)$ برای مقطعی که زاویه β آن 90° است و 130% برای مقطعی که زاویه β آن 45° است. اگر زاویهٔ انشعاب β از 90° رو به کاهش رود، استحکام یک مقطع به‌طور صعودی کاهش می‌یابد. میزان کاهش استحکام مقطع که با کاسته شدن از β ایجاد می‌شود به‌وسیلهٔ عبارات 2-Sinβ از معادلهٔ سطح بیان می‌شود. تغییر در سطح، به ازای کاهش زاویهٔ β که برحسب درصد شده است در شکل ۱۷-۲ نشان داده شده است.

1. Detailed Stress Analysis (finite element)

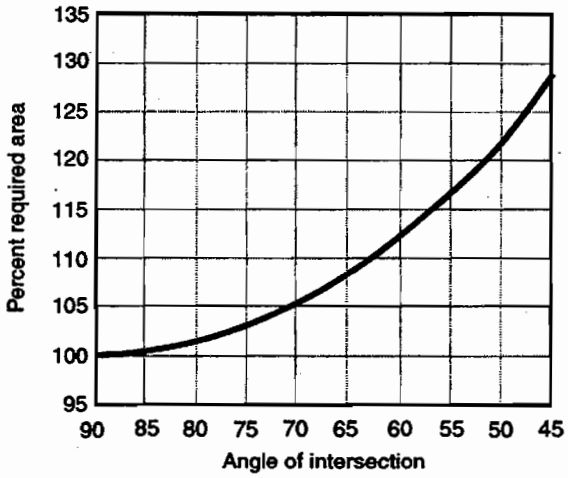


Figure 2.17 Branch β angle influence on percent required area.

شکل ۲-۱۷

به دو مثال زیر توجه کنید. نخستین مثال در مورد یک سه راهی تقویت نشده با زاویهٔ 90° است و دومین [مثال] در مورد یک سه راهی مسطح شده با بالشتک برای همان سایز لوله و همان شرایط طراحی مربوط به سه راهی تقویت نشده است (شکل ۲-۱۸ را نگاه کنید).

برای شرایط زیر، در یک سه راهی غیرمسطح، میزان سطحی از فلز را که لازم است جایگزین شود، بیابید:

[مشخصات] لولهٔ مسیر:

DN برابر با ۲۰۰، ضخامت اسمی جداره برابر با NPS8)8.2mm ، ضخامت اسمی دیوارهٔ برابر با 0.322in)؛ جنس ASTM A 53 Gr.B ERW [1]

[مشخصات] لولهٔ انشعابی [2]

DN برابر با 100، ضخامت اسمی جداره 6.0mm (NPS 4 ضخامت نامی دیواره برابر با .0.237in)؛ جنس لوله ASTM A 53 Gr.B SMLS

P=4135 kps(600 psig)

T=204°C(400°F)

C=2.5mm(.10 in.).

تلرانس بار برداری از سطح انتخاب شده برای لوله ERW برابر با 12.5 درصد است.

---

1. Elbow-Reducing Welded

2. The Longitudinal Weld Seam of the Run

به هنگام طراحی سیستم لوله‌کشی، در هر صورت، باید مقطعی را که برروی درز جوش طولی لولهٔ مسیر قرار می‌گیرد، شناسایی کرد. بنابراین به‌طور سنتی، از ضریب کیفیت E، برای تعیین حداقل ضخامت دیوارهٔ لولهٔ مسیر استفاده می‌شود. باید بر این امر واقف بود، که اگر برروی درز جوشی طولی، حتی در صورتی که برروی ERW باشد، مقطعی قرار نگیرد [و یا مقطعی از لوله یا ERW برداشته نشود]، نباید از ضریب E استفاده شود[304.3.3¶] .

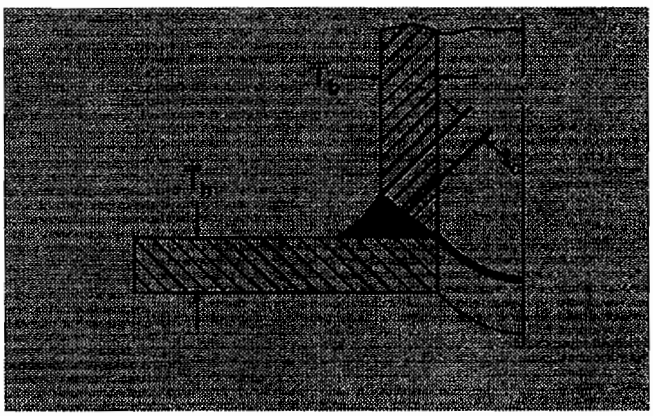
مثال a ۷-۲ – محاسبهٔ سطحی که باید تعویض شود، برحسب آحاد متریک برای مقطع زیر:
DN200، $\overline{T} = 8.2mm \times DN100, \overline{T} = 6mm$، سه راهی ساخته شدهٔ غیرمسطح
I . اصطلاحات (مرجع شکل 304.3.3)

T=204°C ؛ P=4135 kpa ؛ C=2.5mm

D_h= 219.1mm ؛ $\overline{T}_h = 8.2mm$ ؛ جنس فلز اصلی[1]: 3 Gr.B ERW ؛ E=0.85

D_b=114.3mm ؛ $\overline{T}_b = 6.0mm$ ؛ مادهٔ لولهٔ انشعابی: 53 Gr.B SMLS ؛ E=1

مادهٔ مسیر : SE ؛ [لوله] : 117 Mpa ؛ انشعابی [لوله] : 138 Mpa



شکل ۱۸-۲

$T_h = 7.2mm$ $T_b = 5.2mm(\overline{T}$ – درصد تلرانس با برداری)

$d_1 = D_b - 2(T_b - C) = 114.3mm - 2(5.2 - 2.5mm) = 108.9mm$

$d_2 = d_1$ بزرگتر از $(T_b\text{-}C)+(T_h\text{-}C)+\frac{d_1}{Z}$ یا بزرگتر از = 108. 9mm

$L_4 = 2.5(T_h - C)$ کوچکتر از 2.5 $(T_b\text{-}C)+T_r$ یا کوچکتر از =2.5(5.2mm-2.5mm)+0=6.8mm

1. Header Material

با استفاده از معادلهٔ (3a)، ضخامت لوله‌های اصلی[1] و انشعابی، به ازای فشار طراحی هر یک از آنان محاسبه می‌شود:

$$t = \frac{PD}{2(SE + PY)} ; t_h = 3.8mm, t_b = 1.7mm$$

II . سطح مورد نیاز

$$A_1 = t_h(d_1)(2 - \sin\beta) = 413.8mm^2$$

III . سطح مورد نیاز جهت تقویت کردن (مسلح ساختن)

$$A_2 = (2d_2 - d_1)(T_h - t_n - c) = 98mm^2$$

$$A_3 = 2L_4(T_b - t_b - c) = 13.4mm^2$$

A_4= (سطح فلز اضافی، شامل فلز جوش در منطقهٔ تقویت (مسلح) کردن t_c=4mm [¶328.5.4]) ، A برابر است با $32mm^2$

IV. $\frac{A_5}{A_1} \times 100 = 34\%$ = درصد سطحی که باید تعویض شود.

مثال b ۷-۲ محاسبهٔ سطحی که باید تعویض شود برحسب آحاد رایج امریکا برای مقطع زیر:

$8.625in.OD; \overline{T} = 0.322in. \times 4.500in.OD; \overline{T} = 0.237in;$

سه راهی‌ای که به‌طور غیرمسلح [تقویت نشده] ساخته شده است.

I . اصطلاحات (مرجع شکل 304.3.3)

$T = 400°F; P = 600Psig; C = 0.10in.;$

$D_h = 8.625in.; T_h = 0.322in.;$ مادهٔ [فلز] اصلی :A 53 Gr.B ERW;

E=0.85

$D_b = 4.500; T_b 0.237;$ مادهٔ [فلز] انشعابی : A 53 Gr.B SMLS;

E=1.0

ماده SE ; برای [مادهٔ فلز] اصلی : 17.000 Psi ; برای فلز] انشعابی : 20.000 Psi [

$T_h = 0.281in.$ $T_b = 0.207in$ ($\overline{T}$ – سطح از برداری تلرانس درصد I2.5)

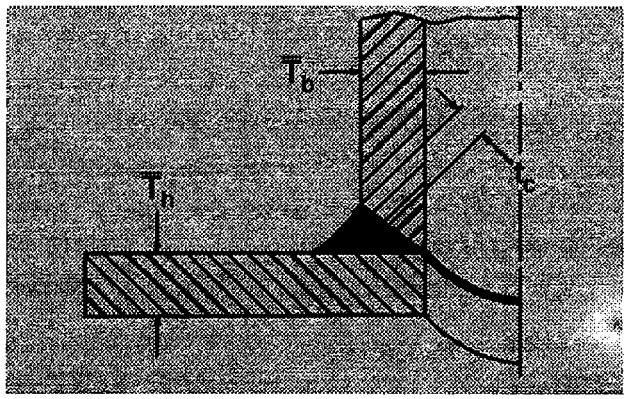
$d_1 = D_b - 2(T_b - C) = 4.5in.2(0.207in. - 0.10in) = 4.286in.$

d_2 = [d_1 از بزرگتر] یا [$(T_b - c) + (T_h - c) + \frac{d_1}{2}$ از بزرگتر] = 4.286in.

L_4 = [از کوچکتر $T_r + 2.5(T_b - c)$] یا [$2.5(T_h - c)$ از کوچکتر] =

2.5(0.207in.0.10in.)+0=0.267 in.

1. Header Pipe



شکل ۲-۱۹

با استفاده از معادل(3a)، ضخامت لوله‌های اصلی[1] و انشعابی به‌ازای فشار طراحی مربوط به هر کدام برابر است با:

$$t = \frac{PD}{2(SE + PY)}; t_h = 0.150in, t_b = 0.067in.$$

II . سطح مورد نیاز

$$A_1 = t_h(d_1)[2 - \sin\beta] = 0.643in^2$$

III. سطح مورد نیاز جهت تقویت کردن (مسلح ساختن)

$$A_2 = (2d_2 - d_1)(T_h - t_h - C) = 0.132in.^2$$

$$A_3 = 2L_4(T_b - t_b - c)0.021in.^2$$

A_4 = (سطح فلز اضافی، شامل فلز جوش، در منطقه تقویت کردن (مسلح ساختن)،
$0.055in.^2$ برابر است با [¶328.5.4] T_c=0.166in.

A_5=A_2+A_3+A_4=$0.208in.^2$

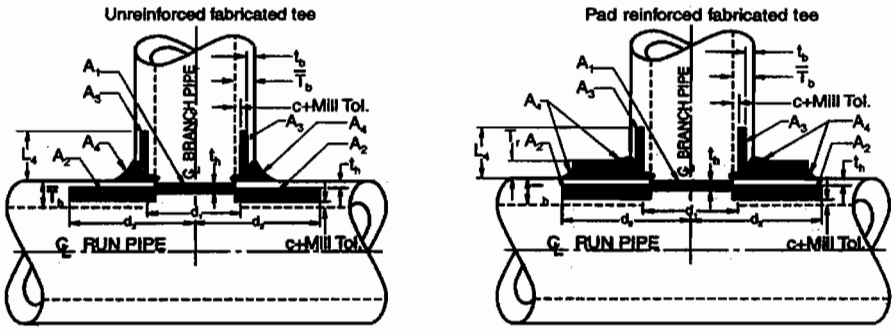
IV. درصد سطحی که باید تعویض شود = $\frac{A_5}{A_1} \times 100 = 32\%$

مقطع [به‌دست آمده در] مثال ۷-۲ برای [تحمل] فشار طراحی مناسب نیست. [چنان‌که] ملاحظه می‌کنید درصد سطحی که باید تعویض شود، صرفاً ۳۲ درصد است؛ لازم است به مقطع یک بالشتک تقویت کننده افزوده شده و محاسبات مربوط به میزان سطحی که باید تعویض شود، تکرار شود مانند مثال ۸-۲ که در زیر آورده شده است. در این مثال درصد سطحی که لازم است جایگزینی آن انجام شود، بسیار نزدیک به 100 درصد [سطح برداشته شده] است؛ برای چنین کاری می‌توان تا جایی‌که

1. Header Pipe

ممکن باشد از فلز جوشکاری [به لولهٔ مسیر] اضافه کرد تا مقداری معادل 100 درصد موردنیاز تأمین شود.

آزمون مجدد [برای لوله] در مثال ۸-۲ و با بالشتک [جهت سطح معینی که باید جایگزین شود] منجربه درصدی معادل 200 درصد برای سطحی که باید جایگزین شود، می‌شود. بنابراین، الزامات نظام‌نامه‌ای برای مقطعی که بتواند فشار طراحی را تاب آورد، [در این وضعیت] ارضا می‌شوند، می‌توان بالشتک را از لولهٔ اضافی مسیر ساخت. OD انتخاب شده برای بالشتک جهت این مقطع برابر است با 203.2mm (.8 inches).



شکل ۲۰-۲

مثال ۸a-۲ مقطع- آحاد متریک:

DN100 ;DN 200 × ضخامت نامی دیواره $\overline{T} = 8.2$ ؛

ضخامت اسمی جداره $\overline{T} = 6.0mm$; مقطع با بالشتک °90 تقویت می‌شود؛

(12.5 درصد تلرانس بار برداری) 203.2mm = قطر $\overline{T}_r = 8.2mm$: ابعاد بالشتک

I. اصطلاحات (شکل 304.3.3 از نظام‌نامه)

$T = 204^{\circ}c; P = 4135kpa; c = 2.5mm;$

$T_r = (8.2 - 1.0) = 7.2mm$

$D_h = 219.1mm; T_h = 8.2mm;$ ماده [فلز] اصلی :A 53 Gr.B ERW;

$E = 1.0$

118Mpa : برای [فلز] انشعاب؛ 117Mpa: برای [فلز] اصلی؛SE ماده

$T_b = 7.2mm$

$T_b = 5.2mm$ ($\overline{T}$ - 12.5 درصد تلرانس بار برداری)

$d_1 = D_b - 2(T_b - c) = 114.3 - 2(5.2mm - 2.5mm) = 108.9mm$

d_2 =[d_1 بزرگتر از] یا [$(T_b - c) + (T_h - c) + \frac{d_1}{2}$ بزرگتر از] = 108.9mm

L_4 = [$2.5(T_{h_e} - c)$ کوچکتر از] یا [$2.5(T_h - c) + T_r$ کوچکتر از]

= 2.5(7.2mm-2.5mm)=11.7mm

با استفاده از معادلهٔ (3a) ضخامت [جداره] لوله‌های اصلی و انشعابی با توجه به فشار طراحی [لوله‌های نام برده شده] برابر است با :

$$t = \frac{PD}{2(SE + PY)}; t_h = 3.8mm, t_b = 1.7mm$$

II . سطح مورد نیاز

$$A_1 = (t_h \times d_1) \times (2 - \sin\beta) = 413.8mm^2$$

III . سطح مورد نیاز جهت تقویت کردن

$$A_2 = (2d_2 - d_1)(T_h - t_h - c) = 98mm^2$$

$$A_3 = 2(L_4)(T_b - t_b - c) = 23.4mm^2$$

A_4 = سطح بالشتک به‌علاوهٔ سطح فلز جوش برروی انشعاب به‌علاوهٔ سطح فلز جوش کاری برروی لبهٔ بالشتک

$= T_r$ (بالشتک OD– D_h) $+ 2t_c^2 + 0.5(\overline{T}_r)^2$

$= 7.2mm(203.2mm-114.3mm)+2(4.2mm)^2+0.5(8.2mm)^2$

=708.9mm

$$A_5 = A_2 + A_3 + A_4 = 830mm^2$$

IV. درصد سطحی که باید جایگزین شود $= \frac{A_5}{A_1} \times 100 = 200\%$

مثال b ۸-۲ مقطع- آحاد متریک امریکا:

8.625 in.OD ؛ $\overline{T} = 0.322in. \times 4.500in.OD$ ؛ $\overline{T} = 0.237in.$,

، مقطع بالشتک 90° تقویت می‌شود.

ابعاد بالشتک : $\overline{T}_r = 0.322in$ قطر = 8in(mill tolerance=12.5%)

I . اصطلاحات (مرجع شکل 304.3.3 از نظام‌نامه)

T=400°F ; P=600 Psig ; C=0.10 in. ;

T_r =(0.322 in.-0.01 in.)=0.312 in.

D_h=8.625 in. ; $\overline{T}_h = 0.322in$; جنس : A 53 Gr.B ERW; اصلی [فلز]

E=0.85

D_b=4.500 in. ; $\overline{T}_h = 0.237$; جنس[فلز] انشعاب : A 53 Gr.B ERW;

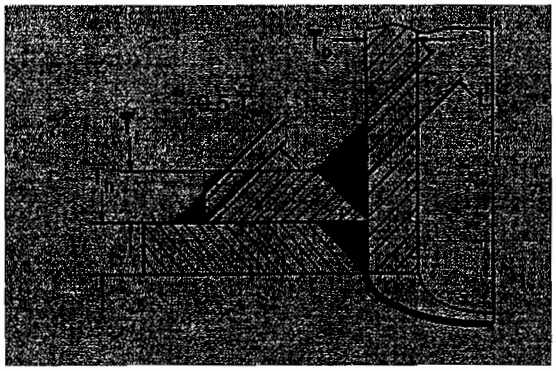
E=0.85

D_b=4.500 in. ; $\overline{T}_h$ = 0.237in.; انشعاب [فلز] جنس : A 53 Gr.B S

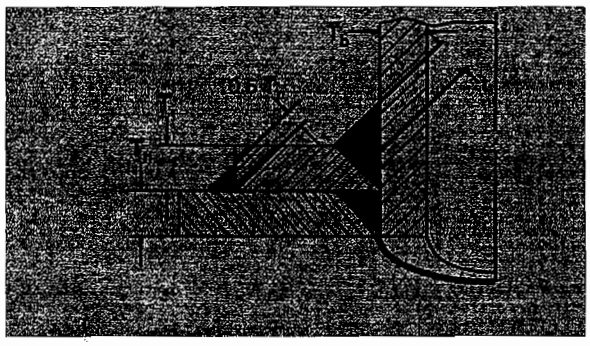
E=1.0

20000 Psi برای فلز انشعاب، 17000Psi : برای فلز اصلی، SE ماده

T_h=0.282 in. T_b=0.207 in. $\overline{T}$ – (12.5 درصد تلرانس باربردای از سطح



شکل ۲۱-۲



شکل ۲۲-۲

$$d_1 = D_b - 2(T_b - C) = 4.5in. - 2(0.207in. - 0.10in.) = 4.286in.$$

$d_2 = (T_b - C) + (T_h - C) + \frac{d_1}{2}$ بزرگتر از d_1 یا بزرگتر =4.286 in.

L_4=2.5(Tb-C)+T_r یا کوچکتر از 2.5(T_h-C) کوچکتر از

=2.5(0.282 in.-0.10in.)=0.455 in.

با استفاده از معادلهٔ (3a)، ضخامت [جداره] لوله‌های اصلی و انشعابی با توجه به فشار طراحی [لوله‌های نام برده شده] برابر است با:

$$t = \frac{PD}{2(SE + PY)}; t_h = 0.150in, t_b = 0.067in.$$

II. سطح مورد نیاز

$$A_1 = (t_h d_1)(2 - \sin\beta) = 0.643\text{in.}^2$$

III . سطح مورد نیاز جهت تقویت کردن

$$A_2 = (2d_2 - d_1)(T_h - t_h - C) = 0.137\text{in.}^2$$

$$A_3 = 2(L_4)(T_b - t_b - C) = 0.036\text{in.}^2$$

سطح **بالشتک**[1] به‌علاوهٔ سطح فلز جوشکاری برروی [لوله] انشعابی به‌علاو< سطح فلز = A_4

جوشکاری برروی لبهٔ **بالشتک**

$$= T_r(\text{بالشتک } OD - D_b) + 2t_c^2 + 0.5(\overline{T}_r)^2$$

$$=0.282\text{in.}(8.0\text{in.}-4.5\text{in.})+2(0.166\text{in.})^2+0.5(0.322\text{in.})^2$$

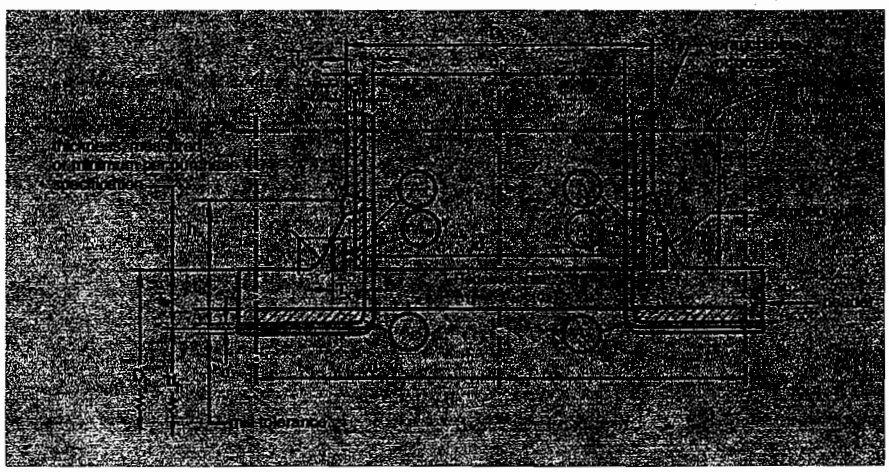
$$=1.094\text{ in.}^2$$

$$A_5=A_2+A_3+A_4=1.267\text{ in.}^2$$

IV. درصد سطحی که باید جایگزین شود $= (\frac{A_5}{A_1}) \times 100 = 197\%$

مثال a ۹-۲ آحاد متریک

درانطباق با ¶304.3.4، برروی یک مجرای خروجی اکستردود شده با جدارهٔ استاندارد DN 300×DN200(NPS12×NPS8)، آزمون مربوط به محاسبات جایگزینی سطح را اعمال و اداره کنید. فرض کنید که هندسهٔ[مجرای خروجی] اکستردود شده مشابه شکل 304.304(c) از نظام‌نامه باشد (شکل۲۳-۲ : اصطلاحات مربوط به مجرای خروجی اکستردود شده). برای[آشنایی با] اصطلاحات به¶304.3.4 (C) مراجعه کنید.



شکل ۲۳-۲

1. Pad

آحاد متریک:

شرایط طراحی:

$T=260°^{C}$; $P=4825\ kpa$; $C=1.5mm$

جنس لوله: ASTM A 106 Gr.B SMLS ; $S_h=130\ Mpa$

$D_h=323.9mm$ $D_b=2.19.1mmq$

$\overline{T}_h = 9.5mm$ $\overline{T}_b = 8.2mm$

$\overline{T}_h = 8.3mm$ $T_b = 7.2mm$ [۲]

$d_h = 310.3mm$ $d_b = 207.7mm$

هنگامی که از مواد کشته[۳] برای ساخت استفاده می‌شود: $T_x=20.6mm, r_x=19.1mm$ خواهد بود. محدوده‌های نظام‌نامه را برای r_x به‌کار می‌بندیم.

کوچکتر از $0.05D_b$ یا کمتر از 38mm : حداقل

برای $D_b < DN200$ ، $r_x = 32mm$ (الف : حداکثر

برای $D_b \geq DN200$ ، $r_x = 0.1D_b + 13mm$ (ب

، (حداقل) $0.05(219.1mm)=11mm$ ، برای این اکستروژن r_x به‌وجود آمده که برابر با 19.1 است در محدودهٔ نظام‌نامه واقع است.

سپس، با استفاده از معادلهٔ (3d)، معادلهٔ مربوطه به ضخامت جدارهٔ قطر داخلی، ضخامت دیواره را برای فشارهای طراحی لوله‌های اصلی و انشعابی محاسبه می‌کنیم.

$$t = \frac{P(d + sc)}{2(SE - P(1 - Y)}$$

که: $Y=0.4$ و $E=1.0$

برای شاخه اصلی [$t_h = 4825Kpa \dfrac{310.3mm + 2(1.5mm)}{2(130000Kpa - 4825Kpa(1 - 0.4)} = 5.9mm$

برای شاخه انشعابی [$t_b = 4825Kpa \dfrac{207.7mm + 2(1.5mm)}{2(130000Kpa - 4825Kpa(1 - 0.4)} = 4.0mm$

(توجه : از معادلهٔ (3a) $t_h = 5.9mm$ و $t_b = 4.0mm$ به دست می‌آید.)

---

1. Header

۲. ضخامت دیواره، کمتر از 12.5 درصد تلرانس بار برداری.

3. die

حال سطح مورد نیاز A_1 را محاسبه کنید.

$A_1 = Kt_h d_x$ ،

$d_x = d_b + 2C = 207.7mm + 2(1.5mm) 210.7mm$

برای یافتن K، به شکل زیر عمل کنید:

1) برای $D_b / D_h > 0.60$ ، $K = 1.00$.

2) برای $0.60 \geq D_b / D_h > 0.15$ ، $K = 0.60 + 2/3(D_b / D_h)$.

3) برای $D_b / D_h < 0.15$ ، $K = 0.70$.

بنابراین برای $D_b / D_h = 219.1mm / 323.9n = 0.67$ ، $K = 1.0$.

$A_1 = 1.0(5.9mm)(210.7mm) = 1243.1mm^2$

میزان فلز اضافی در [شاخه] اصلی با A_2 نشان داده می‌شود.

d_x = نصف پهنای منطقه‌ای که در [شاخه] اصلی تقویت می‌شود= d_2

$A_2 = (2d_2 - d_x)(T_h - t_h - c) = 210.7mm(8.3mm - 5.9mm - 1.5mm) = 189.6mm^2$

میزان فلز اضافی در [شاخه] انشعابی با A_3 نشان داده می‌شود.

$A_3 = 2L_s(T_b - t_b - c); L_s = 0.7\sqrt{D_b T_x}$

$T_x = \overline{T}_x - c = 20.6mm - 1.5mm = 19.1mm$

آنگاه $L_s = 0.7\sqrt{(219.1mm)(19.1mm)} = 45.3mm$

و $A_3 = 2(45.3mm)(7.2mm - 4.0mm - 1.5mm) = 154mm^2$

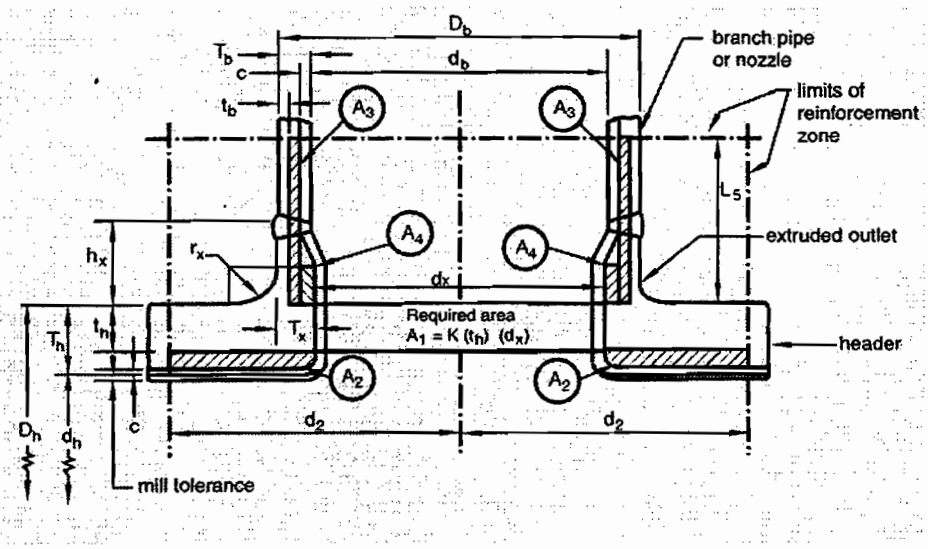
اکسترودود شده است، با r_x سطح اضافی لبه‌ای[1] که با A_4 نشان داده می‌شود.

$A_4 = 2r_x(T_x - T_b - c) = 2(19.1mm - 7.2mm - 1.5mm) = 397.3mm^2$

درصد سطحی که باید جایگزین شود $= \frac{A_2 + A_3 + A_4}{A_1} \times 100 = 59\%$

این اکستروژن به آزمون تعویض سطح پاسخ نمی‌دهد. [بنابراین] سازنده باید در گام بعدی با استفاده از قالب‌هایی[2] با افزایش r_{x_2} تا 25.4mm و $C\overline{T}_{x_2}$ هندسهٔ [مجرای خروجی] را همچون 26.9mm شکل(d)304.3.4 از نظام‌نامه(تصویر ۲۴-۲) درآورد. این تغییر از d_{x_2} به اندازهٔ 2(26.9mm-20.6mm)=12.6mm می‌کاهد. ابعاد همچون ارقامی که در زیر فهرست شده‌اند، تغییر خواهند کرد. با افزودن زیرنویس ثانوی[3]، '2' ابعادی که در آزمون دوم تغییر یافته‌اند نشان داده می‌شوند.

1. Extruded lip within r_x
2. dies
3. Sub-Subscript



شکل ۲-۲٤

$$\overline{T}_{x_2} = 26.9mm - 1.5mm = 25.4mm$$

$$d_{x_2} = d_{x_2} + 2C - 12.6mm = 210.7mm + 3mm - 12.6mm = 201.1mm$$

$$r_{x_2} = 25.4mm, K = 1.0, d_2 = d_{x_2}$$

مجدداً به شکل زیر سطح را محاسبه کنید:

$$A_{1_2} = 1.0(5.9mm)(201.1mm) = 1186.5mm^2$$

$$A_{2_2} = 201.1mm(8.3mm - 5.9mm - 1.5mm)181mm^2$$

$$L_{5_2} = 0.7\sqrt{(219.1mm)(25.4mm)} = 52.2mm$$

$$A_{3_2} = 2(52.2mm)(7.2mm - 4.0mm - 1.5mm) = 178mm^2$$

$$A_{4_2} = 2(25.4mm)(25.4mm - 7.2mm - 1.5mm) = 848mm^2$$

درصد سطحی که باید جایگزین شود $= \dfrac{A_{2_2} + A_{3_2} + A_{4_2}}{A_{1_2}} \times 100 = 102\%$

برای فشار طراحی، این هندسه قابل قبول است.

مثال b ۹-۲ آحاد رایج امریکا

شرایط طراحی: T=500°F ; P=700 Psig ; C=0.06 in.

جنس لوله: ASTM A 106 Gr.B SMLS ;S_h=18900 Psi

شاخهٔ فرعی	لولهٔ اصلی
D_h=12.75in.	D_b=8.625in.
$\overline{T}_h = 0.375$in.	$\overline{T}_b = 0.322$in.
$T_h = 0.328$in.[۲]	$T_b = 0.282$in.
$d_h = 12.214$in.	$d_b = 8.181$in.

با استفاده از قالب $r_x = 0.75$in و $\overline{T}_x = 0.813$in. را به‌وجود آورید.

محدوده‌های نظام‌نامه‌ای را برای R_x به کار بندید:

حداقل: کوچکتر از $0.05D_b$ یا کوچکتر از 1.50in.

حداکثر:الف) برای D_b<NPS 8 ، $r_x=0.1D_b+0.5$in.

ب) برای $D_b \geq$ NPS8، $r_x=0.1D_b+0.5$in.

برای این اکستروژن: (حداقل). $0.05(8.625\text{ in.})=0.431$in.

(حداکثر) $0.1(8.625\text{in.})+0.50\text{in.}=1.363$.

r_x تولید نشده که برابر با 0.75 in. است، در محدوده‌های نظام‌نامه‌ای قرار دارد.

حال، در گام بعدی، با استفاده از معادله (3d)، یعنی معادلهٔ ضخامت دیوارهٔ قطر داخلی، با توجه به فشارهای طراحی برای شاخه‌های اصلی و انشعابی، ضخامت‌های متناظر با هر یک را محاسبه کنید.

$$t = \frac{P(d = 2C)}{2(SE - p(1 - Y)}$$

که : Y= 0.4 و E=1.0 .

$$t_h = 700\text{Psi}\frac{12.214\text{in.} + 2(0.06\text{in.})}{2(18900\text{Psi} - 700\text{Psi}(1 - 0.4)} = 0.234\text{in.}$$

$$t_b = 700\text{Psi}\frac{8.181\text{in.} + 2(0.06\text{in.})}{2(18900\text{Psi} - 700\text{Psi}(1 - 0.4))} = 0.157\text{in.}$$ [برای شاخه] انشعابی

(توجه: از معادلهٔ (3a)، t_h=0.233in. و t_b=0.15in به‌دست می‌آید.)

سطح مورد نیاز، A_1 را محاسبه کنید.

$$A_1 = kt_h d_x$$

$$d_x = d_b + 2C = 8.181\text{in.} + (0.06\text{in.}) = 8.301\text{in.}$$

با روش زیر، K را معین کنید:

۱) برای $D_b / D_h > 0.60$ ، K=1.00

۲) برای $0.60 \geq D_b / D_h > 0.15$ $K = 0.60 + 2/3(D_b / D_h)$,

1. Header

۲. ضخامت دیواره کمتر از 12.5 درصد تلرانس بار برداری

۳) برای $D_b / D_h \le 0.15$ ، $K=0.70$

آنگاه $D_b / D_h = 8.625\text{in.} / 12.75\text{in.} = 0.67, K = 1.0$

$A_1 = 1.0(0.234\text{in.})(8.301\text{in.}) = 1.942\text{in.}^2$

میزان فلز اضافی [شاخه] اصلی با A_2 نشان داده می‌شود.

d_x = نصف پهنای منطقه‌ای که باید تقویت شود=d_2

$d_2 =$

$A_2 = (2d_2 d_x)(T_h - t_h - c) = 8.310\text{in.}(0.328\text{in.} - 0.233\text{in.} - 0.06\text{in.}) = 0.291\text{in.}^2$

میزان فلز اضافی در لولهٔ انشعابی با A_3 نشان داده می‌شود.

$A_3 = 2L_5(T_h - t_h - c); L_5 = 0.7\sqrt{D_b T_x}$

که $T_x = \overline{T}_x - c = 0.813\text{in.} - 0.06\text{in.} = 0.753\text{in.}$

آنگاه $L_5 = 0.7\sqrt{(8.625)(0.753\text{in.})} = 1.784\text{in.}$

و $A_3 = 2(1.784\text{in.})(0.282\text{in.} - 0.157\text{in.} - 0.06\text{in.}) = 0.232\text{in.}^2$

میزان سطح اضافی در لبهٔ اکسترود شده با r_x، با A_4 نشان داده می‌شود.

$A_4 = 2r_x(T_x - T_b - c) = 2(0.75\text{in.})(0.753\text{in.} - 0.282\text{in.} - 0.06\text{in.}) = 0.616\text{in.}^2$

درصد سطحی که باید جایگزین شود. $= \dfrac{A_2 + A_3 + A_4}{A_1} \times 100 = 59\%$

این اکستروژن به آزمون جایگزین سطح پاسخ نمی‌دهد. در گام بعدی، سازنده باید با استفاده از قالب‌های اکستروژن و افزایش $\overline{T}_{x_2}$ از 0.813 به 1.06 اینچ و ارتقا r_{x_2} از 0.75 به 1.00 اینچ، هندسهٔ [مجرای حروفی] را همچون شکل 304.3.4(d) از نظام‌نامه (تصویر ۲۳-۲ : اصطلاحات مجرای اکسترود شده خروجی) در آورد. این تغییر به میزان 2(1.06 in.-0.813 in.)=0.494 in. از d_{x_2} خواهد کاست، ابعادی که تغییر می‌کنند، در زیر فهرست شده‌اند. با افزودن زیرنویس ثانوی'2' ابعاد تغییر یافته در این دومین آزمون، نشان داده می‌شوند.

$T_{x_2} = 1.06\text{in.} - 0.06\text{in.} = 1.00\text{in.}$

$d_{x_2} = d_b + 2c - 0.494\text{in.} = 8.181\text{in.} + 2(0.06\text{in.}) - 0.494\text{in.} = 7.804\text{in.}$

$r_{x_2} = 1.00\text{in.}$

به روش زیر مجدداً سطح را محاسبه کنید:

$A_{1_2} = 1.0\text{in.}(0.234\text{in.})(7.807\text{in.}) = 1.827\text{in.}^2$

$A_{2_2} = 7.807\text{in.}(0.328\text{in.} - 0.234\text{in.} - 0.06\text{in.})0.265\text{in.}^2$

$L_{5_2} = 0.7\sqrt{(8.625\text{in.})(1.00\text{in.})} = 2.056\text{in.}$

$A_{3_2} = 2(2.056\text{in.})(0.282\text{in.} - 0.157\text{in.}0.06\text{in.}) = 0.267\text{in.}^2$

$A_{4_2} = 2(1.00\text{in.})(1.00\text{in.} - 0.282\text{in.}) = 1.316\text{in.}^2$

$\frac{A_{2_r} + A_{3_r} + A_{4_r}}{A_{1_r}} \times 100 = 101\%$ درصد سطحی که باید جایگزین شود.

برای فشار طراحی، این هندسه قابل قبول است.

مجرای اکسترود شدهٔ خروجی از لولهٔ اصلی[1]

قواعد طراحی مقاطع مجاری خروجی اکسترود شده انشعابی[2] یاد شده در ¶304.3.4 از B31.3 ، شبیه به دستورالعمل‌های جایگزینی سطح یاد شده در بخش پیش است. این قواعد به‌وسیلهٔ مثالی در زیر از مقطع مجرای اکسترود شدهٔ خروجی[3]، بیان می‌شوند.

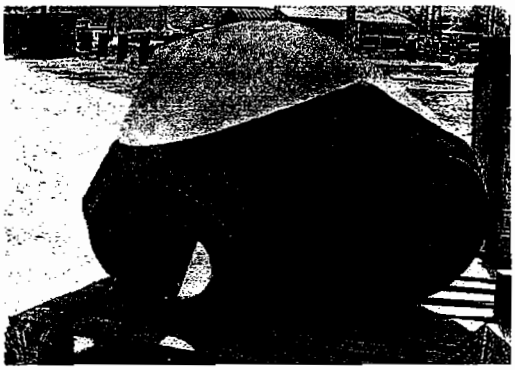
اتصالات از نوع انسدادی [بلوکی] [4]

اتصالات از نوع انسدادی [بلوکی] لوله که به‌طور معمول در سیستم‌های فشار بالا یافت می‌شوند. (به شکل ۲۵-۲ بنگرید) و اتصالاتی که به‌صورت Y شکل ساخته می‌شوند و در ساخت آنها از لوله استفاده می‌شود و براساس دستورالعمل‌هایی که مبنای آنها سطح فشار است، طراحی می‌شوند. برای ساخت این دسته از اتصالات، با به‌کارگیری روش‌های متفاوت با روش‌های ذکر شدهٔ پیشین به اتصالات انشعابی از B31.3 برای ساخت سه‌راهی‌ها، بالشتک‌ها یا [مجاری] اکسترود شده [خروجی] تقویت نشده، استفاده می‌شود. براساس دستورالعمل مبتنی بر سطح فشار[5] ، به‌طور گرافیکی طراحی (ترسیم) شده و سپس محاسبات مربوط به سطح فشار، مانند شکل ۲۶-۲ انجام می‌شود. این دستورالعمل از طراحی سیستم-های لوله‌کشی شرکت ام.و.کلگ[6] (ام.دبلیو.کلگ) اخذ شده و می‌توان آن را در زیر بخش NB از بخش III [استاندارد] ASME که در مورد طراحی شیرهای نوع Y[7] است یافت.

B31.3 هیچگونه رهنمودی جهت طراحی اتصالات Y شکل براساس دستورالعمل‌های جایگزینی سطح، ارائه نمی‌دهد. سه‌راهی و اتصالاتی که دارای انشعابی از پهلو هستند را با استفاده از دستورالعمل‌های B31.3 می‌توان طراحی کرد؛ این دستورالعمل‌ها، طراحی براساس فشار طراحی مقاطع را ارائه می‌دهند، چراکه این روش برای شاخه‌های انشعابی‌ای که زوایای آنها با لولهٔ مسیر در محدودهٔ بین 45° تا 90° قرار دارند، معتبر است. [در هر حال] دستورالعمل‌های کلگ دستورالعمل‌های B31.3 نیستند؛ ولی از آنها به وسعت در صنعت ساخت اتصالات لوله استفاده می‌شود.

---

1. Extruded Outlet Header.
2. Extruded Outlet Branch Intersections
3. Extruded Outlet Intersection
4. Block Pattern Fittings
5. Pressure Area
6. M.W.Kellogg
7. Wye Pattern



شکل ۲۵-۲

مثالی از دستورالعمل طراحی یک [اتصال] y شکل به شرح زیر است (به شکل ۲۶-۲ نگاه کنید):

۱. با استفاده از همهٔ ابعاد شناخته شدهٔ یک اتصال، [مثل] قطر داخلی، زاویهٔ تقاطع [با لوله مسیر]، قطر خارجی لوله، و ضخامت جداره در نقطهٔ جوش هر سه لوله، یک نقشهٔ مقیاس‌دار تهیه کنید.

۲. مقدار t_1 و t_2 را تخمین بزنید. به‌عنوان نقطهٔ شروع برای تخمین t_1 و t_2 می‌توان t_1 را مساوی با دو برابر ضخامت جدارهٔ لولهٔ "D_1" ، و t_2 را مساوی با سه برابر ضخامت جدارهٔ لولهٔ "D_2" فرض کرد.

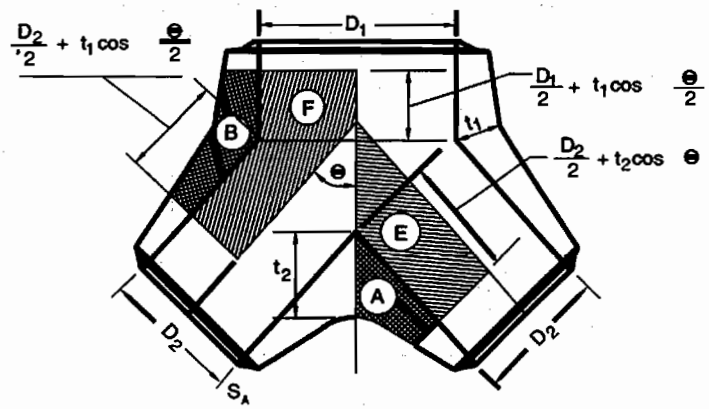
۳. با به‌کارگیری t_1 و t_2 در معادلات، طول مناطق فشاری که باید تقویت شوند را محاسبه کنید.

٤. با استفاده از ابعاد مقیاس‌دار، دیوارهٔ خارجی اتصال را رسم کنید.

٥. با انجام آزمون تنش فشاری و استفاده از معادلات "S_A" و "S_B" ، که [در آنها] P نشانگر فشار طراحی است، سطوح A، B، E و F را از طریق محاسبه معین کنید. S_A و S_b، [برابر است با] S_h؛ تنش مجاز پایه[1] برای مادهٔ اتصال در دمای مشخص را می‌توان از جدول A-1 از نظام‌نامه B31.3 استخراج کرد.

ممکن است برای تعیین ضخامت‌های دیواره‌های اتصال، t_1 و t_2، و مشخص ساختن الزامات فشاری سطح، S_A و S_b ، معین نمودن سطح خارجی اتصال برای تسهیل در امر ماشین کاری (ساخت)، لازم نشود که دو یا سه بار تخمین‌های زده شدهٔ مربوط به موارد ذکر شده در فوق، اصلاح شوند.

1. The Basic Allowable Stress



شکل ۲-۲۶

درپوش[1]

راه‌حل نظام‌نامه برای طراحی درپوش‌ها [¶304.4] مشابه [راه‌حل آن] برای تعیین ضخامت دیوارهٔ لوله است. ضخامت جداره‌ای که برای درپوش انتخاب می‌شود؛ و دربردارندهٔ ملاحظاتی همچون فشار، خوردگی- سایش و تلرانس باربرداری از سطح است؛ برابر خواهد بود با ضخامت ورق در دسترس یا ضخامت [ورقی که] فورج می‌شود. برای درپوش‌ها، ضخامت جداری که مبتنی بر فشار طراحی است، t، از بخش VIII استاندارد ASME، قسمت I نظام‌نامه BPV به‌دست آمده و در جدول ۳-۲ در زیر معرفی شده است. B31.3 برای درپوش‌ها معادلات [خاصی را] تدارک ندیده است، طراح می‌تواند به بخش VIII از استاندارد ASME رجوع کند. این معادلات [که در جدول ۳-۲ معرفی شده‌اند] شبیه معادلاتی هستند که در محاسبهٔ ضخامت دیوارهٔ لوله، قبلاً توضیح داده شده‌اند. گزاره‌های این معادلات قبلاً توصیف نشده‌اند که در جدول زیر تعریف می‌شوند.

از این معادلات در شرایط و یا وضعیت‌های دیگری نیز می‌توان استفاده کرد. پیش از به‌کارگیری معادلات به نظام‌نامهٔ BPV مراجعه کنید.

1. Closure

جدول ۳-۲ ضخامت‌های مبتنی بر فشار طراحی

نوع سرپوش	تقعر فشاری	تحدب فشاری
سر بیضوی 2:1[2]	$\frac{PD}{(2SE-0.2P)}$	بزرگتر از: ۱- تقعر "t" با $p=1.67P_0$ یا ۲-"t" حاصل از UG – 33(d)*
سر کروی زینی‌شکل[4] برای شعاع برآمدگی 6 درصدی[5]	$\frac{0.885PL}{(SE-0.1P)}$	بزرگتر از: ۱- تقعر "t" با $P=1.67P_0$ یا ۲- "t" حاصل از u6-33(e)*
سر نیم‌کره‌ای[6] برای $t<0.36SL$, $P<0.665SE$	$\frac{PL}{(2SE-0.2P)}$	به u6-33(c)* نگاه کنید.
سر مخروطی[7] (بدون برآمدگی واسطه[8])	$\frac{PD}{(2\cos(\alpha)(SE-0.6P)}$	به u6-33(f)* نگاه کنید.
توجه:اصطلاحات L= شعاع داخلی کره یا شعاع تاج، in. α = نصف زاویهٔ رأس در بخش‌های و رئوس مخروطی شکل، درجه.		
* قسمت ۱ از بخش VIII استاندارد ASME		

1. Ellipsoidal 2:1 Head
2. Concave to Pressure
3. Convex To Pressure
4. Torispherical Head
5. Knuckle Radius
6. Hemispherical Head
7. Conical Head
8. Without Transition Knuckle

فلنج‌ها[1]

به‌طور کلی، فلنج‌هایی که در پالایشگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، براساس استانداُرد فهرست شدهٔ ASME B16.5 ساخته می‌شوند. فلنج‌هایی که براساس این استاندارد ساخته شده و در محدوده‌های فشار- دمایی تعریف شده در آن مورد استفاده قرار می‌گیرند، برای کار [در واحدی فرایندی] مناسب بوده و نیازمند به هیچگونه تحلیل اضافی برای طراحی فشار نیستند.

برای هر فلنجی، محدوده‌های فشار- دما را براساس جنس و کلاس فشار[2] فلنج معین می‌کنند. برای طبقه‌بندی کردن [فلنج‌ها براساس فشار] در آحاد متریک، در چاپ 1981 [استاندارد] ANSI 16.5 ، معادلهٔ زیر ارائه گشته است:

$$P_t = PN\frac{S_1}{148}$$

که:

P_t = فشار کاری طبقه‌بندی شده[3] برای [یک] مادهٔ خاص در دمای $T^{\circ c}$ برحسب Bar است. (1bar= 100Kpa=14.5Psi)

PN : عدد مربوط به طبقه‌بندی فشار نامی[4] برحسب bar

(مثلاً برای PN20، PN=20 است).

S_1 : تنش مجاز برای [یک] مادهٔ خاص در دمای $T^{\circ c}$

برای فولادهای آلیاژی با کربن پایین[5] و فولادهای کربنی[6]، در درجه حرارت نسبتاً بالا، در محدودهٔ $260^{\circ c}$، مقدار S_1 برابر با ۶۰ درصد استحکام تسلیم ماده در همان دماست.

تعدادی از محدوده‌های دسته‌بندی شدهٔ فلنج [ها] در جداول a-۴-۲ و b-۴-۲ نشان داده شده است.

---

1. Pressure Class
2. Flanges
3. Rated Working Pressure
4. Norminal Working Pressure Rating
5. Low Alloy
6. Carbon

جدول a-۴-۲ محدوده‌های فشار- دما

طبقه‌بندی فشار	ماده	حداکثر	
		دما	فشار
PN 20	A 105	38°C	20 bar
PN 50	A 105	38°C	51 bar
PN110	A 105	38°C	102 bar
PN 20	A 182 F 316	38°C	19 bar
PN 50	A 182 F 316	38°C	50 bar
PN 110	A 182 F 316	38°C	99 bar

جدول b-۴-۲ محدوده‌های فشار- دما

کلاس فشار[1]	ماده	حداکثر	
		دما	فشار
150	A 105	100 °F	285 Psig
300	A 105	100 °F	740 Psig
600	A 105	100 °F	1480 Psig
150	A 182 F 316	100 °F	275 Psig
300	A 182 F 316	100 °F	720 Psig
600	A 182 F 316	100 °F	1440 Psig

برای آحاد رایج ایالات متحده، معادلهٔ به‌دست آمده از B16.5 برای تعیین طبقه‌بندی فشار- درجه حرارت عبارت است از:

1. Pressure Class

$$P_t = \frac{P_i S_i}{8750}$$

که:

P_i = فشار کاری طبقه‌بندی شده برای مادهٔ مشخص در درجه حرارت معین، برحسب Psig.

P_r = شاخص گروه طبقه‌بندی شدهٔ فشار است که برحسب Psi بیان می‌شود. به استثنای گروه 150، P_r با گروه فشار فلنج برابر است؛ به‌عنوان مثال، برای فلنج‌های گروه 300، P_r=300 است. برای فلنج‌های گروه 150، P_r = 115 است.

S_i ، برای درجه حرارت‌های پایین از محدودهٔ خزش[1] کوچکتر است از:

۱. شصت درصد حداقل استحکام تسلیم مشخص شده در 100°F

۲. شصت درصد استحکام تسلیم [ماده] در دمای معین.

برای درجه حرارت‌هایی که در محدودهٔ خزش قرار دارند، حدود مقدار S_i در ضمیمه D از استاندارد B16.5 فهرست شده است. درهرحال، برای درجه حرارت‌های طراحی کمتر از ۵۰۰ تا ۶۰۰ درجهٔ فارنهایت، فلنج‌های پالایشگاهی نوعاً بر مبنای دو وضعیت فهرست شده در بالا، قرار دارند.

۱. متوسط تنش مجاز مادهٔ فلنج نوعی که درجه حرارت آن در بالاترین طبقه‌بندی از نظر دما قرار گرفته، حدوداً با عدد ثابت ۸۷۵۰ برابر است. برای یک سیستم لوله‌کشی ویژه از این معادله که برای طبقه‌بندی کردن فلنج[2] به‌کار می‌رود، می‌توان برای تعیین طبقه‌بندی‌های فشار/ دمایی استفاده کرد. در زیر کاربرد نمونه‌وار آن ارائه شده است:

مثال ۱۰-۲

برای یک سیستم با شرایط طراحی زیر، فلنجی که استفاده می‌شود، از کدام طبقه باید باشد؟ [طبقه‌بندی مناسب فلنج کدام است؟]

$T = 204^{\circ}C(400^{\circ}F); P = 45bar(650Psig);$

مادهٔ فلنج : ASTM A 182 Gr.Fll CL2

حل:

(از قسمت D، بخش II، از ASME)، استحکام تسلیم SY در دمای موردنظر برابر است با:

$S_y = 232Mp(33700Psi),$

$S_i = 139Mpa(20220Psi)$ بنابراین

نکته: با تقسیم S_h مربوط به مادهٔ فلنج، که از جدول A-1 از B31.3 به‌دست می‌آید، بر 0.66 می‌توان مقدار استحکام تسلیم را در دمای مشخص با تقریبی مقرون به صحت به‌دست آورد. در این مثال،

$S_h = 155Mpa(00Psi),$

---

1. The Creep Range
2. Flang rating equation

$S_y = 155Mpa / 0.66 = 235Mpa$ آنگاه

$S_y = 22500Psi / 0.66 = 33783Psi$ یا

این روش برای تعیین استحکام تسلیم در دمای مشخص، صرفاً برای درجه حرارت‌های پایین‌تر از محدودهٔ خزش معتبر است.

برای به‌دست آوردن P_r معادله را برحسب P_t حل می‌کنیم:

$$P_r = 8750\frac{P_t}{S_1} \qquad PN = 148\frac{P_t}{S_1}$$

$$P_r = 8750\left[\frac{650}{20220}\right] \qquad PN = 148\frac{45}{235}$$

$P_r = 281$ گروه $PN=28$ گروه

بنابراین، فلنجی با عدد طبقه‌بندی[1] PN50 (گروه 300) برای این کاربرد باید انتخاب شود.

گاه‌به‌گاه، فلنج‌ها تحت بارهای خارجی بزرگ ناشی از لوله‌کشی (نیروها و گشتاورها) که توسط انبساط حرارتی و وزن به‌وجود می‌آیند قرار می‌گیرند که ممکن است این امر منجر به ایجاد نشتی‌های مفرطی در آنها شود. در چنین وضعیت‌هایی، نگرانی اصلی این است که: بار خارجی تا کجا می‌تواند افزوده شود؟ فلنج‌هایی که تحت‌اثر فشار داخلی و بارهای خارجی قرار می‌گیرند، چگونه ارزیابی می‌شوند؟ B31.3 طراحان را به پیوست ۲ از قسمت ۱ بخش VIII از نظام‌نامهٔ ASME برای طراحی فلنج‌ها [¶304.5.1] ارجاع می‌دهد. برای تعیین کفایت [مناسب بودن] فلنج‌ها، دستورالعمل ضمیمهٔ ۲ صرفاً فشار داخلی را مدنظر قرار داده است. این دستورالعمل تأثیر بارهای خارجی را مورد لحاظ قرار نمی‌دهد.

[این راهنما] دستورالعمل تحلیل غیر متریک فلنج[2] ها را ارائه می‌دهد که خواننده می‌تواند به متریک تبدیل کند.

فشار معادل[3]

یک روش سنتی برای لحاظ کردن فشار [داخلی] و بارهای خارجی وارده به فلنج‌ها [در فرایند طراحی آنها]، محاسبهٔ فشار معادل از بارهای خارجی و ترکیب این فشار معادل (Pe) با فشار طراحی (P) سیستم لوله‌کشی است. آنگاه با استفاده از $P_i = P_e + P$ تحلیل پیوست ۲ را اجرا کنید.

معادله‌ای که براساس آن فشارمعادل P_e معین می‌شود، در زیر بخش NB از بخش III مربوط به ASME به شکل زیر ارائه شده است.

---

1. Rating number
2. Metric Flange Analysis Procedure
3. Equivalent Pressure

$$P_e = \frac{16M}{\pi G^3}$$

که:

گشتاورهای پیچشی و گشتاورهایی که منجر به واژگونی گشته[1] و هر یک جداگانه برحسبM=in.Lb بیان می‌شوند.

قطر برحسب .in؛ در محلی که واشر در برابر بار واکنش نشان می‌دهد. برای فلنج‌های =G نوع Common raised face G به‌صورت زیر تعریف می‌شود (به جدول C-٤-٢ و شکل ٢٧-٢ نگاه کنید):

آنگاه که $b_0 \le \frac{1}{4}$in. باشد، G برابر است با قطر واشر که در تماس با پیشانی(face) فلنج است، برحسب in.

آنگاه که $b_0 > \frac{1}{4}$in. باشد، G برابر است با قطر خارجی واشر که در تماس با پیشانی (face) فلنج است و برحسب in و کوچکتر از ٢٦ است.

مثال ۱۱-۲

گشتاور خمشی خارجی‌ای برابر با 5000 ft-1b که حاصل از جابه‌جایی حرارتی لوله است به یک فلنج وارد می‌آید. برای فلنجی با .G=12in، فشار معادل چقدر است؟

حل: گشتاور را به in.1b تبدیل کنید.

5000 ft-1b=60000 in.1b

بنابراین $P_e = \frac{16(6000\text{in.1b})}{\pi(12\text{in})^3} = 177\text{Psig}$

گام بعدی، افزودن P_e به فشار طراحی و اجرای تحلیل پیوست ۲، قسمت ۱، بخش VIII از ASME با استفاده از مجموع فشارهاست. این یک رهیافت بسیار محافظه کارانهٔ سنتی است. مثالی از گزارش تحلیل بخش VIII از ASME که از یک برنامهٔ رایانه‌ای استخراج شده به شرح زیر است.

مثال ۱۲-۲ قسمت ۱ از بخش VIII از ASME

مشخصهٔ[2] فلنج : NPS 10 RF WN 150 # Flange

۱: شمارهٔ قطعه در معرض بخار [با فشار] پایین: موقعیت فلنج

500°F : درجه حرارت	170 Psig; : فشار طراحی
71.5 Psig فشار معادل	24000 in.1b : گشتاور خارجی
: تنش مجاز مادهٔ پیچ از A193-B7	: تنش مجازمادهٔ فلنجی از A 105

محیطی	دمای طراحی	محیطی	دمای طراحی
25000Psi	25000Psi	23300Psi	19400Psi

1. Overturning Moments
2. Flange description

مادهٔ درزبند[1]: فولاد ضد زنگ

مشخصه‌های درزبند[2]: m=3 ; y=10000 ; b=0.270 ; θ = 11.956

ابعاد فلنج (همهٔ ابعاد برحسب اینچ)

A= 16	B=10.02	C=14.25	
t=1.125	H=2.329	g_1 = 0.99	g_0 = 0.365

0.188= شعاع سربند[3] 12= تعداد پیچ‌ها 0.875: قطع اسمی پیچ

بارپیچ: در حین کار = 41898 1b — در نشیمن گاه درزبند: 1140021b

گشتاورهای فلنج: در حین کار = 60955 in.1b — در نشیمن گاه درزبند: 130761 in.1b

سطوح پیچ: مورد نیاز= 4.0.84in.² (واقعی) عملی: 5.036in²

مشخصه‌های فلنج: V=0.081 h_0 =1.912 K=1.596 L=0.93

مدول: EC=2.95×10^7 — E_h=2.73×10^7

صلبیت فلنج: در حین کار = 0.132 — در نشیمن گاه درزبند: 0.265

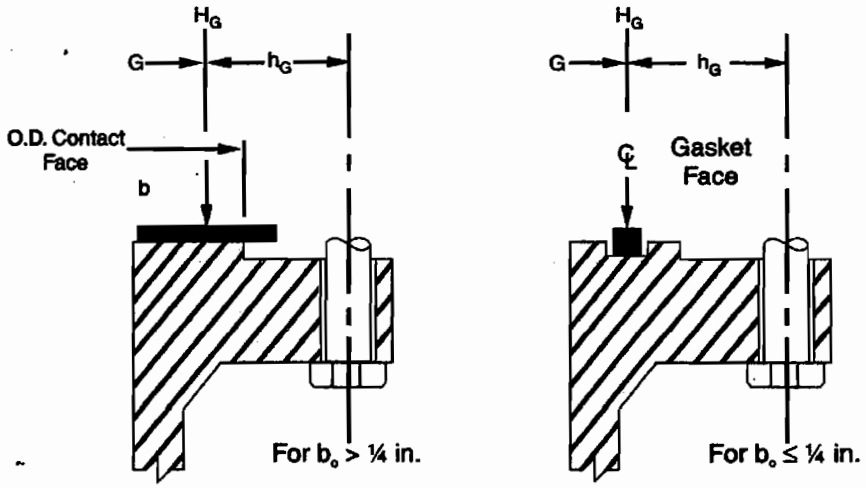
گزارش تنش

	تنش‌های در حین کار		تنش‌های نشیمن‌گاهی درزبند	
	محاسبه شده	مجاز	محاسبه شده	مجاز
S_H	6674	29100	14314.7	34950
S_R	7864.7	19400	16868.4	23300
S_T	27694.7	19400	5941.1	23300
$(S_H + S_R)/2$	7269.9	19400	15591.5	23300
$(S_H + S_T)/2$	4722	19400	10127.9	23300

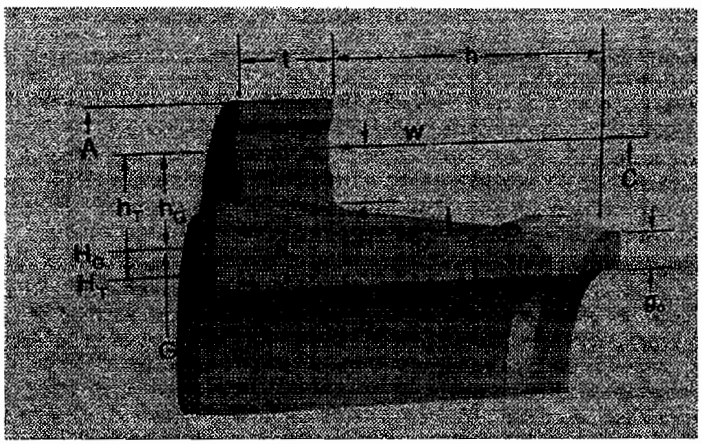
وزن فلنج برابر است با 54.1 1b .

جدول C ۲-٤

1. Gasket Material
2. Gasket Factors
3. Fillet radius



شکل ۲۷-۲



شکل ۲۸-۲

صلبیت فلنج[1]

با درنظر گرفتن چرخش حلقهٔ فلنج، ممکن است فلنج‌هایی که براساس روش بالا و با استفاده از پیوست ۲، قسمت۱، بخش VIII از ASMEW طراحی شده‌اند، صلبیت کافی [و مناسبی را] نداشته باشند.

1. Flange Rigidity

درصورتی‌که بارهای پیچ بر روی نشیمن واشر وارد آیند، چرخش حلقهٔ فلنج[1] صورت گرفته و این امر ممکن است برروی سطح نشیمن گاهی واشر و بازدهی واشر در مهار کردن نشتی، اثر[منفی] بگذارد. قسمت ۱، بخش VIII از ASME، این توان بالقوه برای نشتی فلنج را شناسایی کرده و در پیوست غیر اجباری S-2، دستورالعملی را برای سنجش صلبیت فلنج برای دو گونه از فلنج‌های نوع توپی کامل[2] و نوع حلقه سست[3]، با یا بدون توپی‌ها[4]، ارائه کرده است. حدود چرخش مجاز در وضعیت‌های " کارکرد عادی" یا در جریان نشست واشر برابر است با:

چرخش مجاز حلقه	نوع فلنج
0.3°	توپی کامل
0.2°	حلقهٔ سست

برای تعیین صلبیت فلنج، صلبیت فلنج را که با نمایهٔ " J" نشان داده می‌شود، محاسبه کنید؛ که J باید کوچکتر یا مساوی با 1.0 باشد. عبارات این معادلات درضمیمهٔ S-2 تعریف شده‌اند:

J برای فلنج‌های توپی کامل برابر است با:

$$J = \frac{52.14M_0V}{0.31Eg_0^2h_0}$$

J برای فلنج‌های حلقهٔ سست با توپی‌ها برابر است با:

$$J = \frac{52.14M_0V_1}{0.2LEg_0^2h_0}$$

J برای فلنج‌های حلقهٔ سست بدون توپی‌ها برابر است با :

$$J = \frac{109.4M_0}{0.2Et^3Ln(k)}$$

اینگونه کنترل کردن[5] در هر دو وضعیت کارکرد عادی [فلنج] و وضعیت نشمین‌گاهی واشر قابل انجام است.

مثال ۱۳-۲

با استفاده از مثال پیشین مربوط به پیوست دو، مثالی از کاربرد این معادلات در محاسبات مربوط به صلبیت فلنج‌ها در زیر ارائه می‌شود. مقادیر مربوط به عبارت معادلهٔ J که براساس دستورالعمل پیوست دو به‌دست آمده‌اند، در جدول ۵-۲، در زیر نشان داده شده‌اند. این مثال مربوط به یک فلنج توپی کامل است. این فلنج دارای صلبیتی مناسب و کافی است چرا که محدودهٔ J در زیر مرز " کوچکتر یا مساوی" یک قرار دارد.

---

1. Flange Ring Rotation
2. Integral Hub
3. Loose Ring
4. Without Hubs
5. This Check

M_0	130761 in.1b	60965 in.1b
V	0.081	0.081
L	0.93	0.93
g_0	0.365	0.365
h_0	1.912	1.912
E	29.5×10^6	27.3×10^6
J	0.265	0.132

گشتاور نشتی

روش دیگر تحلیل‌هایی که تحت گشتاورهای خمشی قرار گرفته‌اند، در ضمیمه IV از ASME B31 ، [تحت‌عنوان] " سند طراحی مکانیکی"[1] معرفی شده است. این روش، [که براساس آن] بر تضمین گشتاوری که به‌وجود آورندهٔ نشتی در یک اتصال فلنجی[2] واشردار که فاقد مشخصه‌های خود- واشری[3] کننده است، می‌باشد، توسط ای.سی. رداباوث[4] بسط [و توسعه] داده شد. با درنظر داشتن نیروهای متوازن[5] حاصل از ترکیب تنش‌پیچ، گشتاور خمشی و فشار داخلی‌ای که بر اتصال فلنجی وارد می‌شوند، با دقت مهندسی قابل قبولی می‌توان فشار [منجربه] نشت[6] [فلنج] را تخمین زد. نیروی فشاری[7] وارده به واشر، که ناشی از تنش پیچ[8]است، برابر است با:

$$F_{gb} = S_h A_b$$

و نیروی وارده بر واشر، توسط معادلهٔ زیر کاهش می‌یابد:

$$F_p = -PA_p$$

که :

S_h = Psi ، تنش مجاز پیچ برحسب

P=Psi ، فشار داخلی برحسب

1. Mechanical Design Document
2. Flange Joint
3. Self – Sealing Characteristics
4. E.C.Rodabaugh
5. Equilibrium Forces
6. Leakage Pressure
7. Compressive Force
8. Bolt Stress

$G_0 = \text{in.}$ ، قطر خارجی واشر که در تماس با فلنج است برحسب

$A_b = .\text{in}^2.$ ، سطح فشاری برحسب

$A_p = 0.25\pi G_0^2 = \text{in}^2.$ ، سطح فشاری برحسب

گشتاور در سمتی که واشر تحت گشتاور فشاری قرار دارد نیرویی را اضافه کرده و در سمتی که واشر تحت گشتاور کششی واقع است نیرویی را می‌کاهد. حداکثر کاهشی که در نیروی وارده به واشر صورت می‌گیرد معادل است با $\frac{A_b}{\pi C}$ ، برروی دایرهٔ پیچ C و در فاصلهٔ میانی ضخامت پیچ t'_b و به مقدار زیر است:

$$F_m = -\left[\frac{M_L}{Z'}\right]A_b$$

که: $M_L = \text{in.1b}$ ، گشتاور اعمال شده برحسب

مدول مقطع پیچها برحسب $Z' = 0.25\pi C^2 t'_b = \text{in.}^3$ با استفاده از $A_b = \pi t'_b C$ می‌توان معادلهٔ کاهشی F_m را که در بالا ذکر شده به شکل زیر ساده کرد:

$$F_m = \frac{-4M_L}{C}$$

هنگامی که نیروی وارد به واشر کاهش یافته و به سمت صفر میل می‌کند، نشت کلی[1] رخ خواهد داد؛ در این صورت می‌توان مقیاس منطقی بیشتری صورت داد. اگر نیروی وارده به واشر را معادل صفر قرار دهیم، خواهیم داشت:

$$S_b A_b - PA_p - \frac{4M_L}{C} = 0$$

نهایتاً، معادله را برای به‌دست آوردن گشتاور نشتی[2]، M_L ، حل می‌کنیم:

$$M_L = \left[\frac{C}{4}\right](S_b A_b - PA_p)$$

برای شرایط طراحی ذکر شده در زیر، گشتاور نشتی را با استفاده از این روش به‌دست آورده و در جدول پایین نشان داده‌ایم:

کلاس ۱۵۰، سوراخ استاندارد، Flange =ANSI 16.5

285 Psig= فشار؛ 100°F = درجه حرارت

30000 Psi= تنش نشیمن گاهی واشر برروی پیچها[3] ؛ O = خوردگی

ابعاد واشر از کاتالوگ عمومی Flexitallic.

---

1. Gross Leakage
2. Leakage Moment
3. Gasket Seating Stress on Bolts

تنش خمشی لولهٔ که حاصل گشتاور خمشی است، تشدید ناشده[1] است. SIF=1.0 با تقسیم کردن گشتاور خمشی نشتی M_L، بر مدول مقطع که از استاندارد مربوط به لوله جداره,به‌دست می‌آید، حاصل می‌شود.

با انتخاب یک ضریب اطمینان مناسب (حدود ۲ یا ۳)، با توجه به نتایج و مقادیر ذکر شده در جدول۶-۲، طراحان می‌توانند برای تحلیل فلنج‌ها قواعدی سرانگشتی[2] را به‌وجود آورند؛ این امر استنتاجی است که می‌توان از جدول ۶-۲ کرد. اگر تنش خمشی را برضرایب اطمینان بخش کنید، تنش خمشی‌ای معادل با 6000Psi به‌دست خواهد آمد؛ این امر بدان معناست که برای تنش خمشی کمتر از 6000Psi، برای فلنج‌ها، ممکن است نیازی به انجام تحلیل بیشتر نباشد.

جدول ۶-۲، *گشتاورهای نشتی* M_L

NPS	پیچ			OD واشر	گشتاور نشتی M_L ، in.lb	تنش خمشی لوله، Psi
	دایره	قطر ریشه	تعداد			
2	4.75	0.507	4	3.375	25.728	45.861
3	6.00	0.507	4	4.750	28.749	16.676
4	7.50	0.507	8	5.875	76.324	23.777
6	9.50	0.620	8	8.250	135.835	15.981
8	11.75	0.620	8	10.375	141.996	8.447
10	14.25	0.731	12	12.500	413.440	13.827
12	17.00	0.731	12	14.750	434.929	9.930
14	18.75	0.838	12	16.000	661.784	12.416
16	21.25	0.838	16	18.250	1009.859	14.365
18	22.75	0.963	16	20.750	1439.535	16.066
20	25.00	0.963	20	22.750	2006.245	18.009
24	29.50	1.088	20	27.000	2909.053	17.968

1. Not Intensified

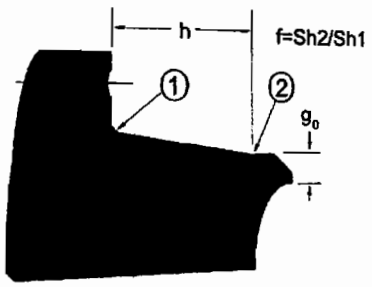
2. A Rule Of Thumb

طوقه یا توپی فلنج[1]

می‌توان از نمودار [ترسیم شده در] شکل ۲۷-۲ برای بهبود طراحی یک فلنج هنگامی‌کهٔ تنش طولی توپی آن، S_h ، بسیار زیاد بوده و ضریب[2] f (به‌کار رفته در معادله S_h) بزرگتر از ۱ باشد، استفاده کرد. طراحی هنگامی بهینه است که [ضریب] f مساوی با 1.0 باشد، آن دسته از اشکالی از فلنج که به‌ازای آنها F>1.0 است، احتمالاً توپی [های‌شان] ، h بسیار کوتاهی خواهند داشت. با افزایش طول توپی، ضریب f به سمت 1.0 میل خواهد کرد.

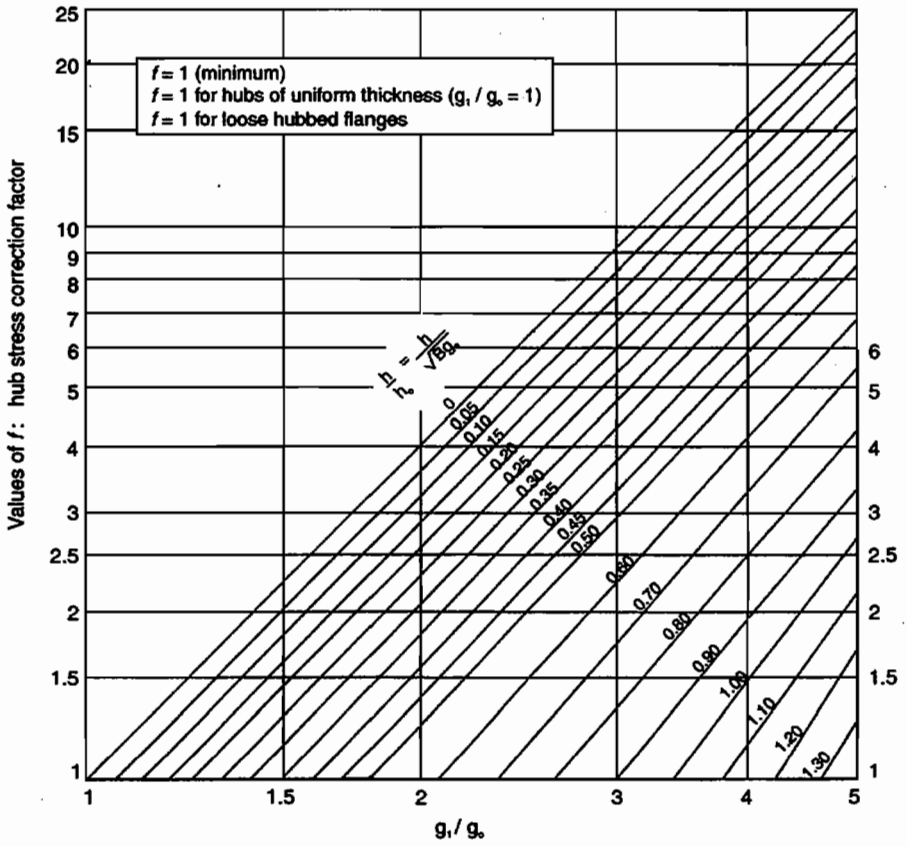
نسبت حداکثر تنش خمشی محوری در محل اتصال توپی و حلقهٔ 1، و توپی و لولهٔ دو برابر است با [ضریب] f . خمش محوری برحسب S_h ، تنش طولی توپی[3] بیان می‌شود.
(شکل ۲۲-۲ و ۲۳-۲)

$$S_h = \frac{fM_0}{Lg_1^2B}$$



شکل ۲۹-۲

1. Flange Hub
2. Factor
3. Longitudinal hub Stress



شکل ۳۰-۲

فلنج‌های کور[کننده[1]]

ضخامت فلنج‌های کور[کننده] برای سیالاتی که براساس B31.3 طراحی می‌شوند، t، در انطباق با [π 304.5.2] UG-34 ، قسمت ۱، بخش VIII از ASME تعیین می‌شود. در آنجا معادلاتی برای گونه‌های مختلف[2] فلنج‌های کور[کننده] معرفی شده‌اند، که برای هر یک از معادلات " ضریب گوشهٔ "[3] مناسب در نظر گرفته شده است.

1. Blind Flanges
2. Several Styles
3. Corner Factor

ضخامت یک فلنج کور [کننده] پیچ شده[1] به‌وسیلهٔ معادلهٔ UG-34 [و به‌شرح زیر] تعیین می‌شود.

$T(m)=t+c$

که:

$$t = d\sqrt{\frac{CP}{SE}+1.9\frac{Wh_G}{SEd^3}}$$

d= (in.) قطر متوسط سطح نشیمن‌گاهی واشر[2]

C= 0.3 برای شرایط گوشه‌ای فلنج پیچ‌شده (به UG-34 برای فلنج‌های پیچ‌شده، نگاه کنید.)

P= Psig فشار برحسب

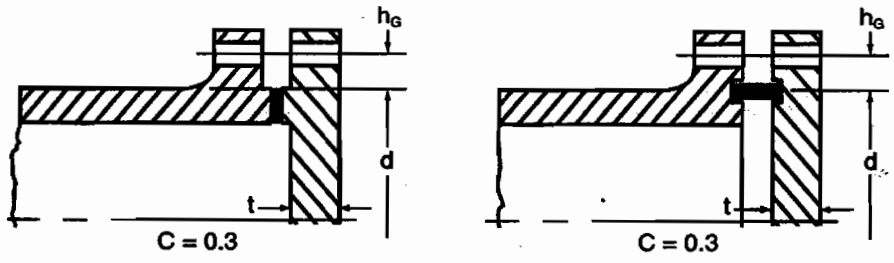
S= Psi تنش مجاز مبنا در دمای [معین] برحسب

E= [ضریب] بازدهی اتصال

W= 1b بارکلی پیچ برحسب

بازوی گشتاور پیچ (d- قطر دایره پیچ) /2 برحسب اینچ

به‌عنوان مثالی از کاربرد این معادلات [به مثال] زیر توجه کنید:



شکل ۳۱-۲

مثال ۱۴-۲

به این پرسش، که آیا فلنج کور[کننده] پیچ‌شده‌ای که دارای ضخامتی برابر با 1.65in. باشد و برروی لوله بدون درزی با NPS 10in. که از جنس ASTM A 105 است، قرار می‌گیرد، مناسب است یا خیر پاسخ دهید. ابعاد فلنج و شرایط طراحی آن عبارت‌اند از:

1. Bolted Blind Flange
2. The Gasket Seating Surface

$T = 100^{\circ}F; d = 11.385in; 3/4in$

$P = 700Psig$ [تعداد پیچها و قطر هر کدام از آنها]

$C = 0.30$

دایره پیچ = 14.25in.

خوردگی مجاز = 0.063 in.

براساس نتایج ثبت شدهٔ حاصل از کار کارگاهی، اگر پیچها، با استفاده از Moly-cote شده با گشتاوری معادل با 100 ft-1b محکم شوند. ضریب روغن کاری K=0.129 خواهد بود.

آیا ضخامت فلنج کور [کننده] مناسب است؟

حل:

(برای مادهٔ ASTM A 105 ، مقدار S_h از ضمیمه A بهدست آمده است)

S=23300 Psi

برای فلنج بدون درز E=1.0

$$h_G = \frac{14.25 - 11.385}{2} = 1.4325in.$$

از معادلهٔ گشتاور پیچ[1] میتوان W را، [که] بار کلی پیچ است محاسبه کرد:

$$t = KDF_p$$

که:

D= قطر اسمی پیچ برحسب اینچ

K= ضریب روغن کاری

F_P= کشش پیچ بهازای هر پیچ برحسب 1bs ، یا

100F+.1b=1200in-1b=0.129(0.75)(F_P)=12403 1b برای هر پیچ

W=8(12403 1b/bolt)=99224 1b آنگاه

حال حاصل عبارات معادلهٔ t را بهدست آورید.

$$\frac{CP}{SE} = \frac{0.3(700)}{23300(1)} = 0.00901$$

$$\frac{1.9WhG}{SEd^3} = \frac{1.9(99224)(1.4325)}{23300(1)(11.385)^3} = 0.00785$$

[اکنون] این عبارات را در معادله قرار داده و T را بهدست آورید.

$$t = 11.385\sqrt{0.00901 + 0.00785} = 1.478in.$$

$t_m = 1.478 + 0.063 = 1.541in.$ [و] نهایتاً:

ضخامت اندازهگیری شدهٔ 1.625 in. از ضخامت مورد نیاز بهدست آمده از بخش VIII، که برابر با 1.541 in. میباشد، بزرگتر است. بنابراین [این] فلنج کور [کننده] برای [چنین] کاری مناسب است.

1. The bolt torque equation

منفک‌کننده‌ها[1]

منفک‌کننده‌ها در سیستم‌های لوله‌کش برای انفکاک [یا جداسازی] گاه‌به‌گاه جریانی که وارد یک بخش از لوله‌کشی شده و یا از آن خارج می‌شود، به‌کار می‌روند. از آنجا که [یک منفک‌کننده] در معرض نیروی کلی فشاری طولی قرار دارد؛ همانند یک فلنج کور [کننده] عمل می‌کند؛ [لذا] می‌بایست ضخامت آن به‌گونه‌ای معین شود که بتواند این نیروی فشاری را تحمل کند. [نظام‌نامه] B31.3 برای تعیین ضخامت [یک منفک‌کننده] جهت مقاومت در برابر فشار طراحی، t_m، [¶304.5.3] معادله‌ای را به شکل زیر ارائه کرده است:

$$t_m = t + c$$

$$t = d_g\sqrt{\frac{3P}{16SE}}$$

که:

d_g قطر داخلی واشر برای فلنج‌های پیشانی برجسته[2]، یا قطر توپی واشر[3] برای فلنج‌های اتصال حلقوی[4] و فلنج‌های تماماً واشری شده[5](in.)

E= ضریب کیفیت به‌دست آمده از جداول A-1A و یا A-1B

P= مقدار فشار طراحی(Psig)

S= مقدار تنش برای ماده [منفک‌کننده] به‌دست آمده از جدول A-1(Psi)

C= تلرانس مجازخوردگی/سایش به‌علاوه تلرانس مجاز ماشین کاری(in.)

مثال ۱۵-۲ ضخامت منفک کننده

برای یک منفک کنندهٔ ساخته شده از ASTM A 285 Gr.B در لوله‌ای به قطر 10.75 in. و ID=10.02 in. ضخامت موردنیاز را معین کنید.

P=600 Psig ؛ T=400°F ؛ S=15400Psi (از جدول A-1)

توجه داشته باشید که هر دو وجه منفک کننده در معرض خوردگی محیطی قرار دارند. C=0.063in.

0.010 in. = تلرانس برداشته شدن بار از سطح در مسیر خط بعدی به جدول A-1B نگاه کنید. E=1.0

گرچه ASTM A 285 Gr.B در این جدول فهرست نشده است، ولی چنین به‌نظر می‌رسد که همهٔ مواد بدون درز دارای ضریب E معادل با 1.0 هستند.)

$$d_g = 10.52in.$$

---

1. Blanks
2. Raised Face Flanges
3. Gasket Pitch Diameter
4. Ring Joint Flanges
5. Fully Retained gasketed Flanges

فرض کنید که قطر داخلی درزبند برابر است با ID لوله به اضافهٔ .0.5in

آنگاه $t = 10.52\sqrt{\frac{3(600)}{16(15400)}} = 0.899\text{in.}$

C=2(0.063)+0.010=0.136 in.

T_m=0.899+0.136=1.035 in.

برای این منفک کننده صفحه‌ای به ضخامت .1.035 in مورد نیاز است.

اتصالات انبساطی[1]

از اتصالات انبساطی به‌دلایل زیر در لوله‌کشی استفاده می‌شود:

۱. برای کاهش تنش‌های انبساطی[2]،

۲. برای کاستن از واکنش‌های لوله‌کشی[3] در محل اتصال آنها به تجهیزات؛

۳. برای کاهش افت فشار در یک سیستم، به هنگامی که قابلیت انعطاف موجود [سیستم] ناکافی باشد؛ و

٤. جهت جداسازی [یا گرفتن] ارتعاشات مکانیکی[4].

توجه کنید که یک اتصال انبساطی نقشی فراتر از یک حلقه انبساطی مرسوم[5] یا خمیدگی [و انحراف] آرایش لوله‌کشی[6] را ایفا می‌کند.

دو گونه از اتصالات انبساطی به وفور، به ترتیب در طرح‌های[تولیدمواد] شیمیایی و پالایشگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ [اتصالات] آکاردونی[7] و اتصال – لغزشی[8] [¶304.7.4] این اتصالات را، چه به تنهایی و چه در ترکیب با یکدیگر، به‌کار می‌گیرند (مثل مفصل لولایی سرتاسری، یا اتصال آکاردئونی Gimbal) می‌توانند به‌خوبی جابه‌جایی ناشی از انبساط یا انقباض حرارتی را جذب کنند. از جدول ۷-۲ می‌توان به‌عنوان راهنمایی جهت انتخاب اتصال انبساطی مناسب برای مجموعه‌ای از جابه‌جایی‌های حرارتی معین استفاده کرد. جداول ۸-۲ و ۹-۲ ، که در صفحات بعدی آورده شده‌اند، اطلاعات بیشتری را در خصوص اتصالات انبساطی آکاردئونی در اختیار قرار می‌دهند.

---

1. Expansion Joints
2. Expansion Stresses
3. Piping Reactions
4. Mechanical Vibation
5. Conventional Expansion Loop
6. Off-Set Piping Arrangement
7. Bellows
8. Slip-joint

جدول۷-۲ راهنمای انتخاب اتصال انبساطی

[نوع] جابه‌جایی	آکاردئونی	اتصال- لغزشی
محوری	بله	بله
جانبی(lateral)	بله	خیر
چرخش زاویه‌ای	بله	خیر
پیچشی	خیر	بله

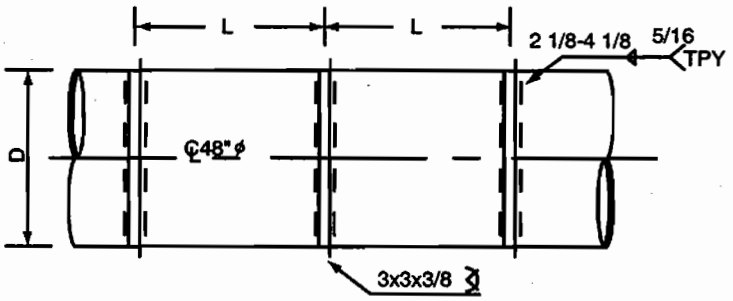


Figure 2.8 Stiffener rings on pipe.

شکل ۸-۲

محور -A: محور اتصال انبساطی طولی یا " محوری" .

محور –L : این محور را محور " جانبی" می‌نامند، که بر محور -A عمود بوده و در صفحهٔ نگهدارندهٔ فلز، در صورت وجود، واقع است. اگر تقارن کامل در قطعه فلزی وجود داشته باشد؛ و یا قطعهٔ فلزی[1] موجود نباشد؛ می‌توان این محور را به دلخواه انتخاب کرد.

محور -S: این محور، محور "برشی" [قطعات] مونتاژ شده است. این محور بر دو محور دیگر عمود است. به‌جز اتصالات لولایی[2] و اتصالات دو میله‌ای مقید[3]،دار غالب اتصالات انبساطی، محورهای S و L قابل تعویض [و جایگزینی] با یکدیگرند.

1. Hardware
2. Hinged Joints
3. Two tie Rods Joints

جدول۹-۲ اتصال انبساطی از نوع آکاردئونی

نوع اتصال انبساطی	p_T در اتصال فیکس (Achor)	انحرافات						ضرایب سفتی						عمل فاکتور	درجه حرارت پوسته
ساده	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	1	داغ
دوقیدی	Y	L	Y	L	Y	L	Y	L	Y	L	Y	L	Y	2	داغ
دوقیدی ساده	N	N	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	Y	Y	N	Y	2-5	سرد
چفتی لولایی ساده	Y	L	N	N	N	L	Y	L	N	N	N	L	Y	4	داغ
سه یا چند قیدی ساده	N	N	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	Y	N	N	3-7	سرد
لولایی ساده	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	N	N	N	Y	6	سرد
ترازدار ساده	N	N	N	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Y	8	سرد
دوقیدی فراگیر	N	N	Y	Y	Y	N	Y	N	Y	Y	Y	N	Y	2-5	سرد
چفتی لولایی فراگیر	Y	L	Y	L	N	L	Y	L	N	L	Y	L	Y	6	داغ
سه یا چند قیدی فراگیر	N	N	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	Y	N	N	3-7	سرد
لولایی فراگیر	N	N	Y	N	N	N	Y	N	Y	N	N	N	Y	12	سرد
ترازدار فراگیر	N	N	Y	Y	N	Y	Y	N	Y	Y	N	Y	Y	16	سرد

سه راهی یا زانویی متعادل ساز فشار	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	15-20	سرد
لولایی و دو ترازدار	N	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	برای اطلاع از آحاد هر یک از علایم به بالا نگاه کنید.			Y	15-20	سرد

D_a – انحراف محوری اتصال انبساطی

D_i – انتقال جانبی اتصال انبساطی

D_s – انتقال برشی اتصال انبساطی

O_a – چرخش اتصال انبساطی حول محور طولی

O_i – چرخش اتصال انبساطی حول محور – L

O_s – چرخش [اتصال انبساطی] حول محور – S

مقدار "L" در هر ستون بیانگر محدودهٔ حداکثر است.

طراحی تکیه‌گاه جهت لوله‌کشی‌ای که دارای اتصال انبساطی هستند، لازم است به تکیه‌گاه‌های فیکس[1] و هادی‌هایی[2] که برای مهار کردن نیروهای فشاری و جابه‌جایی‌های حرارتی به‌کار می‌روند، توجه ویژه‌ای شود. تکیه‌گاه‌های ثابت اصلی‌ای که با اتصالات انبساطی بدون قید به‌کار می‌روند از اهمیت خاصی برخوردار بوده و سه نوع بار [زیر] را به‌طور همزمان مهار می‌کنند:

الف) نیروی اصطکاک لغزشی لوله[3]، F_F

ب) نیروی فنری[4] [ارتجاعی] اتصال انبساطی، S_f

پ) نیروی فشاری[5] رانشی اتصال انبساطی، P_f

نیروی اصطکاک لغزشی، F_F، برابر است با وزن لولهٔ لغزنده ضربدر ضریب عامل اصطکاک.

نیروی فنری، S_f، برابر است با نرخ فنریت[6] اتصال انبساطی ضربدر [میزان] جابه‌جایی اتصال.

این دو نیرو، به‌راحتی محاسبه می‌شوند. غالباً نیروی فشاری P_f ، درست فهمیده نشده و به جای خود به کار گرفته نمی‌شود، بنابراین، برای توصیف دقیق چگونگی تعیین این نیرو، توضیحات بیشتری ارائه خواهد شد.

1. Anchors
2. Guides
3. Sliding Friction Force
4. Spling Force
5. Pressure Thrust Force
6. Universal Gimbal

جهت فهم [بهتر] این نیروی فشاری، طولی از لوله‌ای که دو طرف آن به‌وسیلهٔ درپوش‌هایی مسدود شده و تحت فشار داخلی قرار گرفته باشد را در نظر آورید. (شکل۳۲a-۲) . نیروی فشاری وارده بر هر درپوش لوله برابر است با:

$$P_f = \frac{\pi PD^2}{4}$$

که:

قطر داخلی لوله =D ، و

فشار طراحی =P

نیروی فشاری طولی برروی جدارهٔ لوله فشاری را وارد ساخته است؛[در این حالت] لوله از نظر سازه‌ای پایدار است. حال همان لوله را در نظر آورید که از مرکزش نواری [از لوله] برداشته شده و به‌جای آن یک جزء قابل انعطاف، مانند یک آکاردئونی که مقاومتی در برابر نیروی فشاری طولی ندارد، گذارده شده است (شکل۳۲b-۲). چنانچه فشار به این لولهٔ آکاردئونی شده افزوده شود [وارد آید]، آکاردئون تحت اثر نیروی کششی طولی قرار گرفته و همچون یک لولهٔ مستقیم درخواهد آمد (شکل۳۲c-۲). از آنجا که ضخامت آکاردئون به‌طور معمول از یک چهارم ضخامت لوله نیز کمتر است، در برابر حرکت محوری(axial) مقاومت نکرده و لذا گسیخته می‌شود. بنابراین، آشکار است که برای حفظ پیکربندی آکاردئونی، باید اتصالات فیکس خارجی[1] جهت تحمل نیروی فشاری [وارد بر لوله] به آن افزوده شود (شکل۳۲d-۲). اینگونه سیستم‌ها، که در آنها برای جلوگیری از تغییر طول آکاردئونی یک نیروی فشاری خارجی افزوده می‌شود، به سیستم تراکمی[2] نامیده می‌شوند. (به اشکال۳۳-۲ و ۳٤-۲ نگاه کنید.)

برای تعیین نیروی فشاری، ابتدا نیرویی را که توسط سطح سیال، که براساس قطر داخلی آکاردئونی ایجاد شده محاسبه کرده و به نیروی پدید آمده بر سطح رانشی دیوارهٔ جانبی (که در زیر جزئیات آن ذکر می‌شود)، افزوده می‌شود.

سطح سیال که براساس قطر داخلی آکاردئونی محاسبه می‌شود برابر است با :

$$\text{مساحت برحسب قطر داخلی آکاردئونی} = \frac{\pi(ID)^2}{4}$$

سطح رانشی (تراست) دیوارهٔ جانبی[3] ، چنانچه فشار داخلی برروی جدار جانبی آکاردئونی عمل کند، می‌تواند ظاهر شود. پیچیدگی[4] به سمت یک راستایی، در جهت طولی میل می‌کند. حال، از اعمال این نیرو با تعبیه اتصال فیکس اصلی به‌خوبی می‌توان جلوگیری کرد.

سطح مؤثر دیوارهٔ جانبی، SW_e[5] ، برابر است با :

---

1. External main anchors
2. Compression System
3. The Side Wall Thrust Area
٤. منظور از نیرو Convolution اعمال نیرو در جهات گوناگون است.
5. The Side Wall Effective Area

$$SW_a = \frac{\pi\left[\left[d + \frac{2h}{2}\right] - d^2\right]^2}{4}$$

در هرحال، قطر متوسط آکاردئونی[1] برابر است با:

$$D_m = d + h$$

لذا سطح مؤثر دیوارهٔ جانبی برابر خواهد بود با : $\frac{\pi(D_m^2 - d^2)}{4}$

آنگاه، A_e، سطح کلی مؤثر رانش فشاری تراست[2] برابر است با:

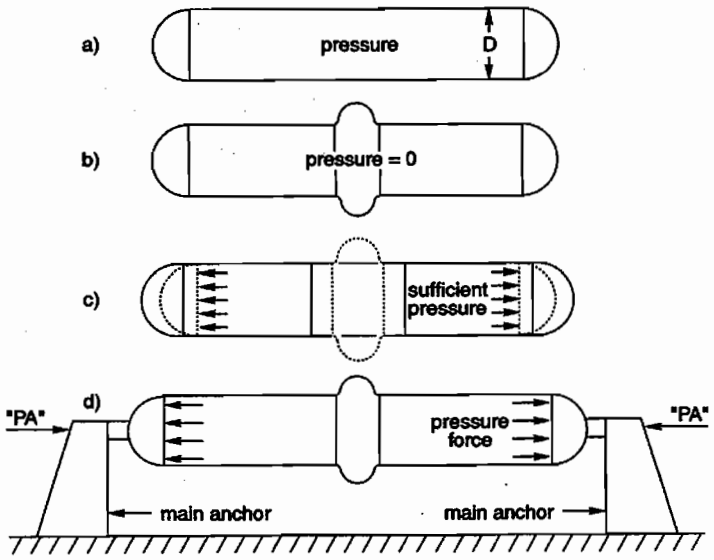
سطح دیوراهٔ جانبی + سطح I.D $= A_e$

$$A_e = \frac{\pi(d^2 + D_m^2 - d^2)}{4}$$

$$A_e = \frac{\pi D_m^2}{4}$$

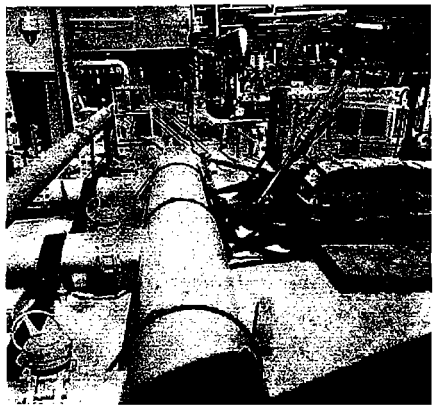
نهایتاً، D_f، نیروی فشاری کل[3] برابر است با:

$$P_f = PA_e$$

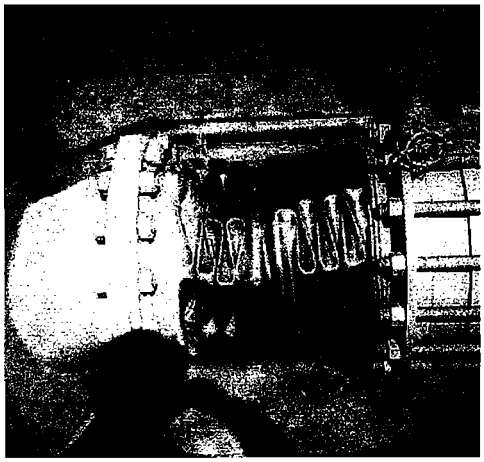


شکل ۳۲-۲

1. The Mean Diameter Of The Bellows
2. The Total Effective Pressure Thrust Area
3. The Total Pressure Force



شکل ۳۳-۲



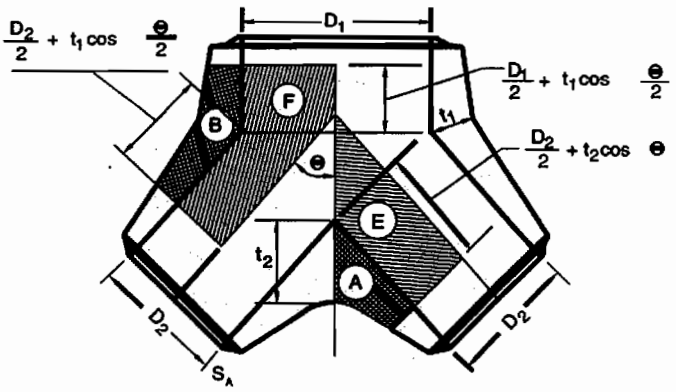
شکل ۳٤-۲

برای حل مسئله نمونهٔ زیر، از دستورالعمل بالا جهت [تعیین] نیروی لنگر اصلی استفاده کنید.

مثال ۱۶-۲

یک سیستم لوله‌کشی از فولاد کربن دار[1] با NPS 10 و فرانمای ٤۰ دارای یک اتصال انبساطی آکاردئونی غیرمفید[2] برای جذب انبساط محوری است. اتصال در وسط دو لنگر اصلی که به فاصلهٔ ۱۵۰ پا از یکدیگر قرار دارند، واقع است (شکل ۳٦-۲). سیستم لوله کشی تکیه گاه گذاری و guide گذاری شده است. نیروی A_f، وارده بر لنگر چقدر است؟

1. Carbon Steel Piping Sys.
2. Unrestrained bellows Expansion joint.



شکل ۳٦-۲

شرایط طراحی:

T=500°F ؛ دمای نصب= 70°F ؛ نرخ ضریب آکاردئونی =1000 lb/in.

P=200 Psig ؛ گاز = محتویات لوله

وزن لوله و عایق آن =49.43 lb/ft

ID = d لوله = ID آکاردئونی

قطر خارجی پیچیدگی آکاردئونی[1] = 14 in.

ضریب اصطکاک در تکیه‌گاه‌ها = 0.3

حل:

نیروی لنگری A_f برابر است با حاصل جمع نیروی اصطکاک + نیروی فنری آکاردئونی + نیروی فشاری.

الف) نیروی اصطکاکی، F_f

نیروی اصطکاکی کل یک سیستم بدون عیب برابر است با:

$F_f=150\times49.43\times0.3=2224.5$ lbf

ب) نیروی فنری آکاردونی، S_f

نیروی فنری برابر است با جابه‌جایی کل در طول ۱۵۰ پا ضربدر نرخ فنریت آکاردئونی. از ضرب کردن نرخ انبساط در طولی از لوله که منبسط می‌شود، جابه‌جایی کل به‌دست می‌آید. با استفاده از جدول C-1 از B31.3 نرخ انبساط برابر است با:

1. Bellows Convolution OD

e= 3.62 in/100 ft.

آنگاه انبساط کل برابر است با: $\frac{150 \times 3.62}{100} = 5.43in.$

مثال:

$S_f = 5.43 \times 10000 = 543001bf$

پ) نیروی فشاری آکاردئون، P_f

$A_e = \frac{\pi[10.02 + 0.5(14 - 10.02)^2]}{4} = 153.938in.^2$ ، سطح مؤثر فشاری آکاردئون

آنگاه $P_f = 153.938 \times 200 = 307871bf$

برای هر لنگر نصف نیروی اصطکاکی کل، F_f، نیروی کل فنری آکاردئون، S_f ، و نیروی کل فشاری آکاردئون، P_f، درنظر گرفته می‌شود. بنابراین نیروی وارد به هر لنگر، A_f، برابر خواهد بود با:

$A_f = 0.5F_f + S_f + P_f$

$A_f = 0.5(2224.5) + 54300 + 30787$

$A_f = 860501bf$

فاصلهٔ بین تکیه‌گاه‌های مهار کننده [1]

فاصلهٔ بین تکیه‌گاه‌های مهار کننده جهت کارکرد رضایت‌بخش اتصالات انبساطی ضروری است. براساس قطر لوله، جامعهٔ سازندگان اتصال انبساطی، شرکت سهامی[2] (EJMA)، فاصله گذاری بین یک تکیه‌گاه مهار کننده از اتصال انبساطی را به شرح زیر پیشنهاد می‌کند:

- نخستین guide در فاصله‌ای معادل با 4D از اتصال [انبساطی] ،
- دومین guide در فاصله‌ای معادل با 14D از نخستین guide،
- تمامی دیگر guide در فاصله‌ای که از L_{max} بزرگتر نباشد.

L_{max}(feet) از معادلهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$L_{max} = 0.131\sqrt{\frac{EI}{(PA_e \pm fe_x)}}$$

که:

E = مدول‌الاستیسیتهٔ مادهٔ لوله ،Psi

I = ممان اینرسی لوله ،$in.^4$

P = فشار طراحی ،Psig

f = نرخ فنریت اولیهٔ آکاردئونی به‌ازای یک حلقهٔ آن ، 1b/in./conv

e_x = کورس محوری آکاردئونی به‌ازای یک حلقهٔ آن ، in./conv.

1. guide Spacing

2. The Expansion Joint Manufacturers Association ،Inc. (EJMA)

A_e = سطح مؤثر رانش (تراست) فشاری

توجه: هنگامی که آکاردئونی، در حین کار فشرده می‌شود از $F_{ex}(+)$ و هنگامی که کشیده می‌شود، از $F_{ex}(-)$ استفاده کنید.

مثال ۱۷-۲

برای مسئلهٔ مثال بالا، فواصل بین guide ها تا اتصال انبساطی را تعیین کنید.

فرض کنید که آکاردئون (۵) پنج حلقه داشته باشد؛ و نرخ فنریت هر حلقه برابر با S_f=2000 lb/in. باشد؛

$E = 27.9\times10^6$ ؛ $I = 161 \text{in.}^4$

$(P = 200\text{Psig}; A_e = 153.938\text{in.}^2; f = 2000$

کورس محوری به‌ازای یک حلقه $e_x = 5.43/5 = 1.086\text{in.}$

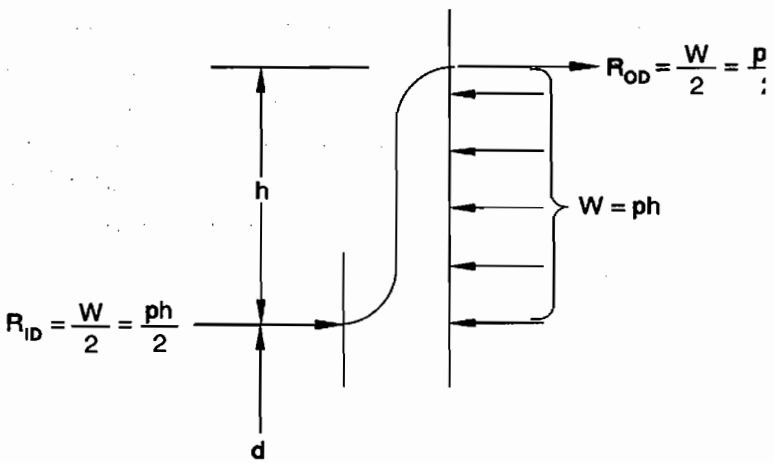
آنگاه : $I_{max} = 0.131\sqrt{\dfrac{27.9\times10^6\times161}{(200\times153.938)+(2000\times1.086)}} = 48.4\text{ft}$

فاصله بین guide ها و اتصال برابر خواهد بود با:

نخستین guide در فاصلهٔ 4(10/12)=3.33ft از اتصال،

دومین guide در فاصلهٔ 14(10/12)=11.66 ft از اتصال،

همهٔ guide های باقیمانده در فاصله‌ای معادل با حداکثر 48.4ft [از اتصال]



شکل ۳۵-۲

فصل سوم

تحلیل انعطاف‌پذیری سیستم‌های لوله‌کشی[1]

[میزان] ایمنی یک سیستم لوله‌کشی تحت اثر تغییر دما، که منجر به بروز جابه‌جایی حرارتی [در آن] می‌شود، با تحلیل انعطاف‌پذیری جهت تضمین عدم وقوع موارد زیر، معین می‌شود،[319.1.1¶] :

۱. فراکشیدگی[2] اجزای لوله‌کشی؛
۲. فراکشیدگی سازه‌های تکیه‌گاهی[3]؛
۳. نشتی اتصالات ؛ و
٤. فراکشیدگی تجهیزاتی که [به سیستم لوله‌کشی] متصل‌اند، بدون از بین رفتن مواد.

تحلیل‌های مورد نیاز[4]

براساس نظام‌نامهٔ B31.3، یکی از الزامات اجرای لوله‌کشی در طرح [های] شیمیایی و تولید مواد نفتی، انجام تحلیل لازم برای سیستم موردنظر است. نظام‌نامهٔ مسئولیت انجام این تحلیل را بر دوش طراح گذارده است [300(2)¶] و برای تضمین آنکه همهٔ طراحی‌های مهندسی در انطباق با الزامات نظام‌نامه صورت پذیرفته است، حفظ مسئولیت طراح را به کارفرما[5] واگذارده است.

نظام‌نامه در مورد سیستم‌های لوله‌کشی‌ای که نیازمند به یک تحلیل هستند، بدین‌گونه تصریح کرده است؛ که، همهٔ سیستم‌های [لوله‌کشی] به‌جز موارد زیر نیازمند به انجام یک تحلیل هستند:

۱. آن[سیستم‌هایی] که از روی سیستم‌هایی که قبلاً نصب شده و به‌طور رضایت بخشی کار می‌کنند، [طراحی] نسخه برداری می‌شوند؛

---

1. Flexibility analysis Piping Systems
2. Overstrain
3. Supporting Structures
4. Required Analysis
5. Owner

۲. آن [سیستم‌هایی] که از طریق قیاس با سیستم‌های مورد تحلیل قرار گرفتهٔ پیشین که کارشناسی شده و کفایت [طراحی] آن‌ها مورد تأیید قرار گرفته است.

۳. سیستم‌هایی که از نظر اندازه همسان بوده و بیش از دو نقطه اتصال فیکس نداشته و نگهدارندهٔ موجود نداشته باشند؛ و [نیز] در محدوده‌ای که توسط معادله زیر تعیین می‌شود، قرار گرفته باشند:

$$\frac{Dy}{(L-u)^2} \le k_1$$

که:

قطر خارجی لوله D = in.[mm]

برایند کل جابه‌جایی ناشی از کشش[1] in.[mm] که توسط سیستم لوله کشی جذب می‌شود. Y=

آن طولی از لوله‌کشی که بین نقاط فیکس کشیده شده است. L= Ft[m]

فاصلهٔ مابین نقاط فیکس، خط راست واصل نقاط فیکس U= Ft[m]

S_a/E_a 30 برای آحاد رایج امریکایی فهرست شده در بالا، $208000\,S_a/E_a$ برای آحاد SI، $K_1 = (in/ft)^2$ ، $[(mm/m)^2]$

مدول‌الاستیسیتهٔ مرجع[2] در $70^\circ F\,(21^\circ C)$ ، $E_a = Ksi[Mpa]$

مثال ۱-۳

اگر برای اجرای [سیستم] زیر، نیاز به تحلیل انعطاف‌پذیری باشد، با استفاده از معادلهٔ بالا، [تحلیل لازم را] سامان دهید. شکل ۱-۳ در پایین، لوله‌ای از جنس فولاد کربن‌دار[3] را با DN200(NPS8) و با Sch 40، که مسیر آن بین دو لنگر قرار دارد، نشان می‌دهد. درجه حرارت طراحی 93°C(200°F) و دمای نصب 21°(70°F) است.

از جدول C-1 برای دمای 93°C(200°F) مقدار e برابر خواهد بود با:

e=0.8mm/m(0.99 in./100ft)

در آحاد متریک: D=219.1 mmm

در آحاد رایج ایالات متحده: D=8.625 in.

1. Resultant Total Displacement Strains
2. Reference Modulus Of Elasticity
3. Carbon Steel Pipe

$$y = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta Z^2}$$

$$\Delta Y = 12f + (0.99in/100ft) = 0.119in.$$

$$\Delta Z = 25ft(0.99in./100ft) = 0.248in.$$

$$y = \sqrt{(0.119in.)^2 + (0.248in.)^2 = 0.275in.}$$

$$L = 12ft + 25ft = 37ft$$

$$U = \sqrt{(12ft)^2 + (25ft)^2 = 27.73ft}$$

آنگاه $\dfrac{8.625in.(0.275in.)}{(37ft - 27.72ft)^2} = 0.0275$

$$\frac{DY}{(L-V)^2} \le 0.03$$

$$y = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta Z^2}$$

$$\Delta Y = 3.66m(0.8mm/m) = 3mm$$

$$\Delta Z = 7.62m(0.8mm/m) = 6mm$$

$$y = \sqrt{(3mm)^2 + (6mm)^2 = 7mm}$$

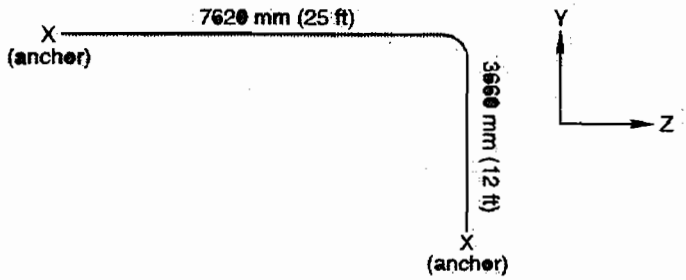
$$L = 3.66m + 7.62m = 11.28m$$

$$u = \sqrt{(3.66m)^2 + (7.62m)^2 = 8.5m}$$

$$\frac{219.1mm(7mm)}{(11.28mm - 8.5mm)^2} = 198$$

$$\frac{Dy}{(L-U)^2} \le 208.3$$

در این مسئله، سیستم دو لنگری در محدوده‌های تعریف شده توسط معادله قرار داشته و نیازمند به تحلیل خستگی حرارتی[1] نیست.



شکل ۱-۳ سیستم لوله کشی دو لنگره

در هر حال، از آنجا که این معادلهٔ ساده دارای محدوده‌هایی است، در تعیین این که آیا سیستم لوله‌کشی نیاز به تحلیل تنش متعارف[2] دارد یا خیر، مفید است. نمی‌توان دلایلی را اقامه کرد که صرف استفاده از معادلهٔ بالا منجربه حصول نتایج دقیق و به قدر کافی محافظه‌کارانه شده باشد.

1. Thermal Fatigue Analysis
2. Formal Stress Analysis

استفاده‌کنندگان [از این معادله] بر این امر واقف هستند که باید درمورد سیستم‌های زیر، معادلهٔ نام برده شده را با هوشیاری [و احتیاط] کامل به کار بندند[۱]:

الف) اشکال نامتعارف[۲] (مثل خم‌های U شکلی که ساق‌های نامساوی[۳] داشته و نسبت L/U آنها از ۲.۵ بزرگتر باشد، یا اشکالی که شباهت نزدیکی به دندانه[۴] دارند).

ب) لوله‌ای که قطر زیاد داشته و ضخامت دیوارهٔ آن کم باشد، یا جدارهٔ آن لاغر باشد (در این وضعی تعداد فاکتورها یا عواملی که تنش را تشدید[۵] می‌کنند ۵ تا یا بیش از ۵ تا هستند.).

پ) وضعیت‌هایی که دارای حرکات فرعی[۶] [و خارجی] که در راستای خط واصل بین نقاط ثابت نیستند، باشند. چنین وضعیتی منجر به بروز انبساط‌های نسبتاً بزرگ می‌شوند.

محدودهٔ تنش مجاز[۷]

حدود تنش مجاز در [نظام‌نامه] B31.3 ، به‌گونه‌ای اطمینان بخش با میزان دو وضعیت بارگذاری تنش در سیستم لوله‌کشی، که به بروز شکست [در سیستم لوله‌کشی] شدند معین شده است. این حدود سطوح تنش را که می‌توانند بر اثر یک بارگذاری ساده[۸]، S_h، و یا بر اثر بارگذاری چرخه‌ای تکرار شونده[۹] *، S_A، موجبات شکست[در سیستم لوله‌کشی را] فراهم سازند، معین می‌سازند.

محدودهٔ تنش مجاز S_A، [¶302.3.5(d)] ، حد تنش برای آن دسته از تنش‌هایی که طبیعتاً چرخه‌ای و تکرار شونده‌اند است، یا به سادگی، تنش مجازی است که **با محدودهٔ تنش جابه‌جایی**[۱۰] محاسبه شده، S_E، [¶319.4.4(d)] مقاسیه شده است. S_E (یک تنش ثانویه) است که در بخش " محدودهٔ تنش جابه‌جایی" از همین فصل، توصیف خواهد شد.

محدودهٔ تنش مجازی در [نظام‌نامه] B31.3 توسط دو معادله معرفی می‌شود:

معادلهٔ (1a) :
$$S_A = F(1.25S_c + 0.25S_h)$$

---

۱. جهت فهم درست عبارت به ناچار عبارت را به چند عبارت شکسته ام.- م.

2. Abnormal Configurations
3. Unequal Leg
4. Near-Saw-Tooth
5. Stress Intensification Factors
6. Extranous motions
7. Allowable Stress Range
8. Single Loading
9. Repeated Cyclic Loading

* منظور از Single Loading بارگذاری نقطه‌ای است.

10. Displacement Stress Loading

S_A که توسط معادلهٔ (1a) به‌دست می‌آید، یک تنش مجاز "سیستمی[1] " از سیستم لوله‌کشی بدون عیب با درجه حرارت و ماده‌ای مشابه [با سیستم لوله‌کشی موردنظر] است.[2]

و معادلهٔ (1b):

$$S_A = F\left[1.25(S_C + S_h) - S_L\right]$$

S_A به‌دست آمده از معادلهٔ (1b)، یک تنش مجاز[3] " [لوله‌کشی] در درجه حرارت خاصی است که S_L در آن دما برای یک جزء محاسبه شده است. S_C و S_h تنش‌های مجاز مبنا[4] برای وضعیت‌های سرد و گرمی که در بخش " تعریف و اساس تنش مجاز[5]" در فصل یکم تعریف شده‌اند، هستند. مقادیرآنها را می‌توان در جدول A-1 از پیوست A [نظام‌نامه] B31.3 یافت.

(توجه: برای لوله‌هایی که سیالات سرد یا سرمازا[6] از آنها عبور می‌کنند، S_C را در درجه حرارت کارکرد، S_h را در دمای نصب [محاسبه کرده و] به‌دست می‌آورند.)

F ضریب کاهش محدوده – تنش[7] است که در [نظام‌نامه] B31.3، جدول 302.3.5 با معادلهٔ (1C)، آن را ارائه می‌کند:

$$F = 6.0(N)^{-0.2} \leq 1.0$$

ضریبF	تعداد چرخه‌ها N
1.0	7000 (چرخه) یا کمتر
0.9	بیش از 7000 تا 14000
0.8	بیش از 14000 تا 22000
0.7	بیش از 22000 تا 45000
0.6	بیش از 45000 تا 100000
0.5	بیش از 100000 تا 200000
0.4	بیش از 200000 تا 700000
0.3	بیش از 700000 تا 20000000

1. "System" allowable Stress

۲. در واقع این S_A تنش مجاز یک زیر- سیستم Sub-system را در سیستم لوله‌کشی نشان می‌دهد.

3. "Component" allowable Stress

4. The basic allowable Stresses

5. Difinition and Basis For Allowable Stress

6. Cryogenic

7. Stress-Range Reduction Factor

S_L [مبین] **تنش‌های طولی**[1] است، که در بخش تنش حاصل از بارگذاری عادی[2] کمی جلوتر، از همین فصل توضیح داده می‌شود.

مثال ۲-۳

برای یک سیستم لوله کشی که جنس لولهٔ آن ASTM A 106 Grade B است و در 260°C(500°F) کار کرده و عمر طراحی شده برای آن معادل با 18000 چرخه حرارتی است، S_A را محاسبه کنید.

حل:

با استفاده از جدول A-1 از [نظام‌نامه] b31.3 برای ASTM a 106 Grade B خواهیم داشت:

$S_C = 138MPa(20000Psi), (38°(100°F)$ (در دمای متوسط

S_h=130MPa(18900 Psi) ، 260°C(500°F) در

f=0.8 (B31.3 نظام‌نامه 302.3.5 از جدول) ،

آنگاه:

آحاد متریک

$$S_A = 0.8(1.25)(138Mpa) + 0.25(130Mpa)$$

$$S_A = 164Mpa$$

آحاد رایج ایالات متحده

$$S_A = 0.8(1.25)(20000Psi) + 0.25(18900Psi)$$

$$S_A = 23780Psi$$

در صورتی‌که S_E ، حد تنش جابه‌جایی، از S_A یعنی 164Mpa(23780Psi) تجاوز نکند و چرخه‌های حرارتی آن از ۱۸۰۰۰ کمتر باشد، می‌توان انتظار داشت که این سیستم لوله‌کشی به‌گونه‌ای مطمئن کار کند. چنان‌که در جدول 302.3.5 نیز نشان داده شده است، ضریب f که برای ۱۸۰۰۰ چرخه در این مسئله در نظر گرفته شده است، برای ۲۲۰۰۰ چرخه هم مناسب است.)

از معادله (1b) محدودهٔ تنش مجاز (1b) می‌توان به‌عنوان یک مبنای طراحی به‌جای معادلهٔ (1a) استفاده کرد و بدین ترتیب تنش‌های طولی ناشی از بارهای Sustained (نگهدارنده) را، S_L، برای هر جزء [از سیستم لوله‌کشی] محاسبه کرد؛ این تنش‌های طولی از تنش مجاز گرم، S_h، کوچکترند ($S_L \le S_h$).

مثال ۳-۳

مثالی از کاربرد معادلهٔ (1b): فرض کنید که در یک زانویی از سیستم لوله کشی در مثال بالا، S_L محاسبه شده برابر با 55Mpa(8000Psi) باشد (S_L=8000) با استفاده از معادلهٔ (1b) مقدار جدید S_A را برای زانویی به‌دست آورید.

آحاد متریک

$$S_A = 0.8[1.25(138Mpa + 130Mpa) - 55Mpa] = 224Mpa$$

آحاد رایج ایالات متحده

$$S_A = 0.8[1.25(20000Psi + 189000Psi) - 8000Psi] = 32500Psi$$

---

1. Longitudinal Stresses
2. Sustained Load Stress

با احتساب تنش مجاز استفاده نشده برای بارهای نگهدارنده (Sustained) در این مثال، محدودهٔ تنش مجاز تا حدود مقداری نزدیک به 25% افزایش می‌یابد. نکتهٔ جالب‌توجه اینکه در این مثال، در درجه حرارت [مفروض] S_A بیشتر از استحکام تسلیم و برابر است با:

[Yield=130Mpa/0.66=197Mpa(18.900/0.66=28.636Psi] در درجه حرارت $^{\circ}$۲۶۰ چگونه ممکن است [در یک دمای مفروض] تنش مجاز بیشتر از استحکام تسلیم ماده باشد/ پاسخ چنین است که این تنش مجاز می‌تواند از استحکام تسلیم ماده بیشتر شود، زیرا این [حد] مجاز مربوط به یک تنش ثانوی خود-محدود کننده[1] است که به‌واسطهٔ استحکام موضعی تسلیم[2] اجزایی از سیستم لوله‌کشی، همچون زانویی-ها یا اتصالات انشعابی، که تحت تنش قرار می‌گیرند، کاهش خواهد یافت.

به این نکته باز هم توجه کنید که معادله (1a)، یک **تنش مجاز سیستم**[3] است، تنش مجاز سیستم لوله‌کشی بدون عیب [و کامل] که تحت درجه حرارت مشابه سیستم مفروض ما قرار داشته و از همان ماده‌ای ساخته شده است که سیستم مفروض ما قرار است ساخته شود. معادلهٔ (1b) نمایانگر **تنش مجاز جزء**[4] است؛ تنش مجاز هر جزء ساده[5] [، منفرد،] در یک سیستم لوله‌کشی که S_L آن محاسبه شده باشد.

برحسب موقعیت، چرخه‌های حرارتی یک سیستم لوله‌کشی [که] در جریان عمر طرح [کارخانه] تجربه می‌شوند، از یک وضعیت کارکردی ثابت[6] به یک یا چند وضعیت [دیگر کارکردی] تغییر می‌کنند. سیستم ممکن است دستخوش ارتقا چند بارهٔ طرح [یا کارخانه] شود. اگر چنین وضعیتی رخ نماید، پیش‌بینی عمر باقیماندهٔ[7] سیستم لوله‌کشی ناممکن خواهد بود؛ زیرا عمر باقیمانده تا حد بسیار زیادی به تعداد چرخه‌های پیشین حرارتی [سیستم] وابسته است. [پس] چگونه کسی می‌تواند ضریب f را در مثلاً یک سیستم لوله‌کشی معین کند؟

پاسخ به این سؤال را می‌توان در [نظام‌نامه] B31.3 یافت. نظام‌نامهٔ معادله‌ای را برای محاسبهٔ **چرخه‌های کامل درجه حرارت**[8] [¶302.3.5] جهت وضعیت‌های کارکردی [مختلف] تدارک دیده است. معادلهٔ نام برده شده عبارت است از :

$$N = N_E + r_1^5 N_1 + r_2^5 N_2 + ... + r_n^5 N_n$$

به ازای I = 1 ،2 ،... ،n :

1. Self-Limiting
2. Local Yielding Of Stressed Components
3. System Allowable Stress
4. Component Allowable Stress
5. Single Component
6. Sustained
7. Remaining Life
8. Equivalent Full Temperature Cycles

که :

N=تعداد چرخه‌های معادل کامل درجه حرارت

N_E = تعداد چرخه‌های محدودهٔ حداکثر تنش محاسبه شدهٔ جابه‌جایی[1] S_E

N_i = تعداد چرخه‌های همبسته[2] بامحدودهٔ تنش جابه‌جایی S_i

به‌عنوان مثالی از تعیین چرخه‌های معادل، [به مثال] زیر توجه کنید: $r_i = \frac{S_i}{S_E}$

مثال ۴-۳

چرخه‌های معادل سیستمی که به شکل زیر کار می‌کند را به‌دست آورید:

S_i(Psi)	[تعداد چرخه‌ها]
15000	5000
10000	3000
8000	1000
5000	500

فرض کنید که درجه حرارت نصب 70°F باشد.

چرخه N_E=5000 آنگاه

چرخه N_1=3000

r_1=10000Psi / 15000Psi = 0.666

چرخه N_2=1000

r_2 = 8000Psi / 15000Psi = 0.533

N_3=500

r_3 = 5000Psi / 15000Psi = 0.333

نهایتاً N=5000 چرخه + (0.666) 5(3000 چرخه)+

(0.533)5(1000 چرخه)+ (0.333) 5(500 چرخه)

N=5438 چرخهٔ معادل حرارتی[3]

1. Cycles Of Maximum Computed Displacement Stress-range
2. Associated
3. equivalent thermal cycle

حال می‌توان محدودهٔ تنش مجاز را با استفاده از چرخه‌های معادل [حرارتی] که برای تعیین ضریب کاهش محدودهٔ تنش به‌کار می‌روند، جهت این سیستم لوله‌کشی به‌دقت محاسبه کرد.

بار برگشت به جدول ۵-۳-۳۰۲ از [نظام‌نامه] B31.3 طیف زیر را برای ضریب کاهش محدودهٔ تنش، f ، بیابیم: برای ۷۰۰۰ چرخه و یا کمتر ضریبf برابر با ۱ و برای ۲۰۰۰۰۰۰ چرخه ضریب f برابر با ۰/۳ است. برای [آن دسته از] لوله‌کشی [هایی] که در طول عمر سیستم لوله‌کشی [شان] بیش از ۷۰۰۰ چرخه را تجربه می‌کنند، می‌توان [ضریب] f را از معادلهٔ زیر به‌دست آورد:

$$f = 6.0(N)^{-0.2} \le 1.0$$

مثالی از [نحوه] استفاده از معادله به شرح زیر است:

برای سیستمی که در طول عمر خود 53000 چرخه را تجربه می‌کند، مقدار f چقدر است؟

$$f = 6.0(53000 \text{ چرخه})^{-0.2} = 0.68$$

طراحانی که از جدول 302.3.5 [نظام‌نامه] b31.3 استفاده می‌کنند، تمایل خواهند داشت که از f=0.6 سود جویند. در اینجا می‌بینیم که محدودهٔ تنش مجاز، S_A، ۳۱ درصد $(\frac{0.68}{0.6}\times 100 = 1.13\%)$ بیشتر است، [بنابراین] از مقدار محاسبه شدهٔ f به‌جای مقدار میان‌یابی نشدهٔ[1] جدول استفاده کنید.

این معادله که برای محاسبه f به‌کار می‌رود، اگر چه برای چنین منظوری مناسب است، [اما] کاملاً دقیق نیست. یک سیستم لوله‌کشی را با طول عمری معادل با ۷۰۰۰ چرخه در نظر آورید. معادلهٔ بالا رقم ۱/۰۲ را برای f (f=1.02) به‌دست می‌دهد، [حال آن] که مقدار جدول برابر با 1.0(f=1.0) که مقدار صحیحی برای ۷۰۰۰ چرخه است، می‌باشد. برای آن‌که بتوان رقم صحیح f را از معادله به‌دست آورد، باید عدد ثابت معادله یعنی ۶/۰ به ۵/۸۷۵ تغییر یابد. به هر صورت، در محاسبهٔ f از سه رقم اعشار [دقت یک هزارم- م.] استفاده کنید؛ [در واقع] فلسفهٔ تنش‌های محاسباتی[2] در B31.3 [رعایت چنین] دقتی است که نمود خاصی نیافته است. استفاده از عدد ثابت ۶ ضریبی مستدل[و در عین حال] بسته را ارائه می‌دهد، آن[ضریب دیگر] با رهیافت ساده شدهٔ [نظام‌نامه] B31.3 از نظر دقت، در تناقض نیست.

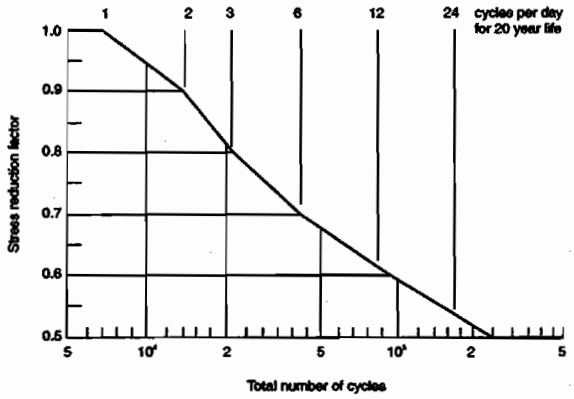
دلیل انتخاب چرخهٔ ۷۰۰۰ به مثابهٔ نقطهٔ شروع تعیین [ضریب] f، سادگی محاسبات مربوط به آن در یک سیستم لوله‌کشی نمونه‌وار است. این ۷۰۰۰ چرخه نشان‌دهندهٔ یک چرخه در روز برای یک تناوب بیست ساله است. تعداد اندکی از پالایشگاه‌های نفتی، [به عمر] ۷۰۰۰ چرخه دست می‌یابند. در هر حال، پاره‌ای از طرح‌ها [یا کارخانجات تولید مواد] شیمیایی، که طرح‌ها [یا کارخانجاتی] هستند که به‌طور خاص و به‌صورت گروهی [از طرح‌های کوچکتر] کار می‌کنند، احتمالاً به چرخه‌های بالاتر از ۷۰۰۰ نیز دست می‌یابند.

---

1. Non-Interpolated Table Value
2. Calculating Stresses

محدودهٔ تنش جابه‌جایی[1]

هنگامی‌که یک سیستم لوله‌کشی تحت انقباض یا انبساط حرارتی[2] قرار می‌گیرند، محدودهٔ تنش (ثانوی)[3] محاسبه می‌شود، S_E، محدودهٔ تنش جابه‌جایی نامیده می‌شود. محدوده‌های درجه حرارت برای این محاسبات از محدودهٔ انبساط کل[4]، از حداقل به حداکثر [انبساط] برای سیستم‌هایی که سیالات داغ در آنها جریان دارد[5] و از حداکثر به حداقل [انبساط] برای لوله‌ای که در آن مواد سرد یا سرمازا جاری است[6]، محاسبه می‌شود. در این ارزیابی، تنش‌های (اولیه) فشاری و [تنش‌های] ناشی از وزن[7] مورد لحاظ قرار نگرفته‌اند.



شکل ۲-۳

محدودهٔ تنش مجاز، S_A، حد تنشی است که با محدودهٔ تنش جابه‌جایی محاسبه شده S_E، قابل قیاس است. معادله [نظام‌نامه] B31.3 برای محدودهٔ تنش جابجایی [¶319.4.4] برابر است با:

$$S_E = \sqrt{(S_b)^2 + 4(S_t)^2}$$

که:

1. Displacement Stress Range
2. Thermal Expansion Or Contraction
3. (Secondary)Stress
4. The Total Expansion Range
5. Hot Operating Systems
6. Cryogenic Or Cold Pipe
7. Pressure And Weight (Primary)Stresses

S_b = تنش خمشی برایند[1] = $\sqrt{\frac{(i_i M_i)^2 + (i_0 M_0)^2}{Z}}$

S_t = تنش پیچشی[2] = $\frac{M_t}{2Z}$

M_t = گشتاور پیچشی[3]

مدول مقطع لوله، $Z = mm^3(in.^3) = (\frac{\pi}{32D_0})(D_0^4 - D_i^4)$

قطر داخلی لوله، D_i=Mm(in) و قطر خارجی لوله، D_0 =Mm(in.)

ضریب تشدید تنش رو به داخل صفحه[4] از ضمیمهD = i_i

ضریب تشدید تنش روبه خارج صفحه[5] از پیوستD = i_0

، گشتاور خمشی روبه داخل صفحه[6] M_i = N.m(in.lb)

گشتاور خمشی رو به خارج صفحه[7] M_0 = N.m(in.lb)

با استفاده از ابعاد ضخامت اسمی دیوارهٔ لوله، S_E، محاسبه می‌شود. برای محاسبات S_E، از ضخامت اسمی دیوارهٔ لوله، میزان تلرانس ماشین‌کاری و خوردگی [و] سایش، کسر نمی‌شود.

تنش خمشی[8]

مؤلفهٔ تنش خمشی، S_b، [¶319.4.4(b)] از محدودهٔ تنش جابه‌جایی، معادله S_E، برایند گشتاورهای خمشی رو به داخل و روبه خارج صفحه است، که این گشتاورها ناشی از انقباض یا انبساطهای حرارتی هستند.

1. Resultant Bending Stress
2. Torsional Stress
3. Torsional Moment
4. In- Plane Stress Intensification Factor
5. Out-Plan Stress Intensification Factor
6. In-Plane bending Moment
7. Out- Plan bending Moment
8. Bending Stress

تنش پیچشی[1]

مؤلفهٔ تنش پیچشی S_t ، از محدودهٔ تنش جابه‌جایی، با تقسیم کردن گشتاور پیچشی بر دو برابر مقدار مدول مقطعی از لوله که پیچش را تجربه می‌کند، محاسبه می‌شود. با استفاده از قطر خارجی لولهٔ انشعابی و "$\overline{T_b}$" تنش پیچشی در مقاطع انشعابی که باعث بروز گشتاورهای پیچشی در لولهٔ انشعابی می‌شود، محاسبه می‌شود و با استفاده از قطر خارجی لوله‌ای اصلی یا هدر[2] و ضخامت دیواره و "$\overline{T_h}$" تنش پیچشی در لوله هدر محاسبه می‌شود.

به مثال زیر که در آن محاسبات مربوط به تنش خمشی، تنش پیچشی و محدوده‌های تنش جابه‌جایی انجام شده است، توجه کنید.

مثال ۵-۳

یک زانویی LR با (NPS 10) DN 250 و فرانمای ٤٠، با ضخامت اسمی دیواره‌ای معادل با 9.3mm(0.365in.) تحت اثر نیروهایی قرار دارد که این نیروها تولید انبساط حرارتی می‌کنند. گشتاورهای پیچشی و خمشی برایند حاصله از این نیروها، که محاسبه شده‌اند، عبارت‌اند از:

آحاد متریک	آحاد رایج ایالات متحده
M_i=11300 N.m	M_i=100000 in.1b
M_o=2825 N.m	M_o=25000in.1b
M_t=1017 N.m	M_t=9000 in.1b

مدول مقطع برابر است با :($29.9in.^3$)$490\times10^{-4}mm^3$,$4.8\times10^{-4}m^3$=

محدودهٔ تنش جابه‌جایی چقدر است؟

حل:

برای زانویی DN 250(NPs10) ، [مقدار] SIF با استفاده از ضمیمه D [نظام‌نامه] B31.3 به شکل زیر محاسبه می‌شود:

برای SIF روبه داخل صفحه

$$i_i = \frac{0.9}{(\sqrt[3]{h})^2}$$

برای SIF رو به خارج صفحه

$$i_o = \frac{0.75}{(\sqrt[3]{h})^2}$$

که:

$$h = \frac{\overline{T}R_1}{r_2^2}$$

1. Torsional Stress
2. Header Pipe

$\overline{T}$ = ضخامت اسمی جدارهٔ لولهٔ کلکتور، mm(in)[1]

R_1 = شعاع خم زانویی، mm(in.)

R_2 شعاع متوسط لولهٔ کلکتور، mm(in.)

آحاد متریک

$\overline{T} = 9.3mm; R_1 = 1.5(25mm) = 381$

$r_2 = 0.5(273.1mm - 9.3mm) = 13.9mm$

$h = \frac{9.3mm \times 381mm}{(131.9mm)^2} = 0.203$

آحاد رایج ایالات متحده

$\overline{T} = 0.365in.; R_1 = 1.5(10in.) = 15in$

$r_2 = 0.5(10.75in. - 0.365in.) = 5.193in.$

$h = \frac{0.365 \times 15in}{(5.193in.)^2} = 0.203$

برای هر دو سیستم اندازه‌گیری:

$i_o = \frac{0.75}{(\sqrt[3]{0.203})^2} = 2.16$

$i_i = \frac{0.9}{\sqrt[3]{0.203})^2} = 2.60$

حال بخشی از S_E، تنش خمشی S_b را می‌توان محاسبه کرد.

در آحاد متریک:

$$S_b = \frac{\sqrt{(2.6 \times 11300N.m)^2 + (2.16 \times 2825N.m)^2}}{0.48 \times 10^{-3} m^3} = 62.5 \times 10^6 N/m^2 = 62.5Mpa$$

در آحاد رایج ایالات متحده:

$$S_b = \frac{\sqrt{(2.6 \times 100000in.lb)^2 + (2.16 \times 25000in.lb)^2}}{29.9in^3} = 8881Psi$$

اکنون، تنش پیچشی را می‌توان محاسبه کرد.

آحاد متریک:

$$S_t = \frac{1017N.m}{2(0.48 \times 10^{-3} m^3)} = 0.104 \times 10^6 N/m^2 = 0.1Mpa$$

آحاد رایج ایالات متحده:

$$S_t = \frac{9000in.lb}{2(29.9in.^3)} = 150Psi$$

نهایتاً می‌توان S_E را محاسبه کرد.

آحاد متریک:

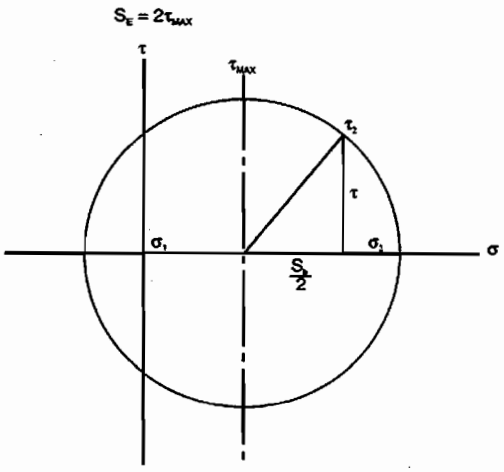
$$S_E = \sqrt{(62.5Mpa)^2 + 4(0.1Mpa)^2} = 62.5Mpa$$

$$S_E = \sqrt{(8881Psi)^2 + 4(150Psi)^2} = 8886Psi$$

1. Header Pipe

محدودهٔ تنش مجاز، S_A، که با استفاده از معادله (1a) معین می‌شود؛ برای غالب سیستم‌هایی که در محدودهٔ دمایی متوسطی کار می‌کنند، بین ۱۹۰ تا ۲۰۰مگاپاسکال (۲۸۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰Psi،) خواهد بود. در این مثال، زانویی تحت یک S_Eمعادل با ۳۰ درصد محدودهٔ تنش مجاز، S_A، کار می‌کند.

معادلهٔ مربوط به S_E برپایهٔ تئوری شکست ناشی از برش حداکثر (TRESCA) [1] استوار بوده و برای آنکه بتوان آن را به راحتی تا حد تنش مجاز نظام‌نامه‌ای S_A مقایسه کرد، S_E را معادل با دو برابر حداکثر دایرهٔ مور می‌توان S_E را به‌دست آورد (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳

تنش‌هایی که برروی محور اصلی تنش[2] ، δ ، تنش‌های خمشی هستند. تنش‌های واقع بر محور τ، تنش‌های پیچشی هستند.

کوچکترین تنش اصلی (خمشی) $= \delta_1$

حداکثر تنش اصلی (خمشی) $= \delta_2$

پیچشی (برش) در موقعیت تنشی $\tau = 2$ (تحت δ_2)

(موقعیت برش حداکثر در دایرهٔ مور) $\frac{(\delta_2 - \delta_1)}{2} = \frac{S_b}{2}$

τ_{max} در فاصله‌ای برابر با وتر مثلث قائم‌الزاویه‌ای که قاعدهٔ آن $\frac{S_b}{2}$است، [از مرکز دایره] قرار داشته و τ_2 نیز همانند ضلعی از مثلث قلمداد می‌شود.

---

1. The Maximum Shear (TTRESCA) Failure Theory
2. The Principal Stress Axis

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{S_b}{2}\right)^2 + (\tau_2)^2}$$

$$S_E = 2\tau_{max} = \sqrt{S_b^2 + 4t_2^2}$$

جهت محاسبه S_E، مدول مقطع z در مثال بالا که برای محاسبهٔ S_b استفاده شده است، صرفاً برای اجزایی که یکپارچه[1] هستند، معتبر است. این مدول برای اتصالات انشعابی کاهندهٔ خروجی[2] که گشتاورها و نیروها از طریق آنها بر لولهٔ انشعابی عمل می‌کند، معتبر نیست. در تحلیل مقاطع خروجی کاهندهٔ [نظام‌نامه] B31.3 ، استفاده از Z_e، **مدول مؤثر مقطع**[3]، را به‌جای z [¶319.4.4(c)] به طراحان آموزش می‌دهد.

هدف از به‌کارگیری Z_e به‌جای z سازگار کردن هر چه بیشتر تنش‌های محاسبه شده با مقدار واقعی تنش[ها] ست. آزمایش‌های صورت گرفته ثابت کرده است که برای مقاطع کاهنده، استفاده از Z_e در براورد تنش‌ها، مقادیری نزدیک به تنش‌های واقعی اندازه‌گیری شده را به دست داده‌اند تا [استفاده از] z . معادلهٔ " مدول مؤثر مقطع" عبارت است از :

$$Z_e = \pi(r_2)^2 Ts$$

که:

$T_s = .(i_i)(\overline{T_b})$ یا $\overline{T_h}$ ضخامت مؤثر دیوارهٔ انشعاب، کوچکتر از

$r_2 = 0.5(D_b - \overline{T_b}) =$ شعاع متوسط لولهٔ انشعابی

مثالی از کاربرد معادلهٔ " مدول مؤثر مقطع " به شرح زیر است:

مثال ۶-۳

مقدار S_E را برای یک پیپت B.W استاندارد با مشخصات DN300(NPS 12)×DN150(NPS6) که از طریق لولهٔ انشعابی، همچون مثال زانویی تحت اثر گشتاورها و نیروهای حرارتی مشابهی قرار گرفته است، محاسبه کنید.

$(D_h = 323.9mm = (12.75in.), T_h = 9.5mm(0.375in.), D_b = 168.8mm$
$(6.625 in.), T_b = 7.1mm(0.280in.)$

آحاد متریک	آحاد رایج ایالات متحده
$M_i = 11290N.m$	$M_i = 100000in.lb$
$M_o = 2820N.m$	$M_o = 25000in.lb$

1. Full Size Components
2. reducing outlet branch. connections
3. The Effective Section Modulus

$M_t = 9000in.lb$ $M_t = 10/5N.m$

حل: برای اتصال جوش داده شدهٔ [برروی لوله] انشعابی، (تمام تقویت شده) از پیوست D [نظام‌نامه] B31.3 ، SIF را به شکل زیر محاسبه کنید:

$$i_i = i_o = \frac{0.9}{(\sqrt[3]{h})^2}$$

که برای این مثال $h\frac{3.3\overline{T}h}{r_2}$ است.

آحاد متریک آحاد رایج ایالات متحده

$r_2 = 0.5(323.9mm - 9.5mm) = 157.2mm$ $r_2 = 0.5(12.75in. - 0.375in.) = 6.188in$

$h = \frac{3.3 \times 9.5mm}{157.2mm} = 0.200$ $h = \frac{3.3 \times 0.375in.}{6.188} = 0.200$

آنگاه (برای هر دو سیستم اندازه‌گیری) $i_i=i_o=2.629$

در گام بعدی، برای محاسبه Z_e از بین مقادیر $i.\overline{T}_b$ مقدار کمتر را تعیین کنید.

$\overline{T}_h = 9.5mm$

$i_i\overline{T}_b = 2.629(7.1mm) = 18.67mm$

$\overline{T}_h = 0.375in.$

$i_i\overline{T}_b = 2.629(0.280in.) = 0.738in.$

از $\overline{T}_h$ کوچکتر استفاده کنید؛ [حال] با استفاده از شعاع متوسط لوله انشعابی ، r_2 ، می‌توان Z_e را محاسبه کرد. برای آحاد متریک و آحاد رایج ایالات متحده r_z به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$r_2 = 0.5(168mm - 7.1mm) = 80.5mm$ $r_2 = 0.5(6.625in. - 0.280in.) = 3.17$

اکنون "مدول مؤثر مقطع" را ابتدا برحسب آحاد متریک و سپس برحسب آحاد رایج ایالات متحده محاسبه کنید:

$Z_e = \pi r_2^2\overline{T}_h = 11.857in.^3$

تنش خمشی، S_b، به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$S_b = \frac{\sqrt{(2.629 \times 11290N.m)^2 + (2.629 \times 2820N.m)^2}}{0.000193m^3} = 158 \times 10^6 N/m^2 = 158Mpa$$

$$S_b = \frac{\sqrt{(2.629 \times 100000in.lb)^2 + (2.629 \times 25000in.lb)^2}}{11.857in^3} = 22855Psi$$

با استفاده از معادلهٔ $Z_b = \left[\frac{\pi}{32D_{bod}}\right](D_{bod}^4 - D_{bid}^4)m^3(in.^3)$ و به‌کارگیری مدول دقیق مقطع انشعابی می‌توان تنش پیچشی حاصل از انشعاب را محاسبه کرد. D_{bod} و D_{bid} به ترتیب اقطار خارجی و داخلی لولهٔ انشعابی هستند.

آحاد متریک

$$Z = 1.393\times10^{-4}m^3$$

$$S_t = \frac{1015N.m}{2(1.393\times10^{-4}m^3)} = 3.7Mpa$$

آحاد رایج ایالات متحده

$$Z = 8.5in.^3$$

$$S_t = \frac{9000in.1b}{2(8.85in.^3)} = 529Psi$$

نهایتاً می‌توان S_E را محاسبه کرد.

$$S_E = \sqrt{(158Mpa)^2 + 4(3.6Mpa)^2} = 158Mpa \quad S_E = \sqrt{(22890Psi)^2 + 4(529Psi)^2} = 22879Psi$$

در غالب سرویس‌های پالایشگاهی که با دمای متوسط کار می‌کنند، S_A، با S_E [به‌دست آمده در فوق] قابل قیاس است؛ [در این] مثال [سیستم] با ۷۵ درصد حد تنش مجاز، کار خواهد کرد.

مدول مؤثر مقطع پیش درآمدی به نظام‌نامه‌های B31 از طریق کد. ۵۳[1] که در زیر می‌آید، بوده است.

تفسیر نظام‌نامه در مبحث لوله‌کشی تحت‌فشار[2] قضیهٔ ۵۳ (بسط مجدد)- تنش- ضریب تشدید[تنش][3]

طرح مسئله[4] : ASA B31.1-1955 (بند 621d و شکل ٤-۳) و ASA B31.3-1962 (بند ٦-۳-۳۱۹ و جدول ٦-۳-۳۱۹) روشی مستقیم را برای محاسبهٔ ضرایب تشدید تنش جهت اتصالات انشعابی ساخته شده و سه‌راهی‌های یکپارچه[5]، تدارک دیده‌اند. به‌کارگیری ضریب مشابه برای اتصالات کاهنده- خروجی، چنانچه به‌عنوان راه‌حلی مثبت در پانویس ٦ پیشنهاد شده است، منجربه فراسنجیدگی خامی[6] از حد تنش می‌شود. وضوح و سهولت ناشی از الزام سختگیرانه‌ای که ظاهراً غیرضروری به‌نظر می‌رسد، خواسته شده است.

راه‌حل: جدول ٦-۳-۳۱۹ زیرنویس ٦ شکل ۳-۳ ، که در قسمت "طرح مسئله" بدان‌ها اشاره شده است، منعکس‌کنندهٔ نقصان [و کمبود] داده‌های نظری و تجربی در زمان فرمول‌بندی آنها، است. نتایج آزمایشات مجزایی که هنوز در دسترس‌اند، اصلاح قواعد فعلی را برای سه‌راهی‌های یکپارچه و اتصالات انشعابی، توسط مراجع ASA B31.1-1955 و ASA B31.3-1962، به شرح زیر تضمین می‌کنند:

---

1. Code Case 53
2. Interpretations Of Code For Pressure Piping
3. Case 53 (Reopened)-Stress-Intensification Factor
4. Inquiry
5. Full-Size Tees
6. Gross Over-Evaluation

گشتاور خمشی روبه داخل صفحهٔ M_i، گشتاور خمشی روبه خارج صفحهٔ M_o و گشتاور پیچشی M_tدر نقطهٔ اتصال انشعاب [به لوله اصلی] را برای هر یک از سه ساق تعیین کرده و با استفاده از معادلهٔ (13) دربند 622(b) ، نتایج حاصله را با تنشی خمشی S_b و تنش پیچشی S_t، ترکیب کنید که :

$$S_t = \frac{M}{2Z}$$ (۵۳-۱) برای هدر و انشعاب

$$S_b = \frac{\left[(i_i.m_i)^2 + (i_o m_o)^2\right]^{\frac{1}{2}}}{Z}$$ (۵۳-۲) برای هدر (ساق‌های 2,1)

$$S_b = \frac{\left[(i_i.m_i)^2 + (i_o m_o)^2\right]^{\frac{1}{2}}}{Z_e}$$ (۵۳-۳) برای انشعاب (ساقه ۳)

مقدار i_o از ضرایب تشدید تنش روبه خارج صفحه[1] که در معادلات (۵۳-۲) و (۵۳-۳) ظاهر شده است برابر است با مقدار I که با استفاده از ابعاد لوله‌ای که با یک سه‌راهی [واقع در مسیر] یا با لوله اصلی منطبق است. مقدار i_i از ضریب تشدید تنش رو به داخل صفحه به ترتیب زیر تصحیح شده است:

$$i_i = 0.75 i_o + 0.25 \qquad (۵۳-٤)$$

مدول مقطع z در معادلات (۵۳-۱) و (۵۳-۲) مدول مقطع لوله اصلی یا انشعابی است؛ که تنش برای هر کدام از مقاطع یادشده محاسبه شده است. مدول مؤثر مقطع انشعاب[2]، Z_e، در خمش، که در معادلهٔ (۵۳-۳) مورد استفاده قرار گرفته است، مقداری فرضی [یا موهوم[3]] است که به‌منظور ارتباط دادن عوامل دیگر محاسباتی به‌کار بسته شده است:

$$Z_e = \pi r_2^2 T_2$$

که: شعاع متوسط سطح مقطع انشعاب = r_2

ضخامت مؤثر دیوارهٔ انشعاب= مقدار کوچکتر $\overline{T_h}$ ویا $T_s = i_o \overline{T_o}$

(ضخامت مؤثر جدارهٔ انشعاب اخیراً به مقدار کوچکتر $\overline{T_h}$, $(i_i.\overline{T_b})$تغییر یافته است).

ضخامت لوله‌ای که با لولهٔ اصلی سه‌راهی یا با لولهٔ اصلی = $\overline{T_h}$

جریان بدون در نظر داشتن اجزایی که برای تقویت به‌کار رفته‌اند، منطبق است.

ضخامتی از لوله که با انشعاب منطبق است. = $\overline{T_b}$

الف- توجه داشته باشید که ضخامت بالشتک یا [ورق] زینی شکل[4]، T_r، نباید از 1.5 $\overline{T_h}$ در فرمول برای h بالشتک یا [ورق] زینی شکلی که در تقویت سه‌راهی به‌کار می‌روند، بزرگتر باشد؛ این حدود، سهواً از نظام‌نامه حذف شده است.

---

1. Out-Of-Plane Stress-Intensification
2. The Effective Branch Section Modulus
3. Fictious Value
4. Saddle

ضریب تشدید تنش[1]

در مثال‌های پیشین، ضریب تشدید تنش (SIF) محاسبه گشته [ضمیمه D از B31.3] و برای تعیین گشتاور خمشی حاصل از انقباض یا انبساط حرارتی، در معادله به کار گرفته شد. SIF یک تشدید کنندهٔ[2] گشتاورهای خمشی‌ای است که در اجزای مختلف از [سیستم] لوله‌کشی همچون زانویی‌ها یا سه‌راهی‌ها وارد [ظاهر] می‌شوند؛ و مقداری برابر با یک (1.0) یا بیشتر دارد. هر یک از اجزای لوله‌کشی در معادلهٔ تنش خمشی با SIF خود، که برای آن جزء منحصربه‌فرد است، مشخص [و معرفی] می‌شوند. اجزایی که به‌واسطهٔ [شکل] هندسی خود، که شامل شعاع انتقالی نرم [و ملایم[3]] هستند، دارای SIF پایینی (در محدودهٔ بین 1و 2) هستند، بازدهی بالایی تنش‌های خمشی حاصل از یک بخش از[سیستم] لوله‌کشی به بخش مجاور لوله‌کشی[4]، دارند. اجزایی که دارای تغییرات هندسی تیزی[5]، مانند سه‌راهی ساخته شدهٔ بدون تقویت[6]، هستند، SIF بالایی در محدودهٔ بین ٤ و٥ خواهند داشت، زیرا، از آنجا که دارای گوشه‌های تیزی از نظر هندسی[7] هستند، بازدهی بسیار پایینی در کم کردن تنش‌های خمشی خواهند داشت.

معادلات SIF در ۱۹۵۵ برای نخستین بار در نظام‌نامه‌های لوله‌کشی وارد شدند. این معادلات که براساس یک برنامهٔ فراگیر جهت بررسی خستگی چرخه‌ای از طریق[8] انجام آزمایشات گوناگون قرار داشته و توسط ای.آر.سی.مارکل[9]، اچ.اچ.جرج[10]. و اس.سی. رودباث[11] در [مؤسسهٔ] Tube Turns [اجرای آن آزمایشات] هدایت شده است. در اواخر دههٔ ۱۹٤۰ و اوایل دههٔ ۱۹۵۰ [تنظیم شده است].

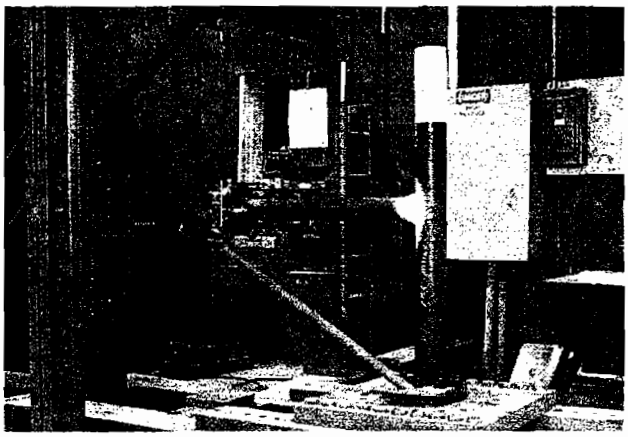
تصاویر

۵-۳ و ٦-۳، فیکسجرهایی را که از آنها برای انجام آزمایشات SIF استفاده شده است، نشان می‌دهد. این آزمایش، نخست معادله‌ای را برای نشان دادن عمر خستگی[12] یک اتصال جوشی لب‌به‌لب[13] در طولی از

---

1. Stress Intensification Factor
2. Intensifier
3. Smooth Transition Radii
4. Adjoining Piping Section
5. Sharp Geometrical Changes
6. Unreinforced Fabricated tee
7. Sharp Corner Geometry
8. An Extensive Cyclic Fatigue Testing Program
9. A.R.C. Markl
10. H.H. George
11. E.C.Rodabaugh
12. Fatigue Life
13. Butt Weld

یک لولهٔ راست، هنگامی‌که تحت جابه‌جایی ثابتی دوران می‌کند[1]، به‌وجود می‌آورد. این معادله، برای مادهٔ لوله‌کشی ASTM A 106 Grade B عبارت است از : $S = \frac{245000}{N^{0.2}}$



شکل ۵-۳

که "S" تنش خمشی ایجاد شده به‌وسیلهٔ جابه‌جایی متناوب یک اندازه[2] بوده و "N" تعداد چرخه‌های کامل جابه‌جایی[3] تا [بروز] شکست است.

سپس، براساس همین برنامهٔ آزمون، سه‌راهی‌ها نیز تحت جابه‌جایی که بر نمونه‌های لولهٔ جوش داده شدهٔ لب‌به‌لب[4]، اعمال گشته بود، قرار گرفتند؛ مشاهده شد که پس از چند چرخه [یا دوران] جابه‌جایی[5]، سه‌راهی‌ها شکستند. این بدان دلیل است که وجود سه‌راهی در سیستم تنش را تشدید کرده و همین امر موجبات شکست زودتر را فراهم می‌سازد. این تنش محاسبه شده و با تنش لوله‌ای که به‌طور لب‌به‌لب جوش شده مقایسه گشته است. نسبت این تنش‌ها برابر است با SIF سه‌راهی؛ و [بدین ترتیب] معادلهٔ خستگی برای سه‌راهی و دیگر اجزای لوله‌کشی اصلاح گشته و عبارت است از:

$$is = \frac{245000}{N^{0.2}}$$

که "i" [همان] SIF است.

1. Cycled at a Constant Displacement
2. Constant Alternating Displacement
3. Full Displacement Cycles
4. Butt Welded Pipe Samples
5. Displacement Cycles

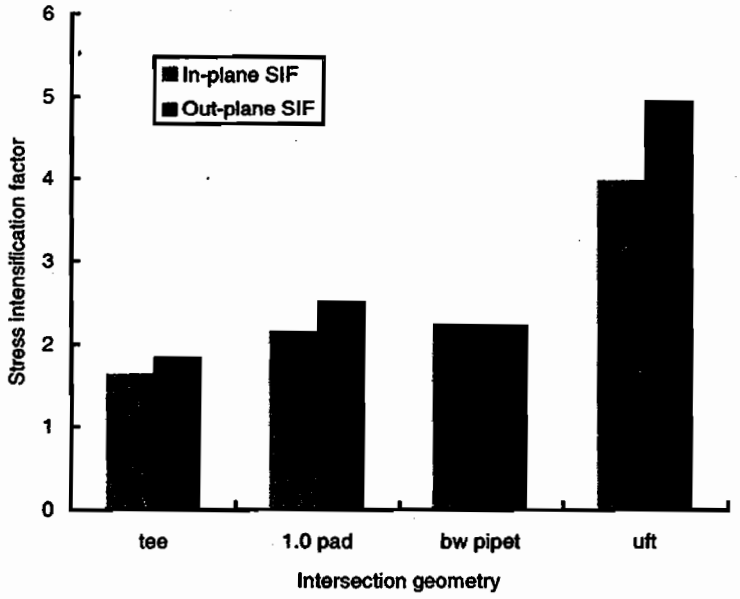
شکل ٦-٣

در یک تحلیل از لحاظ انعطاف‌پذیری [سیستم لوله‌کشی] ، همهٔ اجزا لوله‌کشی با مقادیر SIF خود که برابر با 1.0 یا بیشتر هستند، معرفی شوند؛ این امر، SIF ، نشان‌دهنده پایداری جزء در برابر خستگی[1] در مقیاس با [پایداری خستگی] لوله‌ای راست که دارای یک اتصال جوشی لب‌به‌لب است، می‌باشد.

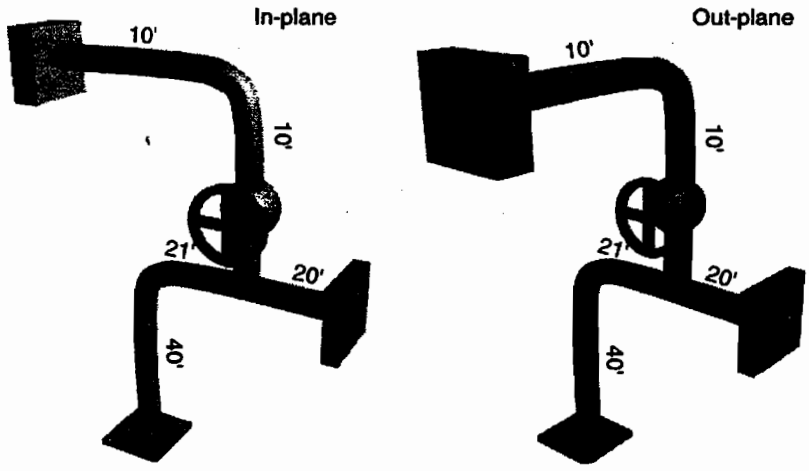
[در] شکل ۷-۳ ، SIF پاره‌ای از سه‌راهی‌ها که دارای شکل هندسی مشابهی [مشترکی] هستند، مقایسه شده است. برای چیدمان [ترتیبی] از لوله‌کشی که [در شکل ۸-۳] نشان داده شده است، تنش‌های انبساطی برای چند سه‌راهی با اشکال هندسی متفاوت، در جدول ۱-۳ فهرست شده و در شکل ۸-۳ نشان داده شده است. تأثیر تغییر حاصله در SIF که به‌واسطهٔ تغییر در هندسهٔ سه‌راهی به‌وجود می‌آید، در هر یک از موارد بارگذاری رو به داخل صفحه[2] و رو به خارج صفحه[3]، آشکار است.

تنش انبساطی محاسبه شده، S_E، در یک مقطع از سیستم لوله‌کشی به‌گونه‌ای معنی‌دار با انتخاب نوع مقطع انشعابی تغییر می‌کند. آن چیزی که در جدول ۱-۳ ، جدول‌بندی شده است، تنش [انبساطی] در یک مقطع برای هندسه‌های مختلف مقاطع است که تحت بارگذاری‌های رو به داخل و روبه خارج صفحه قرار گرفته‌اند.

1. The Components Fatigue Endurance
2. In-Plane
3. Out-Plane


In-plane SIF
Out-plane SIF
Stress Intensification factor
0
1
2
3
4
5
6
tee
1.0 pad
bw pipet
uft
Intersection geometry

شکل ۷-۳


In-plane
Out-plane
10'
10'
21'
20'
40'
10'
10'
21'
20'
40'

شکل ۸-۳

جدول ۱-۳ تنش محاسبه شده S_E برای مقاطع مختلف سه‌راهی

شماره ردیف	هندسهٔ مقطع	تنش انبساطی، Psi	
		روبه داخل صفحه	روبه خارج صفحه
1	سه راهی جوشی براساس ANSI B16.9	17637	4974
2	انشعابات محیط لولهٔ جوش شدهٔ محیطی از داخل[1]	17637	4974
3	سه راهی ساخه شدهٔ تقویت گشته با بالشتک[2] (و دارای SIF) 1.0	23269	6686
4	اتصال جوش شده از بیرون برروی انشعاب	24695	6361
5	سه‌راهی جوشی اکسترود شده، $r_x = 1.5$	37911	11159
6	سه راهی جوشی اکسترود شده، $r_x = 1.0$	39530	11655
7	سه راهی جوشی اکسترود شده، $r_x = 0.5$	41361	12215
8	سه راهی ساخته شده بدون تقویت	43402	12840

تنش‌های جابه‌جایی اتصال نامتشابه جوشی لوله[3]

هنگامی‌که دو لوله با مواد مختلف که ضرایب انبساط حرارتی متفاوتی دارند، به هم جوش شوند تا به یک سیستم لوله‌کشی گرم (یا سرد) سرویس‌دهند، انبساط حرارتی متفاوتی[4] رخ خواهد داد. این انبساط حرارتی متفاوت، در نقطهٔ جوش یک تنش ثانویه را ایجاد خواهد کرد. [نظام‌نامه] B31.3 روش خاصی را برای محاسبهٔ این تنش تدارک ندیده است؛ لیکن، چنانچه این انبساط حرارتی متفاوت منجر به فراکشیدگی[5] یا (فراتنیده شدن[6]) اتصال جوشی شود، طراحان لوله‌کشی باید [مقدار این تنش را] تعیین کنند.

1. Weld-in Contour Insert
2. Pad
3. Displacement Stresses Of Dissimilar Welded Pipe Joint
4. Differential Radial Thermal Expansion
5. Over-Strain
6. Over Stress

مثالی از روش محاسبهٔ[مقدار] تنش‌های جابه‌جایی در یک اتصال جوشی انجام شده بین مواد نامتشابه، که با استفاده از آحاد رایج ایالات متحده [امریکا] تهیه شده، به شرح زیر است:

مثال ۷-۳

تنش‌های جابه‌جایی در یک اتصال جوشی انجام شده، که ماده‌ای نامتشابه به [با لوله] دارد.

تحلیل انعطاف‌پذیری حرارتی در یک اتصال جوشی لب‌به لب که لولهٔ فرایند را به یک لولهٔ کوره متصل می‌سازد، در 100°F ، S_E=8000Psi را آشکار کرده است. مادهٔ لوله کشی فرایندی از ASTM A 335 Grade P22 بوده و مادهٔ لوله کوره از ASTM A 312 Grade TP304L است. آیا اتصال لب‌به لب جوشی فراتنیده می‌شود؟ (درجه حرارت نصب 70°F است، $\Delta T = 1000 - 70 = 930°F$.)

حل: از معادلهٔ 1a استفاده کنید (به بخش حد تنش مجاز در این فصل نگاه کنید)، S_A برای هر ماده در 1000°F ، مدول‌الاستیسیتهٔ سرد، E_C، و ضریب انبساط [حرارتی] $\Delta\alpha$ در جدول ۲-۳ نشان داده شده‌اند. تنش حرارتی تفاضلی شعاعی در اتصالاتی از مواد نامتشابه به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$\delta = 0.5E_C\Delta T\Delta\alpha < S_A - S_E$$

جدول ۲-۳ مقادیر محاسباتی مربوط به مواد نامتشابه

مأخذ نظام‌نامه‌ای	لوله	لوله	
	A 312-TP304L	A 335 –P22	
	(18Cr-8Ni)	$(2\frac{1}{4}Cr - 1M_0)$	
(پیوست A-1 از B31.3)	20000 Psi	20000 Psi	S_c
(پیوست A-1 از B31.3)	13800 Psi	7800 Psi	S_h
(معادله 1a از B31.3)	28400 Psi	26950 Psi	S_A
(جدول C-6 از B31.3)	28.3×10^6 Psi	30.6×10^6 Psi	E_c
(جدول C-3 از B31.3)	10.29×10^{-6}in.in°F	7.97×10^{-6} in/in.°F	$\Delta\alpha$

فرض کنید که برای هر دو ماده [مقدار] E_c مشابه باشد، و ضخامت جدارهٔ لوله [فرایندی] و لولهٔ کوره در موضع جوش [نیز] یکسان باشد، آنگاه می‌توان برای به‌دست آوردن کرنش[1] و کرنش مجاز[2]، معادله را دوباره به شکل زیر مرتب کرد:

$$\Delta T\Delta\alpha < \frac{2(S_A - S_E)}{E_C}$$

$\Delta\alpha\Delta T = 7.97\times10^{-6}$in./in.°F(930°F) = 7.4×10^{-3}in./in., کرنش لوله[فرایندی]

1. Strain
2. allowable Strain

کرنش لوله [کوره]، $\Delta\alpha\Delta T = 10.29\times10^{-6}\text{in./in.}^\circ\text{F}(930^\circ\text{F}) = 9.6\times10^{-3}\text{in./in.}$

بنابراین، کرنش تفاضلی[1] در نقطه جوش برابر است با:

کرنش $\Delta T\Delta\alpha = 9.6\times10^{-3}\text{in./in.} - 7.4\times10^{-3}\text{in./in.} = 2.2\times10^{-3}\text{in./in.}$

کرنش، $\frac{2(S_A - S_g)}{E_c} = \frac{2(26950\text{Psi} - 8000\text{Psi})}{30.6\times10^6\text{Psi}} = 1.238\times10^{-3}\text{in./in.}$

کرنش محاسبه شدهٔ 2.2×10^{-3} از کرنش مجاز 1.238×10^{-3} تجاوز کرده است. اتصال فراتنیده[2] است. برای کاهش این تنش کرنشی، لازم است بین لوله [فرایندی] و لوله [کوره] یک قطعه فلز انتقالی[3] با ضریب انبساط متوسط [معادل با رقمی بین ضریب انبساط لوله [فرایندی و لولهٔ کوره –م.] اضافه شود.

ماده‌ای ASTM A 312 Grade 'TP 310، 25Gr-20Ni ، با $\Delta\alpha = 918\times10^{-6}\text{in./in.}^\circ\text{F}$ (جدول C-3 از B31.3) و $\Delta\alpha\Delta T = 8.5\times10^{-3}\text{in./in.}$ را به‌کار گیرید.

کرنش بین قطعه فلز انتقالی و لوله فرایندی برابر است با:

$8.5\times10^{-3}\text{in./in.} - 7.4\times10^{-3}\text{in./in.} = 1.1\times10^{-3}\text{in./in.}$

کرنش بین لولهٔ کوره و قطعهٔ [فلز] انتقالی (ASTM A 312 Grode TP 310) برابر است با:

$9.6\times10^{-3}\text{in./in.} - 8.5\times10^{-3}\text{in./in.} = 1.1\times10^{-3}\text{in./in.}$

هر دو کرنش در محدودهٔ کرنش مجاز قرار دارند. لذا، یک قطعه انتقالی از 25 Cr -20 Ni با طول تقریبی 8 C 6 اینچ باید بین مواد ASTM A 312 Grade TP 304 H و ASTM A 335 Grade f22، جوش شود.

$\Delta\&\Delta T$ در شکل ۱۰-۳ به‌صورت گرافیکی برای چند ماده نشان داده شده است. تفاوت بین کرنش‌های حرارتی [مواد] را در درجه حرارت [معین] می‌توان استخراج کرد.

Cold Spring (کشسانی سرد)

در یک سیستم لوله‌کشی، تغییر شکل دادن آگاهانهٔ لوله‌کشی[4] برای کاستن اثرات لوله در برابر تکیه‌گاه‌ها یا تجهیزات را Cold Spring [π316.5.1] نامند. این تغییر شکل[5]، با برش لوله و کوتاه و بلند کردن آن در جریان ساخت و نصب، برحسب مقدار انبساط حرارتی‌ای که انتظار آن می‌رود، صورت می‌پذیرد. جهت روشن شدن این مفهوم، [مثال] زیر را ملاحظه کنید:

---

1. differential Strain
2. Over-Stress
3. A Transition Piece
4. The Intentional Deformation Of The Piping
5. Deformation

مثال ۸-۳

یک طراح، حلقه‌ای انبساطی[1] را در خط بخاری که از جنس فولاد کربن دار است و در شرایط 500°F کار می‌کند، برروی "پایه لوله" قرار می‌دهد. فرض کنید که انبساط حرارتی کل[2] ناشی از دمای نصب 70°F محاسبه شده و برابر با ٤ اینچ باشد (طول لولهٔ مابین لنگرها مضربی از ضریب انبساط حرارتی موجود در جدول c-1 از b31.3 است). همچنین فرض کنید که نیروی حرارتی وارده بر لنگرها، که باعث به‌وجود آمدن انحراف در ساق‌های حلقه[3] [انبساطی] و انبساط می‌شود، برابر با ۵۰۰۰ پوند باشد. تحلیلی از فولاد لنگرگاهی نشان می‌دهد که فولاد نام برده شده "فرابارگذاری" شده است. درصورتی که طراح ترجیح دهد که Cold Spring پنجاه درصدی را اجرا کند؛ لذا از لولهٔ بین لنگرها مقدار ۵۰ درصد جابه‌جایی حرارتی کل، یا تا 2 اینچ، بریده شده و طول آن کوتاه می‌شود. عکس‌العمل حرارتی فولاد لنگرگاهی تا مقدار کمتر Rm، کاهش یافته و به وسیلهٔ معادلهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$R_m = R\left[1-\frac{2C}{3}\right]\frac{E_m}{E_a}$$

که:

R= نیروی واکنش حاصل از تحلیل حرارتی (در مثال ما، 5001b)

E_m= مدول‌الاستیسیته در دمای حداکثر (جدول C-6 از B31.3)

E_a= مدول‌الاستیسیته در دمای نصب (جدول C-6 از B31.3)

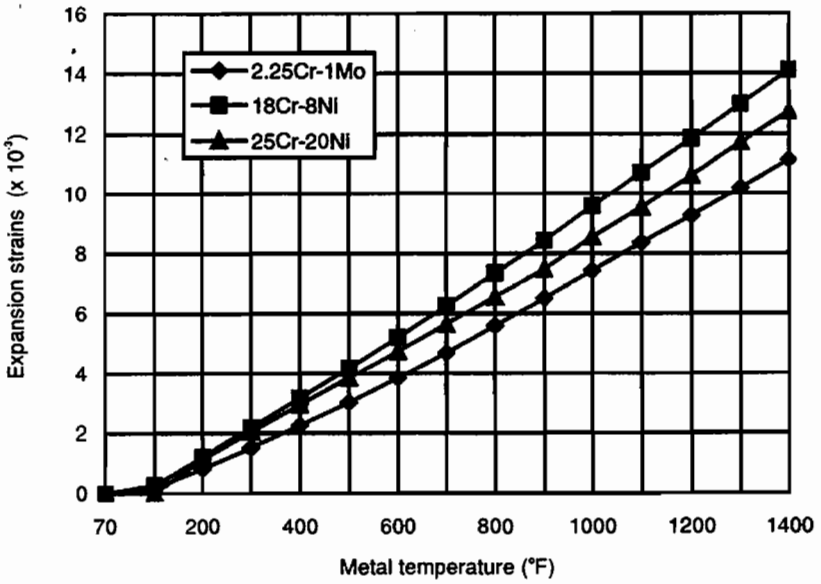
C= ضریب Cold Spring ، که از 0 برای حالتی که هیچگونه Cold Spring وجود ندارد تا 1.0 C که 100 درصد Cold Spring اجرا می‌شود.

از آنجایی که ممکن است در تعیین میزان واقعی Cold Spring ، افزایش صورت گرفته باشد، ثابت 2/3 را به‌عنوان ضریب عدم قطعیت اعمال می‌کنند. لذا در مسئله ما:

$$R_m = 5000\text{lb}\left[1-\frac{2(0.50)}{3}\right]\frac{27.3}{29.5} = 3085\text{lb}$$

هنگامی که Cold Spring پنجاه درصدی اجرا می‌شود، بار طراحی برروی فولاد لنگرگاهی به میزان 38 درصد (از 5000lb به 3085lb) کاهش می‌یابد.

1. Expansion Loop
2. Total Thermal Expansion
3. Loop Leg Deflection



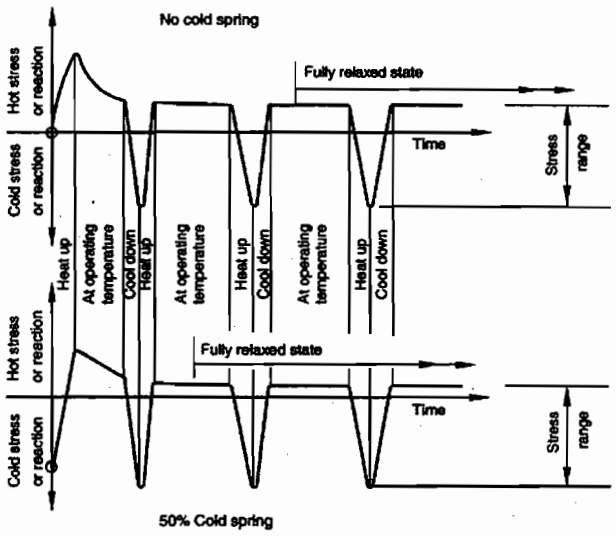
شکل ۱۰-۳

Cold Spring می‌تواند تا مقدار 100 درصد افزایش یابد، در مثال بالا، اگر برحسب مورد، لازم بود که R_m بیش از مقدار حاصله کاهش یابد، این امر قابلیت رخ دادن را داشت.

برای لوله‌ای که در آن سیال سرد یا سرمازا[1] جاری است، و E_m در آن از E_a بزرگتر است، هنگامی‌که از معادله R_m استفاده می‌شود و تحلیل حرارتی منجر به استفاده از E_a می‌شود، واکنش‌های حرارتی[2] افزایش خواهند یافت.

چنانچه در این مثال و در معادله‌ای که برای محاسبهٔ R_m به‌کار رفته است، ملاحظه کردید، کاربرد Cold Spring می‌تواند واکنش‌های [حرارتی] را کاهش دهد. برای کاهش حد تنش حرارتی نمی‌توان از Cold Spring استفاده کرد، و همچنین SE را نمی‌توان با استفاده از Cold Spring کم کرد. در شکل ۱۱-۳، محدودهٔ تناوب جابه‌جایی حرارتی[3]، بدون توجه به Cold Spring [و مستقل از آن] به‌طور گرافیکی نشان داده شده است. محدودهٔ تنش نیز بر همین سیاق، مستقل از Cold Spring باقی می‌ماند.

1. Cryogenic Or Cold Pipe Service
2. The Thermal Reactions
3. Thermal Displacement Cycling



شکل ۱۱-۳

تنش‌های Sustained Load (بارگذاری نگهدارنده) تنش‌های ثانویه‌ای هستند که به‌واسطهٔ فشار یا وزن به‌وجود می‌آیند و به مرور زمان کاهش نیافته و به مثابه تسلیم موضعی لولهٔ تحت تنش رخ می‌دهند.
[نظام‌نامه] B31.3 برای تنش‌های ناشی از بارگذاری‌های نگهدارنده محدوده‌هایی را قائل شده است. در بخش مربوط به شرایط طراحی در فصل ۲ ، حد نخست تنش نگهدارنده فهرست شده است: " تنش فشار اسمی[1] نباید از استحکام تسلیم ماده[2] در دمای [معین] تجاوز کند." [¶302.2.4(b)].
تنش اسمی نشاری، تنشی حلقوی[3] است، که برخی اوقات تنش فشاری محیطی[4] نیز نامیده می‌شود. تنش حلقوی δ_h ، با استفاده از **رابطهٔ جدارهٔ نازک**[5] به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$\delta_h = \frac{PD}{2t} \quad \text{Mpa (Psi)}$$

P=(Psig)Kpa فشار داخلی برحسب

D= (in.)mm قطر خارجی لوله،

t=(in.)mm دیوارهٔ لوله منهای حدود مجاز مکانیکی، خوردگی و سایش،

1. The Nominal Pressure Stress
2. The Yield Strength
3. The Hoop Streess
4. The Circumferential Pressure
5. The Thin Wall Formula

مثال ۹-۳

مطلوب است تنش حلقوی در لوله‌ای بدون درز از ASTM A 106 Grade B که تحت فشار داخلی 3450 Kpa(500 Psig) قرار گرفته و دارای مشخصهٔ DN 300 (NPS 12) است. خوردگی مجاز لوله 1.5mm(0.063in.) است.3450 Kpa را به 3.45 Mpa تبدیل کنید؛ OD لوله برابر است با 323.8 mm(12.75 in.).

حل:

ضخامت اسمی جدارهٔ لوله 9.5 mm(0.375 in.) است. برای لولهٔ بدون درز تلرانس بار برداری از سطح[1] برابر با 12.5 درصد است؛ بنابراین ضخامت دیواره‌ای که باید استفاده شود برابر خواهد بود با :

در آحاد رایج ایالات متحده

$$T = 0.375in.(1-0.125) - 0.063in. = 0.266in.$$

در آحاد متریک

$$T = 9.5mm(1-0.125) - 1.5mm = 6.8mm$$

آنگاه

$$\delta_h = \frac{500Psi(12.75in.)}{2(0.266in.)} = 11983Psi$$

$$\delta_h = \frac{3.45Mpa(323.8mm)}{2(9.5mm)} = 58.8Mpa$$

این ضخامت برای جدارهٔ لوله، جهت مقابله با تنش اولیه‌ای که منجر به شکست از طریق ترکیدگی لوله می‌شود مناسب بوده و استحکام تسلیم مادهٔ لوله را به سطحی بالای 59Mpa(11983 Psi) در دمایی که تحت فشار قرار گرفته است می‌رساند. (توجه: حد تنش برای فشار طراحی، S_h، برابر با استحکام تسلیم ماده نیست.)

حد تنش ثانویه ناشی از بار نگهدارنده در B31.3 ، برحسب تنش‌های طولی ناشی از بارهای نگهدارنده، S_L، [302.3.5© ¶] بیان شده به‌طور مستقیم در امتداد طول محور لولهٔ تحت‌فشار (کششی یا فشاری) اعمال می‌شوند.

برای محاسبهٔ S_L [نظام‌نامه] B31.3 معادله‌ای را تدارک ندیده است. این معادله را می‌توان از [نظام‌نامه] B31.3 اخذ کرد. معادلهٔ B31.3 عبارت است از:

$$S_L = \frac{PD}{4t} + \frac{0.75IM_A}{Z} \le 1.0S_h$$

که :

T= Y(in.)mm ضخامت دیواره منهای حدود خوردگی [و] سایش، تلرانس ماشین کاری به حساب آورده نشود

M_A = N.m(in.1b) گشتاور ناشی از وزن یا دیگر بارهای نگهدارنده

I= ضریب تشدید تنش برای اجزایی که تحلیل می‌شود.

1. Mill Under-Run

توجه داشته باشید که در [نظام‌نامه] B31.1 صرفاً یک SIF (ضریب تشدید تنش) درنظر گرفته می‌شود، حال آن‌که [نظام‌نامه] B31.1 دو ضریب، رو به داخل و رو به خارج صفحه را تعریف می‌کند. اگر طراح مایل باشد که معادلهٔ S_L از B31.3 را جهت تحلیل B31.3 بپذیرد، آنگاه باید از ضرایب i_i, i_o آن را که بزرگتر است انتخاب کند.

تنش طولی ناشی از فشار، S_{LP} ، از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$S_{LP} = \frac{PD}{4t}$$

گزاره‌های این معادله، به گزاره‌های معادلهٔ مربوط به δ_h ، شبیه هستند، به‌جز آن‌که تلرانس نام برده شده به باربرداری از سطح که میزان آن در محاسبهٔ ضخامت τ لحاظ نمی‌شود. مقداری از τ که در محاسبهٔ S_{LP} مورد استفاده قرار می‌گیرد، ضخامت اسمی جداره منهای حدود مجاز خوررگی، سایش و مکانیکی، $\overline{T} - C$ ، است.

تنش وزنی[1] که در [محاسبهٔ] S_L دخیل است، تنش‌های خمشی طولی به‌وجود آمده توسط شکم دادگی [یا فرورفتگی] لوله[2]، برآمدگی[3] و سایر خمیدگی‌هایی که بر اثر تأثیر نیروی ثقل ایجاد شده‌اند، است. تنش خمشی حاصل از وزن به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_{WL} = \frac{WL}{Z}$$

که:

W= وزن آویزی که در مرکز ثقل سیستم متمرکز است برحسب lb.

L= فاصلهٔ نقطه تکیه‌گاهی تا w ، برحسب m(in.).

Z= مدول مقطع لوله،

مثال ۱۰-۳

مطلوب است محاسبهٔ S_L لولهٔ بدون درز، با جدارهٔ استاندارد DN 300 (NPS 12)، که دارای مشخصه‌های زیر است:

در آحاد رایج ایالات متحده	آحاد متریک
P=650 Psig; C_a=0.063 in.	P=4480 Kpa; C_a=1.6mm

مرکز ثقل باری به مقدار 1780 N (400 lb) در سه متری(10ft) تکیه‌گاه لوله قرار دارد.

حل:

---

1. The Weight Stress
2. Pipe Sag
3. Pipe Overhang

$(\overline{T} = 9.5mm(0.375in.).4480Kpa = 4.48Mpa)$

$T = 9.5mm - 1.6mm = 7.9mm$

$OD = 323.9mm$

I.D.=323.9-2(7.9mm)=308.1mm

$$Z = \frac{\pi((323.9mm)^4 - (308.1mm)^4}{32 \times 323.9mm}$$

$Z=6.1\times10^5 mm^3=6.1\times10^{-4}m^3$

$$S_{LP} = \frac{4.48Mpa(323.9mm)}{4(7.9mm)} = 46Mpa$$

$S_{LW} = 3mm \times 1780N/6.1\times10^{-4}m^3$

$S_{LW} = 9\times10^6 N/m^2 = 9Mpa$

$S_L = S_{LP} + S_{LW} = 55Mpa$

$T = 0.375in. - 0.063in. = 0.312in.$

$OD = 12.75in.$

I.D.=12.75in.-2(0.312in.)=12.126in.

$$Z = \frac{\pi((12.75in.)^4 - (12.126in.)^4}{32 \times 12.75in.}$$

$Z=37.0\ in.^3$

$$S_{LP} = \frac{650Psi(12.75in.)}{4(0.312in.)} = 6640Psi$$

$S_{LW} = 10ft \times 12in./ft \times 400lb/37.0in.^3$

$S_{LW} = 1297Psi$

$S_L = S_{LP} + S_{LW} = 7937Psi$

تنش مجاز برای S_L، برابر است با تنش مجاز گرم ماده‌ای در درجه حرارت (معین)، S_h ، در لوله‌ای که سیال سرد یا سرمازا از آن عبور می‌کند. تنش مجاز برای S_L برابر است با S_C.

تنش‌های ناشی از بارگذاری‌های نامتداوم [ناگهانی[1]]

" تنش‌های ناشی از بارگذاری نامتداوم" در سیستم‌های لوله‌کشی براثر بارگذاری‌هایی مثل باد یا زلزله [¶302.3.6] ایجاد می‌شود. این تنش‌ها با توجه به ملاحظات زیر محاسبه می‌شوند:

الف) خیز لولهٔ[2] ناشی از نیروی باد[3] که همچون یک فشار ثابت افقی بر سطح خارجی لوله اعمال می‌شود،

ب) خیز به‌وجود آمده به‌وسیلهٔ بارهای زلزله [لرزشی[4]] ، که همچون شتاب افقی یا عمودی بر جرم یا وزن سیستم لوله‌کشی عمل می‌کند. روش نمونه‌وار بارگذاری زلزله‌ای [لرزشی] در موضعی که تحت شتاب افقی برابر با 0.28G قرار دارد، عبارت است از تعیین برایند تنش‌های حاصل از خیز؛ خیزی که به‌واسطهٔ اعمال نیروی افقی ثابتی برابر با 28 درصد وزن حاصل می‌شود؛ این تنش مشابه با روش محاسبهٔ تنش ناشی نیروی باد افقی (یا عمودی) محاسبه می‌شود.

---

1. Occasional Load Stresses
2. The Pipe Deflection
3. Wind Load
4. Earthquake Loads

مجموع تنش مجاز ناشی از اعمال بارهای نامتداوم [یا ناگهانی] ، S_{OL} و تنش‌های حاصل از بارهای نگهدارنده [یا حمال]، S_L برابر است با S_h 1.33.

$$S_{OL} + S_L \le 1.33 S_h$$

لزومی ندارد که [برای انجام محاسبات] نیروی باد و لرزشی را به‌طور همزمان بر سیستم اعمال کنیم.

نیروی باد[1]

[نظام‌نامهٔ B31.3] برای تعیین بارهای وزشی توسط باد برحسب نوع [و ویژگی] مناطقی که تحت‌اثر قرار دارند، طراح را به استفاده از تحلیل‌هایی که اساس آنها بر ASCE 7-93 [π301.5.2] قرار دارد، ملزم می‌کند. با استفاده از معادله زیر، بارهای وزشی W_{WL} محاسبه می‌گردند:

$$W_{WL} = q_z G C_F A_F$$

معادلاتی که برای تعیین فشار سرعتی، q_z، در ارتفاع z به کار می‌روند، در زیر نشان داده‌اند.

[آحاد] متریک (N/m^2): $q_z = 0.613 k_z k v^2 I$

آحاد رایج ایالات متحده (lb/ft^2): $q_z = 0.00256 K_{zt} V^2 I$

که:

ضریب فشار سرعتی در منطقه روباز (پاره‌ای از داده‌های مربوط به نواحی روباز "C" و "D" به‌طور کمی در جدول ٤-۳ داده شده است) $K_z =$

برای نواحی روباز"C" و "D" : $K_{zt} = 1.0$ ، ضریب توپر گرافیک[2] [یا خاک شناختی] $= K_{zt}$

ضریب اهمیت[3] برحسب نوع بنا (پاره‌ای از داده‌های مربوط به ضریب اهمیت در جدول ٥-۳ آورده شده است) I=

سرعت باد، استخراج شده از ASCE 7-93 برحسب m/s (مایل بر ساعت)، به شکل ۱۲-۳ نگاه کنید)[4] V=

ضریب پاسخ تندباد[5] $G_z =$

(پاره‌ای از داده‌ها مربوط به این ضریب در جدول ٤-۳ آمده است)

سطحی از لوله، مشتمل بر عایق که در معرض وزش باد قرار دارد، برحسب $A_f = m^2 (ft^2)$

به جدول ٦-۳ نگاه کنید، ضرایب نیرویی[6] $G_f =$

---

1. Wind Loads
2. Topographical Factor
3. Importance Factor

٤. نقشهٔ نشان داده شد برای ایالات متحده آمریکاست که برای استفاده از این معادله باید سرعت باد در مناطق مختلف کشور خودمان را در اختیار داشته باشیم- م.

5. Gust Response Factor
6. Force Coefficients

ASCE 7-95 چهار نوع قرارگیری یا در معرض بار وزشی واقع شدن را که در محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرند، فهرست کرده است. مثال‌هایی از این نواحی [چهارگانه] عبارت‌اند از:

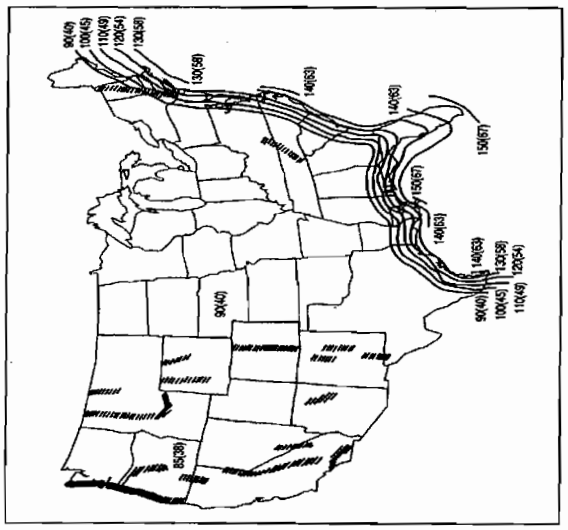
مراکز بزرگ شهری – ناحیه روباز A

مناطق شهری و حومه‌نشین، نواحی جنگلی – ناحیه سرباز B

نواحی سرباز با موانعی پراکنده، که ارتفاع آنها از ۳۰ پا کمتر باشد. – منطقه روباز C

نواحی مسطح و بی‌مانع که در معرض وزش باد قرار دارند؛ بادی که – منطقه روباز D

از فراز امواج بزرگی [یا توده‌های کوه پیکری از آب] با فاصلهٔ 1.61 کیلومتری (1 مایلی) می‌وزد.



شکل ۱۲-۳

جدول ۳-۳ دسته‌بندی بناء و سازه[ها]

درجه بنا	طبیعت اسکان یا کاربری بنا[1]
I	همهٔ ابنیه و سازه‌هایی که برای زندگی بشر مناسب بوده و حداقل خطر و امکان رخ دادن سوانح غیر مترقبه داشته باشند.
II	همهٔ ابنیه و سازه‌ها به‌جز انواع I، III یا IV
III	همهٔ ابنیه و سازه‌هایی که متضمن خطراتی ذاتی برای زندگی بشر بوده و احتمال بروز حوادث غیرمترقبه در آنها می‌رود.
IV	ابنیهٔ سازه‌هایی که به‌عنوان تأسیساتی ضروری طراحی شده‌اند: [همچون] بیمارستان‌ها، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، نیروگاه‌ها و غیره

1. Nature Of Occupancy

جدول ۳-۴ ضریب فشار سرعتی، K_z، برای منطقهٔ روباز معین (برای نواحی سرباز "C" و "D") و ضریب پاسخ تندباد، G

ارتفاع از سطح زمین، Z		K_z		G
متر	پا	C	D	
0-4.6	0-15	0.85	1.03	1.15
6.1	20	0.90	1.08	1.14
7.6	25	0.94	1.12	1.13
9.1	30	0.98	1.16	1.12
12.2	40	1.04	1.22	1.11
15.5	50	1.09	1.27	1.10
18.0	60	1.13	1.31	1.09
21.3	70	1.17	1.34	1.08
24.4	80	1.21	1.38	1.08
27.4	90	1.24	1.40	1.07
30.5	100	1.26	1.43	1.07
36.6	120	1.31	1.48	1.06
42.7	140	1.36	1.52	1.05
48.8	160	1.39	1.55	1.05
54.9	180	1.43	1.58	1.04

ضرایب اهمیت که [در زیر] برای تأسیسات ضروری فهرست شده‌اند، براساس نوع [یا درجه] ساختمان فهرست شده در جدول ۳-۳ قرار دارند.

جدول ۳-۵ ضریب اهمیت، I

درجه [یا نوع]	ضریب اهمیت، I
I	0.87
II	1.00
III	1.15
IV	1.15

جدول ۶-۳ ضرایب نیرو (برای لوله)، C_f

آحاد	لوله با:	C_f برای مقادیری از $\frac{h}{D}$:		
		1	7	25
متریک	$D\sqrt{q_z} > 5.3$	0.5	0.6	0.7
رایج ایالات متحده	$D\sqrt{q_z} > 2.5$	0.5	0.6	0.7
متریک	$D\sqrt{q_z} \leq 5.3$	0.7	0.8	1.2
رایج ایالات متحده	$D\sqrt{q_z} \leq 2.5$	0.7	0.8	1.2

در زیر، مثالی از محاسبهٔ **فشار سرعتی**، q_z، آورده شده است.

در کرانهٔ خلیج تگزاس در یک کارخانهٔ شیمیایی، لوله‌ای نو و بلند [طویل] با DN 300 (NPS 12) و ضخامت دیوارهٔ استاندارد که تا 100mm(4in) پر ازآب شده است و دارای عایقی از سیلیکات کلسیم منیزی ۸۵ درصد است، در بنایی از درجهٔ III که در ناحیهٔ روباز نوع C قرار داشته و فاصلهٔ بین تکیه‌گاه‌های آن 6.1m(20ft) بوده و نیز فاصلهٔ بین guide های وزشی آن 12.2m(4aft) است، کار گذارده شده است. مقدار q_z چقدر است؟

نیروی افقی وزش، W_f، وارده بر هر guide چقدر است؟

حل:

از جدول ٤-۳، $K_z = 0.9$

براساس تعاریف، برای ناحیهٔ روباز"C"، $K_{zt} = 1.0$

از جدول ٥-۳، I=1.15

از شکل ۱۲-۳، 100mph یا V=54m/s

آحاد رایج ایالات متحده — آحاد متریک

$q_z = 6.13K_zK_{zt}V^2]$ — $q_z = 0.00256K_zK_{zt}V^2]$

$q_z = 0.613(0.9)(1.0)(54)^2(1.15)$ — $q_z = 0.00256(0.9)(1.0)(100)^2(1.15)$

$q_z = 1850N/m^2$ — $q_z = 38.15lb/ft^2$

هر guide، وزشی بر روی 12.2m(40ft) از لوله اثر می‌کند. نیروی وزشی guide، W_f ، برابر است با:

$W_f = q_z c_f A_f$ نیوتن (پوند)

عبارت C_f ضریب نیرویی است که براساس شکل و ارتفاع سازه‌ای که تحت اثر وزش باد قرار دارد، تعیین می‌شود. برای لوله، C_f از جدول ۶-۳ تعیین می‌شود، h ارتفاع لوله برحسب متر (پا) از زمین و D قطر لوله با احتساب ضخامت عایق آن برحسب متر (پا) است. گزارهٔ q_z فشار سرعتی برحسب $N/M^2(lb/ft^2)$ است.

آحاد رایج ایالات متحده

$$D=\frac{12.75in.+8in.}{12in/ft}=1.73ft$$

$$D\sqrt{q_z}=1.73ft\sqrt{38.15lb/ft^2}=10.7\sqrt{N}$$

$$\frac{h}{D}=\frac{20ft}{1.73ft}=11.5$$

از جدول ۶-۳ C_f=0.7

$$W_f=38.15lb/ft^2(40ft)(1.73ft)(0.7)$$

$$W_f=1848lb$$

آحاد متریک

$$D=\frac{324mm+203mm}{1000mm/m}=0.527mm$$

$$D\sqrt{q_z}=0.527m\sqrt{1850N/m^2}=22.6\sqrt{N}$$

$$\frac{h}{D}=\frac{6.1m}{0.527}m=11.5$$

از جدول ۶-۳ C_f=0.7

$$W_f=1850N/m^2(12.2m)(0.527m)(0.7)$$

$$W_f=8326N$$

نیروی وزش در هر guide وزشی برابر است با:

مقدار W_f ، مقدار بار افقی وارده به سازه در هر guide وزشی است. از این بار برای تعیین تنش ناشی از بار نامتداوم [یا ناممتد] ، که به‌واسطهٔ باد در لوله ایجاد گشته است استفاده می‌شود.

تنش ناشی از بار نامتداوم [یا ناممتد]، δ_{OL}، که ناشی از اعمال بار وزشی است با استفاده از معادلات تیر محاسبه می‌شود. در زیر نمونه‌ای از چگونگی محاسبهٔ δ_{OL} را با استفاده از معادلات مربوط به یک تیر تکیه‌گاهی ساده [تیر یک سر درگیر] (یا guide گذاری شده) با گشتاور خمشی، M ، که حاصل بار گستردهٔ وزشی است، ارائه می‌شود.

$$M=\frac{W_{UWL}(L)^2}{8}N.m(in.lb)$$

تنش ناشی از بار نامتداوم برای لوله‌ای با DN 300(NPS 12) فاصلهٔ بین guide های وزشی آن 12.2 متر (40 پا) است برابر است با:

با گستردهٔ W_{UWL} حاصل از بار وزشی عبارت است از:

آحاد رایج ایالات متحده

$$W_{UWL}=\frac{18481b}{40ft(12in./ft))}=3.851b/in.$$

آحاد متریک

$$W_{UWL}=\frac{8326N}{12.2m}=682.5N/m$$

تنش نیم‌فاصله[1]، δ_{OL}، به‌طریق زیر محاسبه می‌شود:

1. The mid-Span Stress

$$\delta_{OL} = \frac{M}{Z}$$

که:

$$M = \frac{682.5N/m(12.2m)^2}{8} \qquad M = \frac{3.851b/in[(40ft)(12in/ft)]^2}{8}$$

$$M = 12698N.m \qquad M = 110880in.1b$$

$$Z = 6.05\times10^{-4}m^3 \qquad Z = 37.0in.^3$$

$$\delta_{OL} = \frac{12698N.m}{6.05\times10^{-4}m^3} = 20.9Mpa \qquad \delta_{OL} = \frac{110880in.1b}{37.0in^3} = 29971b/in.$$

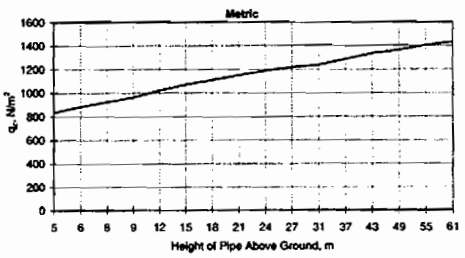
آنگاه این تنش ناشی از بار نامتداوم که حاصل وزش است به تنش طولی حاصل از بارهای حمال، S_L ، افزوده می‌شود، مقدار مجموع باید از تنش مجاز، $1.33S_h$[π302.3.6] کمتر باشد.

توجه داشته باشید که $1.33S_h$، S_h برابر است با 2/3 استحکام تسلیم ماده، حدوداً برابر است با 0.9 استحکام تسلیم. این تنش‌های حمال تنش‌های اولیه‌ای هستند که نباید از مقدار استحکام تسلیم ماده در دمای معین تجاوز کند. این [نمونه] مثال دیگری است از نظریهٔ شکست ناشی از حداکثر تنش اصلی.

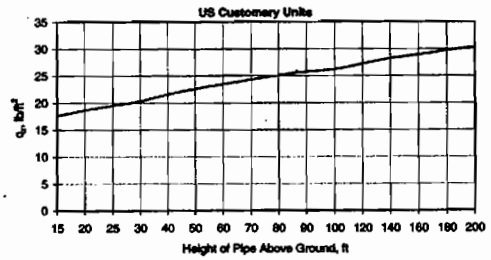
شکل‌های a-۱۳-۳ و b -۱۳-۳ بیان گرافیک تغییر در فشار وزش، q_z ، برحسب نیوتن بر مترمربع و پوند بر فوت مربع، برای بادی با سرعت 40m/s(90mph) ، که بر لوله‌ای که در ناحیهٔ روباز "C" و ابنیه با درجهٔ III با ضریب اهیمت 1 ، به‌صورت تابعی از تغییرات ارتفاع لوله از سطح زمین، هستند.

آنگاه این تنش به تنش‌های طولی ناشی از بارهای نگهدارنده، S_L ، افزوده می‌شود؛ مجموع تنش‌های یاد شده باید از تنش مجاز[¶302.3.6] $1.33\,S_h$ (برای لوله‌های که سیال سرد در آنها حرکت می‌کند، $1.33S_c$) کمتر باشد.

توجه کنید که گزارهٔ $1.33\,S_h$ ، که در آن S_h برابر است با 2/3 استحکام تسلیم ماده، برابر است با حدوداً 0.9 استحکام تسلیم. این تنش‌های نگهدارنده تنش‌های اولیه‌ای هستند که نباید از استحکام تسلیم ماده در دمای معین تجاوز کنند. این [نمونه] مثال دیگری از تئوری شکست براثر حداکثر تنش اصلی است.



شکل a ۱۳-۳



شکل b ۳-۱۳

زمین‌لرزه[1]

نظام‌نامهٔ B31.3 ، طراح لوله‌کشی را برای دریافت دستورالعملی جهت تعیین نیروهایی که به‌وسیلهٔ حرکات لرزشی زمین به‌وجود آمده و بر لوله‌ها اثر می‌کنند را در [¶301.2.3]ASCE 7-95 ارائه می‌دهد. این نیروها که در هر دو راستای افقی و عمودی عمل می‌کنند، مانند باد، موجبات جابه‌جایی‌هایی را در [سیستم] لوله‌کشی فراهم خواهند آورد. طراح باید تنش برایند حاصل از بار نامتداوم [یا ناممتد] ناشی از این جابه‌جایی‌ها را تعیین کرده و برای قیاس با تنش مجاز $1.33\,S_h$ [¶ 302.3.6] مقدار آن را به تنش‌های ناشی از بار نگهدارنده [یا حمال] ، S_L ، بیفزاید.

معادلهٔ ASCE 7-95 برای تعیین نیروی ناشی از زمین لرزه، F_p وارد بر لوله عبارت است از:

$$F_p = 4.0C_aI_pW_p$$ نیوتن (پوند)

که:

ضریب لرزه[2]، که براساس نوع خاک[3] و شدت لرزش[4]، A_a، تعیین می‌شود، جدول۷-۳ (برای تعیین نوع خاک به جدول ۸-۳ نگاه کنید.)=Ca

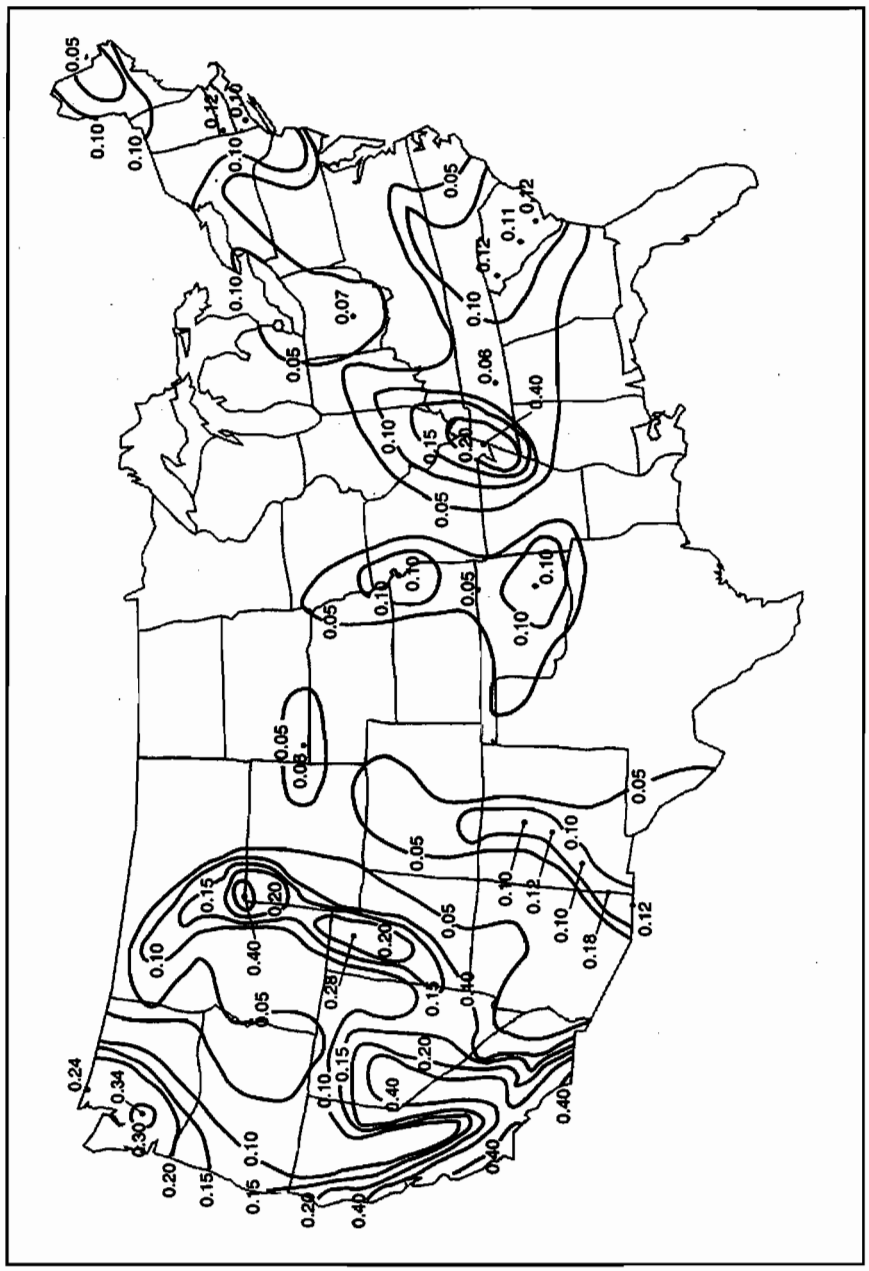
ضریب لرزه که نمایانگر شتاب Peak مؤثر[5](شدت‌لرزش) بوده و از شکل ۱٤-۳به‌دست می‌آید.=Aa

برای لوله‌هایی که سیالات خطرناک از آنها عبور می‌کند. $I_p = 1.5$

برای لوله‌های دیگرIP=1.0

وزن لولهٔ در حال سرویس‌دهی برحسب نیوتن (پوند).=WP

1. Earthquake
2. Seismic
3. Soil Type
4. Shaking Intensity
5. effective Peak Acceleration



شکل ۱۴-۳

جدول ۷-۳ ضریب لرزه، Ca

نوع خاک	شدت لرزش، Aa						
	Aa<0.05g	Aa=0.05g	Aa=0.10g	Aa=0.20g	Aa=0.30g	Aa=0.40g	Aa=0.5g
A	A_a	0.04	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40
B	A_a	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
C	A_a	0.06	0.12	0.24	0.33	0.40	0.50
D	A_a	0.08	0.16	0.28	0.36	0.44	0.50
E	A_a	0.13	0.25	0.34	0.36	0.36	*

*باید، در محل کارگاه بررسی ژئوتکنیکال (خاک شناختی) ویژه‌ای صورت گرفته و تحلیل‌هایی از پاسخ دینامیکی [خاک کارگاه] تهیه شود.

جدول ۸-۳ طبقه بندی نوع خاک

نوع خاک	پروفیل خاک	سرعت موج پرشی، V	
		آحاد متریک	آحاد رایج ایالات متحده
A	*صخره‌ای سخت*	>5000 m/s	>5000 Fps
B	*صخره‌ای*	760 تا 1500 m/s	2500 تا 5000 Fps
C	*خاک بسیار فشرده و صخره‌ای نرم*	370 تا760 m/s	1200 تا 2500 Fps
D	*خاک سفت*	180 تا 370 m/s	600 تا 1200 Fps
E	*خاک [معمولی]*	<180 m/s	<600 Fps

مثال ۱۲-۳ نیروی زمین لرزه

در لوله‌ای با DN 300 (NPS 12) ، که با سیال قابل اشتعالی که چگالی آن (62.4 lb/f-t^3) است و با عایقی از سیلیکات کلسیم منیزی[1] ۸۵ درصد به ضخامت (4in.) پوشانده شده و در کارگاهی در اُکلاهامای[2] مرکزی با نوع خاک E نصب شده است، نیروی افقی لرزه‌ای، F_{ph} ، را که بر هر guide که به فواصل (12.2m(40ft از یکدیگر واقع شده‌اند، وارد می‌شود، محاسبه کنید.

حل:

فرض کنید که هر guide، (12.5m(40ft از لوله را نگاه خواهد داشت.

از شکل ۱۴-۳ ، A_a=0.10

از جدول ۷-۳ ، C_a=0.25

[و] از تعاریف، I=1.5 ، [خواهند بود]

در آحاد رایج ایالات متحده	در آحاد متریک
$W_p = 116.5 lb/ft$	$W_p = 1700 N/m$
$F_{Ph} = 69901 bs$	$F_{Ph} = 31.11 KN$

نیروی افقی لرزه‌ای معادل با 31110N(69901b) می‌بایست توسط guide های لولهٔ این سیستم لوله‌کشی تحمل شود. تنش برایند ناشی از بار نامتداوم حاصل از این نیروی افقی به‌وسیلهٔ اعمال بار یکنواخت مشابهی[3]، U_{HL}، و از طریق معادلات مربوط به تیر یک سردرگیر[4]؛ در مثال بارگذاری توسط باد[5] استفاده شده، محاسبه می‌شود.

تنش نیم- فاصله[6] از طریق $\delta = \frac{M}{Z}$ محاسبه می‌شود.

گشتار M در نیم فاصله برابر است با $\frac{U_{HL}(L)^2}{8}$

$U_{HL} = 14.56 lb/in. = 174.75 lb/ft$	$U_{HL} = 2550 N/m$
$M = 419400 in.lb$	$M = 47442 N.m$
$Z = 37.0 in.^3$	$Z = 6.5\times10^{-4} m^3$
$\delta = 11335 Psi$	$\delta = 78 Mpa$

1. Magnesia Calcium Silicate
2. Oklahama
3. The Same Uniformly loaded
4. Simply Supported beam
5. Wind Load
6. mid-span

این تنش ناشی از بار نامتداوم باید با تنش ناشی از بار نگهدارنده، S_L ، جمع شده و حاصل جمع با تنش مجاز، $1.33S_h$[¶302.3.6]، مقایسه شود.

با استفاده از دستورالعمل ASCE 7-95 در بالا می‌توان نیروی قائم لرزه‌ای، F_{PV}، را محاسبه کرد. نیروی قائم لرزه‌ای [از نظر مقدار] با نیروی افقی برابر است. بار F_{PV} باید در انتخاب [نوع] تکیه‌گاه‌های لوله مدنظر قرار گیرد. درصورتی که F_{PV} از وزن لوله تجاوز کند، ممکن است به تکیه‌گاه‌های زیرنگهدار[1] نیاز پیدا کرد.

جدول ۹-۳ ضریب تقویت اتصال[2] (a_c)

ضریب تقویت اتصال (a_c)	سازه و کار تکیه‌گاه کناری اجزای [لوله‌کشی][3]
1.0	اتصال ثابت یا مستقیم
1.0	و دریافت کنندهٔ فعالیت زمین لرزه‌ای
	سیستم تکیه‌گاهی ارتجاعی که
1.0	$TC/T<0.6$ یا $TC/T\leq1.4$
2.0	$TC/T<0.6$ یا $TC/T\leq1.4$

TC توالی اساسی[3] لوله و اتصال تکیه‌گاه لوله به سازهٔ تکیه‌گاهی و T [نیز] توالی اصلی سازهٔ تکیه‌گاهی است. مثالی از کاربرد دستورالعمل زمین‌لرزه‌ای ASCE 7-93 به شرح زیر است:

مثال ۱۳-۳

لوله‌ای که در آن گاز خطرناکی جریان دارد و وزن آن نیز ۱۰۰۰ پاوند بوده و دارای طولی معادل ۳۰ (پا) است، در ساحل غربی کالیفرنیا نصب شده است. نیروی افقی لرزه‌ای طراحی F_{Ph} را برای این لوله که با استفاده از guide و تکیه‌گاه در دو سر آن صلب شده است را بیابید.

حل:

از شکل ۱۴-۳، $A_V=0.4$،

از جدول ۷-۳ ، $C_{C=2.0}$،

از جدول ۷-۳، $P=1.5$،

از جدول ۹-۳، $a_c=1.0$

و $W_C=1000lb$

---

1. hold-down supports
2. Attachment Amplification Factor
3. در واقع توالی اساسی Tc مبین تعداد دفعات اتصال لوله به تکیه‌گاه یا به سازهٔ تکیه‌گاهی است.

The Fundamental Period

$$F_{ph} = 0.4(2.0)(1.5)(1.0)(10001b) = 12001b$$

نیروی افقی لرزه‌ای ۱۲۰۰ پوندی محاسبه شده برای این لولهٔ ۳۰ فوق باید توسط guide های لوله تحمل شود. برایند تنش حاصل از بار نامتداوم [یا ناممتد] ناشی از این نیروی افقی را می‌توان با بارگذاری یکنواخت مشابهی، همچون مثال مربوط به بارگذاری ناشی از باد، از طریق معادلات تیریک سردرگیر محاسبه کرد.

تنش نیم- فاصله‌ای به‌وسیلهٔ $\delta = \frac{M}{Z}$ Psi محاسبه می‌شود.

بار افقی یکنواخت $UHL = \frac{12001b}{30f + (12in/ft)} = 3.331b/in.$

گشتاور M در نیم- فاصله $= \frac{UHL(L)^2}{3} = \frac{3.331b/in.(30ft \times 12)^2 in/ft}{8} = 53946in.1b$

$Z = 20.6in.^3$

$\delta = 53946in1b/20.6in.^3 = 2618Psi$ آنگاه

این تنش ناشی از بار نامتداوم با تنش ناشی از بار حمال، یا نگهدارنده S_L ، جمع شده و با تنش مجاز $1.33\ S_h$ [¶302.3.6] می‌بایست مقایسه شود.

برای محاسبهٔ نیروی قائم زمین لرزه، F_{pv} ، با به‌کارگیری 1/3 ضریب C_c افقی در معادله F_{ph} ، در بالا، می‌توان از دستورالعمل‌های زلزله ASCE 7-93 فوق‌الذکر استفاده کرد. همهٔ دیگر مقادیر عبارات، مانند عباراتی که برای محاسبهٔ نیروی افقی به کار رفته‌اند، بدون تغییر می‌مانند. نیروی قائم زمین‌لرزه-ای برای مثال بالا برابر است با :

$$F_{pv} = 0.4(1/3)(2.0)(1.5)(1.0)(10001b) = 4001b$$

در قیاس با برایند تنش حاصل از F_{ph}، برایند تنش حاصل از F_{pv} قابل اغماض بوده ، با مقدار تنش افقی جمع بسته نخواهد شد، لیکن (درصورتی‌که به‌طور همزمان نیروها اعمال نشوند) به‌طور جداگانه مدنظر قرار می‌گیرد. این بار F_{pv} در انتخاب تکیه‌گاه‌های لوله مدنظر قرار می‌گیرد؛ [در واقع] اگر F_{pv} از وزن لوله تجاوز کند ممکن است تکیه‌گاه‌های hold-down موردنیاز باشد.

فشار تنظیم شیر اطمینان[1]

برای برقرار ساختن تنظیم در تجهیزات تخلیهٔ فشار[2] [یا فشار شکن‌ها] در سیستم‌های لوله‌کشی نظام‌نامه طراح را [π322.6.3] به استفاده از دستورالعمل UG-125(C) در قسمت ۱ ، بخش VIII از ASME

1. Relief Valve Set Pressure
2. Pressure Relieving device

دعوت می‌کند. درصورتی‌که با تأیید کارفرمایان طرح[1]، تغییرات دما- فشار یاد شده در بند[2] 304.2.4 مجاز شمرده شود، مورد از شمول نظام‌نامه خارج بوده و استثناست.

الزامات بخش VIII برای فشار تنظیم شیر اطمینان وابسته به تجهیزاتی که برای تخلیه فشار به کار رفته است می‌باشد.

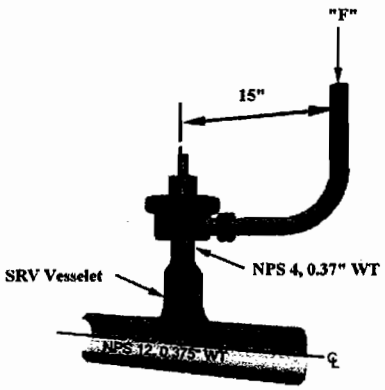


Figure 3.15 Safety relief valve installation.

شکل ۱۵-۳

در یک سیستم لوله‌کشی که از یک دستگاه تخلیه فشار استفاده می‌کند، فشار تنظیم[3] باید به‌گونه‌ای باشد که اجازه ندهد تا فشار، از میزان 10 درصد فشار طراحی یا 3Psi [بیش از فشار طراحی] فراتر رود. در یک سیستم لوله‌کشی از چند دستگاه تخلیه فشار استفاده می‌کند، فشار تنظیم باید به‌گونه‌ای باشد که اجازه ندهد تا فشار، از میزان ۱۶ درصد فشار طراحی یا 4Psi [بیش از فشار طراحی] فراتر رود.

هر سیستم لوله‌کشی، باید مورد ارزیابی قرار گرفته و پتانسیل [یا توان بالقوهٔ] قرار گرفتن در معرض آتش یا منابع حرارتی خارجی[4] غیرمترقبه آن تعیین شود. اگر این پتانسیل واقعی باشد، باید تجهیزات استخلاص فشار مکمل[5] به‌گونه‌ای باشند که اجازه ندهند تا فشار از میزان ۲۱ درصد فشار طراحی بالاتر رود.

تلرانس فشار تنظیم شیرهای اطمینان فنری[6] برای سیستم‌هایی که فشار طراحی آنها 70Psi یا (483Kpa) و کمتر است، نباید از 2Psi(13.8 Kpa) تجاوز کند؛ و در سیستم‌هایی که فشار طراحی آنها

1. The Plant Owners
2. Paragraph
3. The Set Pressure
4. Unexpected External Heat Sources
5. The Supplemental Pressure Relief Devices
6. Spring Loaded Relief Valves

بیشتر از 70Psi(483Kpa) تجاوز کند؛ و در سیستم‌هایی که فشار طراحی آنها بیشتر از 70Psi(483Kpa) است، این تلرانس نباید از ۳ درصد فشار طراحی فراتر رود.

از تجهیزات تخلیهٔ فشاری که قابلیت انسداد مجدد را ندارند[1]، مثل صفحات انفجاری[2] برای حفاظت [سیستم] از فرا- فشاری[3] شدن آن استفاده می‌شود. هنگامی‌که [در سیستم لوله‌کشی] از صفحهٔ انفجاری کننده استفاده شود، فشار طراحی به مقدار مناسبی بالاتر از فشار کارکرد [سیستم] باقی می‌ماند.

درصورتی‌که فشار ترکیدگی مشخص[4] [سیستم] برابر یا کمتر از 40Psi(276Kpa) باشد، فشار ترکیدگی[5] (تحت دمای معین) صفحهٔ انفجاری[یا انفصال] باید دارای تلرانسی معادل با حداکثر ±2Psi (13.8Kpa) باشد؛ و برای سیستم‌هایی که فشار انفجار مشخص آنها بیش از 40Psi(276Kpa) باشد؛ این تلرانس باید ±5 درصد باشد.

برای تجهیزات تخلیه حرارتی مایع[6]، [نظام‌نامه] B31.3 فشار تنظیم [معینی] را مقرر داشته است؛ فشار تنظیم [در اینگونه تجهیزات] نباید از پایین‌ترین فشار تست سیستم و از آنچه که در بخش ۳۴۵ نظام‌نامه است، یا از 120 درصد فشار طراحی، فراتر رود.

تخلیهٔ شیر اطمینان ایمنی[7] [محافظ]

برایند تنش‌های ناشی از بار ناگهانی حاصل از تخلیه شیر اطمینان ایمنی در محل تقاطع لوله انشعابی شیر اطمینان[8] و لوله اصلی[9] رخ می‌دهد. در این موضع، گشتاورهای خمشی ایجاد شده توسط نیروی پرتابی تخلیهٔ بزرگترین [گشتاورها] بوده و تنش ایجاد شده باید محاسبه شود. این محاسبهٔ تنش همانند محاسبهٔ تنش‌های خمشی که پیشتر توصیف شده است می‌باشد، جز آن‌که در محلی که نیروهای خمشی ایجاد شده توسط انبساط حرارتی، اثر می‌کنند، نیروی پرتابی شیر اطمینان برای تولید گشتاورهای خمشی [در محاسبات] مورد استفاده قرار می‌گیرند. تنش مجاز برای چنین تنش خمشی‌ای برابر است با

1. Non Reclosing Pressure Relief Devices
2. Rupture Disk
3. Over-Pressure
4. Marked Burst Pressure
5. The Burst Pressure
6. Liquid Thermal Relief Devices
7. Safety Relief Valve Discharge
8. The Relief Valve Branch Pipe
9. The Header

$1.33S_h$ با استفاده از دستورالعمل مربوط به محاسبهٔ نیرو برای سیستم‌های تخلیه بسته[1] و تخلیه باز[2]، API-RP520 این نیرو قابل محاسبه است.

مثالی از واکنش شیر اطمینان و محاسبهٔ تنش خمشی برآیند به شرح زیر است:

مثال ۱۴-۳

به‌واسطهٔ بروز وضعیت فرافشردگی[3] در لوله‌ای که بخار فشار پایین در آن جریان داشته است، شیر اطمینان به اتمسفر تخلیه شده است. مقدار نیروی واکنشی[4]، F ، و تنش خمشی در محل تقاطع لولهٔ شیر اطمینان با لولهٔ مسیر[5] چقدر است؟

فرض کنید برای لولهٔ دنبالهٔ شیر اطمینان[6] هیچگونه در نظر گرفته نشده است. طراح یک شیر اطمینان محافظ [ایمنی] آوندی[7] را که به‌صورت یک اتصال انشعابی برجسته در جوف [لولهٔ انشعابی] از داخل جوش شده[8] و لوله ورودی شیر اطمینان را به لوله مسیر وصل می‌کند، انتخاب کرده است (به شکل ۱۵-۳ نگاه کنید). لولهٔ مسیر NPS 12 با ضخامت دیوارهٔ اسمی 0.375 اینچ است. لولهٔ انشعابی که به شیراطمینان می‌رود دارای NPS4 با ضخامت جدارهٔ اسمی 0.237 اینچ است. گزاره‌های پایین در API-RP 520 (به شکل ۱۶-۳ نگاه کنید) تعریف شده‌اند.

شرایط تخلیه:

$$w = 195501b/hr; k = 1.32; T = 415^\circ F = 875^\circ R; M = 18$$

$$A_0 = 28.9in^2$$

$P_2 = 0$[9] (جریان مسدود نیست)

$$F = \frac{w\sqrt{\frac{KT}{(K+1)M}}}{366} : (API - RP520) \text{ برحسب پوند، نیروی پرتاب، از } F$$

$$1bf$$

---

1. Closed – Discharge (تخلیه مسدود)
2. Opened-Discharge
3. Over-Pressure
4. The reaction Force
5. The run pipe
6. The relief valve tail pipe
7. a Safety relief Valve vesselet
8. a welded in contoured insert branch Fitting
9. not Chocked

$$F = \frac{19550\sqrt{\frac{1.32\times 875}{2.32\times 18}}}{366} = 281$$

نه API و نه [نظام‌نامه] B31.3 پیشنهادات ویژه‌ای که دربردارنده ضریب بار دینامیکی برای محاسبات مربوط به نیروی پرتاب شیر اطمینان باشد را ارائه نمی‌کنند. در هر حال، نظام‌نامهٔ لوله‌کشی نیروگاهی، B31.1 پیشنهاد کرده است که برای انجام تقویت بهتر نیروی آتی وارده حاصل از باز شدن شیر اطمینان در [واحد] زمان، نیروی F ضربدر 2.0 ضریب بار دینامیکی شود. با استفاده از این ضریب، نیروی طراحی برای محاسبه تنش خمشی برابر است با:

F=2.0×281 lb=562 lb

فرض کنید که فاصلهٔ مابین خطالمرکزین [یا میان تار] لولهٔ ورودی شیر اطمینان و میان تار لولهٔ تخلیهٔ شیر اطمینان، 15 اینچ باشد. (این فاصله برابر با بازوی گشتاور است که در نیرو ضرب شده و لنگر خمشی را به‌وجود می‌آورد.) لذا گشتاور خمشی برابر است با:

$$M_i = 562\text{lb}\times 15\text{in} = 8430\text{in.lb}$$

فرض کنید شیر اطمینان، چنانکه در شکل ۱۵-۳ نشان داده شده است، به‌گونه‌ای قرار گرفته که واکنش رو به داخل صفحه در سیستم لوله‌کشی رخ نماید. برای اتصالی که در جوف [لوله] قرار گرفته، ضریب تشدید تنش برابر است با (پیوست D از B31.3 نگاه کنید):

$$\dot{I}_o = 0.9/h^{2/3}, h = 4.4\overline{T}/r_2;$$

$$r_2 = 0.5(12.75\text{in} - 0.375\text{in.}) = 6.1875\text{in};$$

$$\overline{T} = 0.375\text{in}; h = 0.266\text{in.}$$

$$\dot{I}_o = 2.17,\ \dot{I}_1 = 0.75\ I_0 + 0.25 = 1.88$$

مدول مؤثر مقطع، Z_e، برای مقطع کوچک شده برابر است با:

$$Z_e = \pi r_2^2 T\hat{}_s ; r_2 = 0.5(4.5\text{in.} - 0.237\text{in.}) = 2.1315\text{in.}$$

نکته: R_2 شعاع اسمی لولهٔ انشعابی است.

$$T_s = 0.375\text{in.}$$

$$Z_e = 5.352\text{in.}^3$$

بالاخره:

$$S_b = \frac{\sqrt{(1.88\times 8.43\text{in.lb})^2}}{5.352\text{in.}^3} = 2961\text{Psi}$$

برای تعیین این امر که آیا تقاطع فراتنیده است یا خیر، S_b حاصله را با $1.33\ S_h$ مقایسه کنید.

API RP-520

2.4.1 . تعیین نیروهای واکنشی[1] در یک سیستم تخلیه- باز[2]

در شرایطی که جریان بحرانی یکنواختی[3] از یک سیال تراکم‌پذیر[4] موجود بوده و از میان یک زانویی و یک لولهٔ قائم تخلیه به اتمسفر تخلیه می‌شود، فرمول زیر بنا گشته است (به شکل ١٦-٣ نگاه کنید). نیروی واکنشی (F) دربردارندهٔ اثرات اندازهٔ حرکت و فشار استاتیک است: لذا برای هر گاز یا بخار:

$$F = W\sqrt{\frac{KT}{\frac{(K+1)M}{366}}} + (A_0 \times P_2)$$

F= ، نیروی واکنشی در نقطهٔ تخلیهٔ اتمسفر برحسب پوند(نیوتن)

W= (Kg/s)1b/hr ، دبی هر گاز یا بخار

K= (cp/cv) ، نسبت گرماهای ویژه در فشار ثابت

C_p = ، گرمای ویژه در فشار ثابت

C_v = ، گرمای ویژه در حجم ثابت

T=(°F+460)°R ، درجه حرارت ورودی،

M= ، وزن ملکولی سیال فرایندی[5]

$A_0 = in^2.(mm^2)$ ، سطح خروجی در نقطه تخلیه

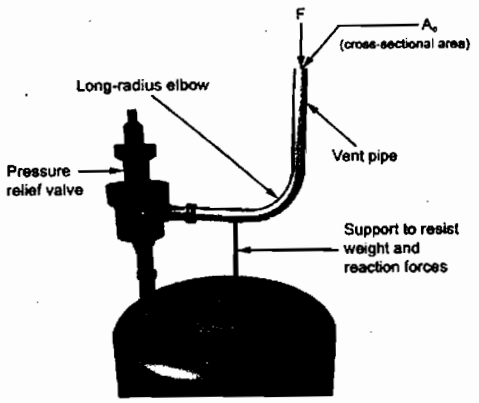
$P_2 = Psig$. فشار استاتیک در نقطه تخلیه برحسب (bar gauge)

2.4.2 . تعیین نیروهای واکنش در یک سیستم تخلیه – بسته[6]

شیرهای اطمینان فشاری که تخلیه فشار را با یک جریان یکنواخت به داخل سیستمی بسته انجام می‌دهند. نیروها و گشتاورهای خمشی بزرگی را در سیستم دررو[7] به‌وجود نمی‌آورند. صرفاً در نقاطی که انبساط ناگهانی ایجاد می‌شود، نیروهای واکنشی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌شود که مقدار این نیروها قابل محاسبه است. به هر صورت، سیستم تخلیهٔ بسته، [طراح] را به سوی فنون تحلیلی ساده شده

1. Reaction Forces
2. Open-Discharge Sys.
3.Critical Steady-State Flow
4. A Compressible Fluide
5. Molecular Weight Of The Process Fluid
6. Closed-Discharge Sys
7. Exhaust

سوق نمی‌دهد. ممکن است برای تعیین مقادیر حقیقی نیروهای واکنشی و گشتاورهای وابسته به آنها، تحلیل تاریخی- زمانی پیچیده‌ای از سیستم لوله‌کشی ضرورت یابد.



Note: the support should be located as close as possible to the center line of the vent pipe.

شکل ۱۶-۳

افزایش قابلیت انعطاف[1] [انعطاف‌پذیری]

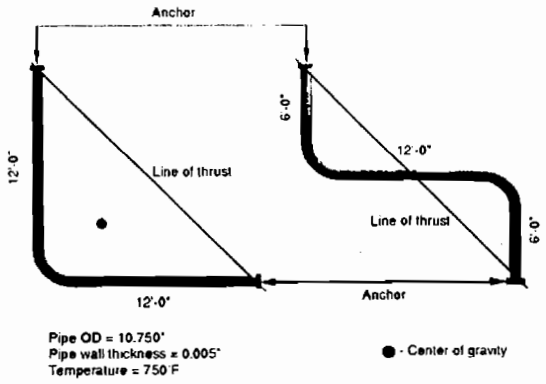
[نظام‌نامه] B31.3 روش‌های گوناگونی را برای افزایش انعطاف‌پذیری [319.7¶] یک سیستم لوله‌کشی پیشنهاد می‌کند. انعطاف‌پذیری اضافی جهت کاستن از بارهای سیستم لوله‌کشی که بر تجهیزات حساس نسبت به بارگذاری مانند پمپ‌ها، توربین‌ها و کمپرسورها وارد می‌شوند، ممکن است ضروری باشد. روش سنتی افزایش انعطاف‌پذیری، افزودن حلقه‌های انبساطی یا خم‌هایی[2] در طراحی لوله‌کشی است. هدف اصلی از بالا بردن قابلیت انعطاف از طریق استفاده از حلقه‌ها[ی انبساطی] یا تکیه‌گاه خم‌ها، جابه‌جا کردن مرکز ثقل سیستم و دور ساختن آن از خط [نیروی] پرتابی[3] است.

چیدمان از لوله‌کشی را با دو مهار ساده در نظر آورید و خطی را که دو تکیه‌گاه را به یکدیگر وصل می‌کند رسم کنید(شکل ۱۷-۳). [محل] مرکز ثقل[سیستم] را تخمین بزنید. انعطاف‌پذیری [سیستم] هنگامی‌که لولهٔ اضافه شده مرکز ثقل را از این خط دور می‌کند، افزایش می‌یابد.

از مفهوم مرکز ثقل/خط براساس دوچیدمان لوله در بالا، دو تحلیل رایانه‌ای انجام شده که در زیر ارائه گشته‌اند (اشکال ۱۸-۳ و ۱۹-۳). در هر دو چیدمان لوله‌کشی، اندازهٔ لوله حرارتی که تحت آن دما کار می‌کنند، یکسان و مشابه بوده و فاصلهٔ بین تکیه‌گاه‌ها برابر با یکدیگر است.

---

1. Increasing Flexibility
2. Off-Sets
3. The Line Of Thrust



شکل ۱۷-۳

چیدمان "L" شکل دارای تنش انبساطی حداکثر 24455 Psi است. این مقدار برای چیدمان "Z" شکل 42594 Psi است. حتی اگر [چیدمان] Z شکل یک زانویی بیشتر داشته باشد. [چیدمان] L شکل با جابه‌جا کردن مرکز ثقل، "Cg" و دور ساختن آن از خط فرض [باز هم] تنش کمتری را ایجاد کرده و قابلیت انعطاف بیشتری را به‌دست می‌دهد.

تکیه‌گاه‌های لوله[1]

هدف از تعبیهٔ تکیه‌گاه برای لوله، کنترل اثرات وزن، ونیز بارهایی که به‌واسطهٔ پرتاب فشاری [سیال]، ارتعاش، [ورزش] باد، زلزله، شوک و جابه‌جایی حرارتی بر سیستم لوله‌کشی وارد می‌شود، است. اثرات وزن که برای طراحی تکیه‌گاه مدنظر قرارمی‌گیرند، باید بزرگتر از [اثرات] کارکرد سیستم لوله‌کشی (شامل بارهای انبساط حرارتی)، یا [اثرات] ناشی از بارهای تست آب باشد(مگر آن‌که تکیه‌گاه‌هایی موقتی در جریان انجام آزمون آب تعبیه شده باشند).

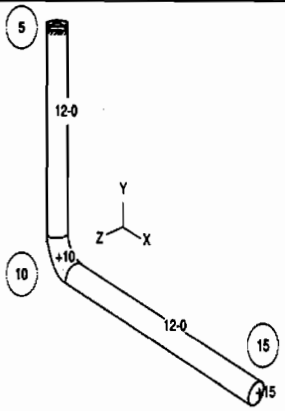
راهنمای B31.3 برای انواع تکیه‌گاه‌های لوله و موادی که در ساخت آنها به‌کار می‌روند در جدول 326.1 [نظام‌نامه] B31.3 ، استاندارد فهرست شده، MSS Sp-58 معرفی شده‌اند، مثلاً انتخاب ماده برای گیره‌ها[2] و پیچ‌ها[3] برای [سیستم‌های لوله‌کشی] که دمای سیال عبوری از آنها در حال افزایش می‌باشد، از اهمیت خاصی برخوردار است. به‌عنوان نمونه، SP-58 در انتخاب جنس گیره در سیستمی از لوله‌کشی که تحت دمای ۷۵۰ درجه فارنهایت کار می‌کند، [به طراح] یاری می‌دهد. مروری بر جداول SP-58 آشکار می‌سازد که فولاد کربن‌دار ASTM A 307 برای گیره و پیچ‌هایی که عموماً در گیره‌ها به‌کار گرفته می‌شوند، مناسب است.. طراح به استفاده از فولاد آلیاژی مثل ASTM A 240 برای گیره و ASTM A 193 Grade B7 برای پیچ‌ها، راهنمایی می‌شود.

---

1. Pipe Supports
2. Clamps
3. bolts

Example 3.15 CAESAR II (Ver. 2A) All Properties Listing (Pipe) Job Description: B31.3 Sample #1

		X	Dia.	Temp 1	Pressure	Elastic Mod.	Pipe D			
	From	Delta Y	Wall Thk.	Temp 2	1	Poissons R.	Insul. D			
	To	Z	Ins. Thk.	Temp 3	2	Corrosion	Fluid D			
Bend	5.	.000	10.750	750.00000	.0	.2790E+08	.2899	Bend Radius = 15.000	Fitting Thk. = .5000	
	10.	-12.000 ft.	.500	.00000	.0	.292000	.0000			
		.000	.000	.00000	Mat #1	.000000	.0000	RSTR Node = 5.	DIR = A	CN = 0.
								STIF=.100000E+13	GAP = .0000	MU = .00000
								Code B31.3	SC = 20000.00	
								SH1 = 13000.00	SH2 = .00	SH3 = .00
								F1 = 1.00	F2 = 1.00	F3 = 1.00
Strt	10.	12.000 ft	10.750	750.00000	.0	.2790E+08	.2899	RSTR Node = 15.	DIR = A	CN = 0.
	15.	.000	.500	.00000	.0	.292000	.0000	STIF =.100000E+13	GAP =.0000	MU = .00000
		.000	.000	.00000		.000000	.0000			



CAESAR II Displacement Report Problem #1
Case 3 (EXP) D3 (EXP) = D1-D2

	Translations (in.)			Rotations (deg.)		
Node	DX	DY	DZ	RX	RY	RZ
5	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
10	-.658	-.7115	.0000	.0000	.0000	.3238
15	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000

CAESAR II Restraint Report Problem #1
Case 3 (EXP) D3 (EXP) = D1-D2

	Forces (lb.)			Moments (ft. lb.)			
Node	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	Type
5	-10934.	10934.	0.	0.	0.	-80360.	Rigid Anchor
15	10934.	-10934.	0.	0.	0.	80360.	Rigid Anchor

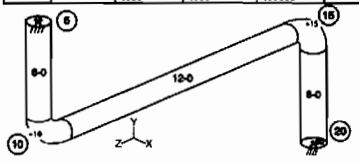
CAESAR II Force/Stress Report Problem #1
Case 3 (EXP) D3 (EXP) = D1-D2

Data	Forces (lb.)			Moments (ft. lb.)					(lb./sq. in.)	
Point	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	SIFI	SIFO	Code	Allow.
5	10933	-10933	0	0	0	80360	1.00	1.00	24455	28250
10	-10933	10933	0	0	0	37179	2.08	1.73	23482	28250
10	10933	-10933	0	0	0	-37179	1.00	1.00	11914	28250
15	-10933	10933	0	0	0	-80360	1.00	1.00	24455	28250

شکل ۱۸-۳

Example 3.16 CAESAR II (Ver. 2A) All Properties Listing (Pipe) Job Description: B31.3 Sample #2

		X	Dia.	Temp 1	Pressure	Elastic Mod.	Pipe D			
	From	Delta Y	Wall Thk.	Temp 2	1	Poissons R.	Insul. D			
	To	Z	Ins. Thk.	Temp 3	2	Corrosion	Fluid D			
Bend	5.	.000	10.750	750.00000	.0	.2790E+08	.2899	Bend Radius = 15.000	Fitting Thk. = .5000	
	10.	-6.000 ft.	.500	.00000	.0	.292000	.0000			
		.000	.000	.00000	Mat #1	.000000	.0000	RSTR Node = 5.	DIR = A	CN = 0.
								STIF=.100000E+13	GAP = .0000	MU = .00000
								Code B31.3	SC = 20000.00	
								SH1 = 13000.00	SH2 = .00	SH3 = .00
								F1 = 1.00	F2 = 1.00	F3 = 1.00
Bend	10.	.000	10.750	750.00000	.0	.2790E+08	.2899	Bend radius = 15.000	Fitting Thk. = .5000	
	15.	.000	.500	.00000	.0	.292000	.0000			
		-12.000 ft	.000	.00000		.000000	.0000			
Strt	15.	.000	10.750	750.00000	.0	.2790E+08	.2899	RSTR Node = 20.	DIR = A	CN = 0.
	20.	-6.000 ft	.500	.00000	.0	.292000	.0000	STIF =.100000E+13	GAP =.0000	MU = .00000
		.000	.000	.00000		.000000	.0000			



CAESAR II Force/Stress Report Problem #2
Case 3 (EXP) D3 EXP = D1-D2

Data	Forces (lb.)			Moments (ft. lb.)					(lb./sq. in.)	
Point	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	SIFI	SIFO	Code	Allow.
5	0	-10272	-33599	139966	0	0	1.00	1.00	42594	28250
10	0	10272	33599	48792	0	0	2.08	1.73	30818	28250
10	0	-10272	-33599	-48792	0	0	1.00	1.00	14848	28250
15	0	10272	33599	-19633	0	0	2.08	1.73	12460	28250
15	0	-10272	-33599	19633	0	0	1.00	1.00	5974	28250
20	0	10272	33599	139966	0	0	1.00	1.00	42594	28250

شکل ۱۹-۳

فاصله [مناسب] تکیه‌گاهی لوله[1]

فاصله‌گذاری بین تکیه‌گاه‌های لوله یکی از ملاحظات مهم در طراحی سیستم‌های لوله‌کشیُ است. مفهوم نیم خیز "y" ، روشی است که به‌طور معمول برای فاصله‌گذاری بین تکیه‌گاه‌ها [ی لوله] مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فن براساس یک خیز نیم- فاصلهٔ ویژه، "y" از لوله‌ای که تکیه‌گاه‌گذاری شده است، و لوله‌ای با احتساب وزن همهٔ اجزا و عایق، محاسبه می‌شود معادلهٔ فاصلهٔ (L) بین تکیه‌گاه‌های لوله عبارت است از :

$$L = \left[\frac{YEI}{17.1W}\right]^{\frac{1}{4}}$$

که:

L= ، [فاصله یا] فضای تکیه‌گاهی لوله، برحسب پا،

y= ، نیم خیز- فاصله مجاز، برحسب اینچ

$E = 1b/in^2$ ، مدول‌الاستیسیته در دمای طراحی ،

$I = \frac{\pi(D_0^4 - D_i^4)}{64} in^4$ ، گشتاور (لنگر) مانند لوله:

W= وزن لولهٔ تکیه‌گاه‌گذاری شده شامل وزن لوله، سیال داخل آن و عایق، برحسب 1b/ft.

که "D_0" و "D_i" قطرهای خارجی و داخلی برحسب اینچ هستند.

مثالی از کاربرد روش نیم خیز در مثال زیر ارائه شده است:

مثال ۱۷-۳

مطلوب است فاصلهٔ مناسب تکیه‌گاهی، برای لولهٔ بدون درزی از ASTM A 106 Grade B قطر خارجی 6.625 اینچ و با ضخامت دیوارهٔ 0.28 اینچ، که از آب پر شده و دارای عایق به ضخامت ۳ اینچ در دمای طراحی 400°F است. حد مشخصهٔ خیز نیم- فاصله، ۰.۲۵ اینچ است.

حل: [ابتدا] بار یکنواخت را برحسب 1b/ft تعیین کنید.

وزن لوله =19.01 1b/ft

وزن آب به ازای طول = 12.5 1b/ft

وزن عایق به ازای واحد طول = 7.6 1b/ft(سیلیکات کلسیم منیزی ۸۵ درصدی)

آنگاه

W = 39.1 1b/ft

$D_0 = 6.625in.$

1. Pipe Support Span

$D_i = 6.065in.$

$$I = \frac{\pi\left[(6.625in.)^4 - (6.065in.)^4\right]}{6^4} = 28.14in^4$$

در 400°F : $C \le 0.3$ ،از جدول C-6 ، $E = 27.7 \times 10^6 Psi$

نهایتاً:

$$L = \left[\frac{YEI}{17.1W}\right]^{\frac{1}{4}}$$

$$L = \left[\frac{0.25in. \times 27.7 \times 10^6 Psi \times 28.14in.^4}{17.1 \times 39.11b/ft}\right]^{\frac{1}{4}} = 23feet$$ فاصله مناسب بین تکیه‌گاه‌ها

اگر فاصله بین تکیه‌گاه‌ها ۲۳ پا باشد، خیز نیم- فاصله به $\frac{1}{4}$ اینچ محدود خواهد شد.

نگهدارنده‌های آویزی فنری متغیر[1]

تکیه‌گاه‌های فنری متغیر، غالباً در سیستم‌های لوله‌کشی‌ای که بین درجه حرارت نصب و دمای کارکرد آنها اختلاف [فاحش] وجود دارد، ضروری است. به‌عنوان مثال، اگر تکیه‌گاه‌های وزنی [2] که برای یک چیدمان لوله‌کشی انتخاب شده باشند و انبساط‌های حرارتی‌ای باعث از جا کنده شدن[3] تکیه‌گاه می‌شوند و نیروی لوله بر تکیه‌گاه‌های مجاور افزایش ایجاد کنند یا نیرویی را بر تجهیزاتی که نسبت به بار حساس هستند، مانند پمپ‌ها و توربین‌های وارد سازند،در این صورت استفاده از تکیه‌گاه فنری الزامی است. این افزایش در بارگذاری ممکن است بیش از مقداری باشد که تکیه‌گاه مجاور یا تجهیز بتوانند تحمل کنند. برای مثال‌هایی که آورده می‌شوند، تعبیهٔ یک [تکیه‌گاه] فنری متغیر ارجح است، چرا که در غیر این‌صورت پدیدهٔ از جا کنده شدن، رخ خواهد داد. طراح باید در مورد نوع تکیه‌گاه فنری تصمیم‌گیری کرده و سپس اندازهٔ فنر را معین کند.

با محاسبهٔ درصد تغییرپذیری [یا ارتجاعی شدن] فنر[4] می‌توان از صحت اندازهٔ انتخاب شده برای فنر اطمینان یافت. تغییرپذیری‌ای که بدین‌گونه محاسبه می‌شود، نباید از ۲۵ درصد تجاوز کند، برای فنرهایی که در نزدیکی تجهیزات حساس در برابر بارگذاری قرار می‌گیرند، باید فنری با تغییرپذیری [یا ضریب ارتجاعی] پایین‌تر (به‌عنوان مثال فنری با ٦ الی ٨ درصد تغییرپذیری) باید گزیده شود. معادلهٔ مربوط به محاسبهٔ درصد تغییرپذیری [فنر] عبارت است از:

---

1. Variable Spring Hangers
2. Resting Support
3. Life -off
4. The Spring Pring Precent Varibility

درصد تغییرپذیری = (نرخ فنریت[1] × مقدار جابه‌جایی[2]) / بار اعمال شده[3] ×۱۰۰

دستورالعمل تعیین اندازهٔ فنرها در مثال زیر شرح داده شده است.

مثال ۱۸-۳

فرض کنید که یک تکیه‌گاه آویز فنری از نوع "B" برای تحمل بار ۱۳۰۰ پوندی انتخاب شده و لوله براثر حرارت در موضع تکیه‌گاه، 0.5 اینچ روبه‌پایین نشست کرده است (شکل ۲۰-۳). اندازهٔ [مناسب] فنرچه باید باشد؟

حل:

برای تعیین اندازهٔ فنر می‌توان از جدول ۱۰-۳ استفاده کرد.

هدف تعیین اندازهٔ فنری است که در محدودهٔ حمل بار قرار خواهد داشت (نشست حرارتی را لحاظ کنید)، [این محدوده] بین دو خط افقی پررنگ در بالا و پایین جدول بار [جدول ۱۰-۳] قرار دارد. باری را که فنر تحمل می‌کند. وزن [لوله] در حالت کارکرد عادی آن است.

برای وضعیت ارائه شده (۱۳۰۰ پوند) در نیمه راه بین خطوط پررنگ از فهرست‌های جدول، فنر نموده 10 پیشنهاد شده است. برای چنین آویز فنری نشست روبه پایین 0.5 اینچ است، این نشست بار وارده بر فنر را در ترکیب آویز فنری افزایش خواهد داد. برای پیشگیری از بروز چنین وضعیتی باید فنر به‌گونه‌ای پیش تنظیم[4] شود که بار وارده ناشی از نصب یا بار سرد[5] وارده به آن، کمتر از باری باشد که در جریان کارکرد سیستم، به فنر وارد می‌شود.

برای یافتن بار سرد، در جهت خلاف جابه‌جایی لوله و به اندازهٔ فاصلهٔ نشست لوله (مانند تصاویر 98، 268 یا 82، 0.5 اینچ از ستون‌های محدودهٔ کاری فهرست شده جدول)، به‌طور قائم در جدول حرکت کنید، غالب فنرهای رایج همچون فنر نشان داده شده در شکل 268 هستند، برای این تصویر به ازای انتقال 0.5 اینچی فنر به سمت بالا، بار سردی معادل با 1170 پوند تولید می‌شود، (در جدول، در جهت خلاف جابه‌جایی لوله، [و] به اندازهٔ فاصلهٔ نشست لوله، به‌طور قائم حرکت کنید).

نرخ فنریت[6] برای آویز [فنری] نموده 10، 260 پوند در اینچ است.

$$\text{درصد تغییرپذیری} = \frac{0.5\text{in.}(260\text{ib/in.})}{1300\text{lb}} \times 100 = 10\%$$

درصد تغییرپذیری برای این مثال کمتر از ۲۵ درصد بوده و الزامات تغییرپذیری را ارضا می‌کند. بدین ترتیب اندازه مناسب فنر حاصل شد.

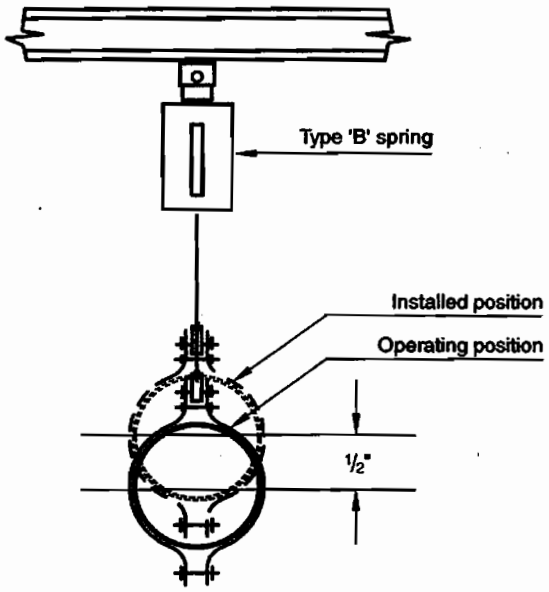
---

۱. منظور همان "ثابت فنر" است-م. Spring Rate

2. Movement
3. Operating Load
4. Pre-Set
5. Cold Load
6. Spring rate

جدول ۱۰-۳

Working Range	Working Ranges*, in.					Hanger Size														Spring Deflection, in.		
	Quad.	Tri.	Fig. 98	Fig. 268	Fig. 82	000	00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Fig. 82	Fig. 268	Fig. 98
						7	19	43	63	81	105	141	189	252	336	450	600	780	1020	1350	0	0	0
						7	20	44	66	84	109	147	197	263	350	469	625	813	1063	1406			
						8	22	46	68	88	114	153	206	273	364	488	650	845	1105	1463			
						9	21	48	71	91	118	159	213	284	378	506	675	878	1148	1519			
	0	0	0	0	0	10	26	50	74	95	123	165	221	294	392	525	700	910	1190	1575	¼	½	1
						11	28	52	76	98	127	170	228	305	406	544	725	943	1233	1631			
						12	30	54	79	101	131	176	236	315	420	563	750	975	1275	1688			
						12	31	56	81	105	136	182	244	326	434	581	775	1008	1318	1744			
	2	1½	1	½	¼	14	34	58	84	108	140	188	252	336	448	600	800	1040	1360	1800	½	1	2
						14	35	59	87	111	144	194	260	337	462	619	825	1073	1403	1856			
						15	38	61	89	115	149	200	268	357	476	638	850	1105	1445	1913			
						16	40	63	92	118	153	206	276	368	490	656	875	1138	1488	1969			
	4	3	2	1	½	17	41	65	95	122	158	212	284	378	504	675	900	1170	1530	2025	¾	1½	3
						18	43	67	97	125	162	217	291	389	518	694	925	1203	1573	2081			
						19	45	69	100	128	166	223	299	399	532	713	950	1235	1615	2138			
						20	47	71	102	132	171	229	307	410	546	731	975	1268	1658	2194			
	6	4½	3	1½	¾	21	49	73	105	135	175	235	315	420	560	750	1000	1300	1700	2250	1	2	4
						21	50	74	108	138	179	241	323	431	574	769	1025	1333	1743	2306			
						22	53	76	110	142	184	247	331	441	588	788	1050	1365	1785	2363			
						23	55	78	113	145	188	253	339	452	602	806	1075	1398	1828	2419			
	8	6	4	2	1	24	56	80	116	149	193	258	347	462	616	825	1100	1430	1870	2475	1¼	1½	5
						25	58	82	118	152	197	264	354	473	630	844	1125	1463	1913	2531			
						26	60	84	121	155	201	270	362	483	644	863	1150	1495	1955	2588			
						27	62	86	123	159	206	276	370	494	658	881	1175	1528	1998	2644			
	10	7½	5	2½	1¼	28	64	88	126	162	210	282	378	504	672	900	1200	1560	2040	2700	1½	3	6
						28	66	89	129	165	214	286	386	515	686	919	1225	1593	2083	2756			
						29	68	91	131	169	219	294	394	525	700	938	1250	1625	2125	2813			
						30	70	93	134	172	223	300	402	536	714	956	1275	1658	2168	2869			
						31	72	95	137	176	228	306	410	546	728	975	1300	1690	2210	2925	1¾	3½	7
						Spring Rate - lb. per in.																	
					82			30	42	54	70	94	126	168	224	300	400	520	680	900	82		
					268	7	15	15	21	27	35	47	63	84	112	150	200	260	260	450	268		
					98			7	10	13	17	23	31	42	56	75	100	130	170	225	98		
					Triple			5	7	9	12	15	21	28	37	50	67	87	113	150			
					Quadruple			4	5	7	9	12	16	21	28	38	50	65	85	113			



Operating load = 1,300 pounds
Cold load = 1,170 pounds
Hanger size = 10
Figure 268
Spring rate = 260 lb/in.

$$\% \text{ Var} = \frac{100(0.5 \times 260)}{1{,}300} = 10\%$$

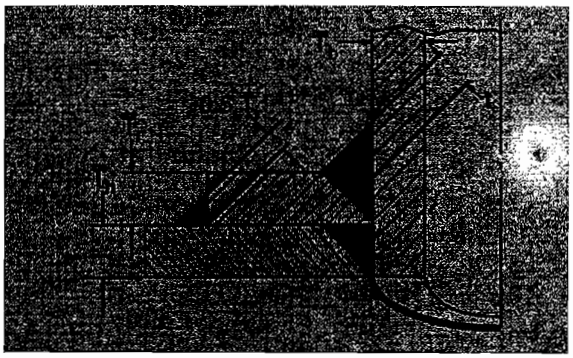
شکل ۲۰-۳

تکیه‌گاه لوله از نوع ترونیون[1] (مفصل افقی)

در جایی‌که تکیه‌گاهی بلندتری، مثلاً بلند از کفشک لوله[2]، برای کامل ساختن تکیه‌گاه آن موردنیاز باشد، استفاده از یک ترونیون به‌عنوان تکیه‌گاه، بسیار متداول [و رایج] است. تکیه‌گاه‌های ترونیونی ممکن است با تکیه‌گاه‌های فنری استفاده شده و یا به‌سادگی به‌عنوان یک تکیه‌گاه سخت[3] یا یک هادی[4] به‌کار روند. شکل ۲۱-۳ نشان‌دهندهٔ نمونه‌هایی از ترونیون‌ها و نیروها و گشتاورهایی که در طراحی خرپا باید مدنظر قرار گیرد، است.

1. Trunnion
2. Pipe Shoe
3. Simply Hard Supported
4. Guided

جهت اطمینان از از حد نگذشتن نیرو در[1] تکیه‌گاه باید بارهایی که توسط ترونیون به لوله وارد می‌شود، مورد بررسی قرار گیرند. یک روش برای بررسی ظرفیت بار[2] ترونیون، به مثابه اصلاح شدهٔ آن چیزی که در مأخذ "طراحی سیستم لوله‌کشی" آمده است، تعیین بار حدی ترونیون که تحت خمش طولی[3]، خمش محیطی[4] و بارهای محوری[5] قرار گرفته است، می‌باشد.



شکل ۲۱-۳

با استفاده از معادلات زیر می‌توان گشتاور حدی یا تنش را برای هر یک از بارگذاری‌های نام برده آزمود.

خمش طولی:

$$F = \frac{M}{\pi r^2}$$

$$S = \frac{1.17f\sqrt{Rt}}{t^2} + \frac{PR}{2t}$$

$$M = \frac{2.685Sr^2t^{1.5}}{\sqrt{R}} - \frac{PR}{2t}$$

خمش محیطی:

$$f = \frac{M}{\pi r^2}$$

$$S = \frac{1.75f\sqrt{R^t}}{t^2} + \frac{PR}{t}$$

$$M = \frac{1.795Sr^{r}t^{105}}{t^2} - \frac{PR}{t}$$

---

1. Over-Load
2. The Load Capacity Of Trunnions
3. Longitudinal Bending
4. Circum Ferential Bending
5. Axial Loads

بار محوری:

$$f = \frac{W}{2\pi r}$$

$$S = \frac{1.75f\sqrt{Rt}}{t^2} + \frac{PR}{t}$$

$$W = \frac{3.59t^{105}rs}{\sqrt{R}} - \frac{PR}{t}$$

اصطلاحات:

W= lb	بار محوری،	،
M= in.1b	گشتاور،	،
r = in.	شعاع خارجی ترونیون،	،
R= in.	شعاع خارجی لوله،	،
P=Psig	فشار داخل،	،
T=in.	ضخامت لولهٔ خورده شده به اضافه،	،
$L = \sqrt{(Rt)}$	حداقل 2 اینچ ،	،
S=Psi	تنش خمشی،	؛

حدود تنش برای لوله‌ای از فولاد کربن‌دار که تحت بارگذاری ترکیبی واقع است برابر است با:

$S_L + S_E \le 1.5S_h$

$S_L + S_E +$ بارهای ناگهانی $\le 1.8S_h$

$\le 1.8S_c$ [نتایج] آزمون آب

در جدول (۱۲-۳، ۱۱-۳) نمایانگر ظرفیت حدی بارگذاری برای لوله‌ای از فولاد کربن‌دار، در دو حالت تقویتی و بدون آن، برای شرایط زیر است:

O = خوردگی؛ 100Psig= فشار ؛ 400°F= درجه حرارت

جدول ۱۱-۳

A 53 A106 Gr B, Standard Wall Pipe, Temperature to 400 degrees F							Moment Capacity, ft-lb		Axial
Run OD	Run Nom. Wall	Trunnion OD	Trunnion Wall	Pad Thickness	Design Pressure	Corrosion Allowance	Longitudinal Bending	Circumferential Bending	Force, lb
3.500	0.216	2.375	0.154	0	100	0.063	381	191	387
4.500	0.237	3.500	0.216	0	100	0.063	941	557	652
6.625	0.280	4.500	0.237	0	100	0.063	1824	1135	994
8.625	0.322	6.625	0.280	0	100	0.063	4606	2987	1748
10.750	0.365	6.625	0.280	0	100	0.063	5199	3377	1980
10.750	0.365	8.625	0.322	0	100	0.063	8863	5826	2623
12.750	0.375	8.625	0.322	0	100	0.063	8532	5590	2502
12.750	0.375	10.750	0.365	0	100	0.063	13302	8778	3160
14.000	0.375	8.625	0.322	0	100	0.063	8130	5310	2363
14.000	0.375	10.750	0.365	0	100	0.063	12682	8353	2991
16.000	0.375	10.750	0.365	0	100	0.063	11843	7775	2759
16.000	0.375	12.750	0.375	0	100	0.063	16704	11023	3312
18.000	0.375	10.750	0.365	0	100	0.063	11147	7291	2562
18.000	0.375	12.750	0.375	0	100	0.063	15729	10354	3084
18.000	0.375	14.000	0.375	0	100	0.063	18989	12533	3410
20.000	0.375	12.750	0.375	0	100	0.063	14902	9784	2886
20.000	0.375	14.000	0.375	0	100	0.063	17995	11851	3196
20.000	0.375	16.000	0.375	0	100	0.063	23544	15561	3690
24.000	0.375	14.000	0.375	0	100	0.063	16389	10742	2840
24.000	0.375	16.000	0.375	0	100	0.063	21455	14128	3292
24.000	0.375	18.000	0.375	0	100	0.063	27196	17966	3744
24.000	0.375	20.000	0.375	0	100	0.063	33613	22256	4195

جدول ۱۲-۳

A 53 A106 Gr B, Standard Wall Pipe, Temperature to 400 degrees F							Moment Capacity, ft-lb		Axial
Run OD	Run Nom. Wall	Trunnion OD	Trunnion Wall	Pad Thickness	Design Pressure	Corrosion Allowance	Longitudinal Bending	Circumferential Bending	Force, lb.
3.500	0.216	2.375	0.154	0.216	100	0.063	1584	1033	1767
4.500	0.237	3.500	0.216	0.237	100	0.063	3589	2368	2714
6.625	0.280	4.500	0.237	0.280	100	0.063	6515	4318	3832
8.625	0.322	6.625	0.280	0.322	100	0.063	15678	10439	6279
10.750	0.365	6.625	0.280	0.365	100	0.063	17274	11502	6919
10.750	0.365	8.625	0.322	0.365	100	0.063	29302	19542	9028
12.750	0.375	8.625	0.322	0.375	100	0.063	28118	18744	8653
12.750	0.375	10.750	0.365	0.375	100	0.063	43702	29161	10803
14.000	0.375	8.625	0.322	0.375	100	0.063	26828	17877	8246
14.000	0.375	10.750	0.365	0.375	100	0.063	41700	27818	10299
16.000	0.375	10.750	0.365	0.375	100	0.063	38998	26004	9616

A 53 A106 Gr B, Standard Wall Pipe, Temperature to 400 degrees F							Moment Capacity, ft-lb		Axial
Run OD	Run Nom. Wall	Trunnion OD	Trunnion Wall	Pad Thickness	Design Pressure	Corrosion Allowance	Longitudinal Bending	Circumferential Bending	Force, lb.
16.000	0.375	12.750	0.375	0.375	100	0.063	54878	36619	11423
18.000	0.375	10.750	0.365	0.375	100	0.063	36758	24499	9048
18.000	0.375	12.750	0.375	0.375	100	0.063	51730	34507	10752
18.000	0.375	14.000	0.375	0.375	100	0.063	62382	41627	11817
20.000	0.375	12.750	0.375	0.375	100	0.063	49067	32719	10183
20.000	0.375	14.000	0.375	0.375	100	0.063	59172	39473	11193
20.000	0.375	16.000	0.375	0.375	100	0.063	77305	51594	12809
24.000	0.375	14.000	0.375	0.375	100	0.063	53999	35999	10183
24.000	0.375	16.000	0.375	0.375	100	0.063	70552	47064	11658
24.000	0.375	18.000	0.375	0.375	100	0.063	89311	59604	13134
24.000	0.375	20.000	0.375	0.375	100	0.063	110278	73620	14609

تکیه‌گاه لوله‌هایی که در اثر ارتعاش تجهیزات مکانیکی مرتعش می‌شوند.[1]

در لوله‌هایی که توسط تجهیزات مکانیک لرزان و در حال ارتعاش، مرتعش می‌شوند، فاصله‌گذاری بین تکیه‌گاه‌های لوله از اهمیتی حیاتی[2] برخوردار است. چنانچه در لوله‌کشی کمپرسور رفت و برگشتی[3] این ارتعاش به‌وجود می‌آید و دامنهٔ آن محدود به سرعت کمپرسور در هنگام کار است.

در قسمت "فاصله‌گذاری لوله‌های در حال ارتعاش در مرحلهٔ طراحی" توسط جی.سی، وشل[4] و سی.ال.بیش[5] از مؤسسهٔ پژوهشی جنوب غربی سن‌آنتونیوی تگزاس[6] دستورالعملی جهت کمک به طراح برای تعیین فاصلهٔ بین تکیه‌گاه‌های سیستم‌های لوله‌کشی در حال ارتعاش پیشنهاد شده است. [در آن قسمت] گزاره‌ای وجود دارد که طراح با استفاده از آن گزاره تضمین می‌کند که نخستین فرکانس طبیعی پیکره‌بندی لوله‌کشی، F_1، به اندازهٔ کافی بالاتر از انرژی رانشی[7] حاصل از ایجاد رزونانس (تشدید) بسیار کوچک لوله‌کشی باشد.

به‌صورت تجربی بهترین روش برای تحلیل این است که در سیستم‌های لوله‌کشی هر یک از فاصله‌های بین تکیه‌گاه‌ها را به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار دهیم و نخستین فرکانس طبیعی آن را به‌دست آوریم و آن را با فرکانس طبیعی طراحیمان مقایسه کنیم و باید 50% بالاتر از فرکانس طبیعی طراحیمان باشد.

تحلیل یک فاصله‌گذاری منفرد شناخته شده و معمول، و انتخاب ضریب فرکانس طراحی[8] برای آن ($\geq 1.5F_1$) نسبتاً آسان است. مثلاً، یک لولهٔ مستقیم که با گیره تکیه‌گاه گذاری شده است، سفت‌تر از لولهٔ تکیه‌گاهی[9] * ساده است؛ بنابراین فرکانس طبیعی لوله‌ای که با دو گیره مهار شده است[10] بالاتر از لوله تکیه‌گاهی ساده خواهد بود. اگر در محاسبهٔ ضریب فرکانس طبیعی از فرکانس لولهٔ تکیه‌گاهی ساده یا یک سردرگیر استفاده شود، طراحی اندکی محافظه کارانه خواهد بود؛ اگر در محاسبهٔ ضرب فرکانس

---

1. Support Of Mechanical Induced Vibration Pipe
2. Critical Importance
3. Reciprocating Compressor
4. J.C.Wachel
5. C.L.Bates
6. Southwest Research Institute Of San Antonio, Texas
7. The Driving Energy
8. The Design Frequency Factor
9. Simply Supported Pipe

* ایگورپوپوف تکیه‌گاه‌های ساده را به شکل زیر تعریف می‌کند: " تکیه‌گاه‌های غلتکی و یا مفصلی که قدرت تحمل لنگر خمشی را ندارند." – مقاومت مصالح، ترجمهٔ شاپور طاحونی چاپ اول، ۱۳۶۳، صفحه ۲۳-م.

10. A Clamped –Clamped Pipe

طبیعی از فرکانس لولهٔ تکیه‌گاهی یا یک سردرگیر استفاده شود، طراحی اندکی محافظه کارانه خواهد بود؛ [ولی] درصورتی که از ضریب طراحی $f_1 \geq 1.5$ استفاده شود، کنترل مطلوبی بر روی ارتعاش حاصل خواهد آمد.

با جایگزینی مدول‌الاستیسیتهٔ E و چگالی γ برای فولاد [های مختلف]، می‌توان از معادلهٔ دیفرانسیل حرکت[1] برای ارتعاش جانبی[2] [تکیه‌گاه‌ها] جهت محاسبهٔ فرکانس طبیعی لولهٔ فاصله‌گذاری شده، استفاده کرد.

سیکل بر ثانیه $E = 30\times10^6 Psi$؛ $\gamma = 0.283 lb/in^3$؛ $USCU: F_1 = 223.\lambda(K/L^2)$

که :

K=in ، شعاع ژیراسیون،

L=ft ، طول لوله،

$\lambda = 3.22$ ، ضریب فرکانس به‌دست آمده از شکل

مثال ۱۸-۳

مثالی از تعیین فرکانس طبیعی کاربردی برای یک فاصله‌گذاری بین تکیه‌گاه‌های لوله به شرح زیر است:

فاصلهٔ تکیه‌گاهی برای لوله‌کشی یک کمپرسور رفت و برگشتی چهار سیلندری ساده 18ft است. لوله مستقیم در مسیر اصلی خود با استفاده از دو گیره مهار شده است. سرعت چرخش کمپرسور 360 rpm است. لولهٔ NPS6 با فزانمای ٤٠ است. فرکانس طبیعی این فاصله از لوله چقدر است؟

حل:

λ =22.4

K=2.246 in.

L=18 ft

آنگاه:

سیکل در ثانیه $f_1 = 223(22.4)\left[\frac{2.246}{(18)^2}\right] = 34$

تابع ضربان نیروی کمپرسور برابر است با:

سیکل در ثانیه $(4Cycles)\left[\frac{360rpm}{60sec./min.}\right] = 24$

مقدار ۱۸ فوت برای فاصله‌گذاری جهت [لوله‌کشی] یک کمپروسوررفت و برگشتی چهار سیلندرهٔ ساده با سرعت چرخش 360 rpm، مناسب است. فرکانس طبیعی محاسبه شده برای لولهٔ فاصله‌گذاری شده برابر با 34 Cycle/Second بوده و حدود ۵۰ درصد از [فرکانس طبیعی] سرعت چرخش ضربان

1. The Differential Equation Of Motion
2. The Lateral Vibration

نیروی کمپرسور[1] بزرگتر است. بررسی‌های اخیر انجام‌شده نشان می‌دهد که نخستین فرکانس باری حصول طراحی مطلوب، کافی است.

در قسمت "طراحی سیستم‌های لوله‌کشی" روش دیگری برای محاسبهٔ نخستین فرکانس طبیعی پیشنهاد شده است؛ نتایج حاصله از کاربرد روش اخیر، نزدیک به نتایج حاصله از کاربرد دستورالعمل SWRI است. معادله‌ای که" طراحی سیستم‌های لوله‌کشی" با استفاده از ضریب فرکانس[2] α، برای محاسبهٔ نخستین فرکانس طبیعی لولهٔ طبیعی لولهٔ تکیه‌گاه گذاری شده به کار می‌گیرد برابر است با :

$$F_n = \frac{\alpha}{L^2}\sqrt{\frac{EI}{wy}}$$

که:

E= مدول‌الاستیسیته ، در دمای معین، برحسب Psi ،

L=feet طول لوله برحسب ،

W_y = وزن یک فوت از لوله با محتویات آن ،

$I = in^4$ ممان اینرسی لوله برحسب ،

α = ضریب فرکانس لوله که وابسته به نوع تکیه‌گاه آن است :

نوع تکیه‌گاه	α
تکیه‌گاه ساده	0.743
گیردار- گیردار[3]	1.69

برای لوله با تکیه‌گاه دو سرگیردار یاد شده در مثال ۱۸-۳ به مشخصهٔ NPS 6 و فرانمای ٤٠ که فاصلهٔ بین تکیه‌گاه‌های آن ۱۸ پا است. f_n براساس دستورالعمل "طراحی سیستم‌های لوله‌کشی" برابر است با:

$$f_n = \frac{1.69H_z}{(1.8ft)^2}\sqrt{\frac{29.5\times10^6 Psi(28.14in.^4)}{18.97lb}} = 34$$ سیکل در ثانیه

که مشابه است با آنچه که در محاسبه براساس دستورالعمل SWRI به‌دست آمده است.

1. The Compressor Forcing Pulsation Running Speed.
2. Frequency Coefficient
3. Fixed-Fixed

ارتعاش لولهٔ ناشی از وزش باد[1]

عامل دیگر ارتعاش لوله، وزش باد است. برای محاسبهٔ فرکانس، f ، نیروی وارده بر یک لوله توسط بادی که به‌طور مداوم با سرعت U(ft/sec)، بر لوله‌ای به قطر D_0(feet) ، به‌طور قائم[2] *وارد می‌شود، " طراحی سیستم‌های لوله‌کشی" روش خاصی را معرفی می‌کند. معادلهٔ فرکانس نیروی وارده برابر است با:

$$f = 0.18\frac{u}{D_0} \text{ Cycles/second}$$

انجام محاسبات مربوط به فرکانس طبیعی یک فاصله‌گذاری بین تکیه‌گاه‌های لوله، بر مبنای دستورالعمل SWRI و آزمودن فاصلهٔ معین شدهٔ بین تکیه‌گاه‌هایی که در معرض وزش باد بوده و بدان سبب مرتعش می‌شوند؛ وابسته به سرعت باد[3] است. اگر فرکانس طبیعی تکیه‌گاه لوله‌ای که فاصله بین تکیه‌گاه‌های آن مشخص شده است نزدیک یا مشابه با فرکانس ناشی از اعمال نیرو توسط باد[4] باشد، آنگاه ارتعاشی با دامنهٔ نوسان[5] به اندازهٔ کافی بزرگ حاصل می‌شود. فاصلهٔ بین تکیه‌گاه‌های لوله، درصورتی‌که بادی باعث ارتعاش شود، تغییر کند و اصلاح شود.

برای لوله‌ای با NPS 6، فرانمای ٤٠ ، در جدول زیر فرکانس ناشی از اعمال نیرو توسط باد، برحسب سرعت باد- مایل در ساعت- آورده شده است.

جدول۱۳-۳ نتایج جدول‌بندی شدهٔ محاسبات مربوط به فرکانس ناشی از اعمال نیروی باد

اندازه لوله	Schedule	سرعت باد، mph	CPS , f
NPS 6	40	20	9.6
		30	14.3
		40	19.1
		50	23.9
		60	28.7
		70	23.5

1. Pipe Vibration Induced by Wind
2. At Right Angles

* منظور با زوایای قائم بر تکیه‌گاه لوله است.

3. Wind Speed
4. The Wind Forcing Frequency
5. Amplitude

تنش رفتار در تکیه‌گاه لوله[1]

اگر لولهٔ تکیه‌گاهی مستقیماً بر روی فولاد تکیه‌گاهی (بدون کفشک[2] لوله یا حائل زینی[3] شکل) بنشیند، تنش متناسب با افزایش نسبت D/T (نسبت قطر لولهٔ تکیه‌گاه به ضخامت جدارهٔ لوله) افزایش می‌یابد. تنش خمشی محیطی حاصل از وزن لوله که بر تکیه‌گاه اعمال می‌شود می‌تواند موجبات فروپاشی[4] *لوله را فراهم آورد. سؤالی که در این هنگام مطرح می‌شود این است: چه سایزی از لوله و چه ضخامتی از جداره و چه وزنی از تکیه‌گاه، طراح باید از کفشک لوله یا حائل زینی شکل استفاده کند؟ همچنان که یک فلنج عریض از یک سه‌راهی سازه‌ای[5] ساخته نمی‌شود، کفشک لوله‌ای که ساخته می‌شود به‌عنوان یک شکل سازه‌ای درنظر گرفته می‌شود. درصورتی‌که لوله‌ای فاقد کفشک باشد و بارواردہ بر تکیه‌گاه افزایش یابد می‌توان از سه‌راهی سازه‌ای برای جلوگیری از فروپاشی لوله استفاده کرد.

پاسخ به چنین پرسش‌هایی در خصوص تکیه‌گاه را می‌توان در " فرمول‌های رآرک برای تنش و کرنش[6]"، جدول ۳۰، معادلهٔ 8b یافت. تنش‌های ناشی از بارهای وارده بر تکیه‌گاه‌ها را می‌توان به‌صورت زیر نمایش داد:

تنش غشایی نصف‌النهاری (یا میان تاری[7])، δ_1

$$\delta_1 = \frac{0.153B^3P\sqrt[4]{R}}{\sqrt{b}(\sqrt[4]{t})^7}$$

تنش غشایی محیطی[8]، δ_2

$$\delta_2 = \frac{0.130\beta P(\sqrt[4]{R})^3}{(\sqrt{b})^3(\sqrt[4]{t})^5}$$

تنش خمشی محیطی، δ'_2:

$$\delta'_2 = \frac{0.130\beta p\left(\sqrt[4]{R}\right)^3}{(\sqrt{b})^3(\sqrt[4]{t})^5}$$

$$\beta = \sqrt{12(1-\delta^2)}$$

---

1. Bearing Stress At Pipe Support
2. Pipe Shoe
3. Saddle
4. Collapse

* منظور شکم دادن ، و جدایش لوله بر اثر تنش نام برده شده، از یکدیگر است.

5. Structural Tee
6. Roark's Formulas For Stress & Strain
7. Meridional Membrane Stress
8. Circum Ferential Membrane Stress

δ = (0.3) ضریب یا نسبت پواسون[1] ،

P= بار کل لولهٔ وارد به تکیه گاه برحسب پوند ،

R= شعاع متوسط لوله، 0.5(OD-t)، به اینچ ،

b= $\frac{1}{2}$ عرض فولاد تکیه‌گاهی، به اینچ ،

t= ضخامت جدارهٔ لولهٔ خورده شده، به اینچ ،

برای فاصله‌گذاری‌های مختلف تکیه‌گاه لوله، تنش لولهٔ تکیه‌گاهی از معادلات فوق محاسبه‌شده و به‌صورت جدول ۱۵-۳ نمایش داده شده است. ضخامت جدارهٔ، WT، لوله که جدول‌بندی شده، ضخامت اسمی بوده [و] بار وارده بر تکیه‌گاه شامل وزن لوله به اضافه وزن سیال [داخل آن] است. مقادیر تنش که جدول‌بندی شده‌اند به شکل $S1 = \delta_1, S2 = \delta_2', S'2 = \delta_2'$ هستند. پهنای تیر تکیه‌گاه[2]، 10 اینچ، $2 \times b_1$ ،است.

مرور جدول ۱۵-۳ نشانگر آن است که تنش خمشی محیطی، δ_2' ، تنش حدی در نقطهٔ اعمال بار یا تنش بر تکیه‌گاه است. برای چنین تنشی، [بخش]" طراحی سیستم‌های لوله‌کشی[3] " تنش مجازی را معادل با 0.07Et/r مقرر داشته است، که :

E= ، مدول‌الاستیسیتهٔ جنس لوله در دمای معین

T= ° ، ضخامت جدارهٔ لوله منهای حد مجاز خوردگی [یا خوردگی مجاز[4]] به‌علاوهٔ تلرانس ماشین کاری

r = . شعاع خارجی لوله

در جدول ۱۴-۳ حد تنش پیچشی محیطی[6] را برای لوله‌ای با تلرانس ماشین کاری ۱۲/۵ درصد، خوردگی مجاز 0.063 اینچ و دمای کاری 70°F نشان می‌دهد.

1. Poisson's Ratio
2. The Support Beam Width
3. Design Of Piping Sys.
4. Corrosion Allowance
5. Mill Tolerance
6. Circumferencial Bucking Stress Limit

جدول ۱۴-۳ حد تنش محیطی

Psi ، 0.07 Et/r	r، اینچ	t، اینچ	E، ×10⁶Psi	OD، اینچ
45600	12	0.265	29.5	24
36400	15	0.265	29.5	30
30400	18	0.265	29.5	36
27300	20	0.265	29.5	40
26000	21	0.265	29.5	42
22800	24	0.265	29.5	48

آنچه که در جدول ۱۵-۳، جدول‌بندی شده است، عبارت است از : خیز لوله[1] در محل تکیه‌گاه، محاسبه شده و بر مبنای معادلات" فرمول‌های رآرک برای تنش و کرنش"، خیزها در نیم‌فاصله[2]، محاسبه شده بر مبنای معادلات" فرمول‌های رآرک برای تنش و کرنش" .

جدول۱۵-۳ ، همچنین نشان می‌دهد که تعیین فاصلهٔ بین تکیه‌گاه‌های لوله براساس خیز نیم فاصله و نه تنش خمشی طولی حاصل از شکم دادگی[3] لوله در نیم فاصله، تعیین می‌شود. در غالب اوقات، خیز نیم فاصله به $1\frac{1}{2}$ اینچ یا کمتر، غالباً کمتر، محدود می‌شود.

اگر فاصله‌گذاری بین تکیه‌گاه‌ها براساس تنش خمشی طولی (شکم دادگی) باشد، خیز نیم فاصله چند اینچ بیش از غالب فرایندهایی که از نظر کارفرما مجاز است، به‌دست خواهد آمد. [در واقع خیز نیم فاصله به مقدار چند اینچ از حدود مجاز فراتر خواهد رفت.]

1. The Pipe Deflection
2. Deflection At Mid-Span
3. The Mid Span Sag

جدول ۱۵-۳

OD, in.	Wall Thickness, in.	Span, ft	Fluid, lb/ft^3	Support Load, lb	Elastic Modulus, E, psi	b_1, in.	Stress, psi			Pipe Deflection		Max. Long. Bending Moment, ft-lb	Max. Long. Bending Stress, psi
							σ_1	σ_2	σ'_2	at Support, in.	at Mid Span, in.		
10.75	0.365	20	62.4	1492	29500000	5	2203	283	6797	0.0134	0.0431	44749	1496
10.75	0.365	25	62.4	1865	29500000	5	2754	354	8497	0.0188	0.1053	69920	2338
10.75	0.365	30	62.4	2237	29500000	5	3305	425	10196	0.0247	0.2183	100685	3366
12.75	0.375	20	62.4	1970	29500000	5	2899	412	8944	0.0190	0.0328	59087	1348
12.75	0.375	25	62.4	2462	29500000	5	3624	515	11180	0.0266	0.0800	92323	2106
12.75	0.375	30	62.4	2954	29500000	5	4348	618	13416	0.0350	0.1658	132945	3033
14	0.375	20	62.4	2284	29500000	5	3444	514	10626	0.0237	0.0285	68527	1287
14	0.375	25	62.4	2855	29500000	5	4305	642	13282	0.0332	0.0695	107074	2010
14	0.375	30	62.4	3426	29500000	5	5166	771	15939	0.0436	0.1441	154486	2895
16	0.375	20	62.4	2632	29500000	5	4419	706	13633	0.0326	0.0234	84959	1209
16	0.365	25	62.4	3540	29500000	5	5523	882	17041	0.0456	0.0571	132748	1889
16	0.375	30	62.4	4205	29500000	5	6880	1085	21228	0.0630	0.1203	189239	2761
18	0.375	20	62.4	3434	29500000	5	5522	937	17036	0.0433	0.0198	103022	1149
18	0.375	25	62.4	4293	29500000	5	6902	1171	21296	0.0605	0.0483	160972	1796
18	0.375	30	62.4	5151	29500000	5	8283	1405	25555	0.0795	0.1001	231800	2586
20	0.375	20	62.4	4091	29500000	5	6757	1210	20846	0.0559	0.0171	122718	1102
20	0.375	25	62.4	5113	29500000	5	8446	1512	26058	0.0781	0.0417	191748	1722
20	0.375	30	62.4	6136	29500000	5	10135	1815	31269	0.1026	0.0864	176116	2479
24	0.375	20	62.4	5587	29500000	5	9631	1892	29716	0.0874	0.0133	167008	1032
24	0.375	25	62.4	6959	29500000	5	12039	2365	37145	0.1221	0.0325	260950	1612
24	0.375	30	62.4	8350	29500000	5	14447	2838	44574	0.1605	0.0674	375768	2321
30	0.375	20	62.4	8189	29500000	5	14994	3298	46260	0.1523	0.0099	245685	962
30	0.375	25	62.4	10237	29500000	5	18742	4123	57825	0.2129	0.0243	383882	1503
30	0.375	30	62.4	12284	29500000	5	22490	4947	69390	0.2798	0.0503	552791	2165
36	0.375	20	62.4	11302	29500000	5	21668	5227	66853	0.2414	0.0079	339053	916
36	0.375	25	62.4	14127	29500000	5	27085	6533	83566	0.3373	0.0192	529770	1432
36	0.375	30	62.4	16953	29500000	5	32502	7840	100260	0.4435	0.0399	762869	2062

فصل چهارم

محدودیت‌های لوله‌کشی و اجزای لوله‌کشی[1]

[یکی از] مسئولیت‌های طراح، مناسب بودن همهٔ لوله‌ها و اجزای مورد استفاده در سیستم لوله‌کشی است [(300(2)¶] . [نظام‌نامه] B31.3 برای این‌که طراح بتواند مناسب بودن لوله و اجزای لوله‌کشی را، به‌ویژه در آن مواردی که محدودیت‌هایی شناخته شده نیز وجود دارد، تشخیص دهد، راهنمایی را [305.2¶] تدارک دیده است. این راهنما، براساس دو نظام بهره‌برداری[2]، یکی روش بهره‌برداری مبتنی بر نوع سیالی که کار می‌کند[3] دیگری روش بهره‌برداری بر مبنای وضعیت‌های چرخه‌ای سخت یا طاقت‌فرسا[4]، محدودیت‌های لوله‌کشی و اجزای آن را بیان می‌دارد.

نظام مبتنی بر به‌کارگیری سیال[5]

[نظام‌نامه] B31.3 سه گونه به‌کارگیری سیال را به شرح زیر تشخیص داده و متمایز می‌سازد و براساس فشار، طراحی ویژه‌ای را برای هر گونه مدنظر قرار می‌دهد. این از مسئولیت‌های کارفرماست که برای هر سیستم لوله‌کشی گونهٔ ویژهٔ به‌کارگیری سیال را مشخص کند. با شناخته شدن گونهٔ به‌کارگیری سیال، طراح می‌تواند مادهٔ مناسب و یا اجزای مناسب را برای سیستم لوله‌کشی انتخاب کند و براساس گونهٔ به‌کارگیری سیال، نظام‌نامهٔ[6] موردنیاز برای ساخت و الزامات بازرسی را به‌کارگیرد. این گونه‌ها و فشارهای مربوط به آنها عبارت‌اند از :

---

1. Limitations An Piping &Components
2. Operating Regime
3. Fluid Service Categories
4. Severe Cyclic Conditions
5. Fluid Service Categories
6. Code

۱. گونهٔ عادی به‌کارگیری سیال (به 300.2 ¶ از نظام‌نامهٔ B31.3 با عنوان "به‌کارگیری سیال "نگاه کنید) (سیستم لوله‌کشی براساس نخستین هفت فصل B31.3 طراحی شده، ساخته شده و بازرسی شده است.)
۲. گونهٔ D به‌کارگیری سیال
۳. گونهٔ M به‌کارگیری سیال (فصل هشتم از B31.3)
٤. لوله‌کشی فشار بالا[1] (فصل نهم از B31.3)
٥. وضعیت‌های چرخه‌ای سخت[2]

گونه D به‌کارگیری سیال به‌عنوان گونه‌ای با مشخصه‌های زیر [300.2¶] تعریف می‌شود:

- غیرقابل اشتعال[3]
- غیررسمی[4]
- بدون اثر مخرب یا اثر سوء بدن نسوج انسان[5]
- فشار gage طراحی نباید از 150Psig فراتر رود.
- دمای طراحی از -20°F تا 366°F است. 366°F درجه حرارت اشباع[6] بخار در فشار 150Psig است.

محدودهٔ انتخاب مواد برای گونهٔ D به‌کارگیری سیال [300.2¶] عبارت است از:

- از نوع کوره‌ای با جوش نفوذی[7]، API 5L
- ASTM A 53 ، نوع F
- ASTM A 134 ساخته شده از ورق ASTM A 285 دیگر

اجزای مورد استفاده در گونهٔ D صرفاً به موارد زیر محدود می‌شود:

- خم‌های miter که تغییری بیش از 45° در جهت یک اتصال ساده [306.3.2¶] ایجاد می‌کند.
- کوپلینگ‌های دنده‌ای مستقیم[8] [314.2.1(d)¶]
- اتصالات آب‌بندی شده[9] [316¶]

---

1. High Pressure Piping
2. Severe Cyclic Conditions
3. Non Flammable
4. Non Toxic
5. Human Tissue
6. Satuaration Temperature
7. Furnace Butt-Welded
8. Straight Threaded Coupling
9. Caulked Joints

گونهٔ M به‌کارگیری سیال[1] به‌عنوان نوعی از به‌کارگیری سیال که در معرض مقدار خیلی کمی از سیال سمی[2]، که به انسان از طریق تنفس[3] یا تماس فیزیکی[4] آسیب‌های غیرقابل جبرانی[5] وارد می‌آورد، تعریف می‌شود [300.2¶] . در فصل VIII از B31.3 در مورد گونهٔ M از به‌کارگیری سیال را بیان می‌دارد.

به‌کارگیری معمول سیال[6] انواع دیگر به‌کارگیری سیال، که منطبق با نخستین هفت فصل نظام‌نامه طراحی شده‌اند، و از گونه‌های D و M هم نیستند را شامل می‌شود.

نظام‌نامه‌ای که لوله‌کشی فشار بالا[7] را پوشش می‌دهد، نخستین بار به‌عنوان فصل IX از ضمیمهٔ C به ویرایش ۱۹۸٤ نظام‌نامهٔ B31.3 ظاهر شد. لوله‌کشی فشار بالا، به‌عنوان گونه‌ای از به‌کارگیری سیال که در آن فشار از میزان تعیین شده توسط رده‌بندی‌های فلنج[8] ASME B16.5 از2500 بالاتر می‌رود تعریف شده است. اگر کارفرما[9]، نسبت به طراحی سیستمی از لوله‌کشی اقدام کند که در آن از گونه به‌کارگیری فشار بالای سیال استفاده می‌شود، باید همهٔ الزامات ذکر شده در فصل IX از نظام‌نامه B31.3 را رعایت کند.

مسئولیت تعیین گونه‌ای از به‌کارگیری سیال که در سیستم لوله‌کشی استفاده می‌شود مستقیماً بر عهدهٔ کارفرماست. نظام‌نامهٔ B31.3 در پیوست M، برای کمک به کارفرما، گونهٔ M به‌کارگیری سیال را دسته‌بندی[10] کرده است. اگر گونهٔ M از به‌کارگیری سیال، برای سیستم لوله‌کشی برگزیده شود، آنگاه لازم است که سیستم لوله‌کشی به‌طور کامل در انطباق با نخستین هفت فصل نظام‌نامه فصل VIII که نیز اصلاح شده‌اند، طراحی و اجرا شود. مروری بر فصل VIII الزامات اصلاح شده همچون الزامات مربوط به لولهٔ افزوده[11] به سیستم لوله‌کشی و محدودیت‌های [گزینش و به‌کارگیری] اجزای سیستم لوله‌کشی را آشکار ساخته و معلوم می‌دارد.

وضعیت‌های چرخه‌ای سخت[12]

وضعیت‌های چرخه‌ای سخت به آن دسته از وضعیت‌هایی اطلاق می‌شود که در آنها، محدودهٔ تنش جابه‌جایی یا S_E از $0.8S_A$ ، محدودهٔ تنش مجاز فراتر رود و یا تعداد چرخه‌های معادل از ۷۰۰۰ چرخه

---

1. Category M Fluid Servic
2. Toxic Fluid
3. Breathing
4. Bodily Contact
5. Irreversible Harm
6. The Normal Fluide Service
7. High Pressure Piping
8. Flange Class Ratings
9. Owner
10. Categorizing
11. Additational Pipe
12. Severe Cyclic Conditions

تجاوز کند، یا وضعیت‌هایی در اثر طراحی ایجاد شود که اثری معادل تأثیرات فوق‌الذکر را به بار آورد[300.2¶]. اگر در یک سیستم لوله‌کشی استفاده از [وضعیت‌های] چرخه‌ای سخت صورت پذیرد، طراح باید در انتخاب اجزای لوله‌کشی اطمینان حاصل کند که اجزای گزیده شده توسط وی برای سیستم لوله‌کشی توسط نظام‌نامه B31.3 منع نشده باشد.

غالباً، در مرحلهٔ طراحی، با ایجاد تغییراتی در چیدمان لوله‌کشی[1]، انتخاب مناسب اجزا و یا دیگر اقدامات ضروری، از بروز پیش‌آمدهای غیرمترقبه[2] در سیستم‌های لوله‌کشی مبتنی بر وضعیت‌های چرخه‌ای سخت، پیشگیری می‌کنند. در صورتی که وضعیت‌های چرخه‌ای سخت متعادل نشوند، نظام‌نامه با ایجاد محدودیت‌هایی که در فصل II، قسمت ۳ آن آورده شده است، سیستم را از عدم تعادل محافظت خواهد کرد. در سیستم‌هایی از لوله‌کشی که تحت وضعیت‌های چرخه‌ای سخت مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، معیار پذیرش جوش[3]، سیستم‌های لوله‌کشی‌ای که تحت وضعیت‌های به‌کارگیری معمول سیال[4] کار می‌کنند، به مراتب سخت گیرانه‌تر است. این موضوع در بخش آزمایش، بعدتر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

1. Piping Lay-out
2. Occurence
3. Weld Acceptance Criteria
4. The Normal Fluid Service Conditions

فصل پنجم

مواد[1]

مقدمه

در این فصل، مواد و نظام‌نامهٔ B31.3 بر مبنای مفروضات سه‌گانه فهرست شده در زیر، توصیف می‌شود:

الف) B31.3 فرض می‌کند که به‌کارگیرندگان [مواد] سیستم‌های طبقه‌بندی مواد[2]، خواص مواد[3] و مشخصات مواد[4] را می‌فهمند. درهرحال تجربه نشان داده است که سطح دانش کاربران به‌گونه‌ای گسترده، فرق می‌کند؛ و غالباً این دانش محدود به داشتن اطلاعاتی از برخی درجات فولادی کربن‌دار[5] یا سیستم‌های آلیاژی ویژه است که به‌طور معمول به‌کار می‌روند. درهرحال، این فصل با ارائهٔ اطلاعاتی دربارهٔ سیستم‌های طبقه‌بندی مواد و مشخصات مواد آغاز شده و در نظر دارد تا دانش عمومی[6] به‌کارگیرندگان [مواد] را ارتقا دهد.

ب) نظام‌نامهٔ B31.3 ، نخست، در طراحی مکانیکی، خواص مکانیکی و درستی فشار حاصله[7] [یک سیستم لوله‌کشی] بر ایمنی تمرکز[8] می‌کند. نظام‌نامه فهرست‌هایی از مواد را با طیفی گسترده ارائه می‌دهد که می‌تواند [– این فهرست‌ها –] به‌عنوان "پیش شرط‌هایی[9] " جهت به‌کارگیری مواد و خواص اصلی مواد در سیستم [323¶] به کار آیند. به‌عنوان مثال بخشی از فهرست‌نویسی مواد در نظام‌نامه

---

1. Materials
2. Material Classification Systems
3. Material Specifications
4. Material Property
5. A Few Grades Of Carbon Steel
6. Users Overall Understanding
7. Resulting Pressure Integrity
8. Focusing
9. Prequalified

دربردارندهٔ مقادیر تنش مجاز به‌عنوان تابعی از درجه حرارت طراحی بوده و نیز پاره‌ای داده‌های مفید در رابطه با رفتار مواد در وضعیت‌های مختلف به‌کارگیری آنها ارائه شده است [جدول A-1 و A-2 و ضمیمهٔ F].

پ) درهرحال نظام‌نامهٔ B31.3 فهرست‌هایی از مواد قابل قبول را ارائه می‌کند و نیز ممانعت‌ها، محدودیت‌ها، وضعیت‌ها، و احتیاطات معین و لازمی را که در استفاده از مواد پذیرفته شده باید رعایت نمود، نیز بیان می‌دارد؛ باید توجه داشت که در کاربردهای ویژه استفاده از موارد پیش گفته تجویز نمی‌شود. به‌یاد داشته باشید که تمرکز نظام‌نامه بر صحت و درستی طراحی مکانیکی است، همچنین از دیدگاه مفید یا مضر بودن مواد برای فرایندهای زیست محیطی به بررسی مواد می‌پردازد. ارزیابی رفتار مورد انتظار مواد برای مجموعه‌ای از وضعیت‌های فرایندی، شامل آزمودن بحرانی برای ممنوعیت‌ها، محدودیت‌ها، وضعیت‌ها و احتیاطات فهرست شده در نظام‌نامه، به‌طور عام نیازمند اطلاعاتی از متخصص مواد به‌عنوان ورودی سیستم است.

مشخصات و سیستم‌های طبقه‌بندی مواد[1]

زبان مواد[2] می‌تواند پیچیده شود. در طول مباحثه با یک متخصص مواد، انسان احساس می‌کند که از یک کشور خارجی بازدید می‌کند. با این‌حال، استفادهٔ مؤثر و کارا از نظام‌نامهٔ B31.3 نیازمند به داشتن اطلاعات اساسی از نحوهٔ چیدمان [یا ترتیب] و فناوری مواد در نظام‌نامهٔ، به‌ویژه سیستم‌های طبقه‌بندی مواد و مشخصات مواد است.

مثلاً در نظر بگیرید می‌خواهید تنش مجاز را برای مادهٔ لوله‌ای ضدزنگ و اوستنیتی، مطابق با استاندارد ASTM A 312 type 316L بیابید. یک کاربر بی‌اطلاع برای انجام این امر ۵۰ صفحه‌ای را که دربرگیرند جدول A-1 از نظام‌نامهٔ B31.3 است را به‌سختی پایان خواهد برد. لیکن، در این جستجو، اگر کاربر از ترتیب اساسی زیر در مورد جدول A-1 آگاه باشد، کمتر دشواری خواهد داشت.

الف) جدول A-1 ، مواد را به زیر گروه‌هایی که به‌طور عام خواص معینی را مشخص می‌کنند، همچون فولاد کربن‌دار، آلیاژهای نیکل و نیکل، آلیاژهای تیتانیوم و تیتانیوم، دسته‌بندی می‌کند. این گروه‌ها و این عناوین در قسمت‌های راست و چپ هر صفحه از جدول و در زیرعنوان فوقانی جدول نوشته می‌شوند.

ب) جدول A-1، در چارچوب گروه‌های عام یادشده، مواد را براساس شکل تولیدشان[3] طبقه‌بندی می‌کند (مثل صفحه‌ها و ورق‌ها، لوله‌ها و تیوپ‌ها[4]، مواد آهنگری شده و غیره).

---

1. Material Classification Systems & Specification
2. The Language Of Materials
3. Product Form
4. Pipe & Tube

پ) در نهایت، جدول A-1 ، برای هر شکل تولید مواد را براساس ترکیب اسمی[1]، مشخصات و درجهٔ[2] آنها، دسته‌بندی کرده است. درجات به شکل عبارات حرف- عددی[3] و براساس یک سیستم نام-گذاری معین، که هر یک به سیستم آلیاژی که معرف آن هستند، و در همین فصل در صفحات بعد توضیح آن داده می‌شود، آورده شده‌اند.

ممکن است توضیحات پیشین در مورد جدول A-1 بسیار ساده به‌نظر آید. به‌ویژه آن هنگام که شما با سیستم‌های متفاوتی، با مبانی روش‌مند[4] کار می‌کنید. درهرحال ملاک‌ها و معیارهای بسیاری برای شناسایی مواد وجود دارد، علی‌الخصوص، در این زمینه که شناسایی مواد به سطح و نوع ارتباطات و داده‌های در دسترس وابسته است.

مجموعاً، سه روش مقدماتی برای شناسایی مواد وجود دارد:

الف) نام‌گذاری‌های عمومی و کلی[5]، [یا طراحی براساس کارکرد سیالات مرتبط با مواد]

ب) نام‌گذاری براساس خواص یا نام‌های تجاری مواد[6]، و

پ) نام‌گذاری براساس درجه‌بندی‌های حرف- عددی استاندارد[7] شده.

براساس سه سرفصل ارائه شدهٔ فوق، سیستم‌های نام‌گذاری مواد به تفصیل تشریح می‌شوند.

نام‌گذاری‌های عمومی و کلی[8]

در نام‌گذاری‌های عمومی و کلی، انجام دسته‌بندی مواد براساس ویژگی‌های معین[9] گروه‌هایی از مواد، همچون ترکیب کلی[10]، خواص مکانیکی[11]، روش تولید[12] یا کاربرد نهایی آنها[13] صورت می‌پذیرد. در تعیین گروه‌هایی از مواد قواعدی با صراحت کامل، حاکم نیست؛ در نتیجه ممکن است مواد براساس مشخصات بسیار گسترده و در دسته‌بندی‌های کلی طبقه‌بندی شوند، مانند فلز یا غیرفلز، آهنی یا غیرآهنی یا ریخته‌گری شده[14] یا ماشین کاری شده[15]. شق دیگر گروه‌هایی که دارای دسته‌بندی‌های کلی

---

1. Nominal Composition
2. Grade
3. Alphanumeric
4. Regular Basic
5. Generic Designation
6. Trade Names
7. Standardized Alphanumeric
8. Generic Designation
9. Certain attributes
10. General Composition
11. Mechanical Properties
12. Product Form
13. End use
14. Cast
15. Wrought

هستند، ممکن است گسترهٔ فراخی از مواد را تعریف نکنند و گسترهٔ محدود و باریک از مواد را به تعریف کشند مانند فولاد نرمه[1]، فولاد زنگ نزن سری 3xx یا آلیاژ NicrM0.

در کاربردهای عام، دسته‌بندی کلی مواد لوله‌کشی براساس محتوای آلیاژی آنها صورت می‌پذیرد. این گروه‌ها بازتاب‌دهندهٔ محتوای اولیهٔ آلیاژی مواد هستند و ممکن است سطوح متغیر و پیچیده‌ای را دربرگیرند؛ این سطوح وابسته به نیاز واقعی و موجود فرد، از نظر مشخصه‌های ویژهٔ مواد است. در جدول ۱-۵ تکامل دسته‌بندی‌های کلی مواد از ساده به عالی یا از ساده به پیچیده، که دربردارندهٔ پاره‌ای از مؤلفه‌های سیستم دسته‌بندی کردن استاندارد را نیز در خود دارد، نشان می‌دهد.

جدول ۱-۵ . سطوح دسته‌بندی عمومی مواد

پیچیده	میانه	ساده
فولاد کربن، تماماً کشته Fully Killed, Low Carbon Steel	فولاد کم کربن Low Carbon Steel	فولاد کربن‌دار Carbon Steel
فولاد $2\frac{1}{4}$ کروم- ۱ مولیبدن $2\frac{1}{4}Cr-M_0Steel$)	فولاد کروم- مولیبدن $Cr-M_0Steel$	فولاد با درصد پایین آلیاژی Low Alloy Steel
فولادزنگ‌نزن‌اوستینیتی‌سری ۳۰۰ 300 Series Austenitic Stainless Steel	فولاد زنگ نزن اوستینیتی Austenitic Stainless Steel	فولاد زنگ نزن Stainless Steel
آلیاژ نیکل – کروم – مولیبدن Nicr M_0 Alloy	آلیاژ نیکل با درصد بالا High Nickel Alloy	آلیاژ نیکل Nickel Alloy

از دسته‌بندی‌های ارائه شده در جدول ۱-۵ ، به تناوب در مراحل مختلف طراحی یک پروژه، مثل مراحل تعریف پروژه[2]، طراحی اولیه بنیادی[3]،طراحی مقدماتی[4]، طراحی گزینه‌های اجرایی[5]، طراحی فرایندی[6]، و یا تخمین بودجه و اعتبارات لازم اجرای یک پروژه، استفاده می‌شود. برای براورد ساختن موضوع انتخاب مواد در خلال مراحل ذکر شده در فوق، کاربر یا طراح باید با الزامات نظام‌نامه‌ای آشنا باشد، درهرحال، کاربر یا طراح باید تا حدی با دانش روز جهان در مورد مقاومت گروه‌بندی‌های عمومی

1. Mild Steel
2. Project Definition
3. Conceptual Design یکی از مراحل در طراحی بنیادی(Basic Design) می‌باشد.-م.
4. Priliminary Design
5. Front End Design این مرحله بعد از طراحی بنیادی است و به طراحی تفصیلی شناخته می‌شود.-م.
6. Process design

مواد در برابر اشکال مختلف خوردگی، هزینه و در دسترس بودن روش‌های مختلف تولید، زمان‌های حمل، الزامات آزمودن کیفی، و وجود فناوری مناسب[1] شکل‌دهی و اتصال، آشنا باشد.

نام‌گذاری‌های مبتنی بر خواص و نام‌های تجاری[2] [مواد]

نام‌های تجاری برای توصیف و تعریف مواد و محصولات منحصربه‌فرد کارخانجات، توسط سازندگان به‌کار می‌روند. پاره‌ای از اسم‌های تجاری عبارت‌اند از:Inconel 625، Incoloy 825، Hastelloy C-276، Carpenter 20cb، Allegheny-Ludlum، AL-6XN، Mather&platt xeron 100 ، Lincoln Fleetweld 5P+ و VDM 1925hM0.

درهرحال ایجاد نام‌های تجاری برای هدف‌های تجاری است. پاره‌ای سازندگان و اتحادیه‌های تجاری[3] نمودارهای تعادلی[4] موادی را منتشر ساخته‌اند. به این ترتیب، با استفاده از یک نام تجاری ساده، نیازی به اعمال محدودیت و انجام احتیاط در گزینش مواد نیست. درهرحال هنگامی‌که ویژگی‌های مواد را با نام‌های تجاری آنها به‌کار می‌بریم، دو گونه استثنا مشاهده می‌شود. این استثنائات عبارت‌اند از:

الف) مواد بسیار نویافته که ممکن است توسط قوانین مربوط به حق انحصار[5]، از آنها حفاظت شود،

ب) مواد مصنوعی[و یا پیچیده[6]] که وجود آنها نیازمند شرایط معین و ویژه‌ای است، که ممکن است سازندگان دیگر توان بالقوهٔ[7] و ظرفیت تولید آنها را با کیفیت مناسب و مشابه نمونه‌های اصلی نداشته باشند. (در موادی با درصدهای آلیاژی بالا، استفاده از مواد معدنی شیمیایی یا انجام اصلاحاتی در فرایندهای تولید آنها، تأثیری نمادین[8] برروی کارایی مواد خواهند داشت.)

توصیف کننده‌های حرف- عددی استاندارد شده[9]

در قرن بیستم، گروه‌های صنعتی، سازمان‌های حکومتی[10] و اتحادیه‌های تجاری به استانداردسازی نام‌گذاری‌های مواد پی‌بردند. سیستم‌های نام‌گذاری حرف- عددی مواد توسعه‌یافته و به معیارهایی

1. Suitble Forming End Joining Technologe
2. Trade Names & Properietary Designations
3. Trade Associations
4. Trade name Eqivalency Charts
5. Patent Rights
6. Naming Conventions For Materials
7. Potential
8. Dramatically
9. Standardized Alphanumeric Descriptors
10. Government Organizations

استوار و نامتناقص در سطوح ملی و بین‌المللی با روش‌هایی برای معرفی و بسط و ابداع مواد جدید، بدل شد.

از آنجا که شماره‌های متعددی از مواد مختلف برای کاربردهای مشترکی به‌کار گرفته می‌شد، و مواد استاندارد شدهٔ گوناگونی در سیستم‌های نام‌گذاری مواد درگیر می‌شدند، قوانین نام‌گذاری مواد[1]، برای اداره کردن اسم‌گذاری مواد به‌وجود آمد. به تدریج، برای مواد فلزی، صنایع به سمت استفاده از سیستم عددگذاری همگن[2] برای طبقه‌بندی مواد، حرکت کردند، درهرحال دیگر سیستم‌ها هنوز غالب بوده و تا سالیانی بعد نیز مورد استفاده قرار گرفتند. نظام‌نامه B31.3 با استفاده از سیستم‌های نام‌گذاری گوناگون مواد را معرفی و شناسایی می‌کند، بنابراین شناخت مبانی سیستم‌های مختلف " استاندارد شدهٔ" طبقه‌بندی مواد، ضروری است. پاره‌ای از این مبانی در بندهای زیر توضیح داده شده‌اند.

انجمن آمریکایی آهن و فولاد[3] (AISI)

سیستم شاره‌گذاری AISI برای فولادهای کربن‌دار[4] و فولادهای کم آلیاژ[5] براساس یک سیستم چهار عددی[6] استوار است؛ که این اعداد برای انتقال مفاهیم و معانی ویژه‌ای می‌توانند پیشوند و یا پسوند داشته باشند. در جدول ۲-۵ فهرستی از گروه‌های آلیاژی کم کربن و کربن‌دار[7] را در سیستم AISI نشان می‌دهد. در غالب اوقات، کاربر باید برای انتخاب فولادهای AISI موردنظر خود، براساس گسترهٔ ترکیبی موردنظر، جداول را جستجو کند، لیکن براساس پاره‌ای تجربیات، به‌کارگیری دو قاعدهٔ زیر برای تشخیص و تعیین درجات مشترک مفیدتر خواهند بود.

الف) اولین و دومین رقم از سیستم طراحی‌شدهٔ شماره‌گذاری از سمت چپ به نخستین و دومین دسته از آلیاژهای فولاد تعلق دارند.

ب) سومین و چهارمین رقم (و برای پاره‌ای گروه‌ها، پنجمین عدد) مقدار متوسط کربن را برحسب یک صدم درصد وزنی[8]، مشخص می‌سازد.

به‌عنوان مثال فولادهای سری ٤١٠٠ با کروم و مولیبدن، آلیاژی شده‌اند (به‌جز پاره‌ای استثناها با 1%Cr-0.2%M0)، و یک فولاد ٤١٤٠ حاوی 1%Cr-0.2%M0 یا حدود 0.40%C است.

---

1. Naming Conventions For Materials
2. Uniform Numbering System
3. American Iron & Steel (Institute)
4. Carbon Steels
5. Low Alloy Steels
6. A Four Digit Sys.
7. The Main Carbon & Low Alloy Groups
8. Hundreths Of Weight Percent

جدول ۲-۵ سیستم نام‌گذاری AISI برای فولادهای کربن‌دار و فولادهای با درصد پایین آلیاژی

فولادهای کربن‌دار	
10XX	فولاد کربن‌دار ساده[1]
11XX	فولاد کربن‌دار ساده، دوباره سولفوره شده[2]
1200	فولاد کربن‌دار ساده، دوباره سولفوره شده و دوباره فشرده شده[3]
	فولادهای با درصد پایین آلیاژی[4]
13xx	فولادهایی با $1\frac{3}{4}$% منگنز (1.60-1.90%)
2100	نیکل 1% (1%)
23xx	فولادهایی با $3\frac{1}{2}$% نیکل (3.25-3.75%)
25xx	فولادهایی با 5% نیکل (4.75-5.25%)
31xx	فولادهایی با $1\frac{1}{4}$ نیکل(1.40-0.10%) و (0.90-00.70% یا 75-0.55) کروم
33xx	فولادهایی با $3\frac{1}{2}$% نیکل (3.75-3.25%) و (1.75-1.40%) کروم
40xx	فولادهایی با $\frac{1}{4}$% مولیبدن (0.3-0.2% یا 0.25-0.15)
41xx	فولادهایی با 1% کروم (1.10-0.8% یا 0.9-0.7,0.6-0.4 و (0.35-0.25% یا 0.25-0.15% ، 0.15-0.08) مولیبدن
43xx	فولادهایی با $1\frac{3}{4}$% نیکل (2.0-1.65%) ، (0.9% یا 0.7 یا 0.6-0.40) کروم و (0.3-0.2%) مولیبدن
46xx	فولادهایی با $1\frac{3}{4}$% نیکل (2-1.65%, 1.75-1.40, 1-0.7) و (0.30-0.20,0.25-0.15%) مولیبدن
48xx	فولادهایی با (3.75-3.25%) نیکل – (0.30-0.20%) مولیبدن
50xx	فولادهای کرومهٔ (0.75-0.55 یا 0.35-0.20) درصدی
51xx	فولادهای کرومهٔ (1.05 یا 0.9,0.8) درصدی
5xxxx	فولاد کرومه (1.45% یا و 1.00 و 0.5) با کربن (1.10-0.95%)

1. Plain Carbon Steel
2. Plain Carbon Steel, Resulfurized
3. Plain Carbon Steel, Resulfurized & Rephosphorized
4. Low Alloy Steels

	فولادهای کربن‌دار
61xx	فولادهای با کروم (0.95% یا 10.8 – وانادیم(می‌نیمیم 0.15% یل 0.10)
86xx	فولادهای با نیکل (0.40-0.70%) – کروم (0.40-0.60%) – مولیبدن (0.15-0.25%)
87xx	فولادهای با نیکل (0.40-0.70%) – کروم (0.40-0.60%) – مولیبدن (0.20-0.30%)
92xx	فولادهای با منگنز(0.85%) – سیلیکن (0.22-0.82%)
93xx	فولادهای با نیکل (0.3-3.5%) – کروم (1.0-1.4%) – مولیبدن (0.08-0.15%)
94xx	فولادهای با منگنز (1.0%)– نیکل 0.3-0.6%))– کروم (0.3-0.5%)– مولیبدن (0.8-0.15%)
97xx	فولادهای با نیکل (0.4-0.7%) – کروم (0.1-0.25%) – مولیبدن (0.15-0.25%)
98xx	فولادهای با نیکل(0.85-1.15%) – کروم (0.7-0.9%) – مولیبدن (0.2-0.3%)
99xx	فولادهای با نیکل (1.00-1.3%) – کروم (0.4-0.6%) – مولیبدن (0.2-0.3%)
توجه: درج حرف "B" بین دومین و سومین کلمه، مشخص کنندهٔ فولاد آلیاژی بردار[1] است.	

جدول ۲-۵ محل‌هایی که می‌توان به عددهای AISI پیشوند و یا پسوندی را افزوده، نشان داده است؛ اما آنچه که رایج است مشاهده و ملاحظهٔ اعداد AISI بدون پیشوند است، چرا که ترکیب آلیاژی نشان دهندهٔ عناصر اصلی تشکیل‌دهنده و مربوط به آن است. چرا که ترکیب آلیاژی نشان‌دهندهٔ عناصر اصلی تشکیل‌دهنده و مربوط به آن است. با این‌حال، برای راهنمایی، پاره‌ای از کلمات و حروف پیشوندی و پسوندی در جدول ۳-۵ فهرست شده‌اند.

1. Boron Alloyed Steel

جدول ۳-۵ . معانی پیشوندها و پسوندهای AISI

پیشوند		پسوند	
A	فولاد آلیاژی قلیایی ساخته شده در کورهٔ فولاد سازی دهان باز[1]	A	ترکیب محدود شیمیایی
B	فولاد کربن دار اسید بسمری	B	با کیفیت فولاد یا تاقانی
C	فولاد کربن‌دار	C	محدوده-های احتراق تضمین شده
D	فولاد کربن‌دار اسیدی ساخته شده در کورهٔ فولاد سازی دهان باز	D	به‌طور ویژه ضایع شده
E	فولاد کورهٔ الکتریکی بازی[2]	E	آزمون‌های قلم‌زنی درشت
TS	فولاد استاندارد تجربی[3]	F	با کیفیت لوله تفنگ
Q	با کیفیت آهنگری، یا ویژه	G	با دانه‌بندی محدود اوستینیتی
R	شمش‌هایی باکیفیت دوبارهٔ غلتیده شدگی[4]	H	به‌طور تضمینی سخت کاری شده
		I	با الزامات ظرفیتی غیرفلزی
		J	آزمون شکست
		T	آزمون سنجش کشش
		V	با کیفیت مورد نیاز هواپیمایی یا گذشته از آزمون شار مغناطیسی

1. Basic Open-Hearth Alloy Steel
2. Basic Electric Furnace Steel
3. Tentative Standard Steel
4. Re-rolling Quality Billets

سیستم انجمن امریکایی آهن و فولاد (AISI) برای فولادهای با درصد کم کربن متوسط[1] و فولادهای با درصد بالای آلیاژی (زنگ نزن)[2]

همچنین، برای نام‌گذاری فولادهای آلیاژی با درصد بالا و درصد کم کربن، AISI یک سیستم سه‌رقمی دارد. در غالب قسمت‌های، این فولادها، فولادهایی زنگ نزن با بیش از ۱۱/۵ درصد کروم (مانند سری-های 6XX,4XX,3XX,2XX) هستند. درهرحال، پاره‌ای از عناصر این سیستم طبقه‌بندی، فولادهای آلیاژی با درصدهای متوسط (همچون سری‌های 5XX) هستند. مثال‌هایی از شناسه‌های AISI عبارت‌اند از فولادهای زنگ نزن با درصدهای آلیاژی 304، 316L، 410، 630 و فولادهای آلیاژی درصد متوسط 502.

جدول ۳-۵ نام‌گذاری‌های AISI برای فولادهای آلیاژی (زنگ نزن) با درصدهای بالا و متوسط

شمارهٔ سری	مشخصه‌های گروه (فولاد)
2XX	فولادهای زنگ نزن کروم- منگنز- نیکل ؛ ساختار اوستینیتی، بدون خواص آهن‌ربایی، بدون قابلیت سخت کاری توسط آب دادن
3XX	فولادهای زنگ نزن کروم- نیکل؛ ساختار اوستینیتی، بدون خواص آهن‌ربایی، بدون قابلیت سخت‌کاری توسط آب دهی
4XX	فولادهای زنگ نزن کرومه؛ ساختار ماتنزیتی یا فریتی، با خواص آهن‌ربایی و با قابلیت سخت کاری توسط آب دهی
5XX	فولادهای کرومهٔ راسته[3]؛ ساختار فریتی، با خاصیت آهن‌ربایی و با قابلیت سخت کاری توسط آب‌دهی
6XX	فولادهایی که با افزودن مقادیر اندک از Al، Ti، Cu یا دیگر عناصر آلیاژی بدان‌ها و با انجام دوبارهٔ عملیات حرارتی می‌توانند استحکام بالایی را به دست داده و قابلیت سخت‌شدگی سریع را به دست آورند؛ ساختار آنها متغیر بوده و ممکن است مخلوطی از ساختارهای مختلف باشند.

1. Wrought Intermediate
2. High Alloy (Stainless)Steel
3. Straight Chromium Steels

جامعهٔ آلیاژهای ریخته‌گری شده[1] (ACI)

فولادهای زنگ نزن ریخته‌گری شده غالباً براساس ترکیباتشان مشخص شده و از یک سیستم طراحی شده به‌وسیله جامعه آلیاژهای ریخته‌گری شده (ACI) استفاده می‌کنند. در نام‌گذاری ACI، مانند CF3 و CF8M، پاره‌ای از استانداردهای منتشره به‌وسیلهٔ سازمان‌هایی همچون ASTM، که دربردارندهٔ B31.3 برای فولاد زنگ نزن ریخته‌گری شده است، به کار می‌روند، از آنجایی که مواد ریخته‌گری شده با ترکیب " معادل" مواد نرمه یا موادی که قابلیت چکش‌خواری دارند انطباق کامل ندارد، اسامی ACI ترجیح داده می‌شوند.

سیستم نام‌گذاری ACI، بر مبنای آلیاژهای مشترک CF8M و HK40 در زیر توضیح داده می‌شود.

الف) نخستین حرف از سیستم نام‌گذاری فولاد زنگ نزن ریخته‌گری شده رسانندهٔ مفهوم کارکرد معینی از آلیاژ است. حرف C نشان‌دهندهٔ مقاوم بودن آلیاژ در برابر خوردگی است (مانند حرف C در CF8M)، و حرف H نشانگر مقاومت آلیاژ در برابر حرارت و گرمادهی است (همچون حرف H در HK40)

ب) دومین حرف، مکان تقریبی را بر روی نمودار سه فازی آهن- کروم- نیکل (FeCrNi) معین می‌سازد. برای کاربرانی که با نمودار سه فازی آشنا هستند، دومین حرف تعیین کنندهٔ مقدار اسمی آهن، نیکل و کروم است، اما غالب مردم از مشخصه‌های مواد آلیاژی اطلاعات نام برده شده را به‌دست می‌آورند.

پ) ارقام سوم و چهارم در سیستم نام‌گذاری، مقدار کربن آلیاژ را معین می‌کنند. برای آلیاژهایی که در برابر خوردگی مقاوم هستند، ارقام سوم و چهارم نشان‌دهندهٔ حداکثر مقدار کربن مجاز برحسب 0.01 درصد است (مثلاً CF8M ، در برابر حرارت (H)، سومین و چهارمین رقم نشان‌دهندهٔ مقدار متوسط یا میانه در محدوده و گسترهٔ کربن برحسب 0.01 درصد با حد ±0.05 درصد است (به‌عنوان مثال HK40 دربردارندهٔ مقدار اسمی 0.40 درصد کربن با حد ±0.05 درصد است).

ت) حروف دیگری که در پی اعداد معرف میزان کربن در آلیاژ می‌آیند، به عناصر شیمیایی خاصی که به آلیاژ اضافه شده‌اند اشاره می‌کنند، و ممکن است شامل M برای مولیبدن، C برای کلمبیوم[2]، CU برای مس و W برای تنکستن باشند(مثلاً CF8M دارای ۲ تا ۳ درصد مولیبدن است). دو استثنا در این قاعده وجود دارد: حرف A نشان‌دهندهٔ "فریتی کنترل شده[3] " و حرف F نشان‌دهندهٔ "ماشین کاری مجاز است[4] " است.

---

1. Alloy Casting Institute
2. Colombium
3. Controlled Ferrite
4. Free Machining

انجمن آلومینیوم(AA) [1]

نام‌گذاری آلومینیوم و آلیاژهای آن پیچیده بوده و به‌طور تفصیلی توسط ANSI h35.1 توصیف شده است. سیستم نام‌گذاری یادشده عناوین اطلاعاتی سه‌گانهٔ زیر را تکمیل می‌کند:

الف) شکل تولید (فراورده‌های نرم و چکش خوار، فراورده‌های ریخته‌گری شده و شمش‌ها)،

ب) ترکیب شیمیایی (توسط گروه‌بندی آلیاژی)، و

پ) آب‌دهی [2]

جدول ۵-۵ نام‌گذاری‌های اساسی آلیاژ آلومینیوم را که بر شکل تولید و ترکیب شیمیایی هر گروه استوار است، نشان می‌دهد. مؤلفهٔ آب‌دهی از سیستم نام‌گذاری در صفحات آتی توضیح داده می‌شود.

در سیستم نام‌گذاری آلومینیوم و آلیاژهای آن، از آنجا که براساس شکل تولید [3] می‌توان به سرعت آلیاژها را شناسایی کرد، لذا این مؤلفه دارای ترجیح و برتری بر سایر مؤلفه‌های نام‌گذاری است.

الف) اعداد AA بدون وجود اعشار بین ارقام سوم و چهارم نشان‌دهندهٔ فراورده‌های نرمه [4] با قابلیت چکش‌خواری هستند. این فراورده‌ها در دو ستون سمت راست جدول ۵-۵ فهرست شده‌اند.

ب) اعداد AA با یک اعشار ما بین آنها (همچون در ستون سمت چپ جدول ۵-۵) عبارت‌اند از:

i) اگر رقم پس از اعشار 0 (صفر) باشد، فراورده‌ها ریخته‌گری شده هستند؛ و

ii) اگر رقم پس از اعشار ۱ یا ۲ ، که مبین ترکیبات مختلف شیمیایی هستند، باشد، فراورده‌ها شمش [5] گونه هستند.

جدول ۵-۵ نام‌گذاری‌های انجمن آلومینیوم (AA) برای آلیاژهای نرمه و ریختگی

سیستم آلیاژ نرمه یا چکش‌خوار		سیستم آلیاژ ریختگی	
1XXX	آلومینیوم، > 99 درصد	1XXX	آلومینیوم، > 99 درصد
2XXX	مس	2XXX	مس
3XXX	منگنز	3XXX	سیلیس، مس و یا منیزیوم

1. Aluminum Association (AA)
2. Temper
3. Product Form
4. Wrought Products
5. Ignot

سیستم آلیاژ نرمه یا چکش‌خوار		سیستم آلیاژ ریختگی	
4XXX	سیلیس	4XXX	سیلیس
5XXX	منیزیوم	5XXX	منیزیوم
6XXX	منیزیوم و سیلیس	6XXX	سری‌های کار نشده
7XXX	روی	7XXX	روی
8XXX	آلیاژهای ویژه	8XXX	قلع
9XXX	سری‌های کار نشده[1]	9XXX	عناصر دیگر

توسط چهار رقم، با معانی سه گانه زیر، ترکیب شیمیایی آلیاژهای آلومینیوم و آلومینیوم نرمه بیان می‌شوند:

الف) رقم نخست گروه آلیاژی اولیه فهرست شده در جدول ۵-۵ را مشخص می‌کند.

ب) دومین رقم اصلاحات صورت گرفته نسبت به آلیاژ اصلی[2]، یا حدود ناخالصی[3] را نشان می‌دهد.

پ) دو رقم آخری آلیاژ آلومینیوم ویژه یا خلوص[4] آلومینیوم را معین می‌کند.

ترکیب شیمیایی آلیاژهای آلومینیوم و آلومینیوم ریختگی به‌وسیلهٔ سه رقم پیش از اعشار به شرح زیر توصیف می‌شود:

الف) نخستین رقم، گروه اولیهٔ آلیاژی فهرست شده در جدول ۵-۵ را مشخص می‌کند.

ب) دومین و سومین رقم، خلوص آلومینیوم را مشخص ساخته یا آلیاژ آلومینیوم را تعریف می‌کنند. آخرین عدد را که پس از اعشار قرار می‌گیرد، بیاد آورید؛ این عدد شکل تولید را معین می‌سازد (مثل ریختگی و یا شمشه)

به‌علاوه در سیستم نام‌گذاری مبتنی بر روش تولید و عنصر شیمیایی[5]، مؤلفه‌ای به‌نام آب‌دهی[6]، برای همهٔ شکل‌های تولید، چه فولادهای نرمه، چه ریختگی‌ها و چه برای آلومینیوم یا آلیاژهای آن، باستثنای شمش‌ها[7] وجود دارد. عنصر یا مؤلفهٔ آب‌دهی براساس توالی عملیاتی که برای تولید یک فراورده انجام می‌شود، بیان می‌شود. نام‌گذاری این مؤلفه از همان روش نام‌گذاری آلیاژها تبعیت می‌کند؛ در این سیستم برای متمایز ساختن انواع مختلف آب‌دهی، پس از چهار رقم با یک خط ربط علامت مربوط به نوع آب‌دهی گذارده می‌شود. (مانند: ASTM b241Gr.5083-0 ، ASTM B 210 Gr.1060-

1. Unused Series
2. The Original Alloy (آلیاژ پایه)
3. Impurity Limits
4. Purity
5. The Product And Chemistry Component
6. Temper Component
7. Ignots

ASTM B 241 Gr.6061-T6 ،H113). نام‌گذاری اصلی آب‌دهی مشتمل بر حروف آورده شده در جدول ۶-۵ است.

جدول ۶-۵ نام‌گذاری‌های اصلی آب‌دهی آلومینیوم یا آلیاژهای آلومینیوم

آب‌دهی	معنا	کاربرد
F	همچون محصولات[1] فراوری شده یا ساخته شده	محصولات فرایندهای شکل‌دهی[2]، که طی آنها کنترل ویژه‌ای بر روی وضعیت‌های حرارتی اعمال نشود یا از سخت کاری کرنشی[3] استفاده شود. در فراورده‌های نرمه حدود خاصی برای خواص مکانیکی وجود ندارد.
O	سردکاری شده[4] [آهسته سرد شده]	فراورده‌های نرمه‌ای که برای تعیین پایین‌ترین استحکام آب‌دهی سردکاری شده[5] و فراورده‌های ریختگی که برای بهبود یافتن چکش خواری و پایداری ابعادی[6]، به آهستگی سرد شده‌اند. بعد از o ممکن است عددی غیر صفر قرار گیرد.
H	سفت کاری شدهٔ کرنشی	فراورده‌های نرمه‌ای که استحکام آنها براثر سخت‌کاری کرنشی، با یا بدون عملیات حرارتی اضافی یا مکمل برای تولید پاره‌ای کاهش‌ها در استحکام، افزایش یافته باشد. پس از H همواره دو یا چند رقم قرار می‌گیرد.
W	عملیات حرارتی[7] شده	یک آب‌دهی ناپایدار است که صرفاً در مورد آلیاژهایی که پس از انجام عملیات حرارتی، به‌طور خودبه‌خودی در حرات اتاق پیر[8] می‌شوند، صورت می‌پذیرد. صرفاً آنگاه که تناوب طبیعی پیرشدگی[9] برگزیده شده باشد، این نام‌گذاری در مورد آن اعمال می‌شود.
T	عملیات[10] گرمایشی	آن دسته از محصولاتی که باید بدون سخت‌کاری کرنشی اضافی مورد عملیات حرارتی قرار گرفته تا شرایط آب‌دهی پایداری ایجاد کنند، به‌جز مواردO.F و H. پس از T یک یا چند رقم قرار می‌گیرند.

1. As Fabricated
2. Shaping Proccesses
3. Strain - Hardening
4. Annealed
5. Ductility
6. Dimensional Stability
7. Heat- Treated
8. Age
9. Natural Aging
10. Thermally-Treated

زیربخش‌های آب‌دهی اصلی[1] T وH با افزودن یک یا چند رقم به آنها – در دنبالهٔ آنها- مشخص می‌شوند. این ارقام مشخص‌کنندهٔ توالی عملیات صورت گرفته برروی آلیاژ بوده و به‌عنوان روش عمده و اصلی اعمال و ایجاد مشخصه‌های خاص بر آلیاژ شناخته می‌شوند. برای زیربخش‌های[2] آب‌دهی H، نخستین رقم پی‌اید H، ترکیب ویژه‌ای از عملیات اصلی[3] انجام شده برای حصول مشخصه‌هایی همچون سختی و استحکام را، که در جدول ۷-۵ آورده شده‌اند معین می‌کند. برای زیربخش‌های آب‌دهی T، اعداد 1 تا 10 که پس از T قرار می‌گیرند، توالی ویژهٔ عملیات اصلی حرارتی[4] انجام شده برای حصول مشخصه‌هایی چون سختی و استحکام را، چنان‌که در جدول ۸-۵ آورده شده است، معین می‌کنند.

جدول ۷-۵ نام‌گذاری زیربخش‌های آب‌دهی نوع H

نام‌گذاری	مشخصه	کاربرد
H1	صرفاً سخت‌کاری کرنشی شده	محصولاتی که برای مشخص ساختن استحکام بدون انجام عملیات حرارتی اضافی سخت‌کاری کرنشی شده‌اند. عددی که در این نام‌گذاری پس از H آمده است نشان‌دهندهٔ میزان و درجهٔ سخت کاری کرنشی است.
H2	سخت‌کاری کرنشی و سردکاری موضعی شده	محصولاتی که بیش از حد نهایی لازم سخت‌کاری کرنشی شده و برای کاهش استحکام و رسیدن به سطح مطلوب سردکاری موضعی شده‌اند. در این سیستم نام-گذاری عددی که پس از H می‌آید نشان‌دهندهٔ میزان سخت‌کاری کرنشی باقیمانده برای سرد کاری موضعی، پس از تولید فراورده است.
H3	سخت‌کاری کرنشی و تثبیت شده	فراورده‌هایی که سخت‌کاری کرنشی شده و برای تثبیت[5] خواص مکانیکی آنها، عملیات حرارتی دما پایین[6] برروی آنها انجام می‌شود. در این روش نام‌گذاری عددی که پس از H قرار می‌گیرد میزان سخت‌کاری کرنشی لازم را که پیش از عملیات تثبیت صورت می‌پذیرد را نشان می‌دهد.

1. Basic Tempers
2. Subdivisions
3. Specific Combination
4. Specific Sequence
5. Stabilizing
6. A Low Temperature Thermal Treatment

جدول ۸-۵ نام‌گذاری زیربخش‌های آب‌دهی نوع T

آب‌دهی	مقصود	کاربرد
T1	سرد شده از دمایی بالا و آنگاه به‌طور طبیعی پیر شده	محصولاتی که پس از سرد شدن و پایین آمدن درجه حرارت، از دمایی بالا که در جریان فرایند شکل‌دهی[1] ایجاد شده نمی‌توانند سردکاری شده[2] و یا فراورده‌هایی که در خدود خواص مکانیک آنها، در جریان تخت شدگی[3] یا مستقیم شدگی[4] اثر کار سرد بر آنها قابل تشخیص نباشد.
T2	سرد شده از دمایی بالا، سردکاری شده و سپس به طور طبیعی پیر شده	فراورده‌هایی که پس از آنکه در فرایند شکل‌دهی دما بالا رفت و سپس سرد شد، برای بهبود استحکام مورد سردکاری قرار می‌گیرند، یا محصولاتی که در حدود خواص مکانیکی آنها، اثر سردکاری را در جریان تخت‌شدگی یا مستقیم-شدگی می‌توان تشخیص داد.
T3	تحت عملیات حرارتی محلول قرار گرفته و سپس به‌طور طبیعی پیرشده	محصولاتی که پس از انجام عملیات حرارتی محلول[5] جهت بهبود استحکام تحت کار سرد قرار گرفته یا فراورده‌هایی که اثر کار سرد برروی آنها در فرایند تخت شدگی یا مستقیم‌شدگی، در حدود خواص مکانیکی قابل تشخیص است.
T4	تحت عملیات حرارتی محلول قرارگرفته و سپس به‌طور طبیعی پیر شده	فراورده‌هایی که پس از عملیات حرارتی محلول سردکاری نمی‌شوند یا محصولاتی که اثر کار سرد برروی آنها در فرایند تخت‌شدگی یا مستقیم‌شدگی در حدود خواص مکانیک قابل تشخیص نیست.
T5	سرد شده از درجه حرارتی بالا و سپس پیر شده به طور مصنوعی	محصولاتی که پس از سرد شدن، از درجه حرارتی بالا که در فرایند شکل‌دهی ایجاد شده است، تحت کار سرد واقع نشده، یا فراورده‌هایی که اثر کار سرد در فرایند تخت یامستقیم شدگی آنها، در حدود خواص مکانیکی‌شان قابل تشخیص نیست.

1. Shaping Process (فرایند تیزشدگی شکل)
2. Cold Worked
3. Flattening
4. Straightening
5. Solution Heat Treatment

آب‌دهی	مقصود	کاربرد
T6	عملیات حرارتی محلول شده و به‌طور مصنوعی پیر شده	فراورده‌هایی که پس از عملیات حرارتی محلول سردکاری نمی‌شوند، یا اثر کار سرد در فرایند تخت یا مستقیم شدگی آنان، در حدود خواص مکانیکی‌شان قابل تشخیص نیست.
T7	عملیات حرارتی محلول شده و سپس تثبیت شده است.	محصولاتی که به جهت کنترل کردن پاره‌ای مشخصه‌های ویژهٔ آن توسط عملیات حرارتی محلول استحکام آن به حدود نقطهٔ استحکام حداکثر رانده شده و پس از عملیات حرارتی محلول تثبیت می‌شود.
T8	عملیات حرارتی محلول، سردکاری و سپس به‌طور مصنوعی پیر شده	فراورده‌هایی که برای اصلاح استحکام سردکاری شده، یا اثر سردکاری در جریان تخت و مستقیم-شدگی آنها، در حدود خواص مکانیکی‌شان قابل تشخیص است.
T9	عملیات حرارتی محلول، به‌طور مصنوعی پیر شده و آنگاه سرد کاری شده	محصولاتی که برای بهبود استحکام سردکاری شده‌اند.
T10	سرد شده از دمایی بالا، سردکاری و سپس به‌طور مصنوعی پیرشده	فراورده‌هایی که برای بهبود استحکام سردکاری شده یا اثر سردکاری در جریان تخت و مستقیم-شدگی‌شان در حدود خواص مکانیکی آنها قابل تشخیص است.

اگر در توالی عملیات اصلی که بر روی یک آلیاژ انجام می‌شود، تغییراتی داده شود، این تغییرات منجربه بروز تفاوت‌هایی در مشخصه‌های آلیاژ گشته و لذا ارقامی اضافی ممکن است به نام‌گذاری آب‌دهی [اصلی] افزوده شود. در آب‌دهی نوع H ، یک یا دو رقمی که به دنبال نام‌گذاری اصلی آب‌دهی (مثل H1، H2 یا H3) می‌آید، میزان سخت‌کاری کرنش را نشان می‌دهد. رقم ۸ برای تعیین استحکام اولیهٔ کششی که در اثر سردشدگی به میزان ۷۵ درصد از کل عملیات سردشدگی قابل حصول است (ASTM B 210 Gr.3003H18). مقرر گشته است. آب‌دهی‌های بین 0 (سرد کردن و آب دادن) و ۸ به‌وسیلهٔ اعداد ۱ تا ۷ نام‌گذاری شده‌اند. موادی که استحکام کششی اولیهٔ آنها در حدود مقدار میانهٔ بین آب‌دهی ۰ و ۸ است با عدد ٤ نام‌گذاری شده‌اند. (مثلاً ASTM B 210 Gr.1060 H14) همین‌طور موادی که استحکام اولیهٔ کششی آنها بین ۰ و ٤ باشد با عدد ۲ و موادی که استحکام کششی اولیه‌شان بین ٤ و ۸ باشد با ٦ نام‌گذاری شده‌اند. آب‌دهی‌هایی که با عدد ۹ نام‌گذاری شده باشند نشانگر آن هستند که استحکام کششی اولیه آنان به اندازه 0Ksi یا بیشتر از آب‌دهی ۸ تجاوز کرده است. در آب‌دهی‌های H که عدد دوم آنها فرد باشد؛ حدود استاندارد استحکام کششی اولیه دقیقاً بین دو رقم مجاور عدد دوم قرار دارد. رقم سومی که پس از H1، H2 و H3 قرار می‌گیرد برای نشان دادن تغییری نسبت به آب‌دهی دو رقمی به‌کار می‌رود. (همچون ASTM B 241 Gr.1060H 112) از این روش نام‌گذاری هنگامی استفاده می‌شود که درجهٔ کنترل آب‌دهی یا خواص مکانیکی ماده با یکدیگر متفاوت باشد و بسته به نام‌گذاری دو رقمی هر یک

عدد سوم اضافه می‌شود، یا به هنگامی که پاره‌ای خواص ویژه تأثیر می‌گذارند، از این روش سود می‌جویند.

در آلیاژهای آلومینیومی که تحت عملیات حرارتی قرار می‌گیرند ارقام اضافی‌ای که به‌نام‌گذاری افزوده می‌شوند، اولاً نمی‌توانند با صفر آغاز شوند و ثانیاً آنچه که به T1 تا T10 افزوده می‌شود تغییر در عملیات صورت گرفته حرارتی برروی آلیاژهای آلومینیوم را، که می‌توانند اصطلاحاتی در مشخصه-های محصول دهند، نشان می‌دهند. تغییرات دیگری در آب‌دهی موجود ممکن است رخ دهد، برای تبیین و تفسیر درست این تغییرات ضروری است که به استانداردهای ASTM یا ANSI H45.1 رجوع شود.

سیستم عددگذاری یکپارچه[1]

سیستم عددگذاری یکپارچه (UNS) مفاهیم معینی را که سیستم‌های جاری نام‌گذاری تهیه‌شده توسط انجمن‌ها، اتحادیه‌های بازرگانی، کاربران منفرد و تولیدکنندگان فلزات و آلیاژها به‌کار می‌رود را دربرمی‌گیرد. بنابراین، UNS از مشکلات ناشی از به‌کاربردن یک یا چند عدد شناسه[2] که برای آلیاژ با فلز همانند و مشابه و متضاد در دو یا چند آلیاژ یا فلز متفاوت به‌کار گرفته می‌شوند، جلوگیری و از آن اجتناب

می‌کند. بنابراین، سیستم عددگذاری یکپارچه، برای حفظ و نگهداری آنچه که ثبت شده[3] است. انباشت و بازیابی داده[ها][4] و مراجعات مکرر به منابع اصلی داده[ها][5] نمایه‌گذاری کارایی[6] را به شکلی یکپارچه . متحدالشکل ارائه می‌کند.

همانند دیگر سیستم‌های نام‌گذاری که پیشتر در همین فصل توضیح داده شد، UNS از آنجایی که براساس الزامات مربوط به شکل تولید، وضعیت، خواص مکانیکی یا کیفیت فراورده بنا شده است، یک مشخصهٔ محصول نیست. این سامانه، به‌سادگی یک سیستم شناسایی آلیاژها یا فلزات جهت کنترل حدود ترکیب شیمیایی آنهاست؛ ترکیباتی که در مشخصات آن آلیاژها یا فلزات در جایی دیگر نشر یافته‌اند. استفاده از UNS به سرعت روبه افزایش است؛ پاره‌ای از مراجع UNS در نظام‌نامهٔ B31.3 یافت می‌شوند (مانند: ASTM B 165 UNS NO.NO4400,ASTM B 467 UNS No.C71500) .

UNS، براساس هجده سری از اعداد، برای فلزات و آلیاژها، که در جدول ۹-۵ آمده‌اند شکل گرفته است. هر عدد UNS متشکل از یک حرف ساده و منفرد به‌عنوان پیشوند و پنج عدد، که در دنبالهٔ آن قرار

1. Unified Numbering Sys
2. Identification Number
3. Record Keeping
4. Data Storage And Retrieval
5. Cross Referencing
6. Efficient Indexing

می‌گیرند، است. در پاره‌ای موارد حرف نام برده شده شناسانندهٔ خانواده‌ای از فلزات[1] است؛ مثلاً A شناسانندهٔ آلومینیوم، P شناسانندهٔ فلزات گرانبها[2] و S شناسانندهٔ فولادهای زنگ نزن[3] است.

عدد UNS، که یک مشخصهٔ حرف- عددی شش‌تایی است، در واقع، هم مورد پذیرش کسانی است که فکر می‌کنند که اعداد شناسه باید پاره‌ای صفات ممیزهٔ مواد تاحدامکان بیان کنند و هم مورد پذیرش آن دسته از افراد است که بر این باورند که اعداد شناسه برای کاربرد در یک پهنهٔ گسترده و مقبول عام، باید ساده و غیر پیچیده و کوتاه باشند. در درون گروه‌های معین UNS به گروه‌های دیگری که آنها نیز دربردارندهٔ معنایی خاص‌اند وابسته است.

به‌عنوان مثال، سیستم‌های نام‌گذاری موجود فلزات، در صورت امکان، می‌توانند در درون سامانهٔ UNS قرار گیرند. یک فولاد کربن دار[4] که براساس AISI 102 شناخته می‌شود به‌وسیلهٔ G10200 در سیستم UNS نام‌گذاری شده است. برنج بدون برشی که به‌وسیلهٔ C36000 توسط انجمن گسترش مس مورد شناسایی قرار گرفته در سیستم عددگذاری یکپارچه به‌وسیلهٔ UNS C36000 مورد شناسایی قرار می‌گیرد. همچنین فولاد زنگ نزنی که توسط AISI 316L شناخته می‌شود، توسط UNS S31603 در سامانهٔ عددگذاری یکپارچه مورد شناسایی قرار می‌گیرد.

جدول ۹-۵ نام‌گذاری‌های سیستم عددگذاری یکپارچه (UNS)

فلزات و آلیاژهای آهنی		فلزات و آلیاژهای غیرآهنی	
D0001-D99999	فولادهایی با خواص مکانیکی ویژه	A00001-A99999	آلومینیوم و آلیاژهای آلومینیوم
F00001-F99999	چدن‌ها و فولادهای ریختگی	C00001-C99999	مس و آلیاژهای مس
G00001-G99999	فولادهای کربن‌دار و آلیاژی AISI , SAE	E00001-E99999	شبه فلزات و آلیاژهای کمیاب[5] خاکی
H00001-H99999	فولادهای H از AISI	L00001-L99999	فلزات و آلیاژهای دیرگداز[6]
J00001-J99999	فولادهای ریختگی (به‌استثنای فولادهای ابزار)	M00001-M99999	فلزات و آلیاژهای غیرآهنی متفرقه
K00001-K99999	آلیاژهای آهنی و	N00001-N99999	نیکل و آلیاژهای نیکل

1. The Family Of Metals
2. Precious Metals
3. Stainless Steel
4. Carbon Steel
5. Rare Earth And Rare Earth-Like Metal & Alloys
6. Low Melting Metals & Alloys

فلزات و آلیاژهای آهنی		فلزات و آلیاژهای غیرآهنی	
	فولادهای متفرقه		
S00001-S99999	فولادهای (زنگنزن) مقاوم در برابر خوردگی و حرارت	P00001-P99999	فلزات و آلیاژهای گرانبها[1]
T00001-T99999	فولادهای ابزار	R00001-R99999	فلزات و آلیاژهای نسوز[2] و واکنشی
		Z00001-Z99999	روی و آلیاژهای روی
فلزات و آلیاژهای ویژه کاری شده			
W00001-W99999 فلزات پرکن جوشکاری، الکترودهای لوله‌ای و پوشش‌دار، دسته‌بندی شده به‌واسطهٔ ترکیب به نشست جوش[3]			

از آنجایی که سیستم دسته‌بندی موجود AWS برای غالب جوشکاری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و نظام خوبی برای طبقه‌بندی است، لذا اعداد شناسه برای فلزات پرکن جوش‌کاری در UNS در صنایع عمومی[4] به‌کار گرفته نمی‌شوند.

برای دریافت جزئیات بیشتر در خصوص سیستم عددگذاری یکپارچه (UNS)، به مراجع زیر مراجعه کنید.

الف) "استاندارد عملی نام‌گذاری فلزات و آلیاژها[5]" E527 از استانداردASTM.

(یا J1086 از استاندارد SAE).

ب) "فلزات و آلیاژها در سیستم عددگذاری یکپارچه" منتشره به‌وسیلهٔ [شرکت] مشترک ASTM/SAE.

پ) جلد 00.01 از کتاب استانداردهای ASTM (ایندکس)؛ که در زیر عنوان "... UNS" فهرستی گسترده و منظم از فلزات UNS را فراهم آورده است.

ت) کتاب سیاه فلزات CASTI – فلزات آهنی، که به‌وسیلهٔ مؤسسه انتشارات CASTI نشر یافته است.

ث) کتاب سرخ فلزات CASTI- فلزات غیرآهنی، که به‌وسیلهٔ مؤسسه انتشارات CASTI نشر یافته است.

---

1. Precious Metals & Alloys
2. Reactive And Refractory Metals And Alloys
3. Weld Deposit Composition
٤. عمومی در اینجا در برابر خصوصی به کار نرفته منظور صنایعی است که تداول بیشتری در میان صنعت دارند.-م-.
5. Standard Practice For Numbering Metals & Alloys

فولادهای متداول کربن‌دار ASTM برای لوله‌کشی[1]

غالب سیستم‌های لوله‌کشی که به‌طور متداول و روزانه اجرا می‌شوند از فولادهای کربن‌دار ساخته شده‌اند. در این سیستم‌ها نام‌گذاری‌های مواد از نظر ظاهری ناجور، متناقض یا اتفاقی – و فاقد نظم خاص- بوده و در غالب بخش‌ها مشخصه‌ها و یا درجهٔ مواد صرفاً با اتکا به تجربه قابل حصول است. با اینحال، به‌عنوان یک راهنمایی عملی می‌توان مشخصه‌ها و درجات مواد را براساس شکل تولید یا شکل محصول و خواص چقرمگی[2] درز آنها، همچون جدول ۱۰-۵، گروه‌بندی کرد.

جدول ۱۰-۵ مشخصات و درجات فولادهای متداول کربن‌دار ASTM برای لوله‌کشی

شکل‌های فراورده	مطابق تعریف زیر جدول	مواد ASTM بدون آزمون‌های ضربه	مواد ASTM با آزمون‌های ضربه
لوله	2	A 53 Gr.B A 106 Gr.B	A 333 Gr.1 A 333 Gr.6
فلنج‌ها و اتصالات آهنگری شده	3	A 105	A 350 Gr.LF2
اتصالات نرمه		A 234 Gr.WPB	A 420 Gr.WPL6
ریخته‌گری شده		A 216 Gr WCB A 216 Gr WCC	A 352 Gr.LCB A 352 Gr.LCC
پیچ‌ها، پیچ‌های دو سه رزوه[3] و کلاه‌های پیچی[4]	4.5	A 193 Gr.B7 A 193 Gr.B7M	A 320 Gr.L7 A 320 Gr.L7M
مهره‌ها	4.5	A 194 Gr.2H A 194 Gr.2HM	A 194 Gr.7 A 194 Gr.7M

نکات جدول ۱۰-۵

۱. عناوین ستون به الزامات آزمون ضربهٔ از مشخصات ساخت ماده ارجاع می‌دهد.

۲. در ASTM A 53 باید ویژگی لوله مشخص باشد؛ که بدون درز =S، جوش‌کاری مقاومتی الکتریکی[5] =E ، جوش نفوذی کوره‌ای شده F=[6] است. توجه داشته باشید که از لوله‌های نوع S به‌طور معمول در

1. Common ASTM Carbon Steel Piping Materials
2. Notch Toughness Properties
3. Studs
4. Cap Screws
5. Electric Resistance Welded
6. Furnace Butt Welded

معمول در لوله‌کشی‌های فرآیندی استفاده می‌کنند، از لوله‌های نوع E در پاره‌ای اوقات سود می‌جویند و از لوله نوع F به‌ندرت استفاده می‌شود.

۳. اتصالات آهنگری شده شامل Weldolet ها، Threadolet و Sockolet (SOL , TOL,WOL) است.

٤. 7M ،L7M ،2HM ،B7M بر درجاتی با استحکام و سختی کنترل شده دلالت دارند، این درجات نوعاً برای مقاومت در برابر تنش حاصل از کراکینگ[۱] سولفید در (H_2S) ترش محیطی[۲] به‌کار می‌روند.

فولادهای آلیاژی کم کربن پیچ‌ها که آب‌دهی و Quench شده‌اند، در درجات حرارت پایین‌تر دارای چقرمگی درزی بسیار عالی هستند. صرفاً در صورتی‌که [مادهٔ] اجزای لوله‌کشی با فولاد کربن‌دار مجاز شمرده شوند، نظام‌نامه B31.3 استفاده از پیچ‌های ساخته شده با فولادهای آلیاژی کم کربن را برای استفادهٔ آنها در درجات حرارت پایین‌تر مجاز می‌داند. برای آگاهی از حد پایینی درجه حرارت به ستون "Min.Temp"[۳] از جدول A-2 از B31.3 مراجعه کنید.

الزامات مواد در B31.3 [۴]

ملاحظات مربوط به مواد به‌ویژه در فصل III از نظام‌نامه B31.3 آورده شده است، ولی در پاره‌ای از دیگر فصل‌ها نیز مراجعی در این زمینه ارائه شده است. در واقع پس از اظهار روشن و صریح در نخستین جمله از فصل III (مبنی بر این‌که " حدود و صفات الزامی[۵] مواد مبتنی است بر خواص ذاتی[۶] و اصلی آنها")، [323¶] نظام‌نامهٔ B31.3 با بازگشت به 300(d)¶ در فصل ۱ ادامه پیدا می‌کند؛ این امر، طبیعت یک نظام‌نامه است.

دسته‌بندی‌های مواد و نوع به‌کارگیری سیال[۷]

300(d)¶ با تنظیم فلسفه جهانی مواد[۸] برای B31.3 آغاز می‌شود. این بند به دسته‌بندی‌های مربوط به انواع به‌کارگیری سیال که توسط نظام‌نامه تعریف شده است (به جدول ۱۱-۵ نگاه کنید) ارجاع داده و تأثیر دسته‌بندی‌های نام برده شده را بر روی گزینش و کاربرد مواد، اجزای لوله‌کشی‌ها و اتصالات لوله‌کشی مشخص می‌سازد. لذا، در خلال برگ‌ها و مضامین نظام‌نامه، دسته‌بندی نوع به‌کارگیری سیال به‌عنوان عاملی که باید در جریان انتخاب مواد، اجزا و اتصالات لوله‌کشی مورد لحاظ قرار گیرد مطرح

---

۱. کراکینگ عمدتاً در صنعت نفت به فرایند شکستن هیدروکربورهای متشکلهٔ نفت خام و تبدیل آن به هیدروکربورهای سبک تر اطلاق می‌شود.-م. Sulfide Stress Cracking

2. Sour (H_2S) Environments

۳. دمای متوسط

4. Material Requirements Of B31.3

5. Required Qualifications

6. Inherent Properties

7. Fluid Services Categories & Materials

8. Global Materials Philosophy

می‌شود؛ این عامل با اعمال محدودیت‌های، ممانعت‌ها و وضعیت‌هایی که به‌طور پراکنده، شامل ¶323.4، ¶323.5، ¶F323 ، در B31.3 یافت می‌شوند و نکاتی که در جداول A-1 و A-2 ذکر شده‌اند، تأثیرات خود را برجای می‌گذارد.

جدول ۱۱-۵ دسته‌بندی‌های به‌کارگیری سیال

دسته‌بندی معمول[1] به‌کارگیری سیال	اینگونه به‌کارگیری سیال، غالب لوله‌کشی‌های ذکر شده در نظام‌نامه را پوشش داده و شامل آن دسته از لوله‌کشی‌هایی که طبقه‌بندی نشده و در چارچوب موارد زیر نیز نمی‌گنجند، است. [¶300.2]
به‌کارگیری سیال[2] از نوع D	اینگونه از به‌کارگیری سیال، در مورد سیالات غیرسمی که فاقد قابلیت اشتغال هستند و به نسوج انسانی آسیب نمی‌رسانند اعمال می‌شود. درجه حرارت طراحی از 29°C(-20°F) تا 186°C(366°F) بوده و فشار طراحی نیز نباید از 1035Kpa(150Psi) تجاوز کند. [¶300.2]
به کارگیری سیال[3] از نوع M	در مورد سیالاتی به‌کار می‌رود که اگر مقادیر کمی از آنها در معرض تماس قرار گیرد آسیب‌های بسیار جدی و غیرقابل جبرانی را از طریق تنفس و یا تماس مستقیم با بدن، وارد می‌سازند [¶300.2].
به‌کارگیری سیال[4] در سیستم‌های فشار بالا (K)	در مواردی که کارفرما سیستمی را طراحی کرده است که در آن فشارها از حدود مجاز معین شده در(کلاس 2500) ASME B16.5 PN 420 تجاوز کند. در این استاندارد گروه‌هایی از مواد و درجات حرارت که به‌طور ویژه طراحی شده [برای کاربردهای خاص] آورده شده است.

نکاتی در مورد جدول ۱۱-۵

الف) برای دریافت طبقه‌بندی‌ها و توصیفات دقیق در مورد به‌کارگیری سیال به B31.3 رجوع کنید.

ب) در وضعیت‌های ارتعاشی، خستگی یا چرخه‌ای[5] که توسط B31.3 همچون " وضعیت‌هایی که در آنها S_E از $0.8S_A$ گذر کرده و یا عدد معادل چرخه‌ها از ۷۰۰۰ تجاوز کرده است" تعریف-گشته و یا دیگر وضعیت‌هایی که توسط طراح معین شده و اثری معادل ارتعاش، خستگی یا چرخه‌ای را دارند، به-

1. Normal Fluid Service
2. Category D Service
3. Category M Service
4. High Pressure (k) Service
5. Cyclic

عنوان وضعیت‌های چرخه‌ای سخت یا طاقت‌فرسا شناخته می‌شوند [¶300.2] . اگر چه غالباً " **وضعیت-های چرخه‌ای سخت یا طاقت‌فرسا**[1] " به‌عنوان یک "نوع از به‌کارگیری" مورد رجوع قرار می‌گیرد، با اینحال در B31.3 به‌عنوان نوعی از به‌کارگیری سیال شناخته نمی‌شوند، چرا که در صورت وجود وضعیت‌های چرخه‌ای سخت یا طاقت‌فرسا؛ به‌عنوان زیرمجموعه‌ای[2] از یکی از چهارگونهٔ به‌کارگیری سیال شناخته می‌شوند که در سیستم‌های لوله‌کشی برای اجزا با اتصالات ویژه به‌کار می‌روند.

مواد مشخصه‌ها[3] [¶323.1]

نظام‌نامهٔ B31.3 مواد را تحت عناوین فهرست شده، فهرست ناشده، ناشناخته یا احیاء شده[4] و براساس وضعیت‌هایی که در آن وضعیت‌ها از مواد استفاده می‌شود، طبقه‌بندی می‌کند، جدول ۱۲-۵مشخصه‌های هر دسته از مواد را جمع‌بندی کرده است.

در غالب مواد، استفاده‌کنندگان یا کاربران نظام‌نامه براساس مواد فهرست شده اقدام می‌کنند. اینگونه مواد ممکن است از دیدگاه کاربران به‌عنوان موادی " از پیش کنترل شده و یا از پیش‌معین شده[5] " که صفات ممیزهٔ آنها براساس خواص ذاتی آنان است [¶323] و در نظام‌نامهٔ B31.3 توسط جداول A-1 و A-2 فهرست شده‌اند، تلقی شوند. (از آنجا که رفتار مکانیکی مواد به درجه حرارت وابسته است)، در مواردی که طراحی فشار مدنظر است، نظام‌نامه، مقادیری را برای تنش این مواد فهرست شده به‌عنوان تابعی از درجه حرارت تدارک دیده است. درهرحال سودمندی یک مادهٔ خاص برای گونه‌ای از به‌کارگیری سیال فراتر از هدف و منظور نظام‌نامه است [¶300(c)(6)] . برای اطمینان از انتخاب و گزینش صحیح مواد برای گونه‌ای از به‌کارگیری سیال، لازم است یک متخصص مواد مورد مشورت قرار گیرد.

محدودیت‌های دمایی[6] [¶323.2]

B31.3 آن دسته از رفتار و خواص موادی را که وابسته به درجه حرارت هستند، شناسایی کرده و تشخیص می‌دهد. بخش عمده‌ای از فصل III نظام‌نامهٔ B31.3 مربوط به محدودیت‌های دمایی مواد، به‌ویژه مربوط به محدوده‌های دما پایین[7] که ممکن است در آن درجات حرارت آزمون ضربه انجام شود، است. نظام‌نامه همواره، در جداول A-1 و A-2 محدوده‌های دمایی و احتیاط آمیزی را اعمال

1. Severe Cyclic Conditions
2. Subset
3. Materials & Specifications
4. Reclaimed
5. Prequalified
6. Temperature Limitations
7. Lower Temperature Limits

می‌کند، و این امر نیازمند آن است که با توجه به گسترهٔ دمای بهره‌برداری، طراحان موادی را انتخاب کنند که پاسخگوی گسترهٔ نام برده شده دمایی باشد. [323.3¶]

جدول ۱۲-۵ طبقه‌بندی‌های مواد [323.1¶]

مواد فهرست شده	[323.1.1¶] آن دسته از مواد یا اجزای لوله‌کشی که با مشخصات فهرست شده در پیوست‌های A، B یا K نظام‌نامه B31.3 یا با استانداردهای فهرست شده در جداول A326.1 ،326.1 یا K326.1 منطبق باشند. برای طراحی فشار، مقادیر تنش‌های مجاز و مواد فهرست شده در جدول A-1 از B31.3 نشان داده شده‌اند. از آنجا که مقادیر تنش مجاز برای مواد فهرست شده تهیه شده‌اند، استفاده از این مواد راحت‌تر و مناسب‌تر است.
مواد فهرست نشده	[323.1.2¶] موادی که با مشخصات نشر یافته، همچون خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی، روش و فرایند تولید، عملیات حرارتی و کنترل کیفی و دیگر الزامات مورد نظر نظام‌نامه، منطبق باشند.
مواد ناشناخته	[323.1.3¶] موادی که مشخصات ناشناخته‌ای داشته و برای اجزای لوله‌کشی تحت‌فشار نمی‌توان از آنها استفاده کرد.
مواد احیا شده	[323.1.4¶] مواد مصرف شده‌ای که بازیابی شده و به‌عنوان ماده‌ای که منطبق با مشخصات فهرست شده یا نشر یافته است، شناخته می‌شوند.

محدوده‌های درجه حرارت[1] [323.2.1¶]

برای مواد فهرست شده، محدوده‌های فوقانی دما عبارت است از درجه حرارت‌های حداکثر برای یک مقدار تنش یا یک rating که نظام‌نامه به‌طور مستقیم آن را ذکر کرده و یا به آن رجوع کرده است. ممکن است نظام‌نامه نکاتی را در مورد جداول مربوط به مقادیر تنش تهیه کند، این اطلاعات احتیاط‌آمیز و یا پیشگیرانه در ضمیمهٔ F آورده شده‌اند؛ همچنین ممکن است در خلال متن اصلی، نظام‌نامهٔ محدودیت‌ها و ممنوعیت‌هایی را مطرح کند؛ که لازم است بدان‌ها توجه شود.

مثلاً، حد فوقانی درجه حرارت برای لوله‌ای از ASTM A 106 Grade B ، که از جدول A-1 استخراج شده برابر است با 595°C (1100°F) ؛ حتی اگر نکته‌ای در رابطه با استفاده از مواد در درجه حرارت 427°C(800°F) وجود داشته باشد؛ همواره در ¶F323.4(b)(2) و ¶F323.4(b)(4) این نکته توضیح داده می‌شود.

---

1. Upper Temperature Limits

البته نظام‌نامه اجازهٔ استفاده از مواد فهرست شده را در دمایی بالاتر از دمای حداکثری که توسط گستره یا مقدار تنش معین گشته است را نیز می‌دهد و در این زمینه ممانعتی توسط نظام‌نامه اعمال نشده است [323.2.1(a)¶] و در عین‌حال ممیزی‌ها و رسیدگی‌هایی را به طراح توصیه می‌کند که با اجرای آنها ماده قابلیت کاربرد[1] را خواهد یافت [323.2.1(b)] . در ممیزی و رسیدگی کارشناسان و متخصصین مواد[2] با پیشینهٔ مهندسی و یک " برنامهٔ دقیق علمی منطبق با فناوری شناخته شدهٔ روز" درگیر خواهد شد.

محدوده‌های تحتانی دمایی و آزمودن ضربه[3] [323.2.2¶]

محدوده‌های تحتانی درجه حرارت مواد مبتنی بر مهار کردن خطر شکست بر اثر تردی[4] است. اصطلاحاتی که در توصیفات مربوط به حد تحتانی دما مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارت‌اند از حساسیت شکاف[5]، آزمون ضربه، آزمایشی شارپی[6] و تردی شکاف[7].

برای غالب کاربران نظام‌نامه، پرسشی که می‌بایست بدان پاسخ داده شود چنین است: آیا نیازی به استفاده از آزمون ضربه هست؟" یافتن پاسخ این پرسش می‌تواند پیچیده و ناهموار باشد؛ درهرحال برای کسب پاسخ می‌توان مراحل چندگانهٔ زیر را، که هر یک در بندهای آتی توضیح داده می‌شوند، طی کرد.

الف) درجه حرارت حداقل[8] طراحی لوله‌کشی را انتخاب کنید. در انتخاب این درجه حرارت ممکن است مهندسی فرایندی یا کارشناسان انتقال حرارت درگیر شده و اثرات درجه حرارت محیطی مدنظر قرارگیرد.

ب) برای مواد پیشنهادی جهت لوله‌کشی درجه حرارت مجاز[9] را طبق قواعد B31.3 معین کنید.

پ) با پیروی از دستورالعمل‌های B31.3 مشخص کنید که چه آزمون‌های ضربه‌ای (جدول 323.2.2) ضروری است.

ت) اگر انجام آزمون‌های ضربه ضروری باشند، از الزامات اضافی یادشده در B31.3 مربوط به روش‌های انجام آزمون ضربه و معیارهای پذیریش و قابلیت قبول آزمون‌ها در نظام‌نامه کمک بگیرید.

---

1. Serviceability
2. Material Specialists
3. Lower Temperature Limits & Impact Testing
4. Brittle Fracture
5. Notch Sensivity
6. Charpy Testing
7. Notch Brittleness
8. The Design Minimum Temperature
9. The Minimum Permissible Temp

انتخاب کمترین درجه حرارت کمیتهٔ طراحی[1] (DMT)

نخستین گام در ارزیابی نیاز به آزمون‌های ضربهٔ مواد، گزینش کمترین درجه حرارت طراحی است [¶301.3.1] . اگر چه نظام‌نامهٔ پاره‌ای از عواملی را که باید در گزینش کمترین درجه حرارت طراحی به‌کار گرفته شوند معرفی کرده و دربارهٔ آنها توضیح داده است، لیکن دقیقاً روشن نساخته که این عوامل چگونه باید لحاظ شوند. چنین تصمیماتی همواره از خلال دیگر فعالیت‌ها (همچون، فرایند، مکانیکی، انتقال حرارت) که می‌بایست پایین ترین درجه حرارت فلز را تعیین کنند، می‌گذرد؛ درجه حرارتی که سیستم در حالت پایدار (معمولی[2]) و ناپایدار (آشفته و مغشوش[3]) بهره‌برداری مشتمل بر راه‌اندازی، تعطیلی کارخانه، تعطیلی یا خاموشی اضطرابی و فشار زدایی[4] (همچون فرایند سرمایش ژول- تامسون (JT)) از سیستم بدان دست می‌یابد.

در رابطه با درجه حرارت‌های پایین محیطی، ممکن است مباحثاتی در خصوص تأثیر اینگونه درجات حرارت برروی انتخاب کمترین درجه حرارت طراحی و به تبع آن، در مورد مواد " گران‌قیمت" آزمون‌های ضربه، درگیرد. شرکت‌هایی که در مناطق سردسیر فعالیت می‌کنند باید یک سیاست معین و شفاف را اخذ کنند. در غیاب و یا فقدان یک سیاست مشخص، جدول ۱۴-۵ (جزو الزامات نظام‌نامه‌ای نیست) را می‌توان به‌عنوان راهنما برای ارزیابی اثرات درجه حرارت محیط مورداستفاده قرار داد. این جدول، شرایط زمستانی را به‌طور نمونه‌وار در غرب کانادا مدنظر قرار می‌دهد و یک فلسفهٔ عمومی کیفی[5] را در رابطه با آزمون‌های ضربهٔ انجام شده برروی فولاد کربن‌دار، منعکس می‌سازد. به‌طور خاص، فولادهای کربن‌داری که تحت آزمون ضربه واقع شده‌اند صرفاً می‌توانند الزامات کمیتهٔ استانداردهای ASTM، ASME و API را ارضا کنند و هیچ تضمینی وجود ندارد که در برابر شکستگی ترد از خود مقاومتی نشان دهند، اما براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، اثبات شده است، ذرات[6] این دسته از فولادها که موسوم به فولادهای "دماپایین" هستند، مقاومت در برابر شکستگی اولیهٔ ترد[7] را بهبود می‌بخشند. آزمون‌های ضربه‌ای که تحت کمترین درجه حرارت انجام شده و B31.3 را ارضا می‌کنند، عموماً قابل قبول‌اند؛ گواه این امر تأمین مقاومت کافی و رضایت‌بخش در برابر شکستگی ترد از سوی ماده در غالب طرح‌های مشترک است. مواجه شدن با الزامات تکمیلی چقرمگی و به حساب آوردن آنها و فرا رفتن از حد الزامات حداقل B31.3 نامتعارف و استثنایی نیست.

---

1. The Design Minimum Temperature
2. Steady State (normal)
3. Non-Steady State (Upset)
4. Depressuring
5. A General Quality Philosophy
6. Grain Size
7. Brittle Fracture Initiation

کمترین دمای مجاز ماده[1]

برای تعیین دمای حداقل مجاز برای یک مادهٔ فهرست شده، به جدول A-1 از نظام‌نامهٔ B31.3 ، زیر سر تیتر "Min.Temp.°F" مراجعه کنید. برای هر ماده در مدخل ستون، حداقل درجه حرارت مجاز (برای غالب مواد) یا یک رمز حرفی[2] (برای فولادهای کربن‌دار عام و معین) درج شده است. اگر مدخل و ورودی یک رمز حرفی است، فرد باید برای تعیین درجه حرارت حداقل مجاز و جهت فولادهای کربن‌دار، بدون آزمون ضربه، به شکل 323.2.2A مراجعه کند.

(توجه کنید که سیستم حرف‌گذاری و منحنی فولادهای کربن‌دار توسط ضمیمه B 31.3b-1994 از نظام‌نامه B31.3 معرفی شده‌اند. از آنجایی‌که این روش برای گزینش حداقل درجه حرارت مجاز شبیه به آن چیزی است که در قسمت 1 از بخش VIII استاندارد ASME در خصوص فولادهای کربن‌دار نامحترق[3] (UCS-66) مشابه و در عین‌حال ناهمسان است لذا موضوع تجدیدنظرهای متناوب در چاپ‌ها گوناگون است.)

جدول ۱۴-۵ راهنمای انتخاب حداقل درجه حرارت طراحی[4] (DMT) برحسب دمای محیط و محل[5] [اجرای طرح]

محل لوله‌کشی	ملاحظاتی در مورد مکان	DMT °c	DMT °F
خارج از بنا	لوله‌کشی مستقیماً در معرض شرایط محیطی زمستانی باشد.	-46	-50
محوطه‌ای که گرم نمی‌شود	لوله‌کشی در داخل محوطه‌ای که گرم نمی‌شود اجرا می‌شود؛ جایی که گرمای ناشی از فرایند درجه حرارت محوطه را در حدی بالاتر از حد حداقل درجه حرارت طراحی نگاه می‌دارد.	-29	-20
زیر خاک	لوله‌کشی در زیر خط یخبندان[6] دفن شده است.	-5	+23
محوطه‌ای که گرم می‌شود	لوله‌کشی در داخل محوطه‌ای که گرم می‌شود اجرا شود.	0	+32

مبانی گسترش جدول ۱۴-۵

(۱)اساس استفاده از (-50°F)46°c- برای لوله‌کشی‌هایی که در معرض شرایط محیطی زمستانی قرار دارند، به‌عنوان DMT، بدین واسطه است که استانداردها برای آزمون ضربهٔ مادهٔ فولاد کربن‌دار "

1. Minimum Permissible Temperature For A Material
2. A Letter Code
3. Unfired Carbon Steels
4. Design Minimum Temperature
5. Location
6. The Frost Line

دما پایین[1]" درجه حرارت (-50°F)-46°c را الزام کرده‌اند. این درجه حرارت، درجه حرارت یکی از ایالات غرب کانادا در سردترین زمستان‌های آن است.

(۲)توجه کنید که درجات حرارت برای آزمون ضربهٔ ورق ASTM A 20 به ضخامت آن وابسته است. پاره‌ای از سازندگان به این وابستگی واقفند؛ درهرحال توصیه می‌شود که در جریان طراحی و مراحل ماقبل قطعیت یافتن طراحی[2] این وابستگی در نظر گرفته شود. در برخی وضعیت‌ها ممکن است بتوان جایگزینی برای DMT یافت که استفاده از ورق آزموده نشده توسط ضربه یا سودجویی از ورقی را که در درجه حرارتی بالاتر (مثلاً در -40°C(-40°F)) تحت آزمون ضربه قرار گرفته است، مجاز شمارده شود.

(۳)برای فضاهای سرپوشیده‌ای که گرم نمی‌شوند توانایی گرمایش فرایند و فقدان سرمایش حاصل از وزش باد توجیهات و دلایل عمدهٔ انتخاب یک DMT بالاتر از وضعیتی است که لوله‌کشی در معرض شرایط بیرون واقع شده باشد. براساس الزامات ASME B31.3 که برای نخستین بار در پیوست 1993(b) نشر یافته است؛ که برمبنای آن پایین آمدن درجه حرارت غالب مواد لوله‌کشی فولاد کربن‌دار بدون آزمودن ضربه تا -29°C(-20°F) مجاز شمرده شده است، دمای نام برده شده به‌عنوان دمای DMT برای فضاهای سرپوشیده‌ای که گرم نمی‌شوند انتخاب گشته است. در ویرایش جاری ASME B31.3 کاربران باید ابتدا به جدول A-1 و شکل 323.2.2A نظام‌نامه رجوع کرده و ضخامت کمیته و آستانهٔ درجه حرارت[3] آزمون ضربه را تعیین کنند. اگر نسبت‌های تنش از یک کمتر باشد، باید مورد لحاظ قرار گیرد (شکل 323.2.2B).

(٤)از آنجایی که به‌واسطهٔ بروز تغییرات فصلی و فرایندی، ممکن است فضاهای سرپوشیده‌ای که گرم نمی‌شوند، گاهاً، با درجه حرارت‌هایی زیر -29°C(-20°f) کار کنند، لذا باید گرمای فرایند به‌طور معمول لوله‌کشی و تجهیزات را گرم نگاه دارد. برای آنکه کارکرد سیستم در درجه حرارت‌های پایین‌تر از -29°C(-20°f) توسعه یابد (مثلاً در یک از کار انداختن/ راه‌اندازی زمستانی) دستورالعمل-های راه‌اندازی گرم یا دستورالعمل‌های راه‌اندازی موقتی گرم، باید تهیه و به مورد اجرا گذارده شود.

(٥)در لوله‌کشی مدفون- زیر خاک- درجه حرارت‌های مربوط به خطوط لولهٔ اجرا شده در دامنه‌های کوه‌های جنوبی و چمنزارها انتخاب شده است؛ که برابر است با -5°C(+23°f) . برای اجرای لوله-کشی در محل‌های شمالی یا برای اجرای خطوط لوله‌ای با قطرهای زیاد، از دمای -15°C(+5°f) استفاده می‌شود.

1. " Low Temperature" Carbon Steel Material
2. Pre-Award Meeting
3. Temperature Threshold For Impact Testing

(٦)برای فضاهای سرپوشیده‌ای که گرم نمی‌شوند، با توجه به اینکه برای کارکرد و بهره‌برداری از فرایند یا تأسیسات گرمایی پایدار و دائمی لازم است (برای جلوگیری از یخ زدن آب سرمایش یا تخلیه‌ها)، درجه حرارت نقطهٔ یخ زدن آب ((0°C(+32°f) به‌عنوان DMT انتخاب شده است. در لوله‌کشی‌های فرایندی که لوله‌های آنها نازک بوده و یا در برخی ظروف تحت فشار که در فضاهای سرپوشیده‌ای که گرم نمی‌شوند، اجرا شده‌اند، برای اجتناب از آزمون ضربه ممکن است 0°c(+32°f) به‌عنوان DMT انتخاب شود. اگر کیفیت، تغییرات فرایند یا الزامات به‌کارگیری و آزمون لوله‌کشی یا ظروف تحت فشار تضمین شود، یک DMT بزرگتر از 0.°c(+32°F) را باید انتخاب کرد.

(٧)در مواردی که نیاز به موادی که با درجات پایین تست ضربه شده‌اند می‌باشد و این نیاز وابسته به طراحی فرایند است، از این جدول نمی‌توان استفاده کرد.

(همچون اثرات ژول تامسون برروی پساب[1]).

(٨) در پاره‌ای طراحی‌ها، برمبنای عایق‌بندی و heat tracing ، دستورالعمل‌های راه‌اندازی گرم یا گرمایش دائم، می‌توان اجتناب از موادی را که در درجات حرارت پایین تست ضربه شده‌اند را توجیه کرد.

به‌عنوان مثالی برای تعیین حداقل درجه حرارت مجاز یک ماده، نخست مورد یک لولهٔ بدون درزبار NPS 6 و Schedule 40 (ضخامت جدارهٔ .in 0.280) ASTM A 312 نوع 316L را در نظر آورید. از ستون "Min.Temp.°F" جدول A-1 حداقل دمای مجاز کمیته برابر با (-254°C(-425°F به‌دست می‌آید. به‌عنوان مثال دوم قطعه‌ای از لوله با NPS 6 Schedule 160 (دیواره به ضخامت .0.719in)، ASTM A 106 Grade B را درنظر آورید. جدول A-1 رمز حرفی "B" را برای این ماده درنظر گرفته است. حال به شکل 323.2.2A با توجه به ضخامت 18.26mm(.0.719in) مراجعه کنید، حداقل دمای مجاز برای استفادهٔ بدون آزمودن ضربه حدوداً برابر است با (-10°C(+15°F .

جدول 323.2.2- الزامات آزمون‌های چقرمگی دما پایین[2]

هنگامی که حداقل درجه حرارت مجاز برای مادهٔ فهرست شده معین شد، برای تعیین الزامات آزمون‌های چقرمگی دما پایین جهت فلز پایهٔ فلز جوشکاری و مناطقی که تحت اثر حرارت واقع می‌شوند، به جدول 323.2.2 از نظام‌نامه B31.3 رجوع کنید. برای یک مادهٔ معین، الزامات آزمون ضربه برای دو وضعیت تهیه شده است.

الف) ستون "A" جدول در مورد وضعیت‌هایی به‌کارگرفته می‌شود که حداقل درجه حرارت طراحی، برای مادهٔ پیشنهادی، چنانچه به‌وسیلهٔ جدول A-1 و شکل 323.2.2A ارائه شده است، از حداقل درجه

1. Blowdown

2. Requirements For Low Temperature Toughness Tests

حرارت مجاز بیشتر باشد. توجه داشته باشید که در غالب فلزات، عملاً ستون "A" به دو ستون "(a) فلز پایه[1]" و" (b) فلز جوشکاری و مناطق تحت‌اثر حرارت[2]" تقسیم شده است.

ب) ستون "B" در مورد وضعیت‌هایی به‌کار می‌رود که برای مادهٔ پیشنهادی، چنانچه در جدول A-1 یا شکل 323.2.2A نشان داده شده است، حداقل درجه حرارت طراحی از دمای مجاز پایین‌تر باشد.

مثال‌های بخش پیشین را برای لولهٔ بدن درز با NPS 6 ،Schedule 40 (ضخامت جدارهٔ .0.280in) از ASTM A 312 Type 316L را در نظر آورید؛ در درجه حرارت‌های بالاتر از (-425°F)-254°C براساس داده‌های ASTM آزمون ضربه لازم نیست؛ استاندارد ASTM اطمینان می‌دهد که این لوله دارای مقدار کربنی کمتر از ۰/۱ درصد است و مادهٔ تحت عملیات حرارتی محلول (جدول 323.2.2 را ببینید) قرار گرفته است. درهرحال برای اتصال جوشی لولهٔ بدون درز، وضعیت فرق می‌کند. اگرچه فولاد زنگ‌نزن استنتی به‌عنوان فلز پایه برای حداقل درجه حرارت‌های بسیار پایین[3] طراحی مناسب است (مثل-)C°254-(425°F)آزمون ضربه ته نشست‌های فلز جوش را محک می‌زند (به جدول 323.2.2 رجوع کنید)؛ مگر در مورد وضعیت‌های نامعمول و غیرعادی که جدول 323.2.2 از B31.3 بدان‌ها توجه داده است یا ¶323.2.2(f) تجویز کرده است.

در مورد لولهٔ اشاره شده با NPS6 ،Schedule 160 (ضخامت جدارهٔ 0.719in)، ASTM A 106 Grade B، اگر DMT از حداقل درجه حرارت مجاز برای استفاده از فلز بدون آزمون ضربه، (+15°F)c°10-- بالاتر رود، آنگاه انجام آزمودن ضربه الزامی نیست. همچنین انجام آن برای فلز جوش‌کاری نیز غیرلازم است. به هر صورت، اگر DMT از (+15°F)C°10- پایین تر رود، به‌استثنای مواردی که به‌واسطهٔ ملاحظات مربوط به نسبت تنش شکل 323.2.2B معاف شده‌اند، انجام آزمون ضربهٔ فلز پایه باید انجام شود. اگر انجام تست ضربه لوله الزامی باشد، باید لوله‌ای خریداری شود که نسبتاً کارایی بهتری در برابر آزمون ضربه داشته باشد به بیان دیگر لوله‌ای خریداری شود که آزمون ضربه آن منطبق با استاندارد خرید لوله باشد (همچون لوله ASTM A 333 Gr.6). اگر DMT از (-20°F)-29°C کمتر باشد، باز هم باید آزمون ضربه انجام شود. انجام آزمون ضربه فلز جوش‌کاری و ناحیه‌ای که تحت اثر حرارت قرار گرفته است باید به‌عنوان بخشی از مشخصات دستورالعمل جوش‌کاری، به‌طور خیلی عادی انجام شود و به این ترتیب نیازی به تکرار این آزمون برای جوش‌های به‌وجود آمده و ایجاد شده نیست (به نکتهٔ ۲ از جدول 323.2.2 نگاه کنید).

1. Base Metal
2. Weld Metal & Heat Affected Zones
3. Very Low Design Minimum Temperatures

اجتناب از مواد دما پایین[1]

در پاره‌ای موقعیت‌ها، با افزایش حداقل درجه حرارت کمینهٔ طراحی[2]، از [گزینش] مواد دما پایین اجتناب می‌شود. این افزایش به دلایل زیر صورت می‌پذیرد:

الف) به‌وجود آمدن تغییراتی در فرایند؛

ب) به‌دست آمدن حرارت بیشتر از فرایند؛

پ) استفاده از عایق؛ بایابدون " hear tracing"[3] ؛ و یا

ت) راه‌اندازی سیستم گرمایی از پیش طرح شده.

اگر نسبت تنش از یک کمتر باشد، اجتناب از مواد دما پایین فرصت استفاده از لوله با ضخامت‌های کمتر را پیش می‌آورد(به 323.2.2(d) و شکل 323.2.2B نگاه کنید). اساساً، برای وضعیت‌هایی که قبلاً طی 323.2.2d توصیف شده‌اند، اگر کاهش دمایی از نسبت تنش (به شکل 323.2.B نگاه کنید)، برای کاستن از حداقل درجه حرارت طراحی بدون انجام آزمون ضربه، تعیین شود و از درجه حرارت محاسبه شده طراحی کمتر باشد (به شکل 323.2.2A بنگرید)، انجام آزمون ضربه مورد نیاز نیست. ((323.2.2(d) ¶و شکل 323.2.2B موارد معاف از انجام آزمون ضربه را که در ویرایش‌های پیشین B31.3 آمده بودند، به‌طور مؤثر و کارایی به مقدار 25%/6Ksi ، جابه‌جا و جایگزین کرده‌اند).

اگر چه اجتناب از مواد دما پایین، در پاره‌ای اوقات امکان‌پذیر است، با اینحال باید توجه داشت که اجتناب از مواد دما پایین به‌واسطه بازدهی پرهزینه آن و یا ملاحظات فنی، همواره عملی نیست. به‌عنوان مثال، برای جلوگیری از پایین آمدن درجه حرارت تا حد پایین‌تر از حداقل درجه حرارت طراحی، به‌واسطهٔ تنظیم کردن فشار و یا دوری کردن از خاموش شدن سیستم و به‌وجود آمدن نیروی حاصل از آن به‌واسطهٔ اثر خستگی، لازم است درجه حرارت‌های مجاز کنترل شوند و این کنترل خود به‌وجود آورندهٔ پاره‌ای هزینه‌های اضافی است.

انجام هزینه‌های مهندسی ضرورتاً به مباحثاتی بر ضد نیاز به مواد دما پایینی که بر اثر حفاظت‌های مکرر به سرعت فرسوده می‌شوند و مواردی که از انجام آزمون ضربه آنها دوری می‌شود، دامن زد. نهایتاً اجتناب از شکست ترد در پاره‌ای طراحی‌های ویژه ممکن است کمی بیش از لحاظ کردن ساده DMT، درجه حرارت آزمون ضربه و معیار پذیرش آزمون ضربه را دربرگیرد.

---

1. Avoiding Low Temperature Materials

2. The Design Minimum Temperature

۳. سیستم steam tracing که به نوعی از سیستم Heat Tracing گفته می‌شود که به نوعی از سیستم Heat tracing گفته می‌شود. به معنی همراهی کردن لوله حاوی بخار با یک لوله اصلی به منظور گرم نگه داشتن یا گرم کردن درون آن می‌باشد و به اشکال مختلف مارپیچ، حلقوی(فشارشکن)، تکی یا دوبل برای زانویی و خم وجود دارد.-م.

بندهای مشترک نظام‌نامه‌ای مربوط به الزامات دمای پایین و چقرمگی شکاف[1]

برای راحتی و سهولت کاربران این راهنما، پاره‌ای از بندها و جداول که طی آن الزامات آزمون ضربه در B31.3 آورده شده‌اند، طی جدول ۱۵-۵ فهرست شده است. کاربران باید در استفاده از این راهنما محتاط باشند و بدانند که این راهنما جانشین نظام‌نامهٔ B31.3 که برای همهٔ الزاماتی که در طراحی و ساخت لوله‌کشی فرایندی مؤثرند، نظرات خود را ابراز می‌دارد، نیست.

جدول ۱۵-۵ جداول و بندهای مربوط به انجام آزمون ضربه در B31.3

بند یا جدول	توضیحات
301.3.1	حداقل درجه حرارت طراحی
301.5.1	اثرات دینامیکی – ضربه
301.9	اثرات کاهش چکش خواری
302.2.4(h)	تغییرات مجاز فشار و درجه حرارت(زیر حداقل دمای، نشان داده شده در پیوستA)
309.2.2	پیچ‌های فولادی کربن‌دار (کربن استیل)(توجه داشته باشید که B7M، L7M، B7، L7، 2HM، 7M، 2H و 7 فولادهای کم آلیاژ بوده و فولاد کربن‌دار نیستند)
321.1.4(c)	مواد(برای تکیه‌گاه‌های لوله کشی با مشخصه‌های ناشناخته)
323.2	محدودیت‌های دمایی
323.2.2	مواد فهرست شده، حدود تحتانی درجه حرارت
323.2.3	مواد فهرست شده، حدود درجه حرارت
323.3	روش‌ها و معیارهای پذیرش آزمون ضربه
323.4.2(a)	آهن چکش خوار[2]

1. Common Code Paragraphs Relating to Notch Toughness and Low Temperature Requirements.
2. Ductile Iron

323.4.2(b)	دیگر آهن‌های ریختگی
جدول 323.3.1	الزامات آزمون ضربه برای فلزات
جدول 323.2.2	الزامات آزمون‌های چقرمگی دما پایین فلزات[1]
جدول 323.3.5	مقادیر لازم شارپی در ضربه شکاف V شکل[2]
جدول A-1	تنش‌های مجاز اصلی در کشش فلزات (به ستون .Min.Temp و نکتهٔ شماره ٦ در آغاز جدول نگاه کنید)
جدول A-2	مقادیر تنش طراحی برای مواد به‌کار رفته در پیچ‌گذاری[3](به ستون .Min.Temp و نکتهٔ شماره ٦ در آغاز جدول نگاه کنید)

انتخاب مواد

به هنگام گزینش مواد، برای سیستم‌های لوله‌کشی در طرح می‌بایست ملاحظات قانونی، نظام‌نامه‌ای، تجاری و فنی موردتوجه قرار گیرند و مشخص شوند.

ملاحظات قانونی[4]

ملاحظات قانونی، به معنای درک و ارزش قائل شدن برای موارد زیر است:

الف) قوانین قابل اجرایی ناظر و حاکم بر طراحی، ساخت و بهره‌برداری از سیستم لوله‌کشی باشد؛ و

ب) بین قسمت‌های مختلف موجود، قراردادهایی وجود داشته باشد.

به‌عنوان مثال، برخی استان‌ها، ایالات و کشورها استفاده از قواعد B31.3 برای ساخت سامانه‌های لوله‌کشی را قانونی کرده‌اند، و لذا نظام‌نامه ضرورتاً به‌صورت یک سند قانونی در آمده است. قدرت‌های محلی[5] تحت نظر و قانون‌های حکومت مرکزی، که الزاماتی اضافی را بر آنان، به شرح ممکن زیر، اعمال می‌کنند، قرار دارند:

الف) فنی (مثلاً ممنوعیت‌هایی در رابطه با موادی معین یا عملیات طراحی)، یا

---

1. Requirements for Low Temperature Toughness Tests for Metals
2. V-Notch
3. Botting
4. legal Considerations
5. Local jurisdictions

ب) سازمانی (مثل ثبت طراحی‌ها، ثبت دستورالعمل‌های جوشکاری، ثبت کردن و صدور گواهینامه جهت سامانه‌های کنترل کیفی)

در پاره‌ای پروژه‌ها، اسناد قرارداد[۱] شامل مشخصات [فنی] به‌وسیلهٔ کارفرما یا مهندس کارفرما تهیه می‌شود؛ این اسناد محدودیت‌هایی را بر موارد زیر اعمال می‌کنند:

الف) مواد (همچون سطح کیفی [۲]، خواص چقرمگی شکاف، محیط به کارگیری[۳]، شکل تولید)، و

ب) روش‌های تولید/ ساخت[۴] (همچون خم کاری، شکل‌دهی، جوشکاری، عملیات حرارتی، کیفیت تست آب، شیمی شستشو[۵]).

ملاحظات نظام‌نامه B31.3

چنانچه پیشتر در همین فصل عنوان شد، نظام‌نامه B31.3 معطوف و مربوط است به تأمین فشار درست(ایمنی). این روش کار[B31.3] است؛ مثلاً از خلال درنظر گرفتن تنش مجاز طراحی به‌عنوان تابعی از درجه حرارت قواعد چقرمگی شکاف مورد ارزیابی قرار گرفته و از شکست ترد جلوگیری به عمل آمد؛ این امر- یعنی در نظر گرفتن تنش مجاز طراحی به‌مثابه تابعی از درجه حرارت- بر گونه‌های مختلف به کارگیری سیال، الزامات مربوط به ویژگی‌های دستورالعمل جوش‌کاری، عملیات شکل‌دهی و خم‌کاری، الزامات مربوط به آزمون‌ها اعمال شد، همچنین محدودیت‌ها، ممنوعیت‌ها و وضعیت‌های متعددی همراه با سنجش‌های محتاطانه و پیشگیرانه‌ای توسط نظام‌نامه وضع و منتشر شد.

اگر چه در فرایند گزینش مواد باید از یافته‌های نظام‌نامه سود جست، با اینحال نظام‌نامه به کاربر نمی‌آموزد که چگونه مواد خاص[۶] را انتخاب کند. چنان‌که (6)(c)300 ¶ بیان داشته است: "سازگار ساختن مواد با خطرات و [نوع] به کارگیری حاصل از ناپایداری[۷] سیالات موجود در سیستم، در دستور کار این نظام‌نامه قرار ندارند. به بند F323 نگاه کنید" نخستین جمله F323(a) ¶مقرر داشته است: "انتخاب موادی که در برابر زوال[۸] ناشی از به کارگیری آنها مقاوت می‌کنند در دستور کار این نظام‌نامه قرار ندارد. "روشن است که آن نکات فنی که در خصوص انتخاب مواد نشر یافته باید توسط شخصی که آموزش‌های ویژه‌ای را در این مورد دیده باشد، مورد لحاظ قرار گیرد.

---

۱. در ایران : "اسناد مناقصه"

2. quality level
3. service environment
4. fabrication/construction methods
5. Cleaning chemicals
6. Specific materials
7. instability
8. deterioration

ملاحظات تجاری[1]

همواره اخذ تصمیم در خصوص مواد، از نظر هزینه و زمان‌بندی اجرایی، لطمات چندی را به پروژه وارد می‌سازد. آیا می‌توان ماده را به شکل مورد نیاز آن خریداری کرد؟ هزینه‌های اولیه آن چقدر خواهد بود؟ چه وقت ماده در دسترس خواهد بود؟ هزینه انجام شده برای تهیه ماده یا مواد مورد نظر دیگر انتخاب‌های مربوط به مواد پس از چه زمانی جبران خواهد شد؟ هزینه چرخهٔ عمر[2] مربوط به انتخاب‌های دیگر چقدر است؟ چه کسی می‌تواند ماده موردنظر را در سیستم لوله‌کشی به‌کار برد؟ چه زمانی تحویل می‌شود و با چه هزینه‌ای؟ هزینه‌هایی که احیاناً نگهداری مادهٔ برگزیده شده در بردارد، چقدر است؟

ممکن است پاسخ به این سؤالات دشوار باشد؛ لیکن هرگونه تصمیم در مورد مواد ضربه [و لطماتی] تجاری را دربردارد که باید در نظر گرفته شود. مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته نشان داده‌اند که سطح لطمات وارده تجاری حاصل از تصمیمات مربوط به مواد، به شدت به حوزه و وسعت، پیچیدگی فنی و مدیریت پروژه وابسته است.

ملاحظات فنی[3]

با درک فرایند و الزاماتی که موجبات محدودیت‌هایی را فراهم می‌سازند[4]، همچون فشار، درجه حرارت، سرعت سیال و مشخصه‌های سیال به همان خوبی که اهمیت شکست و خطر کردن[5] فهم می‌شود، ملاحظات فنی آغاز می‌شود. آنگاه در پرتو چنین فهمی، خواص مواد ارزیابی می‌شود؛ این سنجش شامل ملاحظاتی در خصوص خواص شیمیایی، مکانیکی و فیزیکی مواد و نیز مقاومت در برابر خوردگی، قابلیت جوشکاری و قابلیت فرمیابی[6] نیز می‌شود. اساساً انتخاب نهایی مواد، در مراحل مختلف، خواص مناسبی از [خواص] ماده را متناسب با وضعیت موردنظر، همچون وضعیت‌های طراحی فرایند، طراحی مکانیکی، ساخت و سرهم‌بندی کردن[7] و بهره‌برداری طلب می‌کند. در جدول ۱۶-۵ خلاصه‌ای اجمالی از انتخاب پاره‌ای از مواد شناخته شده مرتبط با دیگر متغیرهای پروژه آورده شده است.

1. Commercial Considerations
2. Life cycle
3. Thechnical considerations
4. Containment requirements
5. risk
6. formability
7. Fabrication & Construction

جدول ۱۶-۵ وابستگی انتخاب فنی مواد به متغیرهای پروژه

متغیرهای پروژه	نتایج انتخاب مواد
روش‌های طراحی فرایند و مقاومت در برابر خوردگی	➢ افت عمومی و کلی وزن، حاصل از خوردگی ➢ خوردگی موضعی(حفره‌ای، درزی، فرسایشی) ➢ تنش حاصل از خوردگی(مشهور به ترک‌خوردگی محیطی)
روش‌های طراحی مکانیکی و خواص مکانیکی	➢ استحکام(همچون ضخامت موردنیاز) ➢ قابلیت چکش خوری و مقاومت در برابر شکست ترد ➢ سختی(الزامات همواره بر اساس طراحی فرایند که با توجه به تنش حاصل از شکستگی خوردگی انجام می‌شود، معین می‌شوند) ➢ چقرمگی شکاف دما پایین (مازاد بر اثرات محیطی، این ویژگی می‌تواند به طراحی فرایند، همچون اثرات ژول-تامسون بر خروجی گازهای فشار بالا وصل شود و یا بر سیالات سرمازا اثر گذارد) ➢ استحکام دما بالا و مقاومت در برابر خزش ➢ مقاومت در برابر خستگی و ارتعاش
موقعیت‌های ساخت و سرهم بندی کردن	➢ کارگاهی یا محلی، شامل قابلیت دسترسی به تجهیزات و کارکنان ماهر ➢ نیازهای شکل‌دهی و خمش ➢ ارضای نیازهای اتصالی(جوشکاری، بنده‌زنی، زرد جوشکاری[1] *و لحیم‌کاری)
وضعیت‌های بهره‌برداری	➢ سهولت تعمیر و نگهداری شامل در دسترس بودن تجهیزات و کارکنان ماهر (همچون جایگزینی نیروهای ماهر و غیر ماهر) ➢ الزامات تحویل محصول، رشد بازدهی بر اساس نقشهٔ قبلی، طرح پیشنهادی یا برنامهٔ زمان‌بندی برای گردش امور واحد ➢ کفایت حفاظت‌های ایمنی همچون جلوگیری از نشست بین جریان‌ها (یک یا دو شیر یک‌طرفه[2])، کفایت کنترل‌های فشار و درجه حرارت

آنچه که جدول ۱۶-۵ نشان می‌دهد این است که فرد باید به‌درستی بپندارد که انتخاب مواد یک فرایند تکاملی[3]، به‌ویژه برای پروژه‌های فنی پیچیده است. به‌طور کلی مراحل انتخاب مواد، مشتمل بر طی مراحل متعددی است که هر یک از این مراحل از نظر زمانی از دیگری متمایز بوده و امکانات [انتخاب

1. Brazing

*. زرد جوشکاری: دسته‌ای از فرایندهای جوش دادن فلزات که در آن‌ها از سیم جوش غیر فلزی یا آلیاژی با نقطهٔ ذوبی بالاتر از $450^{\circ}C$، اما پایین‌تر از نقطهٔ ذوب فلزات یا آلیاژهایی که باید جوش داده شوند، استفاده می‌شود.-م.

2. Check valve

3. Evolutionary process

مواد] در هر مرحله محدودیت‌هایی را تا رسیدن به گزینش بهترین مرحله دربردارد. چنان‌که جزئیات یک پروژه آشکار می‌کند، این محدودیت‌های ایجاد شده در گزینه‌ها با تغییر در چگونگی مواد که حاصل توصیفات خیلی کلی (همچون فولاد زنگ نزن)، مشخصات، نوع و درجه مواد (مثل ASTM A 312 TP 304L) است، نشان داده می‌شوند.

سطح جزئیاتی که در روند انتخاب مواد به‌کار گرفته می‌شوند به شدت به عواملی همچون درجهٔ پیچیدگی، ابعاد و مرحله‌ای که پروژه در آن قرار دارد، روش همکاری و میزان در دسترس بودن کارشناسان[۱] مواد، وابسته است. اگر چه درباره‌ای اوقات، مراحل مختلف پروژه با یکدیگر هم‌پوشانی دارند؛ [لیکن] تحلیل دقیق چند پروژه نشانگر آن است که انتخاب مواد، حداقل از سه مرحله مجزای زیر گذر می‌کند:

الف) طراحی ادراکی[۲] - برداشتی کلی از فناوری فرایندی[۳]

ب) طرح فرایند[۴] - جزئیات فناوری فرایندی

پ) طراحی مکانیکی – دستور کار[یا هدف] اولیه[۵] B31.3

طرح ادراکی- برداشتی کلی از فناوری فرایندی[۶]

گسترش انتخاب مواد و فلسفه کنترل خوردگی برای یک پروژه، معمولاً از ارزیابی و درک فناوری فرایندی آغاز می‌شود. اگر چه این مرحله در فرایند انتخاب مواد، همواره معلوم و آشکار نیست، و حتی ممکن است مورد غفلت و فراموشی نیز واقع شود، با اینحال، آن هنگام که فرایند به خوبی فهم و درک شد، این امر نقطهٔ آغاز منطقی یک پروژهٔ ملی[۷]* است.

به‌عنوان مثال، در مراحل بسیار اولیه گسترش پروژه، آن هنگام که اقتصاد " روزمرگی[۸]* " سر از تخم درآورد، علاقهٔ اصلی مدیریت کسب " شمایی کلی"[۹] از هزینه‌های مواد بود، و بازخوانی یک پرسش کلاسیک، که نصیب کارشناسان مواد می‌شود. چه مقدار لولهٔ فولادی ضد زنگ لازم است خریداری شود؟ البته در مرحلهٔ فرایند ادراکی، در بهترین حالت می‌توان به یک روش سردستی و یا نتایجی این

---

۱. کارشناسان در ازای Specialists به‌کار رفته است.- م.

2. Conceptual design

3.Process technology

4. Process design

5. Primary scope

6. Conceptual design – Overview of Process Technology

7. Grass roots project

*. در واقع منظور از پروژه‌های grass root طرح‌های عام‌المنفعه هستند که به " ملی" ترجمه شده‌اند.-م.

8. Ball park

*. اقتصادی که طرح‌ها را براساس هزینه – درآمدهای جاری و روزانه‌شان و تأثیر آن‌ها در کل حیات اقتصادی جامعه بررسی می‌کند. -م.

9. Big picture

چنین دست یافت، مانند اینکه که در این نقطهٔ جادویی چشم شیشه‌ای جاری است. در هر حال مؤثرترین تلاش‌ها کسب دیدگاهی کلی در خصوص تنوع مواد برای انتخاب است، باید به یاد داشت که مدیریت‌ها غالباً به این امر واقف نیستند که بیش از پنجاه فلز یا آلیاژ تحت عنوان فولاد زنگ نزن موجود است، که دارای بهای واحد و خصوصیات حمل و تحویل همسان هستند؛ و صدها مادهٔ ناشناخته وجود دارد که به اسامی‌ای جزء " فولاد زنگ نزن" شناخته می‌شوند.

کار کارشناس مواد، آزمودن فرایندهایی پیشنهادی است که ممکن است باعث در هم ریختن وضعیت مالی یا برنامهٔ زمان‌بندی پروژه شود. این امر به‌طور معمول در مشورت با افرادی که به‌طور حرفه‌ای بر روی فرایندها کار می‌کنند و فرایندها را در نمودارهای سطح‌بندی شدهٔ جریان[1]*و ترکیب‌های جریان فرایندی[2] و واکنش‌های شیمیایی که ممکن است رخ دهد، تبیین می‌کنند، انجام می‌شود. تعدادی از پرسش‌هایی که در فرایند طراحی ادراکی بدان‌ها پاسخ داده می‌شود، در زیر فهرست شده است.

الف) آیا فولادهای کربن‌دار (کربن استیل)- برای پروژه- کافی هستند؟

ب) آیا، از نظر اقتصادی استفاده از مواد شیمیایی یا پوشش‌های مختلف برای کنترل خوردگی، میسر است؟

پ) در صورت نیاز به مواد پر آلیاژ تأمین مواد نام برده شده، چه هزینه‌ای در بر خواهد داشت؟

ت) چه مقدار ارتباط متقابل بین محیط فرایند و مواد فهمیده شده است؟

ث) آیا لازم است که برای انتخاب ماده، نمونه‌ای اولیه از آن وجود داشته باشد؟

ج) آیا آزمودن مواد، که ممکن است منجر به برهم خوردن توازن مالی یا برنامه‌های زمان‌بندی شود، ضروری است؟

به‌عنوان مثالی از طراحی ادراکی، کارخانه یا واحدی را در نظر آورید که سیال موجود در ان گاز مرطوب طبیعی با سرعت بالاست که در شرایط (6895kpa(1000psi، با۲۵ درصد Co_2و ۲ درصد H_2S در 93°c(200°f) کار می‌کند. فولاد کربن‌دار خالص[3]، از آنجا که منجر به کاهش وزن لولهٔ حاصل از خوردگی می‌شود، برای این مورد مناسب نیست. عوامل بازدارنده باید مدنظر قرار گیرند، با اینحال باید به یاد داشت که کنترل مناسب و کافی خوردگی ممکن است میسر نباشد. برای آستری‌های پلاستیکی[4] یا پوشش‌های آلی مرسوم[5]، فرایند یک هسته سوزان[6] است. اگر سیستم تحت تأثیر تغییرات سریع فشار باشد، هم Co_2و هم H_2S خواهند توانست در پوشش[7] نفوذ کرده و آن را از میان بردارند. عناصر

---

1. Block flow diagram

*. در واقع این نمودار روند انجام فرآیند را به‌صورت بلاک‌ها و یا فلوچارت نمایش می‌دهد. -م.

2. Process stream Compositions

3. Bare Carbon Steel

4. Plastic Liners

5. Conventional Organic Coatings

6. Bit Hot

7. Coating

متوسط آلیاژ که دارای کروم هم هستند می‌توانند با کنترل مناسب عملیات حرارتی و جوشکاری، کار کنند.

فولادهای پر آلیاژ (فولادهای زنگ نزن[1]) نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، لیکن این فولادها ضمن افزایش هزینه‌ها ممکن است به‌طور بالقوه کلروره[2] شده و یا دچار خوردگی درزی حاصل از تنش برایند کلروره شدن[3] (CLSCC) گردند.

طراحی فرایند[4]

اگر توسعهٔ اقتصادی[5] کار بیشتری را ایجاب کند، مرحلهٔ بعدی در انتخاب مواد عموماً همراه با، یا اندکی پس از طراحی فرایند صورت می‌گیرد. اطلاعات مربوط به فرایند در سطح جزئیات آن مورد آزمون و وارسی قرار می‌گیرد؛ و موادی که انتخاب می‌شوند باید با مشخصه‌های فرایندی[6] و متغیرهای خارجی[7] و بیرونی که شناخته شده هستند، سازگار باشند. برای اخذ تصمیم در خصوص مواد باید با مهندس فرایند برای دریافت و درک روشن از وضعیت‌های فرایندی، مشتمل بر حالت‌های پایدار و ناپایدار فرایند همچون راه‌اندازی، تنظیم، توقف از سر برنامهٔ قبلی و توقف بدون برنامهٔ قبلی، مشورت کرد.

به‌عنوان نمونه‌ای از فرایند انتخاب مواد برای یک جریان معین، اگر مشخصهٔ دیگری جزء پایین بودن هزینه و مقاومت مناسب در برابر خوردگی مهم نباشد، فرد باید مواد لوله‌کشی را، همچون فولاد کربن‌دار(CS) با حد مجاز مناسب خوردگی (CA) طراحی کند. درهرحال، محرز است که در مواردی که مقاومت در برابر ضربه[8] مدنظر باشد؛ لوله باید در معرض درجه حرارت پایین محیطی قرار گیرد و شخص باید انتخاب مواد خود را تا سطح (CSIT) (فولاد کربن‌دار، تست ضربه شده) ارتقا دهد. در مورد دیگر جریانی که بسیار خورنده است، فرد باید فولاد ویژهٔ زنگ نزن 3XXL را برگزیند، که "L" نشان دهندهٔ میزان حساس بودن HAZ اعمال شده و مقاومت آن در جریان جوشکاری است، و احتمال دانه دانه شدن از داخل در جریان به کارگیری سیال است. اگر همین جریان دربرداندهٔ یک فاز کلرید مایع در 80°C(176°F) باشد، 3XXL به سمت CLSCC خواهد رفت. در چنان موردی فرد باید برحسب سطح

---

1. Stainless Steels
2. Chlorides
3. Resultant Chloride Stress Corrosion Cracking (class)
4. Process design

۵. منظور توسعهٔ اقتصادی در سطحی محدود است.

6. Process stream characteristics
7. External variables
8. Impact Properties

کلرور، میزان اکسیژن و درجه حرارت، یک فولاد زنگ نزن دوتایی یا دوگانه[1] یا فولاد زنگ‌نزن فوق دوتایی یا فوق دوگانه[2] را انتخاب کند.

از آنجایی که روش ساده و سهل‌الوصولی برای تصمیم سازی جهت انتخاب مواد و مستندسازی-های مربوط به آن وجود ندارد، لذا به‌طور معمول خروجی این مرحله از پروژه گزارش گزینش مواد[3] یا گزارش مواد و خوردگی[4] است. از آنجایی که اخذ تصمیم در خصوص خوردگی است، لذا واژهٔ خوردگی غالباً همچون یک عنوان در صدر گزارشات قید می‌شود. صرف‌نظر از عنوان گزارش، یک گزارش نوعاً شامل تشریح مبانی تصمیم سازی[5] ، همچون روایت تشریحی در مورد استانداردها و ملاک‌ها و معیارها، ارتباطات و محدودیت‌های ناظر به انتخاب نهایی مواد برای بخشی معین از فرایند است.

نمودارهای انتخاب مواد[6] (MSD'S) و یا جداول انتخاب مواد، عموماً دربردارندهٔ محتویات گزارش هستند. MSD'S در واقع نمودارهای جریان فرایند[7] اصلاح شده‌اند (PFD'S)، که نمایانگر انتخاب‌های کلی ماده و حدود مجاز خوردگی برای هر مدار خوردگی[8] است. مدارات خوردگی اجزایی از فرایند با مشخصه‌های خوردگی مشابه هستند، و به تناوب معادل با جریان‌های فرایندی هستند که توسط PFD تعریف شده‌اند، و یا بر اساس زیر تنظیم‌های جریان فرایند تعریف گشته‌اند. ارائهٔ داده‌های مربوط به انتخاب مواد توسط نمودارها، شیوهٔ مفید، عام و غالب و رایج برای برقراری ارتباط با دیگر طراحان حرفه‌ای است که از چنین نمودارهای در جریان تکمیل کارهای آتی خود استفاده می‌کنند. از آن‌جایی که ارائه این اطلاعات به مهندسی نگهداری مواد[9] یاری می‌رساند، لذا – این داده‌ها- به‌عنوان ورودی پروژه تلقی می‌گردند. نمونه‌ای ساده سازی شده MSD برای یک واحد شیرین سازی آمونیاک[10] در شکل ۱-۵ نشان داده شده است.

1. Duplex stainless steel
2. Superduplex Stainless Steel
3. Material Selection Report
4. Corrosion & Materials Report
5. Decision making
6. Material Selection diagrams
7. PROCESS Flow diagrams
8. Corrosion Circuit
9. Maintaining materials eng
10. Amine sweetening unit

C-201
Amine Contactor
Shell: CS + 1/8" CA + HIC
Heads: CS + 1/8" CA + HIC
Nozzles: Seamless CS + 1/8" CA

F-201
Lean Amine Filter
Shell: CS + 1/8" CA

V-201
Rich Amine Flash Tank
Shell: CS + 1/8" CA
Heads: CS + 1/8" CA
Nozzles: CS + 1/8" CA

C-202
Amine Regenerator
Shell: CS + 1/8" CA
Shell: CS + 1/8" 3XXL
Heads: CS + 1/8" 3XXL
Nozzles: To Match Shell/Head
(Cladding As Shown On Sketch)

V-202
Reflux Accumulator
Shell: CS + 1/16" + IPC
Heads: CS + 1/16" + IPC

P-201 A/B
Lean Amine Pumps
Case: CS
Impeller: CI

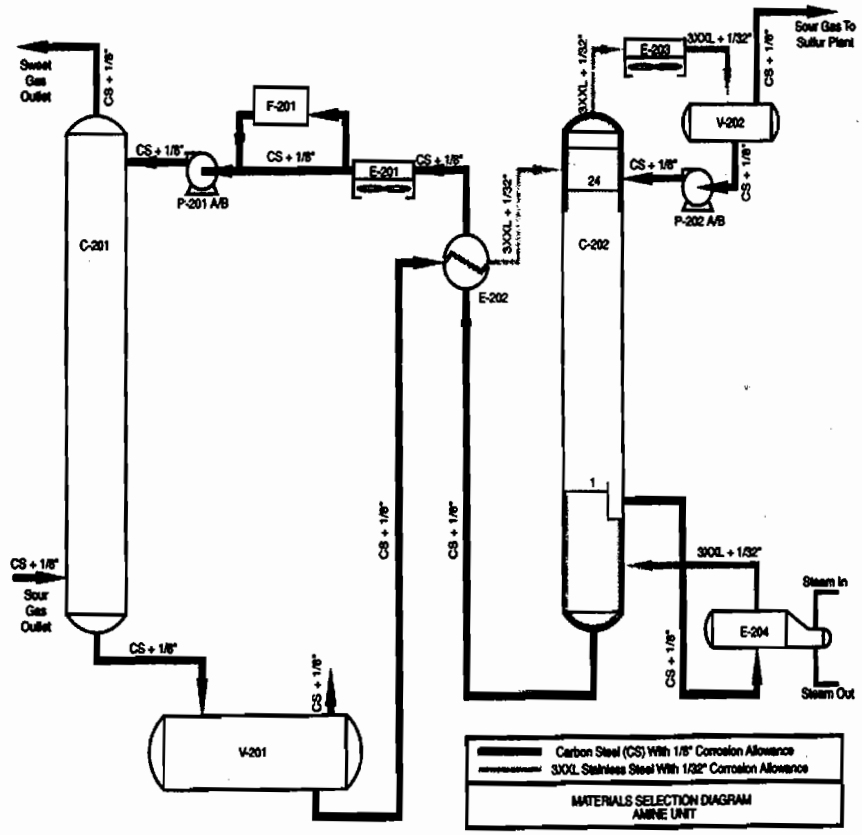
E-201
Lean Amine Cooler
Headers: CS + 1/8" CA
Tubes: CS

E-202
Rich/Lean Exchanger
Shell: CS + 1/8" CA
Head: CS + 1/8" CA
Tubes: 3XXL
Tubesheet: CS
Channel: CS+1/8" CA
Channel Cover: CS + 1/8" CA

E-203
Stripper Overheads Condenser
Headers: 3XXL + 1/32" CA
Tubes: 3XX

P-202 A/B
Reflux Pumps
Case: CS
Impeller: CI

E-204
Reboiler
Shell: CS + 1/8" CA
Heads: CS + 1/8" CA
Tubes: CS
Tubesheet: CS + 1/8" CA



Note: This simplified Material Selection Diagram (MSD) is included in this book for illustration purposes only. Material selection for any process unit must be made on a project specific basis. MSD's usually include or reference the process information upon which material decisions are based (e.g., Pressure, Temperature, Velocity, and Stream Composition).

شکل ۱-۵

طراحی مکانیکی[1]

در جریان مرحلهٔ طراحی مکانیکی،مشخصه‌های فرایند که توسط شبیه سازی‌های فرایند وُ PFD'S نشان داده شده‌اند و الزامات مواد که در گزارش انتخاب مواد و MSD'S منعکس شده است، وارسی می‌شود و مورد آزمون واقع می‌شود. کلاس لوله‌کشی[2] که الزامات ریز شده و تفضیلی مواد و خواص مکانیکی را در خود مشخص ساخته است، برای هر خط در سیستم لوله‌کشی تعیین می‌شود. به یاد داشته باشید که استفاده از کلاس‌های لوله‌کشی جزء الزامات B31.3 نیست؛ بلکه صرفاً روشی برای به طراحی مکانیکی در صنعت لوله‌کشی فرایندی[3] است.

نمونه‌ای از طبقه‌بندی ساده لوله‌کشی در شکل ۲-۵ نشان داده شده است. در جدول ۲-۵ اطلاعاتی برای یک میزان فشار[4] و مشخصه‌های به کارگیری معین سیال ارائه شده است؛ این داده‌ها گونه‌های قابل قبول اجزای لوله‌کشی و اندازه‌های آنها را به همان دقت مشخصه‌های مواد، گونه‌ها، دسته‌ها و یا درجات آنها را، ارائه می‌کند. اجزای لوله‌کشی عبارت‌اند از: لوله، قطعات آهنگری شده، اتصالات، شیرها، پیچ‌بندی، واشرهای صنعتی[5]، و دیگر اجزای خاص لوله‌کشی. کلاس لوله‌کشی، عمدتاً دربردارندهٔ اطلاعاتی دربارهٔ حدود مجاز خوردگی، عملیات حرارتی پس از جوشکاری[6] و آزمون‌های غیرمخرب[7] است. در یک کار دسته جمعی، غالباً کلاس‌های لوله‌کشی از پروژه‌های قبلی برجای مانده‌اند و یا توسط یک شرکت طرف قرارداد بر تکمیل کار مهندسی به کار گرفته می‌شوند. هنگامی که کلاس‌هاس لوله‌کشی موجود نباشند، می‌توان براساس الزامات فرایندی، موادی و مکانیکی آنها را تعیین کرد.

طراح کلاس لوله‌کشی، کلاس لوله‌کشی را با استفاده از علائم حرف-عددی، همچون AA2O یا D2، به‌عنوان بخشی از شماره خط برروی نقشه‌های لوله‌کشی (گروهی از نقشه‌ها مثل نقشه‌های P&ID، MFD، پلان‌های لوله‌کشی و مقاطع و ایزومتریک‌ها)نشان می‌دهد. شماره خطی، به‌عنوان نمونه، "6-HC-34212-D2" است، که ٦ نشان‌دهندهٔ اندازهٔ اسمی لوله، HC معرف سیال داخل لوله (در اینجا هیدرو کربن)، 341212 نمایانگر شمارهٔ سریال خط و D2 نشان دهندهٔ کلاس لوله است.

بر حسب هدف و پیچیدگی فنی پروژه، مرحلهٔ طراحی مکانیکی ممکن است دربردارندهٔ تهیه و تدارک مشخصه‌های تفصیلی مواد براساس شیمی ماده، الزامات فرایندی، شکل تولید ماده(ریختگی، آهنگری، جوش‌کاری شده)، چقرمگی شکست، قابلیت جوشکاری، عملیات حرارتی، آزمون غیرمخرب و مقاومت در برابر انواع و اقسام خوردگی، باشد.

برای برخی از پروژه‌ها، باید بگوییم که هیچگونه نیازی به ورودی مهندسی مواد نیست و طراحان لوله‌کشی در اینگونه پروژه‌ها می‌توانند از کلاس‌های لوله‌کشی حاضر و آماده[8] و در دسترس خود استفاده کنند. اگر چه ممکن است پاره‌ای از قابلیت‌های مناسب برای کمینه‌سازی ورودی مهندسی مواد موجود باشد؛ با این‌حال باید به یاد داشت که گسانی تمایل به توسعهٔ استفاده از کلاس‌های لوله‌کشی

1. Mechanical Design
2. Piping Class
3. Process Piping inDustry
4. Gaskets
5. Pressure Rating
6. Postweld Heat Treatment
7. Nonde structive Examination
8. Prepackaged Piping Classes

حاضر و آماده دارند؛ این امر– استفاده از کلاس‌های حاضر و آمادهٔ لوله‌کشی – مستلزم وجود دانش وسیعی در زمینهٔ مواد است. حتی اگر، صرفاً کتاب طراحان مکانیکی[1] (مثل کلاس‌های لوله‌کشی) تقدیس شود، درگیر کردن یک کارشناس مواد در این زمینه مفید است.

Service:	Sweet Hydrocarbons			Piping Class:	A1
Material:	Carbon Steel		ASME/ANSI B16.5 Pressure Class:		150
Radiography:	10% of Butt Welds		Temperature Limits (1):		-29 to 200°C (-20 to 400°F)
PWHT:	Per B31.3		Corrosion Allowance:		1.6 mm (0.0625 in.)
Item	Size (NPS)	Thickness Or Rating	General Description	Material Spec And Grade	Notes
Pipe					
	¾ - 1 ½	Sch. 80	PE, Seamless	A 106 Gr. B	
	2 - 18	Sch. 40	BE, Seamless	A 106 Gr. B	
BW Fittings					
45° Elbow:	2 - 18	Sch. 40	BE, BW, Seamless	A 234 Gr. WPB	
90° Elbow:	2 - 18	Sch. 40	BE, BW, Seamless	A 234 Gr. WPB	
Reducing Tee:	2 - 18	Sch. 40	BE, BW, Seamless	A 234 Gr. WPB	
Straight Tee:	2 - 18	Sch. 40	BE, BW, Seamless	A 234 Gr. WPB	
Conc. Reducer:	2 - 18	Sch. 40	BE, BW, Seamless	A 234 Gr. WPB	
Ecc. Reducer:	2 - 18	Sch. 40	BE, BW, Seamless	A 234 Gr. WPB	
Forged Fittings					
Sockolet:	¾ - 1½	3000	SW, FS	A 105	
Threadolet:	¾ - 1½	3000	Thr'd, FS	A 105	
Weldolet:	2 - 6	Sch. 40	BW, FS	A 105	
Union:	¾ - 1½	3000	SW or Thr'd, FS	A 105	
Flanges					
Weld Neck:	¾ - 1½	300	RF, Forged Steel	A 105	
	2 - 18	300	RF, Forged Steel	A 105	
Blind:	¾ - 18		RF, Forged Steel	A 105	
Fasteners					
Studs:	All		Low alloy steel	A 194 Gr. B7	
Nuts:	All		Low alloy steel	A 194 Gr. 2	
Gaskets:	2-18		Spiral Wound	API 601 304 SS	
Valves:					(2)
Gate:	1/2 - 1½	800	SW	VG-801	
	1/2 - 1½	800	SW*Thr'd	VG-803	
	2-18	150	RF	VG-101	
Ball:	1/2 - 1½	2000 CWP	Thr'd, Split Body	VB-2002	
	2-10	150	RF	VB-131	
Check	¾ - 1½	800	Thr'd	VC-802	
	2 - 4	300	RF, Swing Type	VC-101	
	6 - 18	300	RF, Wafer Type	VC-121	

(1) For thickness above 0.500 in. (12.7 mm) see B31.3 Fig. 323.3.2 regarding impact test requirements.
(2) See owners Piping Class Index for key to valve designations VG-801, etc.

Note: PE = Plain End, BE = Bevel End, SW = Socket Welding, BW = Butt Welding, Thr'd = Threaded, FS = Forged Steel, CWP = Cold Working Pressure

شکل ۲–۵ محتوا و ترتیب یک کلاس ساده شدهٔ نمونه‌وار لوله‌کشی

1. the mechanical designer's Cookbook

گواهینامه‌های ماده[1]

چنان‌که یک پروژه در حال انجام و از مرحلهٔ طراحی به مرحلهٔ تأمین مواد و ساخت برسُد، کسب تأیید در خصوص اینکه مواد انتخاب شده الزامات مهندسی را ارضا می‌کنند، مناسب و مطلوب است. این امر با بررسی مدارک و مستندات مربوط به ماده و انطباق مشخصات فنی آن با استانداردها و یا مشخصه‌های ارائه شده توسط خریدار قابل حصول است. این مستندات، نوعاً به‌عنوان گواهینامه‌های سخت‌کاری[2]*، گواهینامه‌های آزمون[3]، گواهینامه‌های آزمون سخت‌کاری[4]، گواهی‌های تأیید[5]، گزارشات آزمون ماده[6](MTR) شناخته می‌شوند.

یک گواهی آزمون نمونه در شکل ۳-۵ آورده شده است.[این گواهی] منعکس کننده خواص مکانیکی و شیمیایی‌ای است که در جریان آزمون‌هایی که الزامات ASTM A-105 را برآورده می‌سازد، حاصل شده‌اند. با مرور این مستند می‌توان دریافت که داده‌های به‌دست آمده الزامات ASTM A-105 را ارضا کرده و برآنها منطبق است. پس از دریافت فلنج، براساس مشخصه‌هایی که بر آن نقش بسته است، با رسیدگی به ابعاد، تشخیص گسترده[7] و عملیات حرارتی صورت گرفته برآن، فلنج را از نظر کیفی کنترل می‌کنند.

---

1. Material Certificates
2. Mill Certificates

*. در اینجا سخت‌کاری را نباید با hardening اشتباه کرد. گواهینامه‌های Mill، گواهینامه‌هایی هستند که نشان می‌دهند مواد الزامات هر گونه آزمون مکانیکی را برآورده و در برابر نیروها و فشارهای وارده تاب آورده است .-م.

3. Test Certificates
4. Mill Test Certificates
5. Certificates of Compliance
6. Material Test Report
7. Rating

Customer:	Alberta Rig Welder Supplies Inc.
PO No.:	ARWS 0101234
Description:	ASME B16.5 Flanges, 2 NPS, 600#, RFWN, Sch. XXS
Material:	A-105

	Heat		Chemical Analysis									
Item	Code	No.	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	V
1	X-857	12-084572	0.177	1.12	0.012	0.014	0.27	0.02	0.01	0.003	Tr.	<0.01
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

	Mechanical Properties				Charpy Impact Test					
Item	Tensile	Yield	Elong.	R of A	Size	Temp	S1	S2	S3	Avg.
1	73220	42519	27.6	55.4						
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Conditions

Normalized at 900°C for 1 hour. Cooled to room temperature in still air. Hardness = 161 HB.

I hereby certify that the contents of this document are correct according to the records in possession of this company.

QA Department: _____

Date: _____

شکل ۳-۵

فصل ششم

ساخت، مونتاژ و نصب[1]

پیشگفتار

فصل V از نظام‌نامهٔ B31.3 به ساخت، مونتاژ و نصب سیستم‌های لوله‌کشی اختصاص یافته است. این اصطلاحات توسط بند 300.2¶ به شرح زیر تعریف شده‌اند:

الف) ساخت عبارت است از آماده سازی لوله‌کشی برای مونتاژ؛ این آماده‌سازی شامل برش[2]، دنده یا رزوه‌زنی[3]، خان‌کشی یا شیار زدن[4]، شکل‌دهی[5]، خمش[یا خم کاری] [6]و وصل کردن اجزا به آن چیزهایی است که پیش از مونتاژ باید به آنها متصل شوند.

ب) مونتاژ اتصال دو یا چند جزء لوله‌کشی به یکدیگر با استفاده از پیچ و مهره‌کاری[7]، جوشکاری، نوارپیچی[8]، پیچ‌زنی[9]، لحیم کاری[10]، چسباندن با سیمان و یا تجهیزات پکیجی که توسط مهندس طراح معین شده‌اند.

پ) نصب عبارت است از کارگذاری[11] کامل یک سیستم لوله‌کشی در موقعیت‌های معین آن و برروی نگهدارنده‌هایی که توسط طرح مهندسی مشخص شده‌اند، که مشتمل است بر هرگونه مونتاژ، ساخت، و وارسی، بازرسی و آزمون سیستم چنانچه توسط نظام‌نامه الزام شده است.

---

1. Fabrication , Assembly and Erection
2. Cutting
3. Threading
4. Grooving
5. Forming
6. Bending
7. Bolting
8. Bonding

۹. برای bolting از " پیچ و مهره کاری" و برای Screwing از " پیچ‌زنی" استفاده شده است .-م.

10. Soldering
11. installation

ساخت، مونتاژ و نصب مستلزم استفاده از پاره‌ای فرایندهای ویژه شامل موارد زیر است:

الف) شکل‌دهی و خم‌کاری با روش‌های سرد و گرم؛

ب) اتصال دادن با استفاده از جوشکاری، لحیم‌کاری یا روش‌های مکانیکی مشتمل بر دنده‌زنی، فلنج زدن، اتصالات ویژه فشار بالا و جفت‌کننده متداخل مکانیکی[1](MIF)؛

پ) [انجام] عملیات حرارتی با روش‌های محلی یا با کوره‌های دائم یا موقتی.

B31.3 فرض را بر این امر نهاده است که پاره‌ای از فرایندهای ویژه مورد استفاده در جریان ساخت، مونتاژ و نصب سیستم‌های لوله‌کشی فهمیده و دریافت شده‌اند، در هر حال سطح درک، مثلاً در مورد مواد ساخت به گونه‌ای گسترده متفاوت و متغیر است، لیکن چنین درکی همواره در محدودهٔ تجربیاتی که کاربران، از فرایندها داشته‌اند، واقع است. به همین دلیل هدف این فصل استخراج مبانی فناوری است که در پس پاره‌ای از فرایندهای خاص مرتبط با الزامات نظام‌نامه قراردارد.

خم‌کاری و شکل‌دهی[2] [¶322]

کلیات

فرایندهای خم‌کاری و شکل‌دهی عملیات فنی مشکل و پیچیده‌ای[3] هستند. ارزیابی اثرات خم‌کاری و شکل‌دهی برروی خواص مواد به‌طور کامل به محصولات و فراورده‌های مورد استفاده در سامانه لوله‌کشی بستگی دارد. در این مختصر، عبارات نظام‌نامه‌ای زیر، به مثابهٔ رهنمودهای اساسی مورد لحاظ قرار می‌گیرند:

الف) بند 332.1¶ مقرر می‌دارد که : " لوله‌ها و اجزای لوله‌کشی ممکن است با استفاده از روش‌های سرد یا گرم کاری که برای جنس مواد و نوع سرویس و سختی خم‌کاری و شکل‌دهی راحت و مناسب هستند خم کاری شده و شکل‌دهی[4] می‌شوند.

ب) بند 332.3¶ مقرر می‌دارد که : "گسترده درجه حرارت شکل‌دهی باید با ماده، نوع به کارگیری مورد نظر و عملیات ویژهٔ حرارتی سازگار باشد."

این عبارات نظام‌نامه شروع کار و ورودی داده‌های لازم مهندسی برای بررسی نهایی این امر که آیا خواص مواد، انتظارات از سرویس مورد نظر را برآورده خواهند ساخت یا نه است. حتی اگر نظام‌نامه الزاماتی را برای طراحی (همچون بند 304.2¶) و [گونه] به کارگیری سیال (مثل بند 306.2¶) اعمال می‌کند،

1. Mechanical Interference fit (MIF)
2. Bending and forming
3. Sophisticated technical operations
4. the Severity of the bending or forming

ورودی مهندسی[1] همچنان مورد نیاز است. نظام‌نامه نه می‌خواهد و نه می‌تواند قواعدی را برای نشان دادن الزامات ویژهٔ هر موقعیت فراهم آورد.

در یک سرویس ویژه، به‌عنوان بخشی از ارزیابی مهندسی، پاره‌ای پرسش‌های ابتدایی و مفید را در رابطه با اثرات خم‌کاری و شکل‌دهی بر خواص مواد ارائه می‌دهد.

a) اثر درجه حرارت خم‌کاری و شکل‌دهی و عوامل تغییر شکل‌یابی (همچون، خم‌کاری سرد، گرم یا داغ، نرخ کرنش[2] و کرنش کل[3]) بر استحکام، چکش خواری، سختی و چقرمگی شکافی خم حاصله، چه خواهد بود؟

b) اثر ریز ساختار[4] حاصله برروی خوردگی کلی[5]، خوردگی موضعی(گالوانیک، حفره‌ای و یا خوردگی درزی[6])، ترک برداشتن حاصل از خوردگی تنشی[7] یا خواص دراز مدت مکانیکی، چه خواهد بود؟

c) ریسک ناشی از شکل‌دهی نقاط صلب[8]، اثرات ته نشست نامطلوب[9]، مقاومت در برابر خستگی[10] و مقاومت خزشی[11]، چه خواهد بود؟

می‌توان امیدوار بود که پرسش‌های بالا با کمک متخصصین متالوژی و یا خوردگی، با استفاده از آزمون‌های لازم به هنگام ضرورت، پاسخ‌هایی درخور یابند.

خمش [یا خم‌کاری][12]

همواره نیاز به تغییر راستای جریان در سیستم‌های لوله‌کشی وجود داشته است؛ و این نیاز، به‌طور سنتی به کمک اتصالات پیش ساخته[13] همچون سه راهی‌ها و زانویی‌ها ارضا شده است. در هر حال ممکن است تغییرات جهت جریان با استفاده از خم‌های لوله نیز صورت پذیرد. در حقیقت، با استفاده از تجهیزات نوین و پرهیز از هزینهٔ ناشی از به‌کارگیری اتصالات کاهنده، جوشکاری و آزمون‌های نامخرب صرفهٔ اقتصادی استفاده از خم‌ها، حاصل خواهد شد.

---

1. Engineering Input
2. Strain rate
3. Total Strain
4. microstructure
5. General Corrosion
6. Crevic Corrosion
7. Stress Corrosion
8. Hard Spots
9. Undesirable precipitation effects
10. Fatigue resistance
11. Creep resistance
12. bending
13. Manufactured fittings

آگاهی از پاره‌ای مسائل برای خوانندگانی که دارای تجربه‌ای در خم‌کاری نیستند، قبل از بررسی جزئی و تفصیلی خم‌ها ضروری است. در صنایع خم‌کاری و لوله‌کشی، انواع خم غالباً با عبارات متعدد و کثیری توصیف می‌شوند. اگر چه هیچ‌گونه سیستم طبقه‌بندی رسمی برای خم‌ها وجود ندارد، با این حال در شناسایی خم‌ها به اصطلاحات زیر ارجاع داده می‌شود:

a) روش ساخت[۱]، شامل خم‌های حاصل از کار سرد[۲]، خم‌های حاصل از کار گرم[۳]، خم‌های فرم‌دهی شده در کوره[۴]، خم‌های القایی[۵]، خم‌های بازویی یا شاخه‌ای[۶]، خم‌کله قوچی[۷]، خم‌های سه نقطه[۸]، خم‌های مایتر[۹]، خم‌های حلقوی[۱۰]، خم‌های موج‌دار[۱۱]، خم‌های چین‌دار[۱۲]؛

b) مکان ساخت که عبارت‌اند از خم‌های کارگاهی یا کارخانه‌ای؛

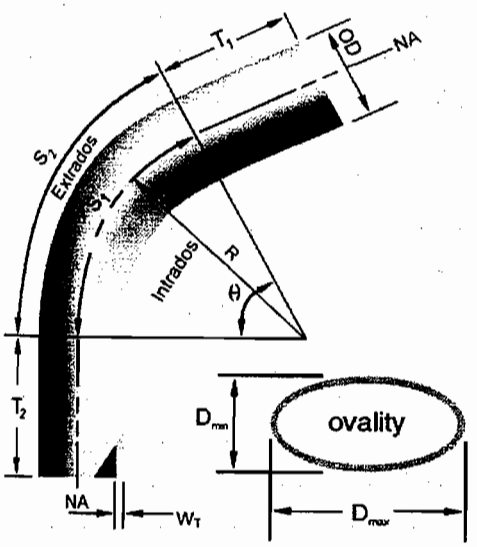
c) شکل یا نمود[۱۳]، همچون خم‌های L شکل[۱۴]، خم‌های S شکل[۱۵]، خم‌های چروکیده یا چروک‌دار[۱۶]، خم‌های مایتر، خم‌های حلقوی، خم‌های موج‌دار و خم‌های چین‌دار، و؛

d) عمکرد یا نوع اتصال[۱۷]، خم‌هایی که از شکم وصل می‌شوند[۱۸]، خم‌هایی که از بالا اتصال می‌یابند[۱۹]، خم‌هایی که از پهلو متصل می‌شوند و خم‌های مرکب[۲۰].

توجه داشته باشید که بیان پاره‌ای از اصطلاحاتی که در (c) و (d) آورده شده‌اند، حاصل اجرای خطوط لوله در بیابان‌ها و مناطقی خارج از جاده‌ها و راه‌ها هستند، مناطقی که راستای جریان در خطوط لوله تغییر کرده و یا در ارتفاع کارگزاری لوله برروی زمین تغییراتی حاصل شده و یا در اثر درجه حرارت

1.Method of manufacture
2. Cold bends
3. Hot bends
4. Furnace bends
5. Induction bends
6. Arm bends
7. Ram bends
8. Three point bends
9. Mitre bends
10. Segmented bends
11. Corrugated bends
12. Creased bends
13. Appearance
14. L-bends
15. S- bends
16. Wrinkle bends
17. Function or end use
18. Sag bends
19. Over bends
20.Combination bends

خط لوله دچار انقباض و انبساط شده است. در طرح‌های مربوط به سیستم لوله‌کشی استفاده از اصطلاحات خم‌کاری که منعکس کنندهٔ روش ساخت که ممکن است ترکیبی از، چند اصطلاح باشد(همچون، خم سه نقطه‌ای حاصل از کار سرد[1]، خم کورهٔ داغ[2]، خم القایی داغ[3]) رایج است.
صرف‌نظر از نوع خم، تمامی خم‌ها دارای نما و شکل معین و مختصات ابعادی مشخص هستند، که باید این مشخصات در جریان طراحی لوله‌کشی روشن شده و در جریان ساخت خم کنترل شوند(شکل۱-۶).



R = bend radius
θ = bend angle
T_1, T_2 = tangent lengths
W_T = wall thickness
OD = outside diameter
D_{max} = major diameter
D_{min} = minor diameter

$$\text{Ovality} = \frac{D_{max} - D_{min}}{OD}$$

NA = neutral axis

$$\text{Strain} = \frac{S_2 - S_1}{S_1} = \frac{(R + 0.5OD) - R}{R}$$

شکل ۱-۶ نمای نمونه‌وار خم‌لوله و مشخصه‌های ابعادی آن

R= شعاع خم
θ= زاویهٔ خم
T_1, T_2 = طول‌های [خطوط] مماس
W_T = ضخامت دیواره
DD= قطر خارجی
D_{max} = قطر اصلی (بزرگتر)
D_{min} = قطر فرعی (کوچکتر)

$$\text{بیضی شدگی} = \frac{D_{max} - D_{min}}{OD}$$

1. Three Point Cold Bend
2. Hot Furnace Bend
3. Hot Induction Bend

NA = محور طبیعی

$$\text{کرنش} = \frac{S_2 - S_1}{S_1} = \frac{(R + 0.5OD) - R}{R}$$

در زیر پاره‌ای از نکات در رابطه با خم‌ها، هنگامی که ایجاد می‌شوند، آورده شده‌اند:

a) برای هر لوله باید شعاع خم تعیین شود. شعاع خم را بر حسب قطر لولهٔ مورد استفاده بیان می‌کنند (به‌عنوان مثال10D 10) اما گاه شعاع خم با استفاده از گزاره‌های عددی بیان می‌شوند (مثلاً؛ R=2500mm(100in)). آن هنگام که شعاع خم به‌عنوان تابعی از قطر بیان می‌شود، لذا باید قطر مرجع نیز تعیین شده باشد (همچون قطر اسمی یا قطر خارجی). به‌عنوان نمونه اگر مشخصه یک خم از قطعه لوله‌ای با NPS6، 10OD باشد بنابراین شعاع خم 1524mm(60in) خواهد بود. در این روش اساس نام‌گذاری شعاع خم بر قطر اسمی لوله ((10×152.4=1524mm(10×6=60in)) نهاده شده است. در لوله‌ای با همان NPS، یعنی NPS6، خم 10D شعاعی برابر با 1683MM(66.25inches) خواهد داشت. در این مورد اساس تعیین شعاع خم بر قطر خارجی لوله نهاده شده است (همچون 10×168.3=1683mm (.10×6.625=66.25in)). ممکن است مشتری خواهان تعیین شعاع خم برحسب قطر اسمی لوله باشد، اغلب خواست مشتری در یک مورد مشخص با خواست مشتری دیگر متفاوت است.

b) طول‌های مماس و تلرانس‌های معقول ساخت باید بر مبنای طول‌های مماسی که محاسبه شده تا تعداد جوش‌های لازم کارگاهی و موضعی در سیستم لوله‌کشی به حداقل رسد تعیین شود و باید حداکثر ابعاد مجاز برای خم‌ها در نظر گرفته شود چرا که خم‌ها در سایت حمل و نقل شده و به لوله‌کشی متصل می‌شوند. توجه داشته باشید که طول‌های مماس حداقل ممکن است برای پاره‌ای مقاصد ساخت خم مورد نیاز باشد(به‌عنوان مثال برای گرفتن ته‌های لوله یا برای فشردن لوله ا: لابه‌لای خم کن). در طول انجام عملیات خم‌کاری الزامات طول مماس می‌تواند برروی طول‌های لولهٔ حاصله، که جهت خم‌کاری در نظر گرفته شده‌اند و ضایعات لوله (همچون تعداد خم‌هایی که از یک طول مشخص لوله به‌دست می‌آید) اثر بگذارد. هنگامی که طول‌های مماس و تلرانس‌های آنها مشخص شد، عوامل مهم دیگری علاوه بر الزامات ابعادی نصب و اجرای لوله‌کشی وجود دارند که باید مدنظر قرارگیرند. شخص باید برای مواقع بحرانی به‌عنوان یک جایگزین طول‌های مماس ابعاد میان تارخم[1] را معین کند(همان‌گونه که در مورد زانویی‌ها به‌کار می‌رود).

c) بیضی شدگی یا تخت شدگی[2] که توسط B31.3 توضیح داده شده است، برای خم‌هایی که تحت فشار داخلی قرار دارند تا ۸ درصد و برای خم‌هایی که تحت فشار خارجی هستند تا ۳ درصد محدود شده است[¶332.2.1]. توجه داشته باشید که نظام‌نامه B31.3، برای ارضای تلرانس‌های

---

۱. در متن آمده Center of end که به "میان تار" ترجمه شده است.

2. Ovality or Flattening

بیضی‌شدگی (تخت شدگی)، برداشتن فلز[1] را مجاز نمی‌داند؛ گرچه تلرانس‌های بسته‌تر، ممکن است برای خم‌هایی که نیازمند به یک معبر برای گذر ابزارهای بازرسی داخلی هستند ضروری باشد.

d) [بند332.1¶] نشان می‌دهد که خم‌ها باید ذاتاً فارغ از هرگونه "پوسته پوسته شدگی قالبی[2] *" (همچنین به بحث چروک شدگی مراجعه کنید) باید باشد، لیکن هیچگونه تلرانسی داده نمی‌شود. این سر فصل باید براساس توافق حاصله بین خریدار و سازندهٔ خم مورد عمل قرار گیرد.

e) 332.2.2¶ خم کاری‌های گرم و سرد را با استفاده از گزاره‌های مربوط به گسترهٔ تغییر فاز[3] *ماده تعریف می‌کند. نظام‌نامه در این فرض را بر این امر قرار داده است که کاربران دارای درک مناسبی از متالوژی هستند. برای فولاد کربن‌دار، درجه حرارت تحتانی تغییر شکل حدوداً برابر است با 723°c(1333°f) . درجه حرارت فوقانی تغییر شکل وابسته به مقدار کربن موجود در فولاد بوده و بین درجه حرارت‌های 723°c و 913°c(1333°f,1675°f) در نوسان است. در غالب تجربیات صورت گرفته، برای فولادهای کربن‌دار و کم آلیاژ، خمش سرد در درجه حرارت‌هایی که موسوم به "گسترهٔ گرمایی سیاه[4] " [شدگی] هستند رخ می‌دهد. در این گستر ساختار آلیاژ، فریتیک است. خمش گرم در" گستره گرمایی سرخ کم رنگ[5]"، که فلز دارای ساختار اوستینیتی است رخ می‌دهد. در مورد تغییر شکل فولادهای کم آلیاژ، پرآلیاژ و با آلیاژ متوسط قابل سخت کاری[6]، و فولادهای میکروآلیاژی[7]، فولادهای قابل سخت‌کاری بدون پتانسیل تغییر شکل و آلیاژها و فلزات غیر باید از کارشناسان مربوطه برای ارزیابی و تعیین عوامل مؤثر در خمش یاری جست (این عوامل به‌عنوان مثال عبارت‌اند از سخت کاری کرنشی[8]، ته نشست[9]، افت مقاومت خوردگی[10] و تردی[11]). هنگامی که فولادها در "گستره‌شکنندگی آبی" خم می‌شوند ((700°f تا 300)370°c تا 150) همواره باید احتیاطات لازم را به‌کار برد.

---

1. Removal of Metal
2. Buckling

*.Buckling به معنای پوسته پوسته شدن فلز قالب‌ریزی شده در اثر نرمی زیاد و نرسیدن هوای کافی به آن است.-م.

3. Transformation Range

*. در این برگردان برای واژه Transformation، بنا به مورد از واژگان تغییر فاز، تغییر شکل و دگرگونی ماده استفاده خواهد شد.

4. The Black Heat Range
5. The Bright Red Heat Range
6. Hardenable
7. Microalloy Steels
8. Strain Hardening
9. Precipitation
10. Loss of Corrosion Resistance
11. Embrittlement

f) [بند] ¶332.1 مقرر می‌دارد که ضخامت پس از خمش یا شکل‌دهی نباید از ضخامت مورد نیاز طراحی (¶304.2.1) کمتر شود.

g) [نظام‌نامه] B31.3 پاره‌ای از محدودیت‌های کشیدگی الیافی خارجی(کرنشی[1]) را بر اثر عملیات حرارتی پس از خم‌شدگی نشان می‌دهد [¶332.4]. به‌علاوه، براساس الزامات B31.3 پاره‌ای از محدودیت‌های اعمال شده بر کرنش الیافی خارجی که توسط دیگر استانداردها اعمال شده‌اند، ممکن است در سیستم لوله‌کشی کاربرد داشته باشند (همچون NACE MRO175).

h) اگر چه در B31.3 چیزی معین نشده است. لیکن هنگامی که برای خم‌کاری از لولهٔ جوش شده طولی استفاده می‌شود، باید جوش طولی نزدیک به محور طبیعی[2] خم انجام شده باشد.

عملیات حرارتی لازم پس از تغییر شکل یا خمش[3]

[نظام‌نامه] B31.3 با اتکا بر قواعد عملیات حرارتی، نشان می‌دهد که پاره‌ای از عملیات خم‌کاری و شکل‌دهی دارای اثراتی ناسازگار و متناقض بر خواص مواد هستند. این قواعد بر نوع عملیات خم‌کاری (گرم یا سرد)، نوع مواد و کرنش الیافی خارجی بنا شده‌اند.

صرف‌نظر از ضخامت ماده، عملیات حرارتی مورد نیاز است براساس موقعیت‌های تشریح شده در زیر توسط ¶331

a) پس از عملیات خم‌کاری و فرم‌دهی گرم برروی موادی با PNهای ۳، ٤، ٥، ٦ و مشخصهٔ A۱۰.

b) پس از خم‌کاری و فرم‌دهی سرد بر روی:

i. موادی با P-NO.1 تا P-NO.6، که کشیدگی الیافی خارجی آنها در راستای حادترین وضعیت شکل‌دهی (معمولاً قوس خارجی) از ۵۰ درصد کشیدگی کمینهٔ تعریف شده برای مشخصات، درجه، و ضخامت مادهٔ لوله‌ای که کشیده می‌شود تجاوز کند.

ii. هر ماده که کرنش الیافی ماکزیمم محاسبه شده آن پس از خم‌کاری یا شکل‌دهی از ٥ درصد تجاوز کند و نیازمند به انجام آزمون ضربه باشد؛ و

iii. هر ماده‌ای که توسط طراحی مهندسی تعیین شده باشد.

با توجه به بند (a) در بالا، مواد فهرست شده قابلیت برگشت به سختی اولیه بعد از عملیات فرم‌دهی سرد و خمش گرم را دارند، پس منظور از انجام عملیات حرارتی بازگرداندن خواص مکانیکی به سطح نامتناقض و استوار و پایداری، از مواد ابتدایی و شروع[4] است. در مورد بند (b) اثرات سخت‌کاری انجام

---

1. The Outer Fiber Elongation(strain)
2. Natural Axis
3. Heat Treatment Required After Bending or Forming
4. Starting materials

شده توسط خم‌کاری و فرم‌دهی سرد منجر به کاهش قابلیت چکش خواری و چقرمگی شکافی(استحکام ضربه‌ای[1]) مواد خواهد شد. عملیات خم‌کاری و شکل‌دهی سرد در بخش‌های پرداخت‌شده تنش‌های پسماندی[2] را تولید می‌کند. عملیات حرارتی به مثابهٔ ابزاری برای کاهش توالی منفی این اثرات عمل می‌کند(مانند شکست ترد).

مآخذ خم‌کاری

استاندارد ES-24 جامعه ساخت لوله[3](PFI) و ASME B16.49 مآخذی بسیار عالی برای خم‌های لوله بوده و در بردارندهٔ اطلاعاتی در مورد واژگان خم‌کاری، روش‌های خم‌کاری، تلرانس‌ها، محدوده‌های انتخاب ماده، سنجش‌هایی برای تعیین وضعیت[4] و احتیاطات لازم متالوژیک[5]، است.

جوشکاری[6]

بسیاری از افراد در صنعت لوله‌کشی فرایندی، در پاره‌ای موارد، با جوشکاری سر و کار دارند. این سروکار داشتن در موارد زیر است:

a) نوشتن دستورالعمل برای جوشکاری.

b) مشخص کردن دستورالعملی برای جوشکاری و در نظر گرفتن افرادی جهت آن.

c) مرور کردن دستورالعمل جوشکاری و آگاه شدن از شرایط پذیرش و یا رد کردن جوش در یک کاربرد تعیین شده، یا

d) اجرای عملیات جوشکاری که شامل تلاش برای تفسیر و توضیح دستورالعمل‌های دیگر جوشکاری نیز می‌شود.

با به کارگیری افراد ناوارد، جوشکاری خواب و خیالی بیش نیست. در فرایندهای رایج جوشکاری قوسی، توسط پرتوی نورانی و باریک، جرقه‌ای قوسی شکل می‌گیرد؛ جوشکار این پرتو نورانی و باریک را در بین فلزات حرکت داده و یک جوش را به‌وجود می‌آورد. البته کارشناسان حرفه‌ای لوله‌کشی می‌دانند که انجام عملیات جوشکاری فراتر از برپا کردن دود و یا انعکاس نور در آینه است. در جوشکاری هماهنگی پیچیده‌ای از علوم مختلف مهندسی، همچون مکانیک، سازه و سیویل، برق و متالوژی به چشم می‌خورد. درک فنی عملیات جوشکاری مستلزم کسب آموزش‌هایی ویژه است؛ این آموزش‌ها در مدارس آموزشی، فنی و مهندسی قابل حصول است.

---

1. Impact Strength
2. Residual Stresses
3. Pipe Fabrication Institute (PFI)
4. qualification testing
5. Metallurgical precavtions
6. welding

در محدوده‌های زیر، B31.3 راهنماهایی را برای جوشکاری تدارک دیده است:

a) مسئولیت‌پذیری [328.1¶]،

b) شرایط مناسب جوشکاری [328.2¶]، و

c) معیارهای فنی و مهارت در کار[328.3¶ تا 328.6¶].

در بخش‌های زیر موارد گفته شده تشریح می‌شود.

مسئولیت جوشکاری[1] [328.1¶]

[نظام‌نامه] B31.3 از نقطه نظر مسئولیت جوشکاری بسیار شفاف و روشن است. [بند] 328.1¶ مقرر می‌دارد که : "هرکارفرمایی در قبال جوشکاری‌ای که توسط کارکنان سازمان او انجام می‌شود، مسئول است به‌جزء در مواردی که در 328.2.2 و 328.2.3¶ اظهار شده است، هر کارفرمایی مسئول انجام آزمون‌های موردنیاز جهت حصول اطمینان از اجرای درست دستورالعمل‌های جوشکاری و کنترل کیفیت جوش و مهارت فنی جوش‌دهندگان است" این فلسفه با دیگر بخش‌های نظام‌نامه ASME و نظام‌نامه‌های مشابه و استانداردهای همانند و مشخصه‌های همسان دیگر رایج در جهان، تناقضی ندارد.

دو استثنا در 328.1¶، در رابطه با شرایط نیاز کارفرمایان به آزمون‌های جوشکاری تعیین شده عبارت است از:

a) شرایطی که طی دستورالعملی که دیگران تدارک دیده‌اند[328.2.2¶]، و

b) شرایط انجام آزمون کارایی[2] که توسط دیگران تدارک دیده شده است[328.2.3¶].

درهرحال این معافیت‌ها[3] وجود دارند؛ با اینحال کارفرما در رابطه با جوشکاری‌ای که براساس دستورالعمل‌های تعیین شده توسط دیگران انجام می‌شود، یا شرایط و کارکنان از سوی دیگران فراهم می‌شود، همچنان مسئولیت دارد. از آنجایی که کارفرما مسئولیت همهٔ جوشکاری‌ها را برعهده دارد، انجام آزمون‌های لازم برروی شرایطی که استثنا هستند، منجر به ارتقا و افزایش درک لازم از مسئولیت‌های کارفرما خواهد شد.

در مورد آن دسته از جوشکاری‌ها که شرایط لازم آنها توسط دستورالعمل‌های تنظیم شده توسط دیگران معین می‌شوند، تفسیر محدودیت‌های B31.3 نشان می‌دهد که در اینگونه موارد، معافیت‌ها باید با عامل کم کردن ریسک عملیات، محدود شود. B31.3 برای استفاده معافیت از مسئولیت جوشکاری، الزامات زیر را تعیین کرده است:

a) بازرس باید از موارد زیر اطمینان حاصل کند[328.2.8(a)¶]:

i. قابلیت انعطاف و ظرفیت سازمانی انجام کار که توسط دستورالعمل معین گشته است [328.2.2(a)(1)¶]؛ و

---

1. Welding Responsibility
2. Performance qualification
3. Exemption

ii. تمایل کارفرما به استفاده از دستورالعمل و به کاربردن آن، بدون دست بردن و تغییر در محتوای دستورالعمل؛

b) مواد پایه به P-NO.1، P-NO.3، P-NO.4 با Gr.1(واحد حداکثر ¼ درصد Cr) یا P-NO.8 محدود شوند [¶328.2.2(b)].

c) نیازی به انجام آزمون‌های ضربه نباشد[¶328.2.2(b)].

d) فلزات پایه‌ای که به یکدیگر متصل می‌شوند باید از P-NO. های مشابهی باشند. به‌جزء P-NO.1، P-NO.3 و P-NO.4 Gr.1 که ممکن است بتوان آنها را بر اساس بخش IX از ASME، به یکدیگر متصل کرد [¶328.2.2()].

e) ضخامت فلز پایه نباید بیش از 19mm(3/4in.) باشد [¶328.2.2(d)] .

f) PWHT لازم نباشد. [¶328.2.2(d)].

g) در درجه حرارت معین طرحی، فشار طراحی نباید از آنچه که در ASME/ANSI B16.5PN50 (کلاس ۳۰۰) آمده است تجاوز کند [¶328.2.2(e)] .

h) درجه حرارت طراحی در گستره‌ای بین -29°c تا 399°c (-20°f تا 750°f) شامل [¶328.2.2(e)] قرار دارد.

i) الکترودهای جوشکاری به آنچه که در [¶328.2.2(g)] فهرست شده است، محدود شود.

j) فرایندهای جوشکاری به SMAW یا GTAW یا ترکیبی از هر یک از آنها با [¶328.2.2(f)] باشد.

k) کارفرما با دادن امضا مسئولیت WPS و PQR را بپذیرد.

l) کارفرما باید حداقل یک جوشکار را در اختیار داشته باشد که در جریان کار خود یا در سوابق کاری خود، انجام آزمونی برای کنترل شرایط کارایی جوش را با استفاده از دستورالعمل و P-NO. معین شده برای مواد در WPS را داشته باشد. با انجام یک تست خمش بر اساس بند QW-302 از بخش IX از ASME، صحت انجام جوش به‌دست می‌آید. نمی‌توان از صحت انجام جوش، صرفاً با آزمون رادیوگرافی اطمینان حاصل کرد. [¶328.2.2(i)].

همواره از آخرین نسخهٔ تجدیدنظرشده نظام‌نامه برای کسب اطلاع از محدودیت‌های معافیت، که دربردارندهٔ آخرین تغییرات است، استفاده کنید.

با توجه به معافیت‌های کارفرما از انجام آزمون صحت کارایی است، شرایط تعریف شده برای کارایی جوش که توسط کارفرمایی دیگر تهیه شده است ممکن است مورد پذیرش قرار گیرد؛ این امر با توجه محدودیت‌های ذکر شده در زیر مورد تأیید است[¶328.2.3]:

a) بازرس معافیت را تأیید کند.

b) شرایط به آن دسته از لوله‌کشی‌هایی که از دستورالعمل‌های مشابه و یا معادل با متغیرهای آمده در محدودهٔ بخش IX از ASME، استفاده می‌کنند، محدود شود. [یا شده باشد].

c) کارفرما باید نسخه‌ای از نتایج و حد نصاب‌های آزمون شرایط کارایی را که توسط کارفرمای پیشین ثبت شده و در بردارندهٔ اطلاعاتی است که به‌وسیلهٔ ¶328.2.3 توصیف شده است، را تهیه کند. این امر مستلزم پاره‌ای محدودیت‌های مربوط به انتقال داده‌های مربوط به شرایط جوشکاری

است، به‌عنوان مثال، چرا یک کارفرما باید چنین داده‌هایی را برای رقیب خود تهیه کند بدهد؟ مگر آن که رقیب وی بخشی از یک گروه باشد. در پاره‌ای از نقاط امریکای شمالی إنتقال داده‌های مربوط به آزمون‌های کیفیت و شرایط صحت انجام جوش، توسط حوزه‌های قضایی معینی که ناظر بر انجام آزمون‌های یاد شده هستند(همچون استان یا ایالت) صورت می‌پذیرد. در دیگر جاها، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه[1] در طرح‌های حجیم و عظیمی که در آنها صحت جوشکاری با پذیرش برگه‌های شرایط و صحت جوشکاری‌ای که توسط سازمان‌های بزرگ محلی صنعتی[2] منتشر می‌شوند، برطرف شده است. به‌عنوان مثال، سازمان کنترل کننده برای هر کارفرمایی برگه‌های به هم الصاق شده ID [3] را تهیه می‌کند. این برگه‌ها در بردارنده داده‌های مربوط به شرایط کارفرمای نام برده شده برای انجام آزمون‌های صحت و شرایط انجام جوشکاری است. البته اوراق مربوط به شرایط کارایی هرکارفرمایی قابلیت تغییر نیز دارند.

شرایط جوشکاری[4] [¶328.2]

اگرچه در بالا معافیت‌های شرایط که ممکن است مورد استفاده قرار گیرند توضیح داده شده‌اند، به‌طور معمول کارفرما همواره نیاز دارد که شرایط جوشکاری را تعیین و هدایت کند. [نظام‌نامه] B31.3 توسط مراجع زیر، به‌طور مداوم جزئیات شرایط جوشکاری را کنترل می‌کند:

a) بخش IX از ASME [¶328.2.2(a)]

b) الزامات فنی مکمل [328.2.1(f) 328.2.1(b)] و،

c) الزامات مربوط به حد نصاب‌های شرایط[5] [آزمون‌ها] [¶328.2.4].

با مراجعه حتی سطحی به بخشIX از ASME، نظام‌نامهٔ B31.3 آخرین مستندات در رابطه با کراهای انجام یافته‌ای را که حاکم بر شرایط جوشکاری تمامی نظام‌نامه ASME هستند در اختیار قرار می‌گیرد. در بندهای زیر، سرفصل‌هایی ذکر شده است که نشان‌دهنده متغیرهای جوشکاری فهرست شده در بخش IX از ASME است؛ این قسمت‌ها با آوردن یک پیشوند، "QW" ، برای اعداد گزاره‌ای مشخص می‌شوند.

1. Developing Countries
2. Large local Industrial Organization
3. Laminated ID Card
4. Welding Qualifications
5. Requirements For Qualification Records

فرایندهای جوشکاری[1] [¶QW252 تا ¶QW-256]

بیش از ۱۰۰ فرایند جوشکاری وجود دارد که توسط مشخصهٔ A3.0 از AWS متمایز شده‌اند. از این‌ها، پانزده فرایند در بخش IX از ASME فهرست شده است، لیکن صرفاً از پنج فرایند جوشکاری قوسی[2] در ساخت نوین لوله استفاده می‌شود. این پنج فرایند اصلی، که در بندهای آتی توضیح داده می‌شوند، به شرح زیر هستند:

a) جوشکاری قوسی با فلز محافظ[3] (SMAW)
b) جوشکاری قوسی با گاز و الکترود تنگستن[4] (GTAW)
c) جوشکاری قوسی با گاز و الکترود فلزی[5] (GMAW)
d) جوشکاری قوسی با الکترود مغزه‌دار[6] (FCAW)
e) جوشکاری با الکترود شناور یا زیر پودری[7] (SAW)

این پنداشت که به‌واسطهٔ روش‌های افزودن فلز پرکننده (همچون استفاده از سیم داغ، سیم سرد) و انتقال فلز (همچون مدار کوتاه[8]، قطره‌ای[9]، پاششی[10]، پالسی) تغییری در پاره‌ای از این فرایندها به‌وجود می‌آید، پنداری نادرست است. تحت عناوینی که در زیر توضیح داده می‌شوند، این موارد نیز پوشش داده خواهند شد. جوشکاری قوسی پلاسما[11] (PAW) ، با پاره‌ای مشخصه‌های GTAW، به محبوبیت خاصی دست یافته است، لیکن به‌عنوان یک مبحث جداگانه در این کتاب مورد بحث قرار نمی‌گیرد.

جوشکاری قوسی با الکترود روکشدار[12]

جوشکاری قوسی با الکترود روکشدار (SMAW) یک فرایند جوشکاری قوسی است که با تشکیل یک قوس محصور بین الکترودی که با فلز گداخته پوشش داده شده[13] و [قطعه] کار، فلزات یکپارچه شده‌ای

---

1. Welding processes
2. Arc welding process
3. Shielded Metal Arc Welding
4. Gas Tangsten Arc welding
5. Gas Metal Arc welding
6. Flux cored Arc welding
7. Submerged Arc welding
8. Short Circuit
9. globular
10. spray
11. Plasma arc welding (PAW)
12. Shielded Metal Arc Welding
13. Flux Coated Metal Electrode

را تولید می‌کند. [گاز] محافظ از تجزیه (سوختن) پوشش پودری الکترود، که گاز محافظی را در انتهای الکترود تشکیل می‌دهد و باعث می‌شود که تفاله یا سرباره‌ای برروی فلز داغ و ذوب شده به‌وجود آید، ایجاد می‌شود. الکترود فلز پرکننده را که در حوضچه جوش[1]، که از ذوب شدن میله مرکزی و اجزایی فلزی که در پوشش الکترود یافت می‌شوند، ایجاد شده، به‌کار می‌گیرد. همچنین اجزایی فلزی که در پوشش الکترود وجود دارند، بسته به دسته بندی الکترود[2] و نوع آن، عناصری آلیاژی[3] را در مقادیری متنوع به‌کار می‌گیرند. فرایند SMAW، همچنین به‌عنوان جوشکاری قوسی دستی[4] (MMA) و جوشکاری با الکترود[5] شناخته می‌شود.

جوشکاری قوسی تحت حفاظت گاز با الکترود تنگستن[6]

جوشکاری قوسی تحت حفاظت گاز با الکترود تنگستن(GTAW) یک فرایند جوشکاری قوسی است که با گرم کردن فلزات توسط قوسی محصور بین یک الکترود تنگستن غیرمصرفی[7] و [قطر] کار، باعث جوش دادن فلزات می‌شود. محافظت از فلز داغ و فلز ذوب شده در برابر اتمسفر با ایجاد گاز محافظ یا ایجاد یک مخلوط گازی که از محفظه گاز (عدسی[8]) اطراف الکترود تنگستن جاری می‌شود، صورت می‌پذیرد. ممکن است فلز پرکننده به حوضچهٔ جوش اضافه شود یا نشود. هنگامی که فلز پرکننده[9] اضافه نمی‌شود، جوش به‌عنوان **جوش خودبه‌خودی**[10] شناخته می‌شود. آنگاه که فلز پرکننده افزوده می‌شود، طبیعتاً با دست طول کوتاهی از "سیم" را وارد چالهٔ جوش می‌کنند. در پاره‌ای اوقات فلز پرکن به‌صورت اتوماتیک [و نه دستی] افزوده می‌شود. به‌عنوان مثال، در فرایندی که به‌عنوان GTAW " روش میله داغ" شناخته می‌شود، میله به‌وسیلهٔ مقاومت اولیه در برابر گرمایش[11] تا رسیدن به چاله جوش، که نتیجتاً این امر منجر به افزایش فراورش[12] و بازدهی می‌شود، گرم می‌شود. در سراسر جهان، فرایند GTAW با نام‌هایی همچون (جوشکاری قوسی با استفاده از گاز بی‌اثر والکترود تنگستن[13]) TIG،

1. The Weld Pool
2. Electrode Classification
3. Alloy Elements
4. Manual Metal Arc Welding
5. Stick Welding
6. Gas Tungsten Arc Welding
7. Nonconsumable Tungsten Electrode
8. The Gas Cup (lens)
9. Filler Metal
10. Auto Genous Weld
11. Resistance Inert Gas
12. productivity
13. Tungsten Inter Gas

جوشکاری قوس پیچی[1]، جوشکاری قوسی آرگون[2] شناخته می‌شود. در صورتی‌که از قدرتی استفاده شود که جریان پالسی[3] ایجاد کند، فرایند باعنوان جوشکاری قوسی با استفاده از گاز و الکترود تنگستن- قوس پالسی شده[4](GTAM-P) شناخته می‌شود.

جوشکاری قوسی با الکترود فلزی تحت حفاظت گاز[5]

جوشکاری قوسی الکترود فنری تحت حفاظت گاز (gmaw) فرایندی در جوشکاری قوسی است که با استفاده از یک قوس محصور بین الکترودی که به‌طور پیوسته عمل تغذیه را انجام داده و سطح کار، هر دو را گرم کرده و باعث جوش دادن فلزات می‌شود. با استفاده از یک گاز محافظ که از خارج اعمال می‌شود یا مخلوطی گازی که از انتهای انبر جوشکاری[6] جریان می‌یابد، حفاظت از فلز داغ و ذوب شده انجام می‌شود. بسته به فلز پرکنی که به کار می‌رود، فلز پرکن سخت[7] متناسب با نوع کاربرد وارد حلقه‌هایی به‌اندازهٔ متغیر می‌شود. در سراسر جهان، این فرایند با نام‌های متعدد دیگری که هیچ‌یک بر دیگری برتری ندارند شناخته می‌شوند؛ این نام‌ها عبارت‌اند از جوشکاری MIG (جوشکاری قوسی با الکترود فنری تحت حفاظت گاز بی‌اثر[8])، جوشکاری MAG (جوشکاری قوسی با الکترود فنری تحت حفاظت گاز فعال [9])، جوشکاری CO_2، جوشکاری قوس- کوتاه[10]، جوشکاری انتقال سرازیر[11]، جوشکاری با ریز میله[12].

بسته به جریان جوشکاری، ولتاژ، نوع گاز محافظ و مشخصه‌های تأمین توان که مورد استفاده قرار می‌گیرد، انواع و گونه‌های مختلف و متفاوت انتقال فلز[13] ممکن است به‌دست آید. در جوشکاری قوسی یا الکترود تحت حفاظت گاز- قوس اتصال کوتاه[14] (GMAW-S) فرایندی را توضیح می‌دهد که طی آن

---

1. Heliarc Welding جوشکاری قوس هلزونی
2. Argon Arc Welding
3. Pulsed Current
4. Pulsed Arc
5. Gas Metal arc welding
6. Welding Torch
7. Solid Filler metal
8. Metal Inert Gas
9. Metal Active Gas
10. Short-Arc Welding
11. Dip Transfer Welding
12. Microwire Welding
13. Metal Transfer
14. Gas Metal Arc Welding-Short Circuit Arc

انتقال فلز از الکترود قابل مصرف با وقوع مدارهای تکرار شونده کوتاه[1] رخ می‌دهد. این امر شامل دیگر واژگان این روش جوشکاری، همچون جوشکاری اتصال کوتاه و یا جوشکاری با استفاده از انتقال توسط غوطه‌وری، که هیچ‌یک بر دیگری برتری ندارند نیز می‌شود. سایر اشکال انتقال فلز عبارت‌اند از انتقال قطره‌ای[2] و انتقال از طریق پاشش[3] (رایج برای تولید بالا). نهایتاً هنگامی که از منبع توانی، که توان تولید جریان ضربان دار را دارد استفاده می‌شود، فرایند به عنوان جوشکاری قوسی با الکترود تحت حفاظت گاز- قوس پالسی[4] (Gmaw-p) نامیده می‌شود. تفاسیر و تعابیر جزئی مکانیک انتقال[5] فلز ممکن است در متون جوشکاری تخصصی و ویژه همچون هندبوک جوشکاری AWS، منتشر شده توسط انجمن جوش امریکا[6]، یافت شود.

جوشکاری قوسی با الکترود تو پودری[7]

جوشکاری قوسی با الکترود تو پودری (FCAW) فرایندی در جوشکاری قوسی است که با استفاده از یک قوس محصور بین الکترود قابل مصرف و لوله‌ای که به‌طور پیوسته عمل تغذیه را انجام می‌دهد و [قطعه] کار، با گرم کردن آنها باعث آمیزش و جوش فلزات با یکدیگر می‌شود. با ذوب کردن قسمت لولهٔ الکترود و اجزای فلزی موجود در الکترود تو پودری، الکترود قابل مصرف فلز پرکن را برای انجام اتصال به‌کار می‌گیرد. با سوختن مادهٔ مرکزی در کنار الکترود گاز محافظی تولید می‌شود؛ همین‌طور با ذوب شدن اجزای مرکزی یک سربارهٔ پوششی به‌وجود می‌آید؛ که اینها فلز داغ و مذاب را از اتمسفر محافظت می‌کنند. همچنین گاز اضافی محافظ ممکن است از منبعی خارجی فراهم شود که از طریق مجرایی به طرف انبر جوشکاری تغذیه می‌شود و در محفظه‌ای دور نوک اتصال آزاد می‌شود.

در پاره‌ای موارد، تجهیزات به‌کار گرفته شده برای FCAW مشابه با تجهیزات به‌کار رفته برای GMAW است. بالطبع، در بخش IX از ASMI، FCAW در زیرعنوان GMAW طبقه‌بندی می‌شود.

جوشکاری قوسی زیرپودری[8]

جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW) فرایندی در جوشکاری قوسی است که با استفاده از یک قوس محصور بین الکترود فلزی بدون پوشش[9] [قطعه] کار، هر دو را داغ کرده و باعث اتصال فلزات با یکدیگر می‌شود. قوس [الکتریکی] در زیر پودر دانه دانه و مشتعل مدفون می‌شود، به‌همین سبب است که نام

1. Repeated Short Circuits
2. Globular Transfer
3. Spray Transfer
4. Gas Metal Arc Welding-Pulsed Arc
5. The Mechanics of Metal Transfer
6. The American Welding Society
7. Flux Cord Arc Welding
8. Submerged Arc Welding
9. Bare metal electrode

جوشکاری " قوسی" زیر پودری برآن نهاده شده است. در جریان [عملیات] جوشکاری بخشی از پودر دانه دانه شده توسط قوس[الکتریکی] ذوب شده و یک سربارهٔ محافظ را برای پوشاندنِ فلز داغ و مذاب به‌وجود می‌آورد. الکترود (سیم جوش) فلز پرکننده در اتصال را فراهم می‌آورد و این [کار] می‌تواند با اجزای فلزی موجود در پودر(کانی‌ها یا دانه‌های فلزی) تکمیل شود. در پاره‌ای اوقات SAW به فرایندهایی همچون فرایند ذوب پیوندی[1] ارجاع می‌دهد. در بسیاری موارد[وضعیت‌ها]، می‌توان با استفاده از الکترودهای چندگانه و قوس‌های چندگانه نظیر جوشکاری رویه[2]، SAW را برای نرخ‌های تولید بالا تنظیم کند.

منابع تأمین نیرو در فرایندهای جوشکاری قوسی[3]

توصیف تفصیلی منابع تأمین نیرو، فراتر از هدف این کتاب است. با اینحال، خواننده باید درک کند که موضوع تأمین نیرو و منابع آن، به خودی خود، یکی از مباحث پیچیدهٔ مهندسی را تشکیل می‌دهد. وظیفهٔ این بخش از امور مهندسی تهیه و تأمین جریانی پایدار و یکنواخت(AC یا DC) و تدارک شکلی از موج است که بهترین گزینه برای فرایند جوشکاری، مواد مصرفی جوشکاری[4] و فلزات پایه درگیر [در فرایند جوشکاری] باشد.

اساساً دو گونه از مولد توان یافت می‌شوند:

a) مولد جریان ثابت[5] (که به‌عنوان مولدی CC یا "پایین آورنده[6] " شناخته می‌شوند.

b) مولد ولتاژ ثابت[7] (که به‌عنوان مولدهای CP یا پتانسیل ثابت شناخته می‌شوند).

عموماً در جوشکاری‌های دستی[8] (همچون SWAM یا GTAW) که تغییرات طول قوش [الکتریکی] شان با یک منبع نیرو که مشخصه‌های آمپر- ولتاژی معینی دارد، و این منبع دارای جریان نسبتاً ثابتی است، از منابع نیروی جریان ثابت (CC) استفاده می‌شود. از منابع نیروی پتانسیل ثابت (CP) در فرایندهای خودکار و یا نیمه خودکار[9] جوشکاری همچون GMAW، FCAW و SAW استفاده می‌شود. در این حالت طول قوس[10] توسط مولد توان و کاستن و افزودن نرخ تغذیه الکترود (سیم) ثابت نگاه داشته می‌شود (ولتاژ ثابت). در الکترونیک نوین، برای تثبیت وضعیت قوس[11]، مولدهای توان چند فرایندی[12]

---

1. Unionmelt (گداخت اتصال)
2. The same welding head
3. Power Sources for Arc welding processes
4. Welding Consumable
5. Constant Current power Sources
6. droopers
7. Constant voltage power sources
8. Manual welding
9. Semi-Automatic & Automatic
10. Arc Length
11. State – In – The - Arc
12. Multi - Process

می‌توانند CP و CC، AC و DC و شکلی موجی باشند که توسط همان دستگاهی که تولید می‌شود، [امواج] کنترل می‌شوند.

اتصالات [¶QW-402] [1]

واژگان مورداستفاده جهت تشریح اتصالات جوش همواره با معانی و مفاهیمی که در صنایع استفاده‌کننده از جوشکاری و اتصالات به‌کار می‌روند، حتی با آن دسته.از صنایعی که براساس استانداردها و نظام‌نامه‌ها کار می‌کنند، خلط می‌شوند. براساس تجربه و نوعی بینش [علمی] غالباً اساس برای درک اصطلاحات گوناگون ایجاد می‌شود [یا شکل می‌بندد]. به‌عنوان مثال، اصطلاح "جوش لب به لب[2]" برای توصیف و توضیح یک اتصال لب‌به‌لب[3] با یک جوش شیاری، که معمولاً یک جوش شیاری[4] کاملاً نفوذی است و در لوله‌کشی‌های فرایندی به‌کار می‌رود، استفاده می‌شود.

از الزامات اصلی گفتگو دربارهٔ جوشکاری دانستن وجوه افتراق در گروه‌های زیر- بین انواع اتصالات- ضروری است:

a) انواع اتصالات،

b) انواع جوش، و

c) هندسه اتصال[5] و آماده‌سازی لبهٔ اتصال.

بر این اساس جزئیات مکمل چندی را به شرح زیر باید مدنظر قرار داد:

a) درجه نفوذ اتصال – کامل یا نسبی[6]؛

b) پروفیل جوش – کوژ یا کاو[7]، (مقعر یا محدب)

c) جزئیات " هم ترازی[8] " و انطباق[9]،

d) نوع پشت‌بند[10]، در صورتی‌که استفاده شود، همچون فلز جوش و اتصالات جوش‌پشت[11] شده، و

e) دسترسی برای جوشکاری (همچون، اتصالات سادهٔ جوش[12] شده، اتصالات جوشی مضاعف[13])

---

1. Joints
2. Butt Weld
3. Butt Joint
4. Groore Weld
5. Joint Jeometry
6. Degree of Joint Penetration-Full or Partial
7. Weld profile-convex or concave
8. Alignment
9. Fit -Up
10. Backing
11. Backwelded Joint (اتصالات جوش پشتی دار)
12. Single Welded Joints
13. Double Welded Joints

انواع اتصال[1]

چنانچه در جدول ۱-۶ نشان داده شده است، پنج نوع اصلی اتصال وجود دارند. توجه داشته باشید که اتصال در بین اعضای [یک پیکره‌بندی] واقع است. این وجه تمایز بسیار مهم است؛ چرا که بر توضیح و تبیین نشانه‌های جوش و ضخامت اتصال حاکم است (همچون مواردی که در آنها پیش گرم کردن انجام می‌شود).

انواع جوش[2]

سه نوع اصلی جوش وجود دارد؛ که در جدول ۲-۶ فهرست شده‌اند.

جدول ۱-۶ پنج نوع اصلی اتصال

اتصال لب‌به‌لب[3]	اتصالی بین دو عضو هم تراز[4] که تقریباً در یک صفحهٔ مشترک قرار دارند.
اتصال گوشه‌ای[5]	اتصالی بین دوعضو که تقریباً با یکدیگر زاویهٔ قائمه (۹۰°) می‌سازند.
اتصال سپری[6]	اتصال بین دو عضو که به شکل یک T، با یکدیگر زاویه قائمه (۹۰°) می‌سازند.
اتصال روی هم[7]	اتصالی بین دو عضو که با یکدیگر همپوشانی می‌کنند.
اتصال لبه‌ای[8]	اتصالی بین لبه‌ها یا کناره‌های دو یا چند عضو موازی با یکدیگر یا اعضایی که تقریباً با هم موازی‌اند.

جدول ۲-۶ سه نوع اصلی جوش

جوش شیاری[9]	جوشی به شکل شیار مابین اعضایی که به هم وصل شده‌اند.
جوش گوشه[10]	جوش مقاطع سه گوشه که دو سطح قائم بر یکدیگر را به هم متصل می‌کند.
جوش انگشتانه یا کام[11]	جوشی که یک سوراخ مدور یا دراز در عضوی از اتصال لبه‌دار یا اتصال T را به صفحه‌ای از عضو دیگر که در برابر یا در عرض سوراخ واقع می‌شود، متصل می‌کند.

1. Joint Types
2. Types of Welds
3. Butt Joint
4. Aligned
5. Corner Joint
6. Tee Joint
7. Lap Joint
8. Edge Joint
9. Groove Weld
10. Fillet Weld
11. Plug or Slot Weld

هندسه اتصال و آماده‌سازی لبه[1]

آماده‌سازی لبه [328.4.2¶] به شکل و ابعاد فلز پایه گفته می‌شود، آنگاه که سطح مقطعی پیش از انطباق و جوشکاری به فلز پایه زده شود.

هندسه اتصال به شکل و ابعاد یک اتصال از زدن یک سطح مقطع به آن بعد از انطباق و پیش از جوشکاری گفته می‌شود.

در لوله‌کشی فرایندی، هندسه اتصال نشان دهنده نوع شیار مورد استفاده، که چندین گونه از آن وجود دارد، است. [نظام‌نامه] B31.3 پاره‌ای راهنمایی‌ها را در خصوص آماده‌سازی لبه و هندسهٔ اتصال حاصله ارائه می‌دهد [328.4.2(a)(2) ,شکل 328.4.2]. برای لب‌به لب لوله‌کشی، استفاده از شیار[2] V شکل تنها رایج است. در هر حال برای اتصالات ضخیم، استفاده از شیار V شکل مرکب یا سایر شیارها برای کاستن از هزینه‌های جوشکاری، تنش پسماند و پیچیدگی عمومیت دارد.

تصمیم‌گیری در مورد هندسه اتصال باید با لحاظ کردن مواردی همچون الزامات نظام‌نامه‌ای، فرآیند انتخاب شده برای جوشکاری، اندازه و نوع فلز پرکننده، موقعیت و محل جوشکاری، دسترسی به ریشهٔ اتصال[3]، دسترسی به ابزارهای مفید و مناسب برای آماده‌سازی اتصال و ملاحظات اقتصادی، صورت پذیرد.

نفوذ اتصال[4]

نفوذ اتصال در واقع عمق کمینهٔ یک جوش شیاری است که از سطح آن – به‌جز آن گروهی که تقویت شده‌اند- به داخل اتصال امتداد می‌یابد. (مثلاً آن مقدار از فلز جوش که مازاد بر میزان لازم برای پر کردن اتصال است). در لوله‌کشی فرایندی هدف دست یافتن به نفوذ تمام(کامل) جوش است به همین منظور ا[illegible] فلز جوش به‌طور کامل شیار را پر کرده به تمام ضخامت فلز پایه نفوذ می‌کند. حدود نفوذ ناکامل در B31.3 فهرست شده و بعداً در همین کتاب توضیح داده می‌شود.

در پاره‌ای وضعیت‌ها ممکن است اتصالاتی با نفوذ نسبی، در طراحی مهندسی موردنیاز باشد. اگر چه مشخصه‌های میزان بیشینه نفوذ ناکامل برای بیان امتداد نفوذ هنگامی که از روش‌های آزمون غیر مخرب[5] برای بررسی کیفیت اتصال استفاده می‌شود، مفیدتر است، با اینحال ممکن است [امتداد نفوذ را] برحسب گلویی مؤثر[6] بیان کرده و توصیف کنند. به‌عنوان مثالی از یک وضعیت که درآن از اتصالات با

1. End Preparation & Joint Geometry
2. The Single- Vee Groove
3. The Root of the Joint (پای اتصال)
4. Joint Penetration
5. Nondestructive Examination
6. The Effective Throat

نفوذ نسبی استفاده شده است یک سیستم لوله‌کشی جوش لب‌به‌لب نفوذی را که با شفته سیمان پوشیده شده[1] است در نظر آورید. در اینگونه از سازه، یک واشر نازک[2] با قطری مناسب (مثلاً از آزبست فشرده شده[3] یا چیزی معادل آن) به‌صورت نقطه‌ای به سطح سیمانی یک عضو از اتصال می‌چسبد. آنگاه عضو دیگر اتصال با آن جفت شده و سپس اتصال مهار[4] می‌شود. آنگاه زنجیر ریشه[5] [یا فروکش می‌کند]، مراقب باشید که نفوذ از خلال سطح ریشه[6] لولهٔ حمال، کامل نشود. اگر قوس [الکتریکی] باعث نفوذ از پیشانی ریشه شود، ممکن است درزبند سوخته و شل شده و قابلیت درزبندی خود را از دست دهد، یا حرارت متمرکز شده حاصل از قوس [الکتریکی] موجبات ترک برداشتن سیمان را فراهم ساخته و از دیوارهٔ لوله بیرون بریزد.

پشت‌بند[7]*

پشت‌بند فلزی است که در پایه یا ریشهٔ اتصال جوشی برای حمایت و نگاهداری فلز ذوب شده جوش [QW-492¶] به‌کار می‌رود. پشت‌بند ممکن است فلزی (همچون حلقه‌های فلزی یا دیگر فلزات جوش) یا غیر فلزی(مانند نوارهایی که سرامیک بدان‌ها چسبیده باشد یا مواد نسوز) باشد. حلقه‌های پشت‌بند[8] ممکن است به شکل نوار پیوسته[9] و یا نوار شکاف‌دار[10] ساخته شوند. [328.3.2¶]

هنگامی که از حلقه‌های پشت‌بند استفاده می‌شود، [نظام‌نامه] B31.3 توسط شرایط برشمرده در دستورالعمل‌ها سودمندی آنها را اثبات می‌کند، مگر آنکه دستورالعمل به گونه‌ای محدود شده باشد که برای مواردی که حلقه‌های پشت‌بند استفاده نشوند کاربرد داشته باشد یا اینکه استفاده از حلقه‌های پشت‌بند را در یک اتصال جوشی ساده[11] مجاز شمرده باشد [328.2.1(e)¶]. درهرحال توجه داشته باشید که تکنیکی که برای جوشکاری در حالتی که از حلقه پشت‌بند استفاده می‌شود، باید به‌گونه‌ای باشد که

---

1. A butt-Welded Cement Mortar Lined Piping Sys
2. A Thin Gasket
3. Compressed Asbestos
4. Clamped
5. The Root Bead
6. The Root Face
7. Backing

* قطعه پشت بند: قطعه‌ای از فلز یا موادی دیگر که زیر جوش قرار می‌گیرند تا به تشکیل مهرهٔجوش نفوذی کمک کنند، اما هدف این نیست که به بخشی از اتصال جوشکاری شده تبدیل شوند .-م.

8. Backing Rings
9. Continous Band
10. Split Band
11. A Single Welded Joint

در گوشهٔ به‌وجود آمده از اتصال لوله و حلقهٔ‌پشتی نفوذ و امتزاج[1] کامل و تمام را صورت دهد. حتی اگر در مواردی که به اتصالات جوشی ساده، پشتی افزوده شود و این امر به‌عنوان یک استثنا در شرایط برشمرده در دستورالعمل [اجرایی] قلمی ۱ شود، جوشکار باید به‌خوبی بداند که چگونه به نفوذ کامل و تام در این شکاف یا درز گوشه‌ای دست یابد.

به طور کلی، موضع [نظام‌نامه] B31.3 در رابطه با حلقه‌های پشت‌بند هیچگونه تناقضی با بخش IX از [استاندارد] ASME نداشته، [و] پشت‌بند را به‌عنوان یک متغیر غیراساسی[2] برای فرایندهای رایج جوشکاری قوسی ارزیابی می‌کند. در هر حال اینگونه تصریح و تأکید می‌شود که طبقه‌بندی ASME از پشت‌بند به مثابهٔ یک متغیر غیراساسی بدین‌معناست که چه پشت‌بند اضافه شود و چه حذف شود،wps نیازی به ارزیابی مجدد ندارد. برحسب قواعد [نظام‌نامه] B31.3 حذف پشت‌بند از اتصال جوشی ساده بدون ارزیابی مجدد[3] مجاز شمرده نمی‌شود.

در رابطه با مواد حلقهٔ پشت‌بند، [نظام‌نامه] B31.3 محدودیت‌هایی را [¶328.3.2] که به شکل زیر جمع‌بندی شده‌اند، در نظر گرفته است:

a) حلقه‌های پشت‌بند آهنی[4] باید دارای آنگونه کیفیتی باشد که بتوان آنها را جوش داد؛ میزان سولفور موجود در آنها نباید از ۰/۰۵٪ بیشتر باشد. باید به این نکته توجه داشت که گزارهٔ" کیفیت قابل جوشکاری[5] " شامل معنایی محدود است، چرا که تعریف جامعی از اصطلاح "قابلیت جوش[6] " در دست نیست. همچنین باید به این نکته توجه داشت که گذاردن حد ۰.۰۵ درصدی برای سولفور به منظور پیشگیری از بروز ترک گرم (جامد شدن)[7] است. در اتصالاتی که جوش از کیفیتی بالا برخوردار است این مقدار اندک برای کنترل قابلیت ترک خوردگی ناشی از حرارت کافی است. نظام‌نامه مقرر داشته است که این محدودیت سولفور در مورد فلزات آهنی قابل اعمال است، با اینحال این محدودیت را می‌توان در مورد فولادهای کم آلیاژی و کربنی نیز به کاربرد و اعمال کرد. برای فولادهای زنگ نزن، که در عین حال موادی آهنی نیز هستند، برای پیشگیری از ترک گرم، به‌ویژه آنجا که ته نشین‌های جوش[8] تماماً اوستینیتی هستند، چشم‌پوشی از اعمال چنین محدودیتی مفید است.

---

1. Fusion
2. Nonessential Variable
3. Requalification
4. Ferrus
5. Weldable Quality
6. Weldable
7. Hot Cracking
8. Weld Deposits

b) در مورد اتصالاتی که ترکیبی از مواد آهنی اوستینیتی[1] هستند، شرایط ویژه‌ای به‌عنوان دستورالعمل‌های جوش وجود دارد که به 328.2.1(a) ¶باید آنها را افزود. توجه به این نکته حائز اهمیت است که اصطلاح فریتی دربردارندهٔ گستره‌ای وسیع از فلزات آهنی، همچون فولادهای کربنی، فولادهای کم آلیاژی، فولادهای آلیاژی متوسط و فولادهای زنگ نزن کروم‌دار[2] میله‌ای (فریتی و مارتنزیتی)، است. به همین ترتیب بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ سری فولاد زنگ‌نزن وجود دارد که تحت‌عنوان مواد اوستینیتی، گروهی که دربردارندهٔ آلیاژهای غیرآهنی[3] نیز است، طبقه‌بندی می‌شوند.

c) دو الزام خاص در مورد حلقه‌های پشت‌بند[4] غیرآهنی و غیرفلزی به شرح زیر وجود دارد:

i. طراح باید استفاده از آن را باید تأیید کند، و

ii. دستورالعمل‌های جوشی که مورد استفاده قرار می‌گیرند باید به‌وسیلهٔ الزامات328.2 ¶ ارزیابی شوند.

علاوه بر محدودیت‌های نظام‌نامه‌ای فوق در استفاده از حلقه‌های پشت‌بند، طراحان در حالت‌های زیر، از به‌کارگیری آنها منع شده‌اند:

a) در محیط‌ها یا سرویس‌های خورنده[5] که فضای مابین حلقه و لوله می‌تواند موضع ایجاد حفره[6] یا درز[7] شود،

b) در سرویس‌هایی که تحت اثر [بارگذاری] ارتعاشی یا چرخه‌ای[8] قرار دارند به گونه‌ای که درزهای هم‌پیوند با حلقه‌ها[9] می‌توانند موضع گسترش ترک‌های ناشی از خستگی شوند، و

c) سرویس‌های دما پایین یا سرمازا که درزها موضع شروع شکست ترد[10] هستند.

افزودنی‌های مصرفی[11] [12][¶328.3.3 , ¶328.2.1(e)]

[بند] 328.3.3 ¶ مقرر می‌دارد که افزودنی‌های مصرفی که به کار برده می‌شوند، باید دارای شرایط زیر باشند:

---

1. Ferritic & Austenitic
2. The Straight Cromium stainless steels
3. Nonferrous Alloys
4. Backing Rings
5. Corrosive Services
6. Pitting
7. Crevice
8. Cyclic or Vibrating Services
9. Notches Associated With Rings
10. Brittle Fracture
11. Consumable Inserts

۱۲. می‌توان از واژه "جسباندنی" نیز به‌جای افزودنی استفاده کرد.-م.

a) ترکیب نامی[1] مشابهی با فلز پرکننده داشته باشند،

b) باعث انحلال آلیاژی[2] فلز جوش نشود،

c) سودمندی استفاده از آن توسط دستورالعمل جوش[328.2¶] به اثبات رسیده باشد.

کلاً موضوع [نظام‌نامه] B31.3 در خصوص افزودنی‌های مصرفی در تناقض با بخش IX از استاندارد ASME، که افزودنی‌های مصرفی را برای فرایندهای رایج جوشکاری قوسی که عموماً از افزودنی‌ها سود می‌برند، به‌عنوان متغیری غیراساسی[3] ارزیابی می‌کند، نیست(همچون جوش‌های GTAW). درهرحال براساس تعبیر مؤکد ASME مبنی بر غیراساسی بودن متغیر[ی همچون افزودنی مصرفی]، لازم است اصطلاح WPS بدون بازنگری به شرایط دستورالعمل، که شامل افزوده و کاست افزودنی است، صورت پذیرد. براساس قواعد [نظام‌نامه] B31.3، بدون PQR پشتیبان[4](یا بازنگری در دستورالعمل جوشکاری)، افزودن و کاست افزودنی مجاز نیست.

فلزات پایه[5] [¶QW-4.3]

فلزات پایه و سیستم‌های نام‌گذاری فلزات پایه، در بخش‌های آتی همین کتاب توضیح داده می‌شوند؛ روشن خواهد شد که هزاران سیستم آلیاژی فلز پایه وجود دارد. از منظر شرایط جوشکاری، انجام آزمون‌هایی هر بار که فلز پایه تغییر می‌کند، ناممکن است، بدین لحاظ، برای کاستن از دستورالعمل‌های مورد نیاز جوشکاری در یک طرح، [استاندارد] ASME اقدام به گسترش یک سیستم طبقه‌بندی فلز پایه کرد. [این] سیستم فلزات پایه را براساس ترکیب [شیمیایی]، قابلیت جوشکاری و خواص مکانیکی آنها، دسته‌بندی می‌کند[328.2.1(F)¶]. سامانهٔ حاصله مشتمل است‌بر:

a) مجموعه‌ای از " عدد-p" ها (به جدول ۳-۶ بنگرید) و "عدد -s" ها، و

b) زیر مجموعه‌ای از " عددهای دسته بندی شده[6]" برای فلزات پایه آهنی که کنترل وضعیت آنها مستلزم انجام آزمون‌های ضربه است.

مفهومی که به‌دنبال موارد پیش گفته حاصل می‌شود، با در نظر داشتن فلزات پایه و شرایط جوشکاری، بسیار ساده است. اگر دستورالعمل شما، شما را به انجام عملیات جوشکاری بین دو فلز که دارای "عدد -p" همسانی هستند، محدود می‌کند؛ شما محدود و ملزم به انجام عملیات جوش با فلزات دیگری که "عدد-p" مشابهی هستند شده‌اید(برای توضیح بیشتر به QW-424 ¶نگاه کنید). به‌عنوان نمونه، اگر شما دو قطعه لوله از ASTM A 106 Gr.B را که عدد آنها برابر با ۱ است را به هم متصل می‌سازید؛

1. Nominal Composition
2. Determinal
3. Nonessential Variable
4. Supporting PQR
5. Base Metals
6. Group Numbers

شما [عملاً] مجاز خواهید بود تا از دیگر فلزاتی که عدد آنها برابر با ۱ است سود جویید (این امر، البته در مورد دیگر متغیرهای اساسی و مکمل نظام‌نامه‌ای نیز صادق است).

برای فلزات آهنی‌ای که نیازمند انجام آزمون‌های ضربه هستند، بخش IX از [استاندارد] ASME، یک محدودیت اضافی را (همچون یک متغیر ضروری مکمل)،توسط سامانه‌ای از "اعداد مجتمع"، بر طیف گسترده‌ای از فلزات پایهٔ محدود شده، اعمال می‌کند. اگر انجام آزمون ضربه لازم افتد، گسترده‌ای از فلزات پایهٔ محدود شده به‌وسیلهٔ "اعداد مجتمع[1]" و از خلال P-NO و S-NO های [مربوطه] کنترل می‌شوند.

آنگاه که مفاهیم زیرگروه P-NO و S-NO درک شد، بخش IX از ASME نشان می‌دهد که پاره‌ای از محدودیت‌های فنی[2] نیز وجود دارند. اگر فلز پایه‌ای که در جریان انجام آزمون کیفیت، از نقطه نظر خواص متالوژیک عملیات حرارتی پس از جوش، طراحی، خواص مکانیکی و الزامات سرویس‌دهی، بدون لحاظ کردن قابلیت همسازی مورداستفاده قرار می‌گیرد، P-NO ، S-NO و "اعداد مجتمع" نمی‌توانند بر جابه‌جایی و عوض کردن کامل آن حکم کنند.

جدول ۳-۶ فهرست .P-NO های ASME و توصیف کننده‌های عام آنها[3]

P-NO.	توصیف‌کننده عام (شناسه عام)
P-1	فولاد کربنی، فولادکربن- منگنزدار، فولاد کربن- منگنز-سیلیسی
P-2	آهن نرمه (نه در کاربردهای طویل‌المدت[4])
P-3	فولاد کم آلیاژی (عموماً ۱۲٪ کل آلیاژهای نمونه)
P-4	فولاد کم آلیاژی (به‌طور نمونه آلیاژ Cr-MO ۱ تا ۲ درصد کروم و ½ درصد مولیبدن)
P-5A	فولاد کم آلیاژی کم کربن(به‌طور نمونه آلیاژ Cr-Mo، ۲ تا ۳ درصد کروم، ½ تا ۱ درصد مولیبدن
P-5B	فولاد آلیاژی متوسط(به‌طور نمونه 5-10 درصد کروم و ۱ درصد مولیبدن
P-5C	فولاد کم آلیاژی و آلیاژی متوسط که تا 85ksi یا بیشتر عملیات حرارتی شده باشند.
P-6	فولاد زنگ نزن مارتنزیتی، سری ۴۰۰، Cr میله‌ای
P-7	فولاد زنگ نزن فریتی، سری ۴۰۰، Cr میله‌ای
P-8	فولاد زنگ نزن اوستینیتی، سری‌های ۲۰۰و ۳۰۰، Cr-Ni
P-9A	فولادهایی که تا ½ ۲ درصد نیکل دارند
P-9B	فولادهایی که تا ½ ۳ درصد نیکل دارند
P-9C	فولادهایی با ½ ۴ درصد نیکل

1. Group Numbers
2. Technical limitations
3. Generic Discriptor
4. Wrought Iron (No Longer Used)

10A	فولادهای Mn-V دار و Ni-V ½ -Mn دار
P-10B	فولاد Cr-v دار
P-10C	فولاد C-Mn-Si دار
P-10F	فولادهای Mn-3Mo-v و 2Ni-2Cr-3Mo دار
P-10G	فولاد با ۳٦ درصد نیکل
P-10H	فولادهای زنگ نزن duplex
P-10I	فولادهای زنگ نزن فریتی
P-10J	فولادهای زنگ نزن فریتی
P-10K	فولادهای زنگ نزن فریتی
P-11A	فولادهای کم آلیاژی و آلیاژی متوسط که عملیات حرارتی شده‌اند.
P-11B	فولادهای کم آلیاژی که عملیات حرارتی شده‌اند.
P-21	آلیاژهای تجاری خالص آلومینیوم و آلیاژهای AL-MN (AA3003,AA1100,AA1060)
P-22	آلیاژهایAL-Mn و Al-Mg (AA3004،AA5052،AA5154،AA5254، AA5454،AA5652)
P-23	آلیاژهای Al-Mg-Si (AA6061، AA6063)
P-25	آلیاژهای Al-Mg (aa5083، AA5086، AA5456)
P-31	مس و آلیاژهای مس
P-32	برنج آدمیرال[1]، برنج دریایی[2]، برنج آلومینیومی، فلز مونتز[3]
P-33	آلیاژهای Cu-Si
P-34	آلیاژهای Cu-Ni
P-35	آلیاژهای Al– برنز
P-41	آلیاژهای Ni و نیکل تجاری خالص
P-42	آلیاژهای Ni-Cu(مونل[4])
43	آلیاژهای Ni-Cr و Ni-Cr-Mo (اینوکونل‌ها[5])
P-44	آلیاژهای Mo-Cr-Fe (Hastelloys)

1. Admiralty Brass
2. Naval Brass
3. Muntz Metal
4. Monel
5. Inconels

P-45	Fe-Ni-Cr-Mo-Cu (اینکولوی‌ها[1])
P-46	آلیاژهای Ni-Cr-Si
P-47	آلیاژهای Ni-Cr-W-Co-Fe-Mo
P-51	تیتانیوم و آلیاژهای آن
P-52	تیتانیوم و آلیاژهای آن
P-53	آلیاژهای تیتانیوم
P-61	زیرکونیوم و آلیاژهای زیر کونیوم
P-62	آلیاژهای زیرکونیوم

فلزات پرکننده[2] [¶QW-404, ¶328.3.1, ¶328.3.3]

[نظام‌نامه] B31.3 مقرر می‌دارد که فلز پرکننده می‌بایست الزامات بخش IX از [استاندارد] ASME تطبیق داشته باشد، مگر آنکه فلز پرکننده از جنسی باشد که در بخش IX از [استاندارد] ASME نیامده باشد؛ در این حالت می‌توان با تأیید کارفرما به شرط موفق بیرون آمدن از آزمایش کیفیت دستورالعمل جوشکاری از آن استفاده کرد. [328.3.1¶]. باید توجه داشته باشید که در بخش IX از استاندارد ASME، فهرستی از فلزات پرکننده‌ای که "ذکری از آنها به‌میان نیامده" وجود ندارد. در عوض [استانداردASME] سیستم [یا سامانه] گسترده‌ای از دسته‌بندی فلز پرکننده را براساس مشخصه‌های سودمندی (با F-Number و طبقه‌بندی AWS) و آنالیز فلز جوش (A-Number)، ترتیب داده است. این [دسته‌بندی] به کاربر نظام‌نامه دریافتن فلزات پرکننده‌ای که بتوانند با الزامات بخش IX از [استاندارد] ASME را مطابق باشند، کمک می‌کند. این امر با مراجعه به اصطلاحاتی که از سوی سازندهٔ فلز پرکننده مورد استفاده قرار می‌گیرد و یا رجوع به آنالیز شیمیایی ته نشین جوش، صورت می‌پذیرد.

مشخصات و طبقه‌بندی AWS برای مواد مصرفی جوشکاری[3]

به تقریب می‌توان از وجود هزاران گونه مواد مصرفی جوشکاری که توسط تولید کنندگان گوناگون در سراسر جهان ساخته می‌شوند، نام برد. انجمن امریکایی جوشکاری[4](AWS)، نوعی از دسته‌بندی مواد مصرفی جوشکاری را ارئه کرده است که [این دسته‌بندی] در برگیرندهٔ ۳۰ گونه از مواد مصرفی با مشخصه‌های متفاوت است. هرگونه اطلاعات در خصوص مواد مصرفی جوشکاری در **کتاب آبی فلزات**

1. Incoloys
2. Filler Metals
3. Aws Specifications and classifications for Welding Consumables
4. The American Welding Society

CASTI[1]- فلزات پرکنندهٔ جوشکاری، که توسط مؤسسهٔ انتشارات CASTI نشر یافته است، آورده شده و قابل دسترسی است.

در جدول ٤-٦ همهٔ مشخصه‌های AWS که در طبقه‌بندی مواد مصرفی جوشکاری به‌کار رفته است را، که به‌طور یکجا دربردارنده الکترودهای مصرف شدنی و نشدنی جوشکاری[2]، میله‌های جوشکاری و دیگر مواد پرکننده است، فهرست شده است. ضمیمه۱، سیستم طبقه‌بندی حروف- عددی[3] را که در هر مشخصهٔ AWS به‌کار رفته را، طرح ریزی کرده است.

دسته بندی F-Number (عدد پرکننده) ASME [4]

همه، ولیکن یکی از مشخصه‌های AWS (منیزیوم -A5.19) که برای استفاده توسط ASME استخراج شده است، تاکنون بدون هرگونه تغییری برجای مانده‌اند. مشخصاتی از AWS که توسط ASME استخراج شده‌اند دارای اعدادی مشخصه‌اند که حروف "SFA" به‌عنوان پیشوند آنها برای مشخص ساختن اینکه مورد پذیرش ASME هستند، ذکر شده‌اند.

بخش IX از [استاندارد] ASME ، همچنین مشتمل بر الکترودها و میله‌هایی است که سیستم طبقه-بندی و مشخصه‌های آنها، به‌طور جزیی و ریز متعلق به AWS است، این گروه‌ها ضرورتاً بر حسب مشخصه‌های مفید بودگی‌شان (الکترودها و میله‌ها) طبقه‌بندی شده‌اند. اینگونه دسته‌بندی جوشکاران و کسانی را که جوشکاری می‌کنند را قادر می‌سازد تا به گونه‌ای رضایت‌بخش کارجوش را انجام دهند. (به جدول ٥-٦ نگاه کنید) F-Number ها برگروه معینی دلالت دارند. این اعداد، شمارهٔ این اعداد از شماره دستورالعمل‌هایی که مورد عمل قرار گرفته‌اند، تبعیت می‌کنند. توجه داشته باشید که گروه آلیاژی‌ای که با هر F-Number امتزاج کرده و یا مشارکت می‌کند شبیه آن گروه آلیاژی است که با F-Number معادل آن امتزاج و یا مشارکت کرده است.

به‌طور کلی، هدف از تعریف عددF برای مواد قابل مصرف جوشکاری در دستورالعمل جوشکاری، جلوگیری از تغییر مواد نام برده شده بدون تغییر دادن و بازنگری در شرایط دستورالعمل است. در هر حال در صورت نیاز، می‌توان در داخل یک گروه که دارای F-Number همسان هستند، (و بنابراین مشخصات aws یا طبقه‌بندی همسانی را دارند)، می‌توان در انطباق با دیگر متغیرهای ضروری (همچون A-Number) و یا متغیرهای مکمل دیگر تغییراتی داد. بخش IX از [استاندارد] ASME همچنین مقرر می‌دارد که گروه‌بندی نظام‌نامه‌ای به این معنا نیست که در داخل یک گروه، می‌توان مواد پرکننده را، به‌ویژه در مواردی که فلزپرکننده در آزمون موقعیت مورد استفاده قرار می‌گیرد، بدون در نظر گرفتن

1. CASTI Metals Blue Book
2. Consumable & Non Consumable
3. Alphanumeric
4. ASME F-Number(Filler Number) Classification

ملاحظات متالوژیکی،خواص متالوژیکی، عملیات حرارتی پس از جوش، الزامات طراحی، خواص مکانیکی و الزامات مربوط به نوع به‌کارگیری آنها، عوض و بدل کرد.

جدول ۴-۶ –فهرست مشخصات AWS برای مواد مصرفی جوشکاری

SPEC	عنوان مشخصات
A 5.01	راهنمای تهیهٔ فلز پرکننده
A 5.1	الکترودهایی از فولاد کربنی روکش‌دار برای جوشکاری قوسی
A 5.2	میله‌هایی از فولاد کم آلیاژی و فولاد کربنی جوشکاری برای گاز- اکسیژن[1]
A 5.3	الکترودهایی از آلومینیوم و آلیاژهای آلومینیوم برای جوشکاری قوسی تحت حفاظت گاز[2]
A 5.4	الکترودهای جوشکاری روکش‌دار با فولاد کروم- نیکل و کروم مقاوم ضد خوردگی
A 5.5	الکترودهای روکش‌دار جوشکاری قوسی کم آلیاژی
A 5.6	الکترودهای روکش‌دار مس و آلیاژ مس
A 5.7	الکترودها و میله‌هایی بدون روکش مس و آلیاژ مس
A 5.8	فلز پرکننده لحیم کاری[3] سخت
A 5.9	میلرها و الکترودهای جوشکاری استاندارد از کروم ضد خوردگی فولاد کروم- نیکل‌دار و یا با مغزی فلز مرکب[4]
A 5.10	میلرها و الکترودهای بدون روکش آلومینیوم و آلیاژ آلومینیوم
A 5.11	الکترودهای جوشکاری نیکل و آلیاژ نیکل برای جوشکاری قوسی تحت حفاظت گاز
A 5.12	الکترودهای جوشکاری قوسی از جنس تنگستن
A 5.13	الکترودهاو میله‌های جوشکاری با یک پوشش از مواد جامد برروی سطح آنها
A 5.14	الکترودها و میله‌های بدون روکش جوشکاری نیکل آلیاژ نیکل
A 5.15	میله‌ها و الکترودهایی برای جوش چدن
A 5.16	میله‌ها و الکترودهای جوشکاری تیتانیوم و آلیاژ تیتانیوم
A 5.17	الکترودها و پودرهای فولاد کربنی برای جوشکاری زیرپودری[5]
A 5.18	فلزات پرکننده ار فولاد کربنی برای جوشکاری قوسی تحت حفاظت گاز[6]
A 5.19	مشخصاتی برای الکترودها و میله‌هایی از آلیاژ منیزیوم جهت جوشکاری
A 5.20	الکترودهایی از فولاد کربنی جهت جوشکاری قوسی با الکترود پودری[7](گدازآور)

1. Oxyfuel Gas Welding
2. Shielded metal arc welding
3. brazing
4. Composite metal cored
5. Submerged Arc Welding
6. Gas Shielded Arc Welding
7. Flux Cored Arc Welding

SPEC	عنوان مشخصات
A 5.21	میله‌ها و الکترودهایی جهت جوشکاری که سطح آنها از کامپوزیت پوشیده شده‌اند.
A 5.22	الکترودهایی از فولاد کروم- نیکل‌دار و فولاد کروم‌دار مقاوم ضد خوردگی جهت جوشکاری قوسی با الکترود توپودری[1](گدازآور)
A 5.23	پودرها و الکترودهایی از فولاد آلیاژی برای جوشکاری زیرپودری
A 5.24	میلها و الکترودهای جوشکاری زیرکونیوم و آلیاژ زیرکونیوم
A 5.25	مواد مصرفی مورد استفاده در جوشکاری برقی با سربارهٔ[2] فولادهای کربنی و فولادهای با استحکام بالا و کم‌آلیاژی
A 5.26	مواد مصرفی مورد استفاده در جوشکاری برقی با گاز[3] فولادهای کربنی و فولادهای با استحکام بالای کم آلیاژی
A 5.27	میلرهایی مسی و آلیاژ مس جوشکاری گازی
A 5.28	فلزات پرکننده از فولاد کم آلیاژی
A 5.29	الکترودهایی کم آلیاژ جهت جوشکاری قوسی الکترود توپودری
A 5.30	افزودنی‌های مصرفی

جدول ۵-۶ – فهرست F-Number های ASME

محدوده F-NO.	گروه مواد
F-NO.1 F-NO.6	فولاد و آلیاژهای فولادی
F-NO.21 F-NO.24	آلومینیوم و آلیاژهایی با فلز پایهٔ[4] آلومینیوم
F-NO.31 F-NO.37	مس و آلیاژهایی با پایهٔ مس
F-NO.41 F-NO.45	نیکل و آلیاژهایی با پایهٔ نیکل
F-NO.51 F-NO.54	تیتانیوم و آلیاژهای تیتانیوم
F-NO.61	آلیاژهای زیرکونیوم و زیر کونیوم
F-NO.71 F-NO.72	فلز جوش پوشیده شده با مواد سخت[5]

طبقه‌بندی‌های عدد A (عدد آنالیز) برای فلزات آهنی[6]

علاوه بر اعداد F برای مواد مصرفی جوشکاری، ASME برای فلزات آهنی یک سامانه عدد A را جهت طبقه‌بندی مواد مصرفی جوشکاری، بر اساس آنالیز فلز ته نشین جوش در نظر گرفته است (به جدول

1. Flux Cored Welding(or arc welding)
2. Electroslag Welding
3. Aluminum And Aluminum – Base Alloys
4. Aluminum and Aluminum –Base Alloys
5. Hard – Facing Weld Metal Overlay
6. A- Number(Analysis Number)Classifications For Ferrus Metals

۶-۶ نگاه کنید). عدد A به‌عنوان یک نوع کنترل برروی جابه‌جایی و جایگزینی مواد قابل مصرف جوشکاری براساس عدد F تنها، تعبیر می‌شود.

به‌عنوان مثال، قطعه‌ای از لوله با ASTM A 106 G.B و NPS 6 Schedule 80 با یک ریشه از F-NO.3(E6010) و F-NO.4(E7018) برای آنچه که بر آن جوش می‌شود را در نظر آورید، بر اساس صرفاً عدد F می‌توان چنین انگاشت که هر ترکیبی از عدد F برابر ۳ و عدد F برابر ٤ به‌عنوان مواد مصرفی جوشکاری را می‌توان به‌کار برد. درصورتی که در ارزیابی و سنجشمان عدد A را نیز دخالت دهیم، به‌طور قابل ملاحظه‌ای گسترهٔ مواد مصرفی جوشکاری، به سمت فلزاتی که آنالیز آنها مشابه فلز پایهٔ جوشکاری است میل می‌کند. سازندگان و تولیدکنندگان فلز پرکننده در بروشورهای خود به تناوب اعداد F و اعداد A را فهرست می‌کنند؛ و [نیز] QW404.5 ¶ روش‌های تعیین اعداد A-N را فهرست کرده است.

جدول ۶-۶ طبقه‌بندی عدد آنالیز (عددA)[استاندارد] ASME

عددA	نوع ته‌نشست جوش	آنالیز مواد برحسب درصد [به نکته ۱ توجه کنید]					
		C	Cr	Mo	Ni	Mu	Si
1	فولاد چکش‌خوار	0.20	-	-	-	1.6	1.0
2	کربن – مولیبدن	0.15	0.50	0.40-0.65	-	1.6	1.0
3	کروم (0.4-2%)–	0.15	0.40-2.00	0.40-0.65	-	1.6	1.0
4	مولیبدن	0.15	0-6.0	0.40-1.50	-	1.6	2.0
5	کروم-2)	0.15	6.0-10.50	0.40-1.50	-	1.2	2.0
6	(6%مولیبدن	0.15	11.0-15.0	0.70	-	2.0	1.0
7	کروم-6)-	0.15	11.0-30.0	1.00	-	1.0	3.0
8	(10.5%مولیبدن	0.15	14.50-30.0	4.0	7.5-15	2.5	1.0
9	کروم –	0.30	25.0-30.0	4.0	15-37	2.5	1.0
10	مارتنزیتی	0.15	-	0.55	0.8-4.0	1.7	1.0
11	کروم – فریتی	0.17	-	0.25-0.75	0.85	1.25-2.25	1.0
12	کروم-نیکل	0.15	1.50	0.25-0.80	1.25-2.8	0.75-2.25	1.0
	کروم نیکل						
	نیکل تا 4%						
	منگنز – مولیبدن						
	نیکل-کروم-						
	مولیبدن						

نکته۱: مقادیر ساده و بدون کسری (اعشار) نشان‌دهندهٔ مقادیر بیشینه هستند.

نام‌های تجاری[1]

صنعت جوشکاری برای نامیدن مواد مصرفی جوشکاری، غالباً از نام‌های تجاری استفاده می‌کند که به سختی می‌توان معادل آن را در AWS تعیین کرد و یافت. برای کمک به چنین جستجویی، **نمودارهای مقایسه‌ای فلزکننده، مشخصات A5.0 از AWS**[2] در دسترس است. این کتابچه مشتمل بر حدود ۳۰۰ صفحه جدول است که طی آنها مقایسه‌ای بین نام‌های تجاری و طبقه‌بندی و مشخصات AWS، مربوط به مواد مصرفی جوشکاری، انجام شده است. در دیگر نشریات، اطلاعات مشابهی همچون **داده‌های مهندسی جوش و نمودارهای مقایسه‌ای فلزپرکننده**[3] که توسط دیگر ناشرین مجله **طراحی و ساخت جوش**[4] چاپ می‌شود، منتشر شده است. به‌جز اینها توسط تولیدکنندگان مواد مصرفی جوشکاری، به‌طور مرتب نمودارهای مقایسه‌ای فلز پرکننده که موقعیت محصولات تولیدی را در رابطه با دیگر علائم مرسوم و رایج سنجیده است، منتشر می‌شود.

موقعیت‌ها[5] [¶QW-405]

ممکن است جوش‌های لوله‌کشی فرایندی را در همان موقعیتی که یافت می‌شوند بتوان تکمیل کرد؛ این امر یا با غلتاندن لوله و یا با گرداندن اجزای لوله‌کشی حول محور تقارن[6] خود صورت می‌پذیرد. به ترتیب، آنچنان‌که رایج است، اینگونه جوش‌ها را به "جوش‌های موضعی[7]" و "جوش‌های چرخشی[8]" می‌نامند.

غالب نظام‌نامه‌ها و استانداردها تعاریف دقیقی از مواضع جوشکاری دارند و بخش IX از [استاندارد] ASME نیز از این امر مستثنی نیست. این بخش به تشریح موقعیت‌ها برای جوش‌های گوشه[9] و جوش‌ها شیاری[10] در صفحه و لولهٔ [¶QW-461.4 , ¶QW-461.6] پرداخته و محدودیت‌های را نیز تدارک دیده است. برای جوش‌های شیاری در اتصالات لب‌به‌لب لوله‌کشی[11]، موقعیت‌های زیر به‌طور نمونه‌وار قابل ذکرند:

a) در موضع ۱G، محور لوله در یک صفحهٔ افقی قرار گرفته است؛ لوله می‌چرخد، و جوش در یک وضعیت تخت [و مسطح] در بالای لوله یا نزدیک به سطح فوقانی لوله، می‌نشیند.

---

1. Trade Names
2. AWS Specification A5.0, Filler Metal Comparison Charts
3. Welding Engineering Data & Filler Metal Comparison Charts
4. Welding Design & fabrication
5. Positions
6. Axis of Summetry
7. Positions Welds
8. Roll Welds
9. Fillet Welds
10. Groove Welds
11. Butt Joints

b) در موضع 2G، محور لوله در یک صفحهٔ قائم یا عمودی قرار دارد؛ و جوش هنگامی که در یک صفحه افقی در حال چرخش حول لوله است، می‌نشیند.
c) در موضع 5G، محور لوله در یک صفحهٔ افقی واقع است، و جو هنگامی که در یک صفحه قائم یا عمودی در حال چرخش حول لوله است، می‌نشیند.
d) در موضع 6G، محور لوله با افق زاویه ۴۵ درجه می‌سازد، و جوش هنگامی‌که در یک صفحه قائم یا عمودی حول لوله در گردش است، بر صفحه‌ای که با محور لوله زاویهٔ 90 درجه می‌سازد، می‌نشیند.

توجه داشته باشید که موقعیت‌ها تلرانس‌هایی نیز دارند که این تلرانس‌ها توسط نمودارهایی در [¶QW-462.2 , ¶QW-462.1] توضیح داده شده‌اند.

آنگاه که یک جوش موضعی 5G یا 6G شروع به نشستن از قسمت بالایی لوله کند و کار به سمت قسمت پایین هر وجه از لوله ادامه یابد، جهت جوشکاری را "سر پایین "[1] می‌نامند. بالعکس آنگاه که شروع جوشکاری از قسمت پایین لوله بوده و کار به سمت قسمت بالایی لوله امتداد یابد، راستای جوشکاری را "عموماً بالا"[2] می‌نامند. راستای جوشکاری از یک دیدگاه، به شرح زیر، حائز اهمیت است:

a) از آنجایی که فنون مورد استفاده در جوشکاری سربالا[3] و سر پایین[4] متفاوت‌اند، بنابراین آموزش و تجربهٔ جوشکارها نیز تفاوت خواهند داشت.
b) نوع الکترود؛ از آنجایی که مشخصه‌های پوشش، مشخصات سرباره حاصله، و حجم فلز جوشکاری و قابلیت نفوذ در جوشکاری سرپایین و ... [با همین مشخصه‌ها در جوشکاری سربالا متفاوت‌اند].
c) چقرمگی شکاف؛ از آنجا که قابلیت تجمع فلز جوش در طول جوشکاری سربالا[5] می‌تواند به‌طور محدود برخواص ضربه‌ای اثر گذارد.

دمای بین پاسی و پیش گرم [6][¶330 &QW-406¶]

در تکنولوژی نوین جوشکاری، صحبت از چرخهٔ حرارتی جوش[7] و تأثیر آن برروی خواص فلز پایه و فلز جوش، امری است رایج. چرخهٔ حرارتی کل جوش وابسته است به:

---

1. Vertical Down
2. Vertical Up
3. Uphill
4. Downhill
5. Uphill Welding
6. Preheat & Interpass Temperature
7. The Weld Thermal Cycle

a) انرژی ورودی از فرایند جوشکاری (که عموماً به‌عنوان گرمای ورودی یا انرژی حاصل از ایجاد قوس الکتریکی[1] برای فرایندهای جوشکاری قوس الکتریکی، که قبلاً در این بخش توضیح آن داده شده است، شناخته می‌شود)؛

b) درجه حرارت پیش گرم[2]؛

c) گسترهٔ دمایی بین پاسی[3]؛ و

d) چرخهٔ عملیات حرارتی پس از جوشکاری[4]؛ اگر PWHT به‌کار گرفته شود.

[نظام‌نامه] B31.3 **پیش‌گرمایش** را به مثابهٔ حرارت‌دهی به فلز پایه، پیش از یا در جریان شکل‌دهی، جوشکاری یا فرایند برش تعریف می‌کند [300.2¶]. این تعاریف از پیش گرمایش بسیار گسترده‌تر از آن چیزی است که توسط بخش IX از استاندارد ASME تعریف شده است، [QW-492¶]. [نظام‌نامه] B31.3 همچنین بر این باور است که می‌توان در طول انجام عملیات حرارتی، پیش گرمایش را صرفاً برای به حداقل رساندن تأثیرات محدود درجه حرارت‌های بالا و کمینه کردن تأثیرات اختلاف‌های حرارتی ذاتی شدید جوشکاری[330.1¶] اجرا کرد. گرچه به‌طور مشخص در [نظام‌نامه] B31.3 ذکر نشده است، [اما] این تأثیرات محدود می‌توانند شامل موارد زیر باشند:

a) ترک سرد (ترک‌های)[5]؛

b) ناحیهٔ متأثر از حرارت‌های جوش سخت یا ترد[6]؛

c) پیچیدگی[7]؛ و یا

d) تنش پسماند بالا[8].

پیش گرم کردن، می‌تواند به‌عنوان کمک به گداخت (ذوب) فلزاتی که دارای هدایت و رسانایی بالایی هستند، همچون مس و آلیاژهای مس و یا دارای سطح مقطع نازکی هستند همچون آلیاژهای آلومینیوم و آلومینیوم به‌کار رود؛ در پاره‌ای اوقات از پیش گرم کردن به‌عنوان کمک جهت هم ترازی قطعات یا تجهیزات استفاده می‌شود. در شرایطی که کنترل‌های لازم در اجرای عملیات هم ترازی قطعات[9] صورت نپذیرد، از آنجایی که عملیات نام برده شده استعداد ایجاد تنش‌های غیر عادی بالا[10] را داراست؛ نتایج مناسب و درخوری از انجام عملیات هم ترازی به کمک پیش گرم کردن حاصل نمی‌شود.

---

1. Arc Energy
2. Preheat Temperature
3. Interpass TemperatureRange
4. Post-Weld Heat Treatment Cycle
5. Cold(hydrogen) Cracking
6. Hard, Brittle Heat Affected Zones
7. Distortions
8. High Residual Stress
9. The Alignment of Parts
10. Abnormally High Stresses

بخش IX از [استاندارد] ASME **درجه حرارت پیش گرمایش**[1] را به‌عنوان دمای کمینه‌ای که برای انجام عملیات جوشکاری، درست پیش از شروع عملیات، به یک اتصال جوشی وارد می‌شود، معرفی و تعریف می‌کند؛ در مورد جوش‌های چند پاسه شده، دمای کمینه‌ای که در مقطع پیشین فلز جوش که رسوب کرده و ته نشین شده است، کمی مانده به آغاز عملیات جوشکاری را، درجه حرارت پیش گرمایش [QW-492¶] می‌نامند. به این نکته باید توجه کرد که تعریف ASME از دمای پیش گرمایش در جوش‌های پاسر[2]، در دیگر نظام‌نامه‌ها، استانداردها و مشخصات به‌عنوان **دمای کمینهٔ بین پاسی**[3] شناخته می‌شود. در این کتاب از **دمای کمینه بین پاسی** هنگامی که در مورد درجه حرارت کمینه فلز نشسته جوش پیش از شروع پاس بعدی جوش، صحبت می‌شود، استفاده می‌شود؛ از دیدگاه فنی، لازم نیست که همواره درجه حرارت بین پاس‌های جوش به درجه حرارت کمینهٔ پیش گرمایش، در آغاز اجرای نخستین لایهٔ پاس برسد و یا از آن تجاوز کند.

بخش IX از [استاندارد] ASME **درجه حرارت بین پاسی** را به‌مثابهٔ حداکثر درجه حرارت اتصال جوشی در آنی پیش از جوشکاری، و در موردی که جوش‌ها چند پاسر هستند، به‌مثابهٔ حداکثر درجه حرارت مقطعی از فلز جوش پیشین که نشست کرده- پیش از آغاز اجرای پاس بعدی- تعریف کرده است [QW-492¶]. مؤکداً دوباره تکرار می‌کنیم. درجه حرارت بین پاسی تعریف شده به‌وسیلهٔ ASME **درجه حرارت بین پاسی کمینه** است. در عمل، این درجه حرارت را پیش از شروع پاس بعدی اندازه‌گیری می‌کنند.

هدف از غالب الزاماتی که برای پیش گرمایش و درجه حرارت بین پاسی کمینه تعبیه شده است، جلوگیری از به‌وجود آمدن ترک سرد در انتقال مواد سختی پذیری همچون فولادهای کربنی، فولادهای کم آلیاژ، فولادهای با آلیاژ متوسط و فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی است. برای آنکه ترک‌های سرد شکل گیرند لازم است که چهار مرحله فهرست شده در سمت چپ جدول ۷-۶ به ترتیب ارضا شوند. مقدار هر یک از مراحل را نمی‌توان با دقت تعریف یا معین کرد؛ این مقادیر به‌طوری گسترده به سه مرحلهٔ دیگر وابسته‌اند. اثر سودمند پیش گرمایش بر هر یک از مراحل چهارگانه در ستون سمت راست جدول ۷-۶ نشان داده شده است.

اصطلاح دیگری که توسط بخش IX از استاندارد ASME مورد استفاده قرار گرفته است **حفظ یا نگهداری پیش گرمایش**[4] است. اگر چه توسط نظام‌نامه تعریف مشخصی برای این اصطلاح در نظر گرفته نشده است.

---

1. Preheat Temperature
2. Multipass Welds
3. Minimum Interpass Temp
4. Preheat Maintenance

جدول ۷-۶ اثر درجه حرارت پیش‌گرمایش و دمای بین پاسی کمینه بر شرایط لازم جهت ترک سرد

شرح دهندهٔ پیش‌گرمایش و کنترل همه درجه حرارت بین پاسی	شرح شرایط لازم جهت ترک سرد
خارج ساختن هیدروژن از اتصال، کاستن از خطر ترک‌خوردگی	وجود هیدروژن به مقدار کافی
اصلاح توزیع تنش در جریان جوشکاری و ایجاد کاهشی جزئی در تنش پسماند در خلال تکمیل جوشکاری	تنش کششی به مقدار کافی، که ممکن است اعمال شده و یا به‌صورت پسماند و یا ترکیبی از هر دو گونه وجود داشته باشد.
کاهش احتمال استعداد ریز ساختار برای شکل-پذیری از طریق آهسته کردن نرخ سرمایش	وجود ساختاری میکروسکوپی و مستعد که به‌طور معمول به‌عنوان یک ریز ساختار سخت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و انجام آزمون‌های متناوب سختی سنجی برای ارزیابی خطر ترک خوردگی سرد.
نگاهداری قطعات جوش خورده به یکدیگر در درجه حرارتی بالاتر از دمای آستانهٔ ترک خوردگی تا کامل شدن جوش	وجود یک درجه حرارت آستانه‌ای که پایین‌تر از سطح بحرانی [دما] (مثلاً 150°c یا (300°f))باشد. دمایی که تا حدی به ساختار فلز و ترکیب شیمیایی آلیاژ وابسته است.

با این‌حال آزمون QW-406.2¶ نمایان‌گر آن است که این اصطلاح در مورد حفظ یا کاهش پیش گرمایش در جریان جوشکاری، درست قبل از آغاز هرگونه عملیات لازم حرارتی پس از جوشکاری، به‌کار می‌رود. هدف اولیه از حفظ و نگهداری پیش گرمایش ادامه دادن به خارج ساختن هیدروژن از اجزایی است که به هم جوش خورده‌اند. حفظ یا نگهداری پیش گرمایش ممکن است برای کاستن از اختلاف‌های حرارتی[1] و تنش‌های پسماند حاصله[2] یا پیچیدگی[3] و یا انتقال هم‌دما[4] به‌کار گرفته شود. هنگامی که حفظ و نگهداری پیش گرمایش به‌عنوان دستورالعمل جوشکاری تعریف می‌شود، شامل درجه حرارت و زمان، هر دو، خواهد بود. به این ترتیب در مشخصات مربوط به دستورالعمل جوشکاری، آوردن واژه "بلی"، بی‌معنی خواهد بود.

1. Thermal Gradients
2. Resulting Residual Stresses
3. Distortions
4. Isothermal Transformation

برای غالب کاربران نظام‌نامه، پاسخ به پرسش‌های زیر در خصوص کنترل[دمای] پیش گرمایش و بین پاسی، ضروری است:

a) برای کاربردهای در نظر گرفته شده از چه دماهایی به‌عنوان درجه حرارت‌های پیش گرم و بین پاسی کمینه باید استفاده کرد؟

b) چگونه باید حرارت را به‌کار برد؟

c) چگونه، کجا و چه موقع باید درجه حرارت را اندازه گرفت؟

پاسخگویی به سؤالات فوق، به‌طور ریز و همراه با جزئیات، بسیار پیچیده است. از آنجایی که غالب لوله‌کشی‌ها درگیر پاره‌ای الزامات قانونی (قراردادی و یا قضایی) هستند، نقطهٔ آغاز پیشین برای پاسخگویی که موارد فوق رامی‌توان با ارضای الزامات حداقلی B31.3 و بخش IX از ASME به‌دست آورد.

پیش گرم کردن برای همهٔ گونه‌های جوش لوله‌کشی توسط بند ¶330 از نظام‌نامه B31.3 پوشش داده شده است. دومین جمله از ¶330.1 چنین مقرر داشته است:

" ضرورت استفاده از پیش گرم کردن و درجه حرارت آن باید در طراحی مهندسی مشخص شده باشد و طی شرایط دستورالعمل مبرهن شده باشد" اگر چنانچه الزامات مربوطه در مرحلهٔ طراحی مهندسی در نظر گرفته نشده باشد، باید الزامات حداقل نظام‌نامه‌ای را به‌عنوان الزامات طرح فرض کرد. در جدول 330.1.1 پیشنهادها و الزامات حداقل برای پیش گرم کردن، بر اساس P-Number و S-Number و ضخامت ارائه شده‌اند. هنگامی که از جدول حداقل‌ها را برای پیش گرم کردن انتخاب می‌کنید، سه وضعیت اضافی زیر را نیز باید در نظر بگیرید:

a) اگر درجه حرارت محیطی پایین‌تر از 0°c(32°f) باشد، الزامات پیشنهادی جدول 330.1.1، اجباری است [¶330.1.1]. مشخصات مربوط به پاره‌ای از کارفرمایان در بردارندهٔ عبارتی است که بر اساس آن پیش گرم کردن پیشنهادی نظام‌نامه باید به‌عنوان یک پیش گرمایش اجباری تلقی وتفسیر شود.

b) هنگامی‌که در یک جوش نامتشابه، فلزات پایه الزامات پیش گرمایش متفاوتی را داشته باشند؛ در این حالت درجه حرارت بالاتر نشان داده شده در جدول، پیشنهاد می‌شود [¶330.2.3]. دوباره، پاره‌ای مشخصات مربوط به کارفرمایان ممکن است الزامات پیشنهادی را اجباری سازند.

c) در جدول، منظور از ضخامت، ضخامت جزء نازک‌تر است که در محل اتصال اندازه‌گیری شده است [¶330.1.1]. تأکید می‌کنیم که اتصال در واقع بین دو عضو صورت می‌گیرد. در پاره‌ای از حالات که ته‌بندی برروی جزء صورت می‌گیرد، ممکن است برای تعیین ضخامت جزء، برجسته کردن شکل اصلی و ابعاد جزء لازم افتد.

با در نظر گرفتن شرایط دستورالعمل، چنین به نظر می‌رسد که کفایت درجه حرارت‌های پیش گرم‌کردن و بین پاسی توسط شرایط مناسب دستورالعمل، مبرهن شده است. اگر شما با استفاده از محدودهٔ

دمایی پیش گرم و بین پاسی یک آزمون جوش[1] فراهم کنید، و جوش نیز رضایت بخش باشد، بنابراین می‌توان اینگونه فرض کرد که گسترهٔ دمایی پیش گرم و بین پاسی قابل قبول است.

مفهوم " اثبات کردن "، مفهومی ساده است؛ با این‌حال پاره‌ای از ویژگی‌ها وجود دارند که باید برجسته شده و بدان‌ها اشاره شود؛ به‌ویژه در طراحی‌های غیرعادی یا شرایط غیر مرسوم ساخت. به‌عنوان مثال، غالب فرایندهای جوشکاری بخش IX از [استاندارد] ASME 1 – 406 .w¬α¶ را به‌عنوان متغیری ضروری فهرست می‌کنند. براساس این گزاره، ممکن است کاهشی تا 56°C(100°F) در دمای مورد استفاده، در جریان اجرای شرایط دستورالعمل مجاز شمرده شود (البته با محدودیت‌های B31.3، بند ¶330.1.1 و جدول 330.1.1). براساس پاسخی که ماده به چرخه حرارتی کل جوش می‌دهد، توجیه فنی [¶QW-406.1] دشوار خواهد شد، به‌ویژه در وضعیت‌هایی که کنترل سختی اجزا به هم جوش خورده ممکن است موردنیاز باشد. در هر حال به این نکته توجه داشته باشید که بخش IX از [استاندارد] ASME خود را با کنترل سختی مربوط و محدود نمی‌سازد.

از دیدگاه قاعده محدود ساز "2T" [¶QW-450]، در نظر گرفتن موقعیتی با لحاظ کردن ¶QW-406.1 به مراتب پیچیده و بغرنج خواهد بود. اساساً، اگر یک آزمون جوش از برشی از ضخامت"T" [2] انجام شود آنگاه جوش برای مواد با ضخامت T ۲ نیز مورد قبول خواهد بود. مجدداً، پاسخ ماده را به چرخهٔ حرارتی جوش در نظر آورید، چگونه ممکن است انسان از این امر اطمینان حاصل کند که هنگامی که جوش‌های انجام شده برروی ماده‌ای با ضخامت دوبرابر ضخامت برش آزمون تکمیل می‌شوند، درجه حرارت مورد استفاده در 56°C(100°F) پایین‌تر از شرایط توصیه شده در دستورالعمل باشد؟ و این دما برای کار کفایت کند؟ پاسخ ساده چنین پرسشی این است: "شما نمی‌توانید [چنین اطمینانی حاصل کنید] در هر حال، تشخیص این امر که قواعد بخش IX [از استاندارد] ASME می‌توانند به شایستگی ساخت پاره‌ای سیستم‌های لوله‌کشی، مخازن تحت فشار و دیگ‌های بخار را پشتیبانی کنند، بسیار خوب است. تأکید بر اجرای الزامات تکمیلی ASME برای سامان‌دهی به کار در طراحی نامعمول یا شرایط غیرعادی محیطی، جهت افزایش اطمینان از کنترل دقیق و به اندازهٔ کافی درجه حرارت‌های پیش گرم و بین پاسی باید با نیاز فنی [طرح] متعادل و در توازن باشد.

علاوه بر اطلاعاتی که جدول 330.1.1 از نظام‌نامه B31.3 در اختیار قرار می‌دهد، روش‌های بی‌شمار دیگری برای ارزیابی و تحقق الزامات مربوط به کنترل درجه حرارت پیش گرم و بین پاسی وجود دارند. پاره‌ای از این فنون، با نقطه نظرات لازم، در زیر تشریح شده‌اند:

a) نموگراف‌ها[3] ابزارهایی مناسب برای کارشناسان فنی جهت براورد الزامات پیش گرمایش هستند. یک روش بسیار رایج برای فولادهای کربنی و فولادهای کربن- منگنزدار توسط انجمن جوش

1. A Test Weld
2. A Coupon of Thickness
3. Nomographs نمودارهایی همراه با جداول و اعداد مربوطه

انگلستان[1] در کتابی با عنوان **جوشکاری فولادها بدون ترک هیدروژنی**[2] گردآوری شده و توسط اف.آر.کو[3] به چاپ رسیده است. این روش دارای یک مبنای دقیق علمی جهت محاسبهٔ ضخامت فلزپایه، انرژی قوسی [الکتریکی] ورودی، مقدار کربن معادل[4] و پتانسیل هیدروژن فرایند جوشکاری[5]، است.

b) برای مواردی که دقت کمتری از نظر فنی مورد نیاز باشد، استفاده از جداول اطلاعاتی[6] مرسوم است. این جداول ممکن است به‌صورت خیلی ساده و یا بسیار پیچیده تهیه شده باشد. برای کاربران نظام‌نامه ASME، ضمیمهٔ کتاب **جوش‌پذیری فولادها**[7] که به‌وسیلهٔ اردی ستاوت[8] و دبلیو.دی.داتی[9] نگاشته شده است می‌تواند به‌عنوان یک منبع مفید اطلاعاتی در مورد پیش گرمایش محسوب شود. این پیوست براساس بولتن شماره ۱۹۱، WRC که برای نخستین بار در ژانویه ۱۹۷٤ نشر یافته و آنگاه در مارس ۱۹۷۸ به چاپ مجدد رسیده، تهیه شده است. اگر چه ممکن است اعتبار زمانی اطلاعات ارائه شده سپری شده باشد[10] (با توجه به وضعیت فعلی و جاری زندگی مردم)، با اینحال این پیوست ضخامت فلزات پایه‌ای را که به‌گونه‌ای پیچیده با یکدیگر ترکیب شده‌اند، میزان کربن و مشخصه‌های عام شیمیایی (همچون سختی و سختی پذیری) و پتانسیل هیدروژن را در اختیار می‌گذارد.

c) دیگر بخش‌هایی از نظام‌نامه ASME که در خصوص پیش گرمایش مورد رجوع قرار می‌گیرند عبارت‌اند از: ضمیمه R، قسمت۱، بخش VIII از استاندارد ASME، پیوست D، قسمت۲، بخش VIII از استاندارد ASME و A-100، بخش I از استاندارد ASME.

d) در طول سالیان متمادی، گونه‌های مختلفی از محاسبه[11] پیش گرم رواج یافته‌اند. یکی از حسابگرهای رایج و در دسترس، متعلق به شرکت Lincoln Electric است. این حسابگر، نفوذ هیدروژن، کربن معادل و ضخامت را در یک پیش گرمایش انتخابی محاسبه و معلوم می‌کند.

e) فنون پیچیده محاسباتی پیش گرم نیز نشر یافته‌اند، در این روش‌ها توسط فرمول‌ها و روابط گوناگون (به‌عنوان مثال با حل معادلات روزتال[12] برای فشار حرارتی حاصل از حرکت منبع

---

1. British Welding Institute
2. Welding Steels Without Hydrogen Cracking
3. F.R.Coe
4. Carbon Equivalent
5. Hydrogen Potential of The Welding process
6. Look –Up Tables
7. Weldability of Steels
8. R.d.stout
9. W.d.doty
10. Bit Dated (information)
11. Calculators (ماشین‌های حساب)
12. Rosethal's Equations

گرمایی) نرخ‌های سرمایش مربوطه بر حسب زمان- درجه حرارت- انتقال[1] (TTT یا معادل آن) محاسبه شده و در نمودارهایی ثبت می‌شود. درهرحال، این فنون در صنعت لوله‌کشی فرایندی کاربردی اندک یافته‌اند، این امر ناشی از آن است که محاسبات این روش بسیار پیچیده و برای انجام آنها نیاز است که مقادیری به‌عنوان "ثابت‌ها[2]" در نظر گرفته شوند، آن هم درجایی‌که محدوده‌های دمایی جوشکاری نمی‌توانند هیچگونه مؤلفهٔ "ثابتی" را بپذیرند؛ همچنین کاربرد اندک این فنون ناشی از فقدان داده‌های جامع زمان-درجه حرارت- انتقال برای موادی است که در فرایندهای جوشکاری درگیرند. البته، چنانچه به همین سیاق، رایانه چهرهٔ گیتی ما را دگرگون کند، ممکن است فردی موفق به ابداع روش‌هایی اساسی[3] شود که کارایی و کاربرد بیشتری داشته باشند.

[نظام‌نامه] B31.3 روش‌های پیش گرم را محدود نمی‌سازد، لیکن پاره‌ای از مشخصات کارفرمایان چنین می‌کنند. پاره‌ای از روش‌های پیش گرمایش عبارت‌اند از:

a) مشعل گازی با سوخت اکسیژن (پروپان، بوتان و درپاره‌ای اوقات استیلن)،
b) المنت‌های مقاوم الکتریکی،
c) چنبره‌های القایی، و
d) کیت‌های حرارت‌زا.

از دیدگاهی عمل گرایانه، با گرم کردن یکنواخت همه ضخامت و محیط پیرامون اتصال، مادام که به درجه حرارت صحیح پیش گرم کردن دست نیافته‌ایم، روش گرمایش درست حاصل نشده است. در پاره‌ای موارد، استفاده از مشعل‌های اکسی استیلنی براساس مشخصات کارفرما منع شده است؛ این امر منجر به تشدید خطر آسیب‌های موضعی و منابع حرارتی‌ای که برروی فلز پایه و فلز جوش عمل می‌کنند، آن هم در صورتی که حرارت در یک موضع متمرکز شده باشد، می‌شوند.

[نظام‌نامه] B31.3 کنترل درجه حرارت پیش گرمایش را جهت اطمینان از دمایی که توسط WPS مشخص شده است، پیش از و در جریان جوشکاری، الزامی ساخته است [¶330.1.3(a)]. در هر حال B31.3 موارد زیر را تجویز نمی‌کند:

a) روش‌های دقیقی که براساس آنها باید درجه حرارت اندازه‌گیری شود؛
b) موضع اندازه‌گیری دما؛ یا
c) تناوب زمانی اندازه‌گیری دما.

[نظام‌نامه] B31.3 صرفاً چنین مقرر داشته است که:

a) درجه حرارت را با ثبات مدادی، گرماسنج ترموکوبلی و یا دیگر ابزارهای مناسب برای سنجش درجه حرارت مشخص و معین کنید [¶330.1.3(a)]،

---

1. Time-Temperature-Transformation
2. Constants
3. Fundamental Methods

b) ممکن است به‌وسیلهٔ جوشکاری تخلیهٔ انباره‌ای[1] و بدون نیاز به دستورالعمل جوشکاری و شرایط بازدهی مطلوب، بتوان ترموکوپل‌ها را متصل ساخت؛ از این اتصال باید با بازرسی چشمی اطمینان یافت، [330.1.3(b)] و

c) منطقهٔ پیش گرم می‌تواند 25mm(1in) در هر طرف از لبهٔ جوش گسترش یابد. (یادآوری می‌شود که برخی کارفرمایان و مشخصات تعریف شده توسط آنان محدودهٔ پیش گرمی در حدود 50mm(2in) و یا حتی 150mm(6in) را می‌طلبند) [¶330.1.4] .

از آنجایی‌که تعاریف نظام‌نامه‌ای درجه حرارت پیش گرم و بین پاسی به فلز ته نشین جوش باز می‌شود، سنجش مستقیم درجه حرارت از روی فلزات جوش داغ می‌تواند نشانگر نا خالصی و سستی کلی و عمومی باشد. در صنایع اندازه‌گیری درجه حرارت‌های پیش گرم [کردن] و بین پاسی به‌گونه‌ای صورت می‌پذیرد که از صحت آن اطمینان حاصل شود. درجه حرارت درست پیش گرمایش از سنجش دمای لبه شیار جوش به سمت حدود خارجی منطقه‌ای که پهنای آن به‌عنوان منطقهٔ پیش گرمایش تعریف شده است، به‌دست می‌آید.

حال ممکن است فردی بسیار باریک بین چنین دلیل آورد که سنجش درجه حرارت در نقطه شروع پاس بعدی هنگامی میسر است که پاس بعدی برروی فلز جوش کار شده باشد و به این ترتیب دمای برداشت‌شده دقیقاً در محدودهٔ [دمایی] بین پاسی واقع نخواهد شد. البته این حقیقتی است؛ لیکن از دیدگاه عمل گرایانه اگر سخن گوییم، خواهیم دید که سنجش درجه حرارت بین پاسی در لوله‌کشی فرایندی را به سختی می‌توان به‌عنوان یک "علم دقیق" ارزیابی کرد.

گاز برای محافظت، پشت‌بند و پاک‌سازی[2] [¶QW-408]

یکی از مهمترین و ضروری‌ترین قسمت‌های عملیات جوشکاری، محافظت فلز داغ و مذاب در برابر (اتمسفر) است. می‌توان با استفاده از موارد زیر این محافظت را انجام داد.

a) با اجرای محافظت، پشت‌بند و پالایش خارجی توسط گازها، و یا

b) با استفاده از پودرهایی که حاصل تجزیه آنها به‌وجود آوردن سرباره‌ای پوشاننده است و یا استفاده از سپر [یا محافظ] گازی شکل[3].

استفاده از گازهای محافظ خارجی جهت جلوگیری از آلودگی جوی[4] فلز داغ و یا مذاب توسط جابه‌جا کردن هوای محدودهٔ جوش صورت می‌گیرد. به‌طور کلی گازهای محافظ[5] ممکن است به شرح زیر باشند:

---

1. Capacitor Discharge Welding
2. Gas for Shielding , Backing, and Purging
3. A Gaseous Shield
4. Atmospheric Contamination
5. Protective Gases

a) گازهای بی اثر[1] همچون هلیوم یا آرگون که با فلز داغ وارد واکنش نمی‌شوند؛
b) گازهای فعال[2] همچون دی‌کسید کربن، نیتروژن یا هیدروژن که در محدوده معین و به شکل مشخصی با فلز داغ وارد واکنش می‌شوند و ممکن است اکسیداسیون یا احیاء آنها به واکنشی متقابل[3] مشخص گاز با فلز وابسته باشد، یا
c) مخلوطی از گازهای بی‌اثر و یا گازهای فعال (همچون 75 Ar/25 CO2)

برای پاره‌ای کاربردهای جوشکاری، گازهای محافظ عملاً مخلوطی از گازها با ترکیبی بهینه شده از مخلوط هستند که بهترین ترکیب را از مشخصه‌های محافظ و مشخصه‌های کاربردی فرایند به‌دست می‌دهند. انتخاب گازها به پاره‌ای از عوامل که به یکدیگر نوعی وابستگی متقابل و ارتباط متقابل[4] دارند، بستگی دارد. این عوامل عبارت‌اند از:

a) هزینه و قابلیت دسترسی در سطوح مورد نیاز خلوص،
b) سهولت کاربری، پایداری و تأثیرات [دقیق] فیزیولوژی،
c) مشخصه‌های متالوژیکی[5] شامل حلالیت[6] در فلزاتی که جوش شده‌اند، واکنش با فلزاتی که جوش می‌شوند و میزان محافظتی که از فلز داغ انجام می‌شود، اثرات آن بر رفتارمرطوب[7] مواد، اثرات برروی نفوذ که به‌صورت تأثیر بر نوع و ضخامت فلزاتی که جوش می‌شوند ظاهر می‌شود و تأثیر برروی خواص نهایی[8] ته نشین جوش، و
d) مشخصه‌های فرایندی جوشکاری[9] شامل موقعیت جوشکاری[10]، سهولت جرقه‌زنی قوس [الکتریکی][11] به‌مثابهٔ پتانسیل یونیزاسیون[12] گازی که نفوذ می‌کند، پایداری قوس [الکتریکی] [13]و نفوذ به‌مثابه میزان تأثیر هدایت حرارتی گاز.

1. Inert Gases
2. Reaction Gases
3. Interaction
4. Interrelated
5. Metallurgical Characteristics
6. Solubility
7. Wetting Behaviour
8. End properties
9. Welding process Characteristics
10. Welding Position
11. Arc ignition
12. Ionization Potential
13. Arc Stability

یکی از عوامل بسیار مهم در انتخاب گاز، حلالیت آن است؛ صرفاً به این دلیل که گاز نامحلول در فلز مذاب می‌تواند منجر به تخلخل[1] یا انجماد[2] شود. گازهای خنثی یا بی‌اثر مانند هلیوم و آرگون از آنجایی که حلالیت بسیار محدودی در غالب فلزها دارند، به‌عنوان محافظ در فرایندهای جوشکاری قوسی تحت حفاظت گاز[3] به وفور به‌کار گرفته می‌شوند. اگر چه، گاز دی‌اکسید کربن به‌طور بالقوه در غالب فلزات نامحلول است، [با اینحال] یک گاز فعال منظور شده و واکنش آن منجر به اکسیداسیون پاره‌ای از سطوح شده و در نتیجه موجب افت عناصر[و اجزا] قابل اکسید شدن می‌شود. با همهٔ اینها، دی‌اکسید کربن به وفور در فرایندهای جوشکاری GMAW و FCAW فولادهای کربنی و کم آلیاژی به کار می‌رود.

در پاره‌ای حالات، مقادیر محدودی از گازهای مشخص جهت برآوردن پاره‌ای اهداف، ورای محافظت، به مخلوط گازی [محافظ] افزوده می‌شود. به سه نمونهٔ زیر توجه کنید:

a) نیتروژن به گازهای محافظ فولاد زنگ نزن به‌عنوان یک افزوده آلیاژی، که مبین استحکام و مقاومت اصلاح شده در برابر خوردگی است؛ و به‌عنوان کنترل کنندهٔ تعادل فازی[4] در فلز جوش فولاد مضاعف زنگ نزن[5]، افزوده می‌شود.

b) ممکن است مقادیری اکسیژن، به‌عنوان مثال از ۱ تا ۵ درصد، برای بهبود تری[6] ته نشین فولاد زنگ نزن، بهبود شکل زنجیری[7] و کاهش بریدگی کنار جوش[8] به آرگون اضافه شود.

c) برای افزایش و بهبود مشخصه‌های نفوذی، هیدروژن، با افزودن به ولتاژ قوس [الکتریکی] و در نتیجه گرمای ورودی، به گازهای محافظ افزوده می‌شود.

به‌عنوان یک هشدار باید گفت بدون فهم نتایج و پیامد اضافه کردن افزودنی‌ها و بدون به‌کارگیری شرایط دستورالعمل‌ها برای ارزیابی اثرات چنین افزودنی‌هایی، هرگونه افزایش به گازهای فعال فاقد تأثیرات لازم خواهد بود.

تمیزکاری[9] [¶328.4.1]

¶328.4.1 پاره‌ای از گزاره‌های مرجع را دربارهٔ تمیزکاری به‌دست می‌دهد، ولی یک دستورالعمل جوشکاری باید در رابطه با روش‌های تمیزکاری، حلال‌ها، ساینده‌ها و ابزارها نقطه نظرات ویژه خود را

1. Porosity
2. freezing
3. Gas Shielded Arc Welding processes
4. Phase Balance
5. Duplex Stainless Steel Weld Metal
6. Wetting
7. Bead Shape
8. Under Cutting
9. Cleaning

ابراز دارد. این امر در مورد فولادهای زنگ نزن و فلزات غیرآهنی، واقعیتی است که روش‌های نامناسب تمیزکاری می‌توانند به ترک برداری (قبل یا در حین سرویس) و یا افت مقاومت خوردگی، منجر شوند.

مهارت[1]

¶328.5.1(d) کوبیدن[2] (پاس ریشه و پاس نهایی جوش را منع کرده است. کوبش باعث سخت شدن فلز، کاهش قابلیت لوله شدگی و بنابراین افزایش خطر ترک خوردگی در جریان جوشکاری یا پس از آن می‌شود. کوبیدن بین پاس‌ها می‌تواند مجاز شمرده شود؛ چرا که حرارت حاصل از جوش پاس‌های بعدی، پاس‌های قبلی فلز جوش را که کوبیده شده تحت اثر قرار می‌دهد (نرم می‌کند). توجه داشته باشید لب پریده کردن[3] ضروری و واجب برای برداشتن سرباره به‌عنوان کوبش محسوب نمی‌شود.

328.5.1(e) تا جایی پیش رفته است که جوشکاری در شرایط وارونگی آب و هوایی[4] را ممنوع کرده است. رطوبت می‌تواند باعث به‌وجود آمدن تخلخل و ترک هیدروژنی سرد[5] شود. وزش بیش از اندازهٔ باد می‌تواند در الکترودهای روکش‌دار و [الکترودهایی] با محافظت گازی باعث از بین رفتن محافظ شده و موجبات پیدایی جوش‌های تخلخل و شکننده را فراهم آورد. در مناطق خشک و لم‌یزرع، وزش شدید باد باعث چرخیدن آن و آشغال‌ها در داخل کلاه ایمنی جوشکار شده و جلوی دیده شدن حوضچه جوش را می‌گیرد. اگر شما نتوانید ببینید که چه کرده‌اید، نخواهید توانست جوشکاری نیز بکنید.

¶328.5.1(f) پاره‌ای توصیه‌ها را جهت حفظ تنگ شدگی[6] نشیمن که به انتهای شیرها جوش می‌شوند، فراهم آورده است. سازنده شیر، باید همواره در رابطه با وضعیت‌های جوشکاری مناسب جهت نگاهداری تنگ‌بودگی نشیمن و به‌واسطهٔ داشتن مسئولیت در ازای پیاده و باز کردن شیر[7]، دوباره سرهم کردن[8] و انجام آزمون‌های لازم به هنگام موردنیاز، طرف مشورت قرارگیرد. پاره‌ای از ملاحظاتی که باید انجام شود، شامل مشخصه‌های مواد درزبند و خطر آسیب دیدن آنها بر اثر حرارت است (موادی همچون پلاستیک یا عناصر و مؤلفه‌هایی که به‌صورت فلز- فلز برروی هم می‌نشینند[9])، در اینگونه موارد برای شیرهایی که باید درزبندی نرمی[10] داشته باشند از مواد قابل انبساط، یا از موادی که

1. Workmanship
2. Peening
3. Chipping
4. Adverse Weather Conditions
5. Hydrogen Cold Cracks
6. Tightness
7. Dismantling
8. Reassembly
9. Metal-to-Metal Seat Elements
10. Soft Seated Valves

به‌وسیلهٔ آب، آبدهی شده‌اند برای شیر سردکن[1] استفاده کنید؛ موادی که دارای سخت شدگی انتقالی[2] *نیستند (همانند فولادهای زنگ نزن اوستینیتی).

328.5.3¶ مقرر می‌دارد که جوش‌های درزبندی باید توسط جوشکاری ارزیابی شده[3] صورت پذیرد. با اینکه این امر بدیهی به‌نظر می‌رسد، با اینحال، به لحاظ پاره‌ای ملاحظات تجاری، هنوز از جوشکاران ناوارد برای این کار استفاده می‌شود. برای پوشاندن همهٔ دنده‌ها[4] [یا اتصالات دنده‌ای]، اجتناب از تأثیرات شکافه برداشتن و ایجاد درز[5] که موجبات شکستگی ترد[6] یا بروز ترک‌های حاصل از خستگی[7] را موجب می‌شود، لزوم جوش درزها عملاً خود را تحمیل می‌کند.

انجام آزمون‌های مکانیکی[8]

الزامات انجام آزمون‌های مکانیکی دستورالعمل‌های جوشکاری در بخش IX از [استاندارد] ASME آمده است. در هر حال، اگر فلز پایه نخواهد توانست در برابر خم ۱۸۰ درجه‌ای که یکی از الزامات آزمون است و توسط بخش IX از [استاندارد] ASME توصیه شده، پایداری کند، [نظام‌نامه] B31.3 درصورتی‌که قطعه خم [گشته] جوش تحت همان درجه از خمش، همچون فلز پایه (باندازه ۵ درجه) واقع شود، تغییر شرایط را مجاز می‌شمارد.

همچنین، آنگاه که انجام آزمون ضربه[9] توسط نظام‌نامه یا طراحی مهندسی به‌صورت یک الزام درمی‌آید، B31.3 مقرر می‌دارد که چنین الزاماتی باید در شرایط دستورالعمل‌های جوش ذکر شوند. [328.2.1(d)¶]

عملیاتی حرارتی[10] [331¶]

از عملیات حرارتی برای کمینه سازی تأثیرات مشخص زیان‌آوری که در خلال فرایند شکل‌دهی، خمش و جوشکاری روی می‌دهد، سود می‌جویند[331¶]. بر حسب طبیعت هر فرایندی، درجات بالای حرارت، گرادیان‌های منفصل حرارتی[11]، و یا عملیات شکل‌دهی فلز منفرد (کارسرد) می‌تواند به افت ظاهری

---

1. Cool Valve
2. Transformation Harden

*. انتقال در اینجا به معنای تغییر فاز می‌باشد .-م.

3. Qualified Welder
4. threads
5. Notch Effects
6. Brittle Fracture
7. Fatigue Cracks
8. Mechanical Testing
9. Impact Testing
10. Heat Treatment
11. Severe Thermal Gradients

چقرمگی[1]، کاهش لوله‌شدگی، افزایش سختی و یا تنش‌های پسماند بالا، منجر شوند. به نوبهٔ خود، این [پدیده‌ها] می‌توانند به شکست‌های پیش‌رس و زودهنگام، غیرمترقبه و بالقوه فاجعه آمیزی که ناشی از شکست ترد، ترک ناشی از خستگی[2]، ترک حاصل از خوردگی تنشی[3] و یا تردی هیدروژنی[4] هستند بیانجامند.

[نظام‌نامه] B31.3 پاره‌ای از عملیات‌های حرارتی اساسی را برای غالب عملیات جوشکاری، خم-کاری، و شکل‌دهی تدارک دیده است، لیکن باید همواره به یاد داشت که این عملیات‌های حرارتی ضرورتاً برای تمامی وضعیت‌های کاردهی[5] مناسب نیستند [¶331]. نمونه‌های رایج، در مقایسه با حداقل الزامات B31.3 برای عملیات حرارتی نشان‌دهنده نامناسب بودن فرایندهایی است که طی آنها از سودها[6] و آمینه-ها[7] در جریان عملیات شیرین کردن گاز[8] و [تولید] سولفید هیدروژن، استفاده می‌شود. در آن دسته از جریان‌های فرایندی[9] که دربردارندهٔ سولفید هیدروژن هستند، این امر شناخته شده است که درجه حرارت کمینه‌ای که توسط جدول 331.1.1 مجاز شمرده شده است ممکن نیست که در محیطهای ترش[10]، باعث به‌وجود آمدن شیرینی مناسب[11] جهت مقاومت در برابر ترک تنشی سولفید[12] شود. در گزاره 5.3.1.3 از MR0175 استاندارد NACE مقادیر دقیق و مشخصی به شکل ذیل فرمول‌بندی شده است: " قطعات به هم جوش شده‌ای که از فولاد زنگ نزن مارتنزیتی و فولاد کم آلیاژ هستند می‌بایست برای تولید سختی بیشینه‌ای برابر با 22HRC، تحت دمای کمینه 620°C(1150°F) قرار گرفته و تنش زدایی شوند". نوعاً، درجه حرارت‌هایی که برای ارضای معیار حداکثر 22HRC جهت فولادهای کم‌آلیاژ لازم است می‌بایست بالاتر از 620°C(1150°F) باشند. از آنجایی که محیطهای ترش طبیعتاً محیطهایی سمی[نیز] هستند، شخص می‌بایست پیش از ساخت مطمئن شود که چرخه عملیات حرارتی پیشنهادی قادر به ارضای محدودیت‌های ناشی از سختی بیشینه باشد. برای تأیید [عملیات حرارتی و سختی حاصله] باید بر اساس شرایط توصیه شده در دستورالعمل جوشکاری جهت آزمون برش[13]، سختی سطح مقطع [قطعات جوش خورده] مورد بررسی قرار گیرد.

---

1. Dramatic Loss of Toughness
2. Fatigue Cracking
3. Stress Corrosion Cracking
4. Hydrogen Embrittlement
5. Service Conditions
6. Caustics
7. Amines (اسیدهای آمینه)
8. Gas Sweetening Operations
9. Process Streams
10. Server Sour Environments
11. Sufficient Softening (شیرینی کافی)
12. Sulfide Stress
13. Test Coupons (نمونه‌های پرشی آزمون) یا (پرش‌های آزمون)

انواع عملیات حرارتی[1]

شکل‌های چندی از عملیات حرارتی وجود دارند که هر یک برای تحقق یک وظیفهٔ معین,در نظر گرفته شده‌اند. به همین ترتیب یک چرخهٔ ویژه حرارتی برای تحقق چندوظیفه [کارکرد] در نظر گرفته می‌شود. عملیات حرارتی فهرست شده در جدول 331.1.1 از [نظام‌نامه] B31.3 به بهترین گونه‌ای، انواع عملیات حرارتی را توضیح داده است؛ چنانچه عملیات‌های حرارتی تنش‌زدا[2] را به مثابهٔ عملیات مقدماتی حرارتی جهت کاستن از تنش‌های پسماند ناشی از عملیات جوشکاری، شکل‌دهی یا خمکاری شمرده شود. چنین عملیات [حرارتی‌ای] ممکن است منجر به بهبود لوله‌شدگی [و چکش خواری]، پایین آمدن سختی(توجه داشته باشید که B31.3 پاره‌ای از محدودیت‌ها را در مورد سختی اعمال کرده است)، بهتر شدن چقرمگی و کاسته شدن از پیچیدگی مواد[3] در جریان عملیات ماشین‌کاری شوند. [نظام‌نامه] B31.3 استفاده از آنیل کردن، نرمال کردن یا نرمال کردن و تمپر کردن به‌جای عملیات حرارتی مورد نیاز پس از جوشکاری، خمکاری یا فرم‌دهی را برای به‌دست آمدن آنگونه خواص مکانیکی‌ای که بتواند مشخصات لازم مورد نیاز فلز جوش و فلزپایه را برآورده سازد، مجاز شمرده است؛ چنین جایگزینی‌ای باید به تأیید طراح برسد؛ همچنین لازم است پس از انجام عملیات فوق نتایج به تأیید طراح [¶331.2.1] برسد.

تنش زدایی[4] فولاد کربنی و کم آلیاژی باید تحت دمایی، اندکی پایین‌تر از دمای بحرانی[5] (A_1) فولاد صورت پذیرد، به همین دلیل در پاره‌ای اوقات از اصطلاح تنش‌زدایی زیر- بحرانی[6] استفاده می‌کنند(توجه داشته باشید که در دماهای زیر – بحرانی هیچگونه انتقال فازی[7] صورت نمی‌گیرد). برای مواد پرآلیاژ، همچون فولادهای زنگ نزن استنیتی، برای انجام تنش زدایی مؤثر، از آنجایی که اینگونه مواد، ذاتاً در برابر گرما و حرارت از خود مقاومت نشان می‌دهند، باید از درجات حرارت بسیار بالایی استفاده کرد. [نظام‌نامه] B31.3 انجام عملیات حرارتی را برروی فولادهای زنگ نزن استنیتی اجباری ساخته است، اما اگر عملیات حرارتی (به‌واسطه نیازهای کاردهی[8]) انجام شود باید در درجه حرارت‌هایی نزدیک به 900°C(1650°F) صورت پذیرد.

آنیل کردن[9] در دنیای عملیات حرارتی اصطلاحی رایج است؛ اما چند نوع آنیل کردن وجود دارد. آنیل کامل[10] تحت درجه حرارت بالاتر از دمای فوق بحرانی فولادهای کربنی (حدود ۲۵ تا ۵۰ درجه

---

1. Forms of Heat Treatment
2. Stress Relieving Heat Treatments
3. Distortion (کج شدگی)
4. Stress Relief
5. Critical Temperature
6. Subcritical
7. Phase Transformation
8. Service
9. Annealing
10. Full Anneal (باز پخت کامل)

سانتیگراد یا ۵۰ تا ۱۰۰ درجه فارنهایت) انجام شده و عموماً پس از آن در کوره، به آهستگی سرمایش صورت می‌پذیرد. این امر حداکثر نرم‌شدگی[1] را که منجر به پایین‌ترین سختی و استحکام می‌شود، تأمین می‌کند. یک آنیل کردن تنش زدا[2] برروی فولادهای آلیاژی و کربنی تحت دمایی پایین‌تر از درجه حرارت تحتانی بحرانی[3] صورت می‌پذیرد؛ و ممکن است به‌عنوان یک آنیل کردن تنش زدایی زیر-بحرانی[4] یا بازپخت زیر- بحرانی[5] شناخته شود. هر دو بازپخت تنش‌زدا و بازپخت کامل به‌عنوان عملیات [حرارتی] نرم‌کننده شناخته می‌شوند، دیگر تأثیرات اینگونه عملیات ممکن است حاصل چرخه‌های حرارتی، همچون تغییرات در خواص مکانیکی، فیزیکی و ریزساختاری[6] باشد. اگرچه "آنیل کردن کامل" آنگاه به کار می‌رود که "آنیل کردن" بدون استفاده از هر گونه ملایم ساز صورت گیرد، با اینحال اگر"آنیل کردن کامل"[7] موردنیاز باشد، استفاده از اصطلاح "آنیل کردن کامل" آنگاه به‌کار می‌رود که "آنیل کردن" بدون استفاده از هر گونه ملایم ساز[8] صورت گیرد، با اینحال اگر "آنیل کردن کامل" مورد نیاز باشد، استفاده از اصطلاح "آنیل کردن کامل" منجر به رخ داد شگفتی‌های چندی خواهد شد. در پاره‌ای اوقات از اصطلاح **آنیل کردن انحلالی**[9] استفاده می‌شود؛ این گزاره چیزی را توضیح می‌دهد که باید تحت عنوان **عملیات حرارتی انحلال**[10] نامیده شود. در این حالت، یک آلیاژ تحت درجه حرارت به قدر کفایت بالا قرار می‌گیرد به‌گونه‌ای که یک یا چند جزء اصلی آن در محلول جامد[11] حل شود؛ آنگاه به سرعت و به قدر کفایت سرد می‌شود تا آن اجزا را در محلول جامد نگاه دارد. عملیات حرارتی انحلال عموماً بر روی فولادهای پرآلیاژ و دیگر مواد پرآلیاژ[12] به‌منظور انحلال یک یا چند جزء اصلی برای به‌دست آوردن خواص ویژه‌ای از ماده، صورت می‌گیرد. مثلاً، پاره‌ای از لوله‌های فولادی زنگ نزن استنیتی که بر طبق ASTM a 312 خریداری شده‌اند در عملیات حرارتی انحلال مورد استفاده قرار می‌گیرند.

1. Softening
2. Stress Relief Anneal
3. Lower Critical Temperature
4. Subcritical Stress Relief Anneal
5. Subcritical Anneal
6. Microstructure
7. Full Anneal
8. Qualifier
9. Solution Anneal
10. Solution Heat Treatment
11. Solid Solution
12. High Alloy Materials

نرمال کردن[1] فولادهای آلیاژی و کربنی به‌صورت حرارت دادن آنها در یک گسترهٔ دمایی[2] مشابه آنچه که در آنیل کردن کامل انجام می‌گیرد، صورت می‌پذیرد، با این تفاوت که قسمت‌های گرم شده مجازند که در هوای راکد و بدون تلاطم و وزش سرد شوند. انجام این عملیات، اگر ساختار نُرم آنیل کردن کامل[3] مورد نیاز نباشد، در قیاس با بازپخت موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها می‌شود. نرمال کردن کردن در تصفیهٔ دانه‌بندی و همسان سازی ساختاری که منجر به چقرمگی بهتر، یکنواختی بیشتر خواص مکانیکی و لوله‌شدگی (چکش خواری) بهتر می‌شود، می‌شود.

تمپر کردن[4] *نوعی عملیات حرارتی است که پس از یک عملیات نرمال کردن برای انتقال فولادهای سخت شونده و سختی‌پذیر انجام شده و عموماً عملیات مربوط بدان‌ها پس از یک عملیات سرد ساز سریع کردن صورت می‌پذیرد. تمپر کردن در دمای کمی پایین‌تر از درجه حرارت تحتانی بحرانی صورت می‌گیرد. از اینگونه عملیات حرارتی برای کاهش سختی و بهبود چقرمگی و لوله‌شدگی (چکش خواری) به بهای کاسته شدن از استحکام، استفاده می‌کنند.

الزامات عملیات حرارتی[5]

[بند] 331.1.1¶ الزامات زیر را در مورد عملیات حرارتی اعمال می‌کنند:

a) عملیات حرارتی باید با گروه‌بندی‌های مواد و گستره‌های ضخامتی ذکر شده در جدول 331.1.1 به‌جزء مواردی که در 331.2.1¶ و 331.2.2¶ استثنا شده‌اند، منطبق باشد.

b) عملیات حرارتی که پس از جوشکاری تولید شده صورت می‌گیرد باید در WPS مشخص شده باشد و باید در دستورالعمل جوشکاری توصیف شود.

c) طراحی مهندسی باید آزمون‌ها و یا کنترل‌های کیفی‌ای که برروی محصولات (نه کمتر از الزامات B31.3) جهت حصول اطمینان از کیفیت جوش‌های نهایی و کفایت کیفی آنها صورت می‌پذیرد را مشخص سازد.

d) عملیات حرارتی برای خم‌کاری و شکل‌دهی باید با 332.4¶ منطبق باشد.

---

1. Normalizing
2. Temperature Range
3. Soft Structure
4. Tempering

*. از آنجا که tempering و quenching دارای فصل‌های مشترک مفهومی هستند وممکن است واژگان مورد استفاده برای آن‌ها یکسان باشد و نوعی اختلاط معنی را پیش آورد، لذا از واژه‌های اصلی آن‌ها استفاده می‌کنیم.نیز می‌توان از واژهٔ بازپخت برای tempering و quenching استفاده کرد.-م.

5. Heat Treatment Requirements

ضخامت‌های غالب در عملیات حرارتی جوش‌ها[1] [331.1.3¶]

[نظام‌نامه] B31.3 دربردارنده جزئیات دقیقی در خصوص قواعد حاکم بر ضخامت فلز، که موردنیاز عملیات حرارتی است، به همراه استثنائات آن است [331.1.3¶]. جدول ۸-٦ در زیر می‌تواند به‌عنوان کمک، همراه با تفسیرها و تعابیر الزامات B31.3 مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۸-۶ معافیت‌ها و ضخامت‌های غالب در عملیات حرارتی پس از جوشکاری جوش‌ها[2] (PWHT)

نوع جوش	معافیت‌ها و ضخامت غالب PWHT
جوش‌های لب‌به‌لب و جوش‌هایی که این جدول آنها را پوشش نداده است	PWHT، آن هنگام که ضخامت ضخیم‌ترین جزئی از اتصال که اندازه‌گیری شده است از حدودی که در جدول 331.1.1، بدون هیچگونه استثنایی تعیین شده است، تجاوز کند، لازم است.
جوش‌های انشعابی DWHT لازم است برای طرح‌های set-in یا set-on، با یا بدون تقویت براساس شکل 328..5.4D	هنگامی که ضخامت جوش در هر صفحه بزرگتر از دو برابر ضخامت حداقل مواد مورد نیاز عملیات حرارتی، چنان‌که در جدول 331.1.1 مشخص شده باشد، هیچگونه استثنایی وجود ندارد. به [نظام‌نامه] B31.3، جهت مددگیری، همراه با محاسبات ضخامت جوش، نگاه کنید.
جوش‌های گوشه طوقه خوابیده[3] و اتصالات درز جوش[4] با NPS2 و کوچکتر؛ و قطعاتی که تحت فشار خارجی قرار ندارند همچون آویزه‌ها[5] و نگهدارنده‌های لوله در تمامی ابعاد لوله‌ها	هنگامی که ضخامت جوش در هر صفحه بیش از دو برابر ضخامت کمینهٔ ماده مورد نیاز برای عملیات حرارتی که توسط جدول 331.1.1 معین شده است، باشد. سه استثنا این قاعده عبارت‌اند از: (۱)برای موادی که شماره P آنها برابر با یک است و دارای بعد[6] جوشی معادل با 5/8 in(16mm) یا کمتر هستند، صرف‌نظر از ضخامت فلز پایه آنها، عملیات حرارتی لازم نیست. (۲)برای موادی که شماره p آنها ۳، ٤ و ٥ بوده و یا از مواد 10A باشند، و دارای بعد جوشی معادل با ½ in(13mm) یا کمتر هستند، صرف‌نظر از ضخامت فلز پایهٔ آنها عملیات حرارتی لازم نیست؛ و پیش گرمایش آنها در جریان جوشکاری نباید از ان چیزی که توصیه شده است کمتر باشد (به جدول 330.1.1 و WPS نگاه کنید)، همچنین SMTS فلز پایه نیز نباید از 490MPa(71ksi) کمتر باشد. (۳)برای مواد فریتیک، آنگاه که با استفاده از مادهٔ پرکننده جوش می‌شوند، مواد پرکننده که در اثر تماس با هوا سخت نمی‌شوند، (به نکته ۱ نگاه کنید) انجام عملیات حرارتی لازم نیست.
نکته(۱): توجه داشته باشید که در پاره‌ای کاربری‌ها، این امر یک استثنا خطرناک بوده و باید به هشدارهای لازم در این زمینه عنایت داشت. از آنجایی که مواد پرکننده سخت نمی‌شوند، این به معنای آن نیست که آن دسته از نواحی و مناطقی از فلز پایه که تحت اثر حرارت قرار می‌گیرند نیز سخت نخواهند شد. در هر صورت به‌واسطهٔ آنکه مادهٔ پرکننده ته نشسته ممکن است در وضعیت نرم و چکش‌خواری قرار داشته باشد، نمی‌توان نتیجه گرفت که آن دسته از نواحی و مناطقی از فلز پایه که تحت اثر حرارت قرار می‌گیرند نیز در وضعیت مشابهی قرار خواهند گرفت.	

1. Governing thickness for heat treatment of welds
2. Post Weld heat Treatment (PWHT) of Welds (PWHT)
3. Slip-On Socket
4. Seal Welded Connections
5. Lugs
6. Throats

روش‌ها و تجهیزات عملیات حرارتی[1]

[نظام‌نامه] B31.3 هیچگونه محدودیتی را در خصوص روش‌ها و تجهیزات گرمایشی تحمیل نمی‌کند و این نظام‌نامه صرفاً مشخص ساخته است که روش‌های گرمایش باید دمای لازم برای فلز، یکنواختی دمایی فلز و کنترل درجه حرارت را تأمین کند؛ و سپس [نظام‌نامه B31.3] روش‌هایی را که ممکن است در گرمایش به‌کار روند، همچون گرمایش توسط کوره، گرمایش به‌وسیله شعلهٔ موضعی[2]، مقاومت الکتریکی، القای الکتریکی و واکنش شیمیایی حرارت‌زا[3]، فهرست کرده است[331.1.4¶].

روش‌های گرمایشی که در عملیات حرارتی و منبع انرژی، طبقه‌بندی شوند. تأسیسات را می‌توان برمبنای گزاره‌هایی همچون عملیات حرارتی موضعی[4] و عملیات حرارتی کوره‌ای[5] توضیح داد.

a) در عملیات حرارتی موضعی، نوار باریکی از فلز تحت اثر گرمایش قرار می‌گیرد. در حالت عادی، نواری که عملیات حرارتی روی آن صورت می‌گیرد، ثابت و ایستا است؛ لیکن در پاره‌ای از عملیات کارخانه‌ای، نوار حرکت می‌کند. مثال‌هایی از نوارهای متحرک در عملیات دمایی درون رشته‌ای[6] که در جریان تولید لوله تمپر و سریع سرد شده مورد استفاده قرار می‌گیرند و [نوارهای متحرکی که] در عملیات گرمایش موضعی به‌کار رفته در ساخت و تولید نوارهای القایی استفاده می‌گردند، مشاهده می‌شود.

b) به‌طور کلی، در عملیات حرارتی کوره‌ای گرمایش در داخل کوره‌ای که قبلاً ساخته شده است، انجام می‌شود. در هر حال امکان دارد که تأسیسات موقتی عملیات حرارتی که گستره‌ای از جعبه‌های ساده خوب عایق شده را، به این منظور، [برای انجام عملیات حرارتی] کوره‌های پیچیده قابل حمل در بر می‌گیرد، (به‌عنوان مثال در کارگاه) ساخته شوند.

چند گونه منبع انرژی وجود دارد که در عملیات حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرند و منابع رایج تجاری انرژی گرمایی و مشخصه‌های آنها در زیر تشریح شده‌اند:

a) از اشتغال سوخت‌های هیدروکربنی[7]، همچون گاز طبیعی، به‌عنوان منبع رایج و متداول انرژی برای کوره‌های موقت و دائم، هر دو، استفاده می‌شود.

b) آنگاه که جریانی الکتریکی از سیم‌های ساخته شده از فلزی با مقاومت الکتریکی بالا عبور می‌کند، گرمای حاصل از مقاومت الکتریکی[8] به‌وجود می‌آید. جریان برق باعث افزایش حرکت اتم‌ها در سیم شده و همان امر باعث آزاد شدن انرژی به شکل گرما می‌شود. در فروشگاه‌ها، گسترده‌ای از

---

1. Equipment & methods of heat treatment
2. Local flame heating
3. Exothermic chemical reaction
4. Local heat treatment
5. Furnace heat treatment
6. In-line temperature operations
7. Burning hydrocarbon fuel
8. Electric resistance heat

اجزای گرمایشی[1] با شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون که به هر گونه هندسه‌اش قابل کیپ شدن و جفت شدن هستند، در دسترس است. گرم‌کن‌ها قابل انعطاف و بادوام بوده و استفادهٔ از آنها برای انجام عملیات حرارتی موضعی جوش‌ها در طول [یا در جریان] ساخت کارگاهی[2] رایج است. اگرچه اجزای مقاومتی ممکن است باعث انهدام یا اتصال کوتاه شدن لوله شوند، با اینحال برای استفاده از گرمای مقاومت الکتریکی، حمایت‌ها و حفاظت‌های[3] پیشرفته متعددی وجود دارد، به‌ویژه برای عملیات حرارتی موضعی جوش‌ها.

i. گرما می‌تواند به‌گونه‌ای پیوسته و برابر اعمال شود.

ii. می‌توان درجه حرارت را به سرعت و دقت تنظیم کرد.

iii. جوشکارها می‌توانند نسبتاً راحت کار کنند. در پیش گرم‌کردن، لازم نیست برای بالا بردن دمای پیش گرم کردن متناوباً کار را متوقف کرد.

iv. ورودی گرما می‌تواند نسبتاً سهل و آسان صورت پذیرد، به‌عنوان مثال برای کنترل میزان حرارت به‌کار رفته برای اتصال مقاطعی که ضخامت نامتشابهی دارند و یا برای اتصال ربع دایره‌های مختلف؛ همچون شیرهایی که از داخل به لوله جوش شده‌اند[4].

c) با استفاده از واکنش شیمیایی‌ای که در خلال آن از صفحات حرارت‌زا[5] سود جسته‌ایم، می‌توان گرما تولید کرد. ترکیب شیمیایی در صفحات گرمایی حرارت‌زا، ترکیباتی خاص هستند؛ به گونه‌ای که موادی که با چنین صفحاتی وارد واکنش می‌شوند، گرما آزاد می‌کنند. چرخه‌های گرمایشی[6] براساس اندازه، شکل[7] و مقدار گرمایی که در اثر حرارت‌زایی شارژ می‌شود کنترل می‌گردند؛ همچنین این چرخه‌ها توسط اندازه، شکل و جرم جزئی که تحت عملیات حرارتی قرار می‌گیرد؛ و شرایط اقلیمی موضع و محل مهار می‌شوند. اگر چه صفحات حرارت‌زا قابلیت حمل و نقل و جابه‌جایی پیشرفته‌ای داشته و هزینهٔ سرمایه‌گذاری برای تهیه تجهیزات را کاهش می‌دهند و آموزش بهره‌برداری از آنها نیز سهل و آسان است، با اینحال دو محدودیت عمده و اصلی دارند:

i. اگر صفحه یک بار مشتعل شده باشد، هر گونه تنظیم دوباره و بیشتر آن بسیار دشوار است.

---

1. Heating elements
2. Field construction
3. supporting
4. Weld-in valves
5. Exothermic kits
6. Heating cycles
7. Shape

ii. ارضای الزامات نظام‌نامه‌ای و کارفرمایی در مورد نرخ گرمایش[۱]، زمان نگهداری[۲]، نرخ سرمایش[۳]، همواره دشوار یا ناممکن است.

به همین دلایل، استفاده از صفحات گرمازا توسط مشخصات ارائه شده از سوی پاره‌ای کارفرمایان، ممنوع شده است. به‌جز موارد نادری که از آنها در نقاط دوردست همچون سایت‌های حفاری[۴] استفاده می‌شود. کاربرد رضایت بخش صفحات گرمازا، مستلزم طراحی دقیق، محافظت مناسب و سنجش هر آن چیزی است که احتمالاً به‌وقوع[۵] می‌پیوندد.

d) گرم کننده‌های تشعشعی از تشعشع فروسرخ (مادون قرمز) تولید شده توسط لامپ کوارتز و یا اشتعال گاز برای گرمایش استفاده می‌کنند. تشعشع مادون قرمز[۶] شکلی از تشعشع الکترومغناطیسی[۷] است که رفتار آن مشابه **رفتار نور**[۸] است. شدت تابش متناسب با مربع (توان دوم) فاصله بین منبع صادر کننده گرما و قسمتی که حرارت داده می‌شود، دستخوش تغییر و انحراف می‌شود. تابشی که به یک قسمت [از فلز یا ماده] می‌رسد، جذب شده و باعث افزایش دمای قطعه، یا بازتابش (و اتلاف) آن می‌شود. به همین دلیل، وضعیت سطح فلز برروی بازدهی این فرایند تأثیر عمده‌ای خواهد داشت؛ بنابراین وضعیت‌های [سطح] مربوط به گرمکن و قطعه، از آنجایی که باید برای گرمایش مؤثر، گرم کن به نوعی با قطعه در رابطه قرار گیرد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

e) عبور جریانی متناوب (ac) از چنبره‌های القایی[۹]، تولید حرارت می‌کند. میدان مغناطیسی متناوب[۱۰] به همراه و دستیابی میدان الکتریکی متناوب[۱۱] در فلز نفوذ کرده آن را گرم می‌کند، استحکام و راستای قطبی شدن آن را تحت جریان الکتریکی[۱۲] متناوب تغییر داده و در قطعه‌ای که تحت عملیات حرارتی قرار می‌گیرد، جریانات ادی[۱۳] تولید می‌کند. افزایش، بالا رفتن و انحلال و فروپاشی[۱۴] میدان‌های

---

1. Heating rate
2. Holding time
3. Cooling rate
4. Drilling sites
5. Contingency measurs
6. Infrared Radiation
7. Electromagnetic Radiation
8. Induction coils
9. Similary to Light
10. Alternating Magnetic Field
11. Alternating Electrical Field
12. Alternating Electrical Current
13. Eddy Current
14. Collapse

مغناطیسی و جریانات عادی به‌وجود آمده، جابه‌جایی و حرکت اتمی را تحریک کرده و باعث آزاد شدن حرارت در درون قطعه می‌شود.

سنجش دما[1]

[نظام‌نامه] B31.3 هیچگونه محدودیتی را در رابطه با ابزارها و ادواتی که توسط آنها درجه حرارت تحقیق و رسیدگی می‌شود، اعمال نکرده است [¶331.1.6]. اگر چه آلات وابزارهایی همچون ترسیم گرهای ثبت دما[2]، گرماسنج‌ها[3] و آذرسنجی‌های چشمی[4] ممکن است به‌کار گرفته شوند، با اینحال معمولاً از آذرسنج‌های ترموکوپل دار[5]، برای سنجش و ثبت دمای سطوحی که تحت عملیات حرارتی قرارگرفته‌اند، استفاده می‌شود. برای سنجش مناسب دما، انتهای داغ[6] اتصال ترموکوپل، باید به‌طور مستقیم با سطح لوله در تماس باشد و یا به ترمینالی که به لوله متصل است، و دارای همان دمای لوله است، فرو برده شود.

[نظام‌نامه] B31.3 هیچگونه محدودیتی را در مورد چگونگی اتصال ترموکوپل و روش‌های آن اعمال نمی‌کند. برای چنین اتصالی ممکن است پاره‌ای ملاحظات کارگاهی توسط شخص در نظر گرفته شود؛ به همین دلیل اتصال ترموکوپل‌ها ممکن است با استفاده از نوارهای فولادی، سیم، آلات مهار کننده‌ای که به همین منظور خاص در نظر گرفته شده است، یا فلز جوش، صورت پذیرد. مناسب بودن هر یک از این روش‌ها باید به‌وسیلهٔ مشخصاتی که در جریان طراحی مهندسی تهیه شده و یا توسط کارکنان QA/QC که ناظر و شاهد عملیات هستند، معین شود. به‌عنوان مثال، نوارهای فولادی یا سیم‌ها می‌توانند در جریان انجام عملیات حرارتی شل شوند؛ به گونه‌ای که ترموکوپل مدت درازی در تماس با سطح نباشد؛ همین امر منجر به بروز خطا در خواندن درجه حرارت می‌شود. ابزارهای مهارکننده‌ای که به همین منظور تعبیه شده‌اند نیز شل می‌شوند؛ استفاده از این مهارکننده‌ها به قطعه‌ای که تحت عملیات حرارتی قرار گرفته است آسیب وارد می‌آورد. استفاده از فلز جوش برای ثابت ساختن ترموکوپل بر سطح لوله باعث تغییر در ترکیب اتصال شده و منجربه خطا در سنجش دما خواهد شد. تجربیات و آزمون‌های حاصله برروی ترموکوپل‌هایی که اتصال آنها با استفاده از جوشکاری تخلیهٔ انباره [یا خازن][7] نشان می‌دهد که این فرایند خوب کار کرده و پاسخ لازم را ارائه می‌دهد. [نظام‌نامه] B31.3 دربردارندهٔ گزاره‌هایی است که اتصال ترموکوپل‌ها به لوله را با استفاده از جوشکاری تخلیهٔ انباره [خازن] بدون نیاز به دستورالعمل و مشخصات کارکردی جوش، مجاز می‌شمارد[¶330.1.3(b), ¶331.1.6].

---

1. Temperature Measurement
2. Temperature Indicating Cryons
3. Thermometers
4. Optical Pyrometers
5. Thermocouple Pyometers
6. Hot end
7. Capacitor Discharge Welding

[نظام‌نامه] B31.3 تعداد ترموکوپل‌های مورد نیاز و محل اتصالات و جای‌گذاری آنها را نشان نمی‌دهد. اگر چه این مسائل بیشتر به مشخصه‌های ساخت مربوط می‌شود، اما با همهٔ این احوال می‌توان منابع اندکی را که موجب خطای اندازه‌گیری می‌شوند توضیح داده و معین ساخت.

a) افزایش گرما[1]. در عملیات حرارتی موضعی، درجه حرارت اندازه‌گیری شده در بالای لوله، بالاتر از دمای سنجیده شده در پایین و زیر لوله است. نوعاً، همچون موردی که قطر زیاد می‌شود، برای ورود مجاز گرمای بیشتر به اطراف و جوانب لوله و پایین آن، به میزانی بیش از گرمای سطح فوقانی لوله، طی مراحل چندی ضروری است. نیاز به نقاط بیشتری جهت سنجش درجه حرارت و کنترل گرمایش، مفاهیمی تجاری دارند.

b) لوله‌ای که در جوار منبع گرمایی قرار می‌گیرد، داغ‌تر می‌شود. در جریان انجام عملیات حرارتی موضعی، لوله، به‌طور معمول از خارج تحت اثر حرارت قرار می‌گیرد، [سطح خارجی آن]، به گونه‌ای که سطح داخلی لوله اندکی خنک‌تر از سطح خارجی آن می‌شود، [میزان این اختلاف دمای داخل و خارج] به ضخامت لوله و میزان کشیدگی آن، که برای جلوگیری از آن، عایق‌کاری می‌شود، بستگی دارد. اگر مثلاً لوله‌دارای سوراخی بود، که آن را با یک توپی نگرفته باشند و باد از همان سوراخ به درون لوله رسوخ کند، باید انتظار یک اختلاف درجه حرارت ذاتی و [اساسی] را بین سطح داخلی و خارجی لوله در جریان عملیات حرارتی داشت. از آنجایی که عملیات حرارتی، برای کاربری خاص صورت می‌گیرد و در کاربری‌ها، سطح داخلی لوله است که در تماس با سیالات قرار دارد، در هر گونه عملیات حرارتی باید مطمئن شد که سطح داخلی به میزان کافی حرارت دیده است (و سطح خارجی بیش از اندازه گرما ندیده است).

c) درجه حرارت سطح چنبره مقاومتی یا دیگر منابع تولید حرارت تابشی، به‌طور قابل ملاحظه‌ای از [درجه حرارت] لولهٔ گرم شده بالاتر است. اگر اتصال داغ ترموکوپل از منبع حرارت، با عایق کاری جدا نشود، درجه حرارتی که خوانده می‌شود بسیار بالاتر از درجه واقعی حرارت سطح لوله خواهد بود.

d) سیم‌های ترموکوپل برروی سطح لوله، باید در زیر عایق قرار گیرند. اگر سیم‌ها، از سر عایق [یا از انتهای عایق] در روی سطح لوله بیرون بزنند، ممکن است حرارتی که از اتصال داغ عبور می‌کند هدر رفته و در نتیجه درجه حرارت خوانده شدهٔ سطح لوله، از مقدار واقعی پایین‌تر باشد.

e) اگر تمامی سیم‌هایی که از اتصال داغ[2] به سوی اتصال سرد[3] امتداد یافته‌اند، دارای ترکیبی مشابه با سیم ترموکوپل نباشند، ممکن است در اندازه‌گیری‌ها خطا ایجاد شود. [هرگز] به‌طور ناگهانی، سیم‌ها را در نقطه اتصال سروته[4] نگردانید.

---

1. Heat Rises
2. Hot junction
3. Cold junction
4. Reverse

f) مطمئن شوید که ادوات ابزار دقیق به‌طور مناسبی کالیبره شده باشند. جریان‌هایی که به‌وسیلهٔ باطری تولید شده و کار می‌کنند باید در فواصل زمانی قاعده‌مندی کالیبره شوند؛ همچنین خروجی منابع قابل تنظیم [یا تنظیم شده] توان[1] نیز باید هر از چندگاهی برای سنجش دقت آنها، کنترل شوند.

g) ترموکوپل‌های آسیب دیده یا کثیف شده و ملحقات آنها می‌توانند منجر به بروز خطا در اندازه‌گیری شوند به همین منظور لازم است که به‌طور قاعده‌مندی اینگونه آسیب‌های فیزیکی (خم‌های منفصل[2]، پیچ‌خوردگی‌ها[3]، سیم‌های شکسته شده[4]، پاشیدگی جوش[5]، تفاله یا گدازه گیر افتاده بین سیم‌ها[6]) مورد بررسی قرار گرفته و کنترل شوند.

نرخ‌های گرمایش و سرمایش[7] [¶331.1.4]

[نظام‌نامه] B31.3 هیچگونه ممنوعیتی را بر نرخ‌های گرمایش و سرمایش اعمال نمی‌کند [¶331.1.4]. الزامات UCS-56، قسمت ۱، بخش IIII از ASME به طور متناوب اعمال می‌شوند، لیکن مواردی نیز وجود دارند که پس از آنکه مدت زمانی نسبتاً طولانی حرارت داده شد، عایق و چنبره‌ها به‌طور ناگهانی شکافته می‌شوند. در حرفهٔ تنش‌زدایی، زمان پول است، به‌ویژه اگر انجام دهنده عملیات حرارتی با جوش یا روش‌های تمرکز دهندهٔ حرارت[8] کار کند. چنانچه کنترل نرخ‌های گرمایش و سرمایش لازم باشد، باید براساس مشخصات و دیگر اسناد و مدارک قراردادی عمل شود.

آزمون‌های سختی[9] [¶331.1.7]

[نظام‌نامه] B31.3 گزاره‌های زیر را در رابطه با انجام آزمون سختی ارائه می‌دهد. برای بررسی رضایت‌بخش بودن عملیات حرارتی، انتظار می‌رود که در مورد جوش‌های ایجاد شده، لوله‌کشی‌هایی که شکل‌دهی داغ شده و یا به‌طور گرم لوله‌ها خم شده‌اند، آزمون‌های سختی انجام شوند. حدود سخت که در آزمون‌های سختی جوش و منطقه‌ای که تحت اثر گرما قرار گرفته است (HAZ)، به باریکی لبهٔ جوش است. [از نظر اجرایی]

a) در جایی که حد سختی که در جدول 331.1.1 مشخص شده، از ۱۰ درصد جوش‌ها، خم‌های داغ و اجزایی که به‌طور داغ شکل‌دهی شده‌اند، در هر دسته‌ای که در کوره تحت عملیات حرارتی قرار

1. Regulated Power Supplies
2. Server Bends
3. Kinks
4. Partially Broken Wires
5. Weld Spatter
6. Slag Trapped Between Wwires
7. Heating & Cooling Rates
8. Lump Sum
9. Hardness Tests

می‌گیرد و از ۱۰۰ درصد آن چیزی که به‌طور موضعی عملیات حرارتی می‌شود کمتر باشد، باید آزمون سختی صورت گیرد.

b) هنگامی که فلزات نامتشابه با جوشکاری به یکدیگر متصل می‌شوند، برای هر ماده، محدوده‌های سختی مشخص شده برای مواد پایه و جوشکاری آمده در جدول 331.1.1 می‌بایست مدنظر گیرند.

[نظام‌نامه] به تشریح جزئیات فنی لازم برای دستیابی به دقت و ارزیابی سختی جوش ایجاد شده نمی‌پردازد. در عوض، مشخصات کارفرما به‌عنوان راهنمایی عمل در این مورد ساده توصیه می‌شود ولی غالباً روش آزمون به‌صورت نادرست و بد به‌کار می‌رود. مشخصات کارفرمایی باید اندازه کنگره‌های سختی[1] مرتبط با اندازهٔ نواحی جوشی که اندازه‌گیری می‌شوند، تهیه و آماده سازی سطح جوش، روش‌های جاگذاری[2] نواحی مورد نظر، و الزامات مربوط به آموزش کارکنان برای آزمون سختی را مدنظر قرار دهد.

1. Hardness Indentations
2. Locating (مکان یابی)

فصل هفتم

بازرسی، امتحان و آزمایش[1]

پیشگفتار[2]

بازرسی، امتحان کردن و آزمودن فعالیت‌هایی هستند که برای حصول اطمینان از اینکه سیستم‌های لوله‌کشی حداقل الزامات نظام‌نامه B31.3 و طراحی مهندسی را رعایت کرده‌اند، انجام می‌گیرند. مواردهایی که بر اینگونه فعالیت‌ها حاکم‌اند را می‌توان در فصل VI از [نظام‌نامه] B31.3 (بازرسی، امتحان و آزمایش) یافت؛ همچنین گزاره‌های حاکم بر الزامات اضافی را در فصل VIII (لوله‌کشی برای کاربری سیال از نوع M) و فصل IX (لوله‌کشی فشار بالا) می‌توان جست.

بازرسی در برابر امتحان کردن[3]

تحت عنوان قواعد ساخت [نظام‌نامه] B31.3، باید به این نکته توجه شود که بازرسی و امتحان کردن دارای معانی یکسانی نیستند. در جدول ۱-۷ مشخصه‌های معین تعریف شده برای هر یک از این فعالیت‌ها، با یکدیگر مقایسه شده‌اند. اگرچه فعالیت‌های کاری یک بازرس و یک ممتحن دارای مشابهت‌های فراوانی است، با اینحال باید مسئولیت هر یک را در زمینهٔ فعالیت‌های مربوط بدان‌ها، از یکدیگر تمیز داد. توانایی ما در تمیز و تشخیص، رجحان دادن یکی بر دیگری با توسعه و بسط مفاهیم کیفیت[4] و کنترل کیفیت[5] در درون صنعت لوله‌کشی، بهبود می‌یابد.

---

1. Inspection, Examination, & Testing
2. introdduction
3. Inspection versus Examination
4. Quality assurance
5. Quality Control

جدول ۱-۷ مقایسهٔ تشریحی بازرسی و امتحان کردن

	بازرسی [340.1, ¶340.2]	امتحان‌کردن[341.1, ¶341.2]
مسئولیت جمعی:	کارفرما	تولیدکننده، سازنده یا نصب‌کننده
مسئولیت فردی:	بازرس کارفرما یا نمایندگان بازرس کارفرما.	کارکنان بخش امتحان کردن(QC)
شرح کار:	بررسی کردن و حصول اطمینان از اینکه همهٔ آزمون‌ها و امتحانات کامل شده باشند. بازرسی لوله‌کشی و حصول اطمینان از برآورده شدن همهٔ الزامات کاربردی امتحان کردن نظام‌نامه و طراحی مهندسی.	اجرای امتحاناتی که توسط B31.3 الزام شده است (که غالب دستورالعمل‌های QC را قربانی تکمیل کردن امتحانات می‌کنند.)
وظیفهٔ مقدماتی	تضمین کیفی، شامل ممیزی کیفیت	کنترل کیفیت

الزامات نیروی انسانی[1] [¶341]

شرایط مربوط به بازرسان کارفرما و ممتحن‌ها ، به ترتیب در ¶340.4 و ¶342 بیان شده است. در جدول ۲-۷ بر اساس مشخصات معین و تعریف شده برای بازرس و ممتحن، شرایط این دو مقایسه شده است.

جدول ۲-۷ مقایسهٔ الزامات بازرس‌ها و ممتحن‌ها

	بازرسان کارفرما [¶340.4]	کارکنان امتحان‌کردن [¶342.1, ¶342.2]
انتخاب	بازرسان [1] باید توسط کارفرما انتخاب شوند، بازرسان می‌توانند کارفرما یا فردی در استخدام کارفرما و یا فردی از بخش علمی یا مهندسی، یا یک شرکت رسمی بیمه یا یک شرکت بازرسی رسمی که به‌عنوان عامل کارفرما عمل می‌کند، باشند.	B31.3 هیچگونه فهرستی از الزامات ویژه را ارائه نکرده است. ممتحن‌ها عموماً از کارکنان تولیدکننده، سازنده یا نصاب و یا از کارکنان پیمانکاران دست دوم تولیدکنندگان، سازندگان یا نصب‌کننده‌ها هستند.
ممنوعیت‌ها	بازرسان نباید از کارکنان تولیدکنندگان، سازندگان یا نصاب سیستم‌های لوله‌کشی ویا معرفی شده از طرف آنان باشند؛ مگر اینکه کارفرما خود تولیدکننده، سازنده یا نصاب باشد.	انجام امتحاناتی در حین فرایند باید توسط کارکنانی، به غیر از آنها که درگیر کار تولید هستند، انجام شود [342.2¶].

1. Personnel requirements

	بازرسان کارفرما [¶340.4]	کارکنان امتحان‌کردن [¶342.1,¶342.2]
مدارج تحصیلی و تجربه‌کاری	B31.3 به بازرسانی که بیش از ۱۰ سال یا ۱۰ سال تجربه در طراحی، ساخت، یا بازرسی در صنعت لوله‌کشی را داشته باشد نیازمند است [3]. در هر حال ۲۰ درصد از مدت زمانی که یک فرد کار کرده و سپس موفق به اخذ درجه مهندسی‌ای شده که توسط هیئت معتبر عامل مهندسی و تکنولوژی[1] به رسمیت شناخته می‌شود، معادل یکسال تا ۵ سال تجربه‌کاری محسوب می‌شود.[¶340.4(b)]	در رابطه با گواهینامه و شرایط کارکنان B31.3 الزامات سخت و شدیدی را اعمال نکرده است. [این نظام‌نامه] خیلی ساده مقرر داشته است که "ممتحن‌ها باید آموزش دیده و تجربهٔ مناسبی را در رابطه با امتحان‌هایی که معین شده‌اند، داشته باشند". به‌عنوان یک مرجع به [¶342.1] بازگشت کنید، برای ارزیابی کارکنان، B31.3، SNT-TC-1A را تهیه کرده است که می‌تواند به‌عنوان یک راهنما مورد استفاده قرار گیرد. [2]
گواهینامه‌ها	هیچگونه الزامی مقرر نشده است.	B31.3 نیازمند ارائهٔ گواهی‌هایی از سوی امتحان کنندگان دال بر مدت زمان کاری و نتایج فعالیت‌های آنان است، این گواهی‌ها باید نگاهداری شده و جهت ارائه به بازرس در دسترس باشند.

(۱) اصطلاح بازرس، که در انطباق با نظام‌نامه B31.3 مورد استفاده قرار می‌گیرد، الزاماً به معنی بازرس مجازی[2] که در دیگر بخش‌های نظام‌نامه ASME از آن یاد شده است نیست.

(۲) از آنجایی که SNT-TC-1A به‌طور مشخص یک سند کاربردی است، اگر از دیگر اسناد و مشخصات معادل استفاده شود، باید به‌طور مشخص مورد در اسناد قرار داد ذکر شود، در غیر این‌صورت، برای سطح شرایط (I، II یا III) باید بر اساس الزامات مربوط به بخش‌های خاصی از کار مشخص شوند. به‌عنوان مثال برای جوش‌های لب‌به‌لب محیطی در یک سیستم لوله‌کشی فرایندی که در معرض عمل پرتونگاری قرار دارد، شرایط رادیوگرافی سطح I از ASNT باید کفایت کند. برای تفسیر نتایج پرتونگاری‌ها، شرایط پرتونگاری سطح II از ASNT معین شده است. در مواردی که تفسیر پرتونگاری‌ها محل اختلاف است، دسترسی به شرایط سطح III از ASNT برای امتحان کننده پرتونگاری مطلوب است.

(۳) B31.3 روش‌هایی را برای اطمینان از ارضای الزامات توسط بازرسان تجویز نمی‌کند. برخی سازمان‌ها برای ارزیابی شرایط بازرسان و امتحان‌کنندگان دست به اجرای پاره‌ای سیستم‌های آزمایشی می‌زنند. غالب این آزمون‌ها مکتوب (کتبی) بوده و می‌توانند مبنای تئوریک و دانش کاندیدای بازرسی را بازتاب دهند، اما الزاماً این آزمون‌ها نمی‌توانند منعکس کننده تجربه کاری[3] نامزد بازرسی باشند. بنابراین یک راه خوب داوری، اجیر کردن بازرسان باتجربهٔ کارفرماست.

1. Accreditation Board for Engineering & Technology
2. Authorized Inspector
3. Field Experience

امتحان کردن [¶341][1]

برای غالب کاربران نظام‌نامه B31.3، نیازها و موارد امتحان کردن می‌تواند حاصل جمع پرسش‌های زیرین باشند:

a) چه مواردی باید امتحان شوند؟

b) چه نوع امتحاناتی در مورد موارد فوق باید انجام شوند؟

c) چه هنگام باید امتحان صورت گیرد؟

d) چه مقدار باید امتحان انجام شود؟

e) چگونه باید امتحان کردن را راهبری و هدایت کرد؟

f) استانداردهای کاربردی مورد قبول هر امتحانی، کدام‌ها هستند؟

g) در صورت عدم انجام امتحان، چه مواردی باید ذکر شده و مدنظر قرار گیرند؟

پرسش‌های بالا بسیار ساده به نظر می‌رسند، اما یافتن پاسخ مناسب برای آنها می‌تواند باعث اتلاف و هدر رفتن وقت شود؛ به‌ویژه از آنجایی که واژگان آن متناقص و خارجی بوده می‌تواند برای پاره‌ای از کاربران، گیج کننده باشد. هنگامی که الزامات امتحان کردن برای پروژه‌ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (به دیگر سخن به هنگام پاسخ به پرسش‌های بالا)، نقطهٔ معمول شروع مرور [نظام‌نامه] B31.3 و مواردهای قرارداد است که طی آنها الزامات امتحان کردن فهرست‌بندی شده و درصورت لزوم با جدول‌بندی‌هایی تکمیل شده‌اند. در این فصل برای روشن ساختن الزامات امتحان کردن [نظام‌نامه] B31.3 از چندین جدول کمک گرفته شده است. توجه داشته باشید که این جداول مبین تفسیر نگارنده از الزامات B31.3 است. این جداول باید با دقت مرور شده و بر اساس ضرورت‌های اولیه جهت استفاده در پروژه، تکمیل شوند.

چه بخش‌هایی باید امتحان شوند؟[2]

غالب الزامات مربوط به امتحان کردن برروی جوش‌ها انجام می‌گیرند، اما در مورد موارد دیگری همچون خم‌ها و ریختگی‌ها نیز لازم است که امتحان‌هایی انجام شود. مواردی که نیازمند امتحان کردن هستند، به نوع کاربری سیال مربوط می‌شوند. ستون‌های سمت راست جداول ٤-٧ و ٥-٧ چند موردی را که با توجه به دسته‌بندی کاربری‌شان نیازمند به امتحان هستند، فهرست کرده‌اند.

چه نوع امتحاناتی برروی بخش‌ها باید انجام شوند[3]؟

[نظام‌نامه] B31.3 هفت **نوع امتحان کردن** را فهرست کرده است:

---

1. Examination
2. What Items Must be Examined?
3. What Types of Examination Must be Applied to The Items?

۱. امتحان[۱] چشمی [¶344.2]
۲. امتحان با ذرهٔمغناطیسی [¶344.3]
۳. امتحان با مایع نافذ [¶344.4]
٤. امتحان پرتونگارانه [¶344.5]
٥. امتحان اولتراسونیک [¶344.6]
٦. امتحان در حین طی شدن فرایند[۲] [¶344.7]
۷. امتحان پیاپی[۳] [¶341.3.4]

پنج نوع نخست امتحان کردن به **روش‌های امتحان کردن**[۴] اشاره دارند که می‌توان آنها را با رجوع به ماده۱، بخش V از [نظام‌نامه] ASME به اجرا در آورد. امتحان پیاپی نیز درواقع به‌عنوان نوعی امتحان شناخته می‌شود؛ اگر چه از این روش صرفاً هنگامی‌که توسط امتحان اتفاقی یا نقطه‌ای[۵]، معایب آشکار شده باشد، استفاده شود.

یک روش NDE (امتحان غیر مخرب) عموماً براساس واسطهٔ جستجوگری[۶] که در مورد سطح معیوب وناپیوستگی‌های داخلی مواد، جوش‌ها و قطعات و اجزای ساخته شده مورد استفاده قرار می‌گیرد، توضیح داده می‌شود. در روش پرتونگارانه[۷] از تابش الکترومغناطیسی و در روش اولتراسونیک از امواج صوتی فرکانس بالا (ماوراء صوتی[۸]) به‌عنوان واسطهٔ جستجوگر استفاده می‌شود(به جدول ۳-۷ نگاه کنید).

فن NDE[۹] طریقی خاص از استفادهٔ از روش NDE به‌طور علمی است [ماده۱۰[۱۰]، بخش V از ASME]. به‌عنوان مثال، یک جوش می‌تواند با استفاده از روش اولتراسونیک و سود جستن از فن موج برشی[۱۱]، که در این فن شعاع صوتی[۱۲] در وجه[۱۳] برشی منتشر می‌شود، مورد امتحان قرار گیرد.

---

۱. برای تمایز ترجمه واژگان Examination از testing، برای اولی فارسی "امتحان" و برای دومی "آزمون" یا "آزمایش کردن" را برگزیده‌ایم.

2. In-Process Examination
3. Progressive Exam
4. Methods of Examination
5. Spot or Random Examination
6. Probing Medium
7. Radiographic Method
8. Ultrasound
9. NDE Technique
10. Article 1
11. Shear wave
12. Sound beam
13. mode

یک دستورالعمل NDE یک توالی پیشنهادی ار فعالیت‌هایی است که توضیح می‌دهند چگونه یک فن ویژه باید به‌کار زده شود [ماده۱، بخش V از ASME].

جدول ۳-۷ روش‌های NDE، حروف اختصاری و واسطه‌های جستجوگر

روش NDE	حروف اختصاری	واسطه جستجوگر
روش چشمی	VT	نوع مرئی
روش ذرهٔ مغناطیسی	MT	میدان مغناطیسی
روش مایع نافذ	PT	مایع
روش پرتونگارانه	RT	تشعشع الکترومغناطیسی
روش اولتراسونیک	UT	امواج صوتی فرکانس بالا
نکته: حروف "T" استفاده شده در فوق نشان دهندهٔ "Test" [۱] است که از واژگان استفاده شده توسط انجمن امریکایی آزمون غیر مخرب[۲] (ASNT) مشتق شده است.		

چه هنگام باید امتحان صورت گیرد[۳] ؟

[نظام‌نامه] B31.3 اطلاعات زیر را در رابطه با زمان‌بندی امتحانات ارائه می‌کند:

a) پیش از بهره‌برداری اولیه باید امتحانات مقدماتی لازم انجام شوند.[¶k341.3.1 , ¶341.3.1]

b) برای موادی که شمارهٔ p آنها 5,4,3 است، باید پس از تکمیل شدن هرگونه عملیات حرارتی امتحانات انجام شوند [¶341.3.1(a)]. دلیل اولیه این الزام افزایش خطر پیش گرمایش ترک‌خوردگی‌هایی است که با فولادهای کم‌آلیاژ همبسته و همراه هستند. مواد لوله‌کشی فشار بالا که مورد عملیات حرارتی واقع می‌شوند، [¶k341.3.1] نیازمند انجام پس از تکمیل عملیات حرارتی هستند.

c) برای اتصالات فرعی جوش شده [یا انشعاب جوشی]، باید پیش از افزودن هرگونه بالشتک یا زین تقویت کننده[۴]، امتحانات و عملیات مرمت صورت پذیرد[¶341.3.1(b)]. این الزام از طبیعت عمل[۵] سرچشمه می‌گیرد و هدف آن نیز پرهیز از انجام هرگونه کاری است که دسترسی‌ها را محدود و ممنوع ساخته و یا باعث تداخل ناشی از بالشتک گذاری و یا زین گذاری دوباره می‌شود، است.

---

۱. آزمودن

2. American Society for Nondestructive Testing

3. When Must the Item Be Examined?

4. Reinforcing pad or Saddle

5. Practical Nature

به چه میزان باید امتحان صورت گیرد[1] ؟

تعیین مقدار و میزان مورد نیاز امتحان در گرو پاسخ به دو پرسش زیر است:

a) چه تعداد از قطعات (اقدام)، با روش معین امتحان شوند؟ (حدکمی)

b) چه تعداد از هر یک از اقلام باید به‌طور روشمند مورد امتحان واقع شوند به (حداقلام)

تعداد اقلامی که به امتحان کردن نیازمندند (حد کمی[2])

تعداد اقلامی که باید با روش‌های علمی امتحان کردن، مورد امتحان واقع شوند برحسب درصدی از کل اقلام بیان می‌شود (به‌عنوان مثال 5%، 100%). این [درصد] درگام نخست به نوع کاربردی سیال(که در فصل بعد توضیح داده می‌شود)، آنگاه به نوع اقلامی که باید مورد امتحان واقع شوند (همچون جوش، گونهٔ جوش، نوع جزء، دنده‌ها) و نهایتاً به نوع امتحانی که باید انجام شود، وابسته است. پاره‌ای از گزاره‌های نظام‌نامه‌ای که میزان امتحان کردن را مورد بحث قرار داده‌اند عبارت‌اند از 341.4¶، k341.4¶ و m341.4¶.

در غالب کاربری‌های سیال[3]، [نظام‌نامه] B31.3 بین "امتحانات چشمی" و "دیگر اشکال" امتحان کردن که اشکال به مراتب پیچیده‌تر و دشوارتری از امتحان کردن غیرمخرب هستند تمایز و تفاوت قائل شده است. در جداول ٤-٧ و ٥-٧ نگاهی کلی به "امتحان کردن چشمی" و "دیگر امتحانات" موردنیاز جهت انواع گوناگون کاربری سیال و گونه‌های اقلامی که می‌بایست مورد امتحان قرار گیرند، شده است.

1. What Extent of Examination Is Required?
2. Number of Items Requiring Examination (lot Extent)
3. Fluid services

جدول ۴-۷ میزان امتحان چشمی توصیه شده توسط [نظام‌نامه] B31.3

اقلامی‌که امتحان چشمی می‌شوند	کاربری سیال از نوع D [¶341.4.2]	کاربری معمول سیال [¶341.4.1(a)]	حالت‌های چرخه‌ای دشوار [¶341.4.3(a)]	کاربری سیال از نوع M [¶M341.4]	کاربری فشار بالای K [¶k341.4.1]
مواد و اجزا	(2)	انتخاب اتفاقی رضایت بخش	انتخاب اتفاقی رضایت بخش	انتخاب اتفاقی رضایت بخش	100% (4)
ساخت	(2)	5%	100%	100%	100%
جوش‌های طولی (1)	(2)	100%	100%	100%	100%
اتصالات (مکانیکی)	(2)	اتفاقی (3)	100%	100%	100% (5)
لوله‌کشی در حال کارگذاری (نصب)	(2)	اتفاقی	اتفاقی	اتفاقی	اتفاقی
لوله‌کشی پس از نصب	(2)	لازم است اما میزان آن معین نشده است	تماماً (6)	لازم است اما میزان آن معین نشده است	تماماً (7)

(۱) منظور جوش‌های طولی‌ای است که در جریان ساخت ایجاد می‌شوند.

(۲) برای ارضای ممتحنی که از نظام‌نامه B31.3 تبعیت می‌کند، صرفاً امتحان کردن چشمی ضروری است.

(۳) برای حصول اطمینان از اینکه از ¶335 تبعیت شده است، انجام اتفاقی امتحان مطلوب است، مگر اینکه در لوله‌کشی همهٔ اتصالات که باید مورد امتحان قرار گیرند تحت آزمون پنوماتیک[2] قرار گیرند.

(٤) همچنین به ¶k302.3.3 در رابطه با امتحان کردن ریختگی‌ها نگاه کنید.

(٥) شامل امتحان فشار 100 درصد برای بندهها به جهت پرداخت و جفت شدن آنها [¶k341.4.1(b)].

(٦) [¶341.4.3(a)(3)]

(٧) [¶k341.4.1(a)(4)]

1. Server Cyclic Conditions
2. Pneumatic Test

مقدار امتحانی که برروی هر آیتم انجام می‌شود[1] (حدا قلام)

برای تعیین میزان لازم امتحانی که باید در مورد هر قلم انجام شود، فهم واژگان زیرکه توسط ¶344.1.3 تعریف شده‌اند، ضروری است:

a) **امتحان ۱۰۰٪**[2]، امتحان کامل تمامی نوع مشخص و تعریف شده‌ای از اقلام است که از بین تعداد زیادی از لوله‌کشی‌ها برگزیده شده‌اند.

b) **امتحان اتفاقی**[3]، امتحان کامل درصدی از نوع مشخص و تعریف شده‌ای از اقلام است که از بین تعداد زیادی از لوله‌کشی‌ها برگزیده شده‌اند.

c) **امتحان نقطه**[4]، امتحان تعریف شده و مشخص موضعی[5] هر نوع مشخص از اقلام است که از بین تعداد زیادی از لوله‌کشی‌ها برگزیده شده‌اند.

d) **امتحان نقطه‌ای اتفاقی**[6]، امتحان تعریف شده و مشخص موضعی درصدی از نوع مشخص از اقلام است که از بین تعداد زیادی از لوله‌کشی‌ها برگزیده شده‌اند.

برای امتحان پرتونگارانه، میزان امتحان کردن به‌وسیلهٔ ¶344.5.2، به شرح زیر مورد توجه قرار گرفته است:

a) **پرتونگاری ۱۰۰٪**[7]، صرفاً در مورد جوش‌های شیاری دوره‌ای و مایتر و اتصالات انشعابی ساخته شده به‌کار می‌روند و در شکل 328.5.4E مورد مقایسه قرار گرفته‌اند (در واقع آن دسته از انشعاباتی که می‌توانند پرتونگاری شوند)، مگر اینکه در مرحلهٔ طراحی مهندسی چیز دیگری ذکر شده باشد.

b) **پرتونگاری اتفاقی**[8]، صرفاً در مورد جوش‌های شیاری دوره‌ای و مایتر[9] به کار می‌رود.

c) **پرتونگاری نقطه‌ای**[10]، نیازمند یک پرتونگار سادهٔ نمایشی[11] منطبق ¶344.5.1 با ¶344.5 در نقطه‌ای از جوشکاری است که قبلاً مشخص شده است. جزئیات بیشتر در ¶344.5.2 ارائه شده است.

در a) و b) آمده در بالا، مقدار پرتونگاری اساساً برحسب قابلیت‌های فیزیکی اجرای امتحان پرتونگارانه محدود شده است. آیتم c) در بالا امتحان نقطه‌ای عمومی تعریف‌شده توسط اطلاعات ویژه‌ای که در مورد اندازهٔ نقطه‌ای را که باید امتحان شود، هنگامی‌که پرتونگاری نقطه‌ای لازم افتد، را تکمیل می‌کند.

---

1. Amount of Examination Applied to Each Item
2. 100% Examination (Item Extent)
3. Random Examination
4. Spot Exam
5. Partial
6. Random Spot Exam
7. 100% Radiography
8. Random Radiography
9. Girth and Miter Groove Welds
10. Spot radiography
11. Single Exposure Radiograph

جدول ۵-۷ میزان دیگر امتحانات توصیه شده توسط [نظام‌نامه] B31.3

بخش‌هایی که امتحان می‌شوند	کاربری شیار از نوع [۳۴۱٫۴٫۲(D)]	کاربری معمول سیال [۳۴۱٫۴۱(b)]	وضعیت‌های چرخه‌ای دشوار [۳۴۱٫۴۳(b)]	کاربری سیال از نوع M [۳۴۱٫۴٫۴(b)]	کاربری فشار بالا [۳۴۱٫۴٫۲]
جوش‌های شیاری لب‌به‌لب و مایتر محیطی[2]	هیچ	حداقل 5% RT اتفاقی یا UT (1,2)	RT 100%	حداقل 20% RT اتفاقی یا UT (1,2,3)	100% RT تمامی جوش‌های دوره‌ای (6,7)
جوش‌های طولی[4]	هیچ	RT یا UT سطح مقطع‌ها (9)	(10)	RT یا UT سطح مقطع‌ها (9)	100% RT (6,7,8)
جوش‌های فرعی[5] (انشعابی)	هیچ	هیچ	100% RT انشعابات ساخته شده (4)	RT اتفاقی یا UT (1,2,3,12) به مقدار حداقل 20%	100% RT(6,7)
جوش‌های طوقه-ای[6](سوکتی)	هیچ	هیچ	100% MT یا PT (5)	هیچ	مجاز نیست (13)
لبه‌های ساخته شده[7]	هیچ	هیچ	هیچ (11)	RT اتفاقی یا UT (1,2,3,12) به میزان حداقل 20%	هیچ
اتصالات سخت جوش شده[8]	هیچ	امتحان حین فرآیند[9] 5% حداقل	هیچ	هیچ	هیچ

1. Server Cyclic Conditions
2. Circumferential Butt & Miter Groove Welds
3. Girth Welds
4. Longitudinal Welds
5. Branch Welds
6. Socket Welds
7. Fabricated Laps
8. Brazed Joints
9. In-process Exam

بخش‌هایی که امتحان می‌شوند	کاربری سیال از نوع D [¶341.4.2]	کاربری[1] تعمیل سیال [¶341.4.1(b)]	وضعیت‌های[4] چرخه‌ای دشوار [¶341.4.3(b)]	کاربری سیال از نوع M [¶M341.4(b)]	کاربری فشار بالا[7] [¶341.4.2(k)]

(۱)جوش‌ها باید به گونه‌ای انتخاب شوند که کار هر جوشکار و یا عمل جوشکاری را در معرض امتحان کردن قرار دهند [¶341.4.1(b)(1)].

(۲) امتحان حین فرایند[1]، اگر در طراحی مهندسی مشخص شده باشد و یا توسط بازرس، به‌طور صریح مجاز شمرده شده باشد، می‌تواند جایگزین مبنای جوش برای جوش[2] شود. [¶M341.4(B)(2), 341.4.1(b)(1)]

(۳) امتحان حین فرایند باید با NDE مناسب تکمیل‌شود [¶M341.4(b)(2), ¶341.4.3(c)].

(٤) به جوش‌های انشعاب ساخته شده که می‌توانند توسط رادیوگرافی به میزان 100% امتحان شوند، اشاره دارد. اگر در مرحلهٔ طراحی مهندسی مشخص شده باشد، می‌توان به‌جای RT از 100% UT استفاده کرد. جوش‌های اتصالات انشعابی و جوش‌های طوقه‌ای که رادیوگرافی نمی‌شوند باید توسط روش‌های مایع نافذ یا ذرهٔمغناطیسی، امتحان شوند [¶341.4.3(b)].

(٥) شامل جوش‌های اتصالات انشعابی‌ای است که‌تحت RT قرار نمی‌گیرند [¶341.4.3(b)].

(٦) UT نباید جایگزین RT شود ولی می‌تواند RT را تکمیل کند [¶K341.4.2(b)].

(۷) امتحان حین فرایند نباید جایگزین RT شود [¶K341.4.2(C)].

(۸) برای دریافت اطلاعات بیشتر، نیز به ¶K305.1.1 و ¶K305.1.2 نگاه کنید.

(۹) برای رادیوگرافی اتفاقی لازم جهت جوش‌های شیاری لبه‌دار و مایتر[3] محیطی، باید مواضع بریده شده[4]، انتخاب شوند تا پوشش مقاطع با اتصالات طولی به حداکثر رسانده شود. در محل جوش‌هایی که کمتر از $1\frac{1}{2}$ (38mm) هستند یا جوش‌های طولی باید امتحان صورت گیرد.

(۱۰) ¶341.4.3(b) دیگر امتحانات جوش‌های طولی را معین نکرده است. در هر حال، ¶305.2.3 در فصل II از نظام‌نامه B31.3 لوله‌ای را که ممکن است تحت وضعیت‌های چرخه‌ای دشوار از آن استفاده شود، محدود کرده است. برای دستیابی به بازدهی‌های مناسب اتصال لولهٔ جوش شده، بسته به مشخصاتی که برای خرید لوله مورد استفاده قرار می‌گیرد، ممکن است انجام چند RT بر روی درز طولی لازم باشد. مقدار RT لازم را می‌توان به‌کمک جدول A-1B از [نظام‌نامه] B31.3 جهت حصول بازدهی اتصال لوله، تعیین کرد. اگر این بازدهی اتصال، ¶305.2.3 را ارضا نکرد، آنگاه باید براساس جدول 302.3.4 از نظام‌نامه B31.3 مبادرت به انجام RT اضافی جهت تکمیل امتحان و برای افزایش بازدهی اتصال تا سطح مورد نیاز کرد.

(۱۱) ¶341.4.3(b) مرجعی برای امتحان لبه‌های ساخته شده[5] نیست. به‌عنوان مرجعی برای امتحان و جوشکاری اضافی در رابطه با استفاده از لبه‌های ساخته شده جهت وضعیت‌های دشوار چرخه‌ای به ¶306.4.3 و ¶311.2.2 نگاه کنید.

(۱۲)به جوش‌های انشعابات ساخته شده که می‌توانند باراديوگرافی به میزان 100% امتحان شوند، اشاره دارد.

(۱۳) استفاده از جوش‌های طوقه[6]و درز[7] در لوله‌کشی‌های فشار بالا مجاز نیست [¶K311.2.3].

1. In-process Exam
2. Welds-For-Weld Basis
3. Circumferential butt & miter groove welds
4. Shot locations
5. Fabricated laps
6. Socket welds
7. Seal welds

چگونه باید امتحان‌ها را هدایت کرد و راه برد[1] ؟

[نظام‌نامه] B31.3 نشان داده است که چگونه می‌توان تحت ¶344 امتحانات را هدایت کرد. این موارد براساس روش امتحان و نوع بخش یا قسمتی که باید تحت امتحان واقع شوند (ریختگی‌ها و جوش‌ها یا اجزای دیگری به‌جزء ریختگی‌ها) در جدول ٦-٧ جمع‌بندی شده‌اند. توجه داشته باشید که مواد بخش V از استاندارد ASME قواعدی را که بر هدایت آزمون حاکم هستند، ارائه می‌دهد، لیکن نباید این مواد و بندها را به‌صورت دستورالعمل‌هایی اجرایی درآورد.

چه استانداردهایی مورد پذیرش‌اند[2] ؟

[یا معیارهای پذیرش استاندارد، کدام‌ها هستند؟]

در لوله‌کشی فرایندی B31.3، استانداردهای پذیرش [و یا- رد] به کاربری سیال، گونه امتحان به کار رفته و نوع قسمت یا بخشی که امتحان شده است، وابسته است. در جدول ۷-۷ مجموعه‌ای از مراجع استانداردهای پذیرش، برای جوش‌ها، برمبنای کاربری سیال و گونهٔ امتحان کردن، ارائه شده است.

[نظام‌نامه] B31.3 همهٔ الزامات امتحان کردن و استانداردهای پذیرش مرتبط با آنها را که در فعالیت‌های روزانه ممکن است لازم افتد، نشان نمی‌دهد. مروری بر تفسیرهایی از نظام‌نامه که در دههٔ اخیر به چاپ رسیده‌اند نشان می‌دهند که در این رابطه B31.3، نشانی خاصی را ارائه نمی‌دهد و یا آنچه را که نشانی می‌دهد، صرفاً محلی است. پاره‌ای از چنین مواردی در زیر فهرست شده‌اند.

جدول ۶-۷ مآخذ دستورالعمل‌های امتحان کردن

روش/نوع امتحان کردن	گزاره B31.3	جوش‌ها [(1)]	ریختگی‌ها
چشمی	¶344.2.2	مادهٔ، بخش V از ASME	مادهٔ ۹، بخش V از ASME
ذرهٔ‌مغناطیسی	¶344.3	مادهٔ ۷، بخش V از ASME	302.3.3
مایع نافذ	¶344.4	مادهٔ ٦، بخش V از ASME	302.3.3
پرتونگارانه	¶344.5.1	مادهٔ ۲، بخش V از ASME	302.3.3
اولتراسونیک	¶344.6	مادهٔ [(2)] ۵، بخش V از ASME	302.3.3
حین-فرایندی	¶344.7	مادهٔ [(3)] ۹، بخش V از ASME	مادهٔ [(2)] ۹، بخش V از ASME

1. How should examination be conducted?
2. What are the standards of acceptance?

(۱) ستون مربوط به جوش‌ها شامل اجزایی که ریختگی نیستند می‌شود، امتحان اولتراسونیک شامل آن‌ها نمی‌شود، در واقع امتحان اولتراسونیک اجزایی که ریختگی نیستند را پوشش نمی‌دهد.

(۲) برای به‌دست آوردن بدل‌هایی از بندهای T-547.1.1 و T-543.1.3، ماده5، بخش V از ASME به 344.6.1 ¶ نگاه کنید.

(۳) روش‌های اضافی دیگری ممکن است در مرحلهٔ طراحی مهندسی تعریف شده و یا مشخص شده باشند.

جدول ۷-۷ مآخذ استانداردهای پذیرش، برای جوش‌ها

روش/ نوع امتحان کردن	به‌کارگیری نوع D	به‌کارگیری معمولی	کاربری چرخه‌ای دشوار	کاربری نوع M[4]	کاربری فشار بالا
چشمی(VT) ¶341.3.2	جدول 341.3.2 ¶341.4.-2 کاربری سیال از نوع D	جدول 341.3.2- ¶341.4.1 کاربری معمول سیال	جدول 341.3.2- ¶341.4.3 وضعیت‌های منفصل دشوار	جدول 341.3.2- ¶M341,M341.4 معمولی	جدول K341.3.2 ¶K341.3.2
پرتونگارانه ¶341.3.2 (RT)	N/A[2]	جدول - 341.3.2 ¶341.4.1 کاربری معمول سیال	جدول 341.3.2 - ¶341.4.3 وضعیت‌های دشوار	جدول 341.3.2 ¶M341 ¶M341.4 معمولی	جدول K341.3.2 ¶K341.3.2
اولتراسونیک ¶341.3.2 (UT)	N/A[2]	¶344.6.2	¶344.6.2	¶M341 ¶M341.4 ¶M344 ¶m344.6.2	¶K341.3.2 ¶K341.5 ¶344.6.2[3,4]
ذرهٔمغناطیسی (MT) ¶341.3.2	N/A[2]	N/A[5]	جدول 341.3.2 ¶341.4.3- وضعیت‌های منفصل دشوار	N/A[5]	N/A[5]
مایع نافذ (PT) ¶341.3.2	N/A[2]	N/A[5]	جدول 341.3.2 - ¶341.4.3 وضعیت‌های منفصل دشوار	N/A[5]	N/A[5]

روش/ نوع امتحان کردن	به‌کارگیری نوع D	به‌کارگیری معمولی	کاربری چرخه‌ای بشوار	کاربری نوع M (1)	کاربری فشار بالا
(۱) توجه داشته باشید که در پاره‌ای طراحی‌های مهندسی برای سیالات سمی و مرگ‌آور استانداردهای تکمیلی دیگری، بیش از حداقل‌های الزام شده توسط B31.3، برای پذیرش در نظر گرفته می‌شود.					
(۲) برای به‌کارگیری از نوع D، چنین امتحانی اجباری نیست.					
(۳) توجه داشته باشید که امتحان اولتراسونیک را نمی‌توان جایگزین پرتونگاری کرد؛ ولی ممکن است ازآن به‌عنوان مکمل پرتونگاری استفاده شود [¶K341.4.2(b)]. به این ترتیب الزامات پرتونگارانه‌ای که در جدول K341.3.2 و ¶K341.3.2 آورده شده‌اند، بر پذیرش جوش‌ها، همچنان حاکم‌اند.					
(٤) برای لوله‌کشی و لوله‌سازی، انجام امتحانات تکمیلی بیش از آن چیزی که در مشخصات مواد الزام شده و توسط ¶K344.6.2، ¶K344.6.4 و ¶K344.8 اظهار شده ضروری و لازم است.					
(٥) برای اینگونه به کارگیری سیال، انجام امتحانات MT و PT لازم نیست. اگر در مرحله طراحی مهندسی انجام MT و PT مشخص شده باشد، باید استانداردهای پذیرش آنها نیز در همانجا مشخص شده و معرفی شوند.					

بازنگری شرح کدهای چاپ شده در ده سال نشان می‌دهد که پاسخ‌های مختلف به‌صورت ساده نمایش داده می‌شود، که B31.3 آن را به‌طور جزئی نشان می‌دهد. بعضی مثال‌ها به‌صورت زیر لیست شده‌اند:

a) تفسیر ۲۲-۱۲ این پرسش را مطرح می‌کند که طول جمع شونده مجاز یک آسیب یا ضایعه باید برای جوش‌هایی با طول‌هایی کمتر از آن چیزی که توسط مقادیر پذیرش B، C، F، G در جدول 341.3.2 مقرر شده است به تناسب، تقسیم شود یا خیر؟ به‌عنوان یک مثال، اگر حد مقدار پذیرش یا حد مقداری که معیار است بگوید که در هر ٦ اینچ از طول جوش، ۱/٥ اینچ طول جمع شونده[1] باشد، در جوشی که طول آن ٤ اینچ است، حداکثر طول جمع‌شونده آسیب دیدگی چقدر است؟ پاسخ به سادگی چنین است: "در این وضعیت، نظام‌نامه نمی‌تواند نشانی خاصی را دراختیار بگذارد".

b) تفسیر ۳۸-۸ مبین این امر است که برای جوش‌های لوله در کاربری سیال از نوع D ، [نظام‌نامه] B31.3 تکلیفی را برای پرتونگاری مشخص نکرده است. با اینحال ممکن است کارفرما برای چنین جوش‌هایی، در مرحلهٔ طراحی مهندسی انجام رادیوگرافی را تکلیف کرده باشد، در این صورت از آنجایی که معیار پذیرش در جدول 341.3.2 انجام امتحان چشمی است، کارفرما باید معیار پذیرش خود را نیز معین کند.

1. cumulative lenght

c) تفسیر ۳۲-۸ در مورد استفاده کردن یا نکردن فرد از اندازهٔ نشانه[1] یا اندازهٔ ناپیوستگی‌ای[2] که مبنای پذیرش یا عودت دادن [قطعه]، به‌هنگام سودجویی از فنون MT یا PT، قرار گرفته است، پرسش می‌کند. پاسخ چنین است:"[نظام‌نامه] B31.3 امتحان مایع نافذ و ذرهٔ‌مغناطیسی را صرفاً برای ردیابی ترک‌ها معین کرده است؛ کلیه ترک‌ها قابل عودت[3] هستند." بنابراین شخص باید نتیجه بگیرد که هیچگونه معیار و ملاکی حاکم بر نشانه‌های مدور[4] یا دیگر نشانه‌های خطی[5]، حاکم نیست. اگر ارزیابی دیگر نشانه‌ها و این نشانه‌ها باید انجام شود، در مرحلهٔ طراحی مهندسی باید معیار پذیرش مشخص شود.

یکی از مشکلات ادامه کار با [نظام‌نامه] B31.3 بروز سردرگمی حاصل از تلفیق روش‌های NDE برای جوش‌ها و معیارهای پذیرش در جداول همانند (همچون جدول‌های 341.3.2 و K341.3.2) است. به‌عنوان مثال، در گونهٔ معمول به‌کارگیری سیال برای شیار جانبی[6] انجام امتحان چشمی به‌عنوان یک الزام معین شده، لیکن پرتونگاری به‌عنوان یک امتحان الزام‌آور برای شیار[7] جانبی معین شده است. حال اگر برروی یک فیلم پرتونگاری از یک جوش دوره‌ای در کاربری معمول سیال شیار جانبی ملاحظه شود، به‌طور نظری نمی‌توان گواه وجود یک شیار جانبی باشد. (توجه داشته باشید که در عمل برای روشن ساختن شیار جانبی ، چه نظام‌نامه الزام کرده باشد و چه نکرده باشد، به‌طور مرتب از رادیوگرافی و ارزیابی فیلم‌های آن استفاده می‌کنند.) یکی از دلایل عدم توصیهٔ پرتونگاری برای ارزیابی شیار جانبی در کاربری معمول سیال، روشی است که بر آن اساس معیار پذیرش معین می‌شود. مقادیر "H" و "I" را که به‌عنوان مقادیر معیار مطرح بوده و عمق شیار جانبی را محدود می‌سازند، با استفاده از روش‌های پرتونگاری نمی‌توان ایجاد کرد و به‌دست آورد. برعکس، در وضعیت‌های منفصل چرخه‌ای دشوار، ارزیابی شیار جانبی از امتحان پرتونگاری حاصل می‌شود. مقدار معیاری "A" هر گونه شیار جانبی را ممنوع می‌سازد، چنانکه اگر برروی فیلم چنین چیزی مشاهده شود، [قطعه] قابل برگشت است. در کاربری چرخه‌ای دشوار نیازی به سنجش عمق شیار جانبی نیست.

---

1. Size of Indication
2. Size of Discontinuity
3. Regectable
4. Rounded Indications
5. Linear Indications
6. Undercutting

۷. شیار جانبی (under cut): از سوخته شدن بیش از حد جدار حفرهٔ جوش به‌وجود می‌آید .-م.

معیار پذیرش در امتحان کردن چشمی و پرتونگاری[1]

در جداول ۸-۷ تا ۱۱-۷ معیارهای پذیرش در امتحان کردن چشمی و پرتونگاری جوش‌های شیاری دوره‌ای و مایتر، در کاربری‌های گونه‌گون سیال، جمع بسته و ارائه شده است. در جدول ۱۲-۷ فهرستی از علائم، نشانه‌ها و اختصارات استفاده شده در جداول ۸-۷ تا ۱۱-۷، ارائه شده است.

آزمایش کردن[2]

[نظام‌نامه] B31.3 در هر سیستم لوله‌کشی انجام آزمون نشتی[3] را برای حصول اطمینان از کیپ شدگی[4] [345.1¶]، پس از تکمیل انجام امتحانات لازم [345.1¶]، بعد از تکمیل هرگونه عملیات ضروری حرارتی [345.2.2(b)¶] و پیش از آغاز عملیات بهره‌برداری [345.1¶]، الزام کرده است. نظام‌نامه پاره‌ای محدودیت‌ها و ممنوعیت‌ها را در رابطه با انواع آزمون‌های نشتی مورد استفاده [345.1¶]، پاره‌ای الزامات کلی برای راهبری آزمایش‌های نشتی [345.2¶]، برخی الزامات مربوط به آماده سازی جهت انجام آزمون‌های نشتی [345.3¶] پاره‌ای الزامات ویژه برای هر نوع آزمون نشتی [345.4 تا 345.9¶]، و برخی الزامات مربوط به حفظ حد نصاب‌ها و آنچه که ثبت شده است [345.2.7¶ ,346¶] را اعمال می‌کند. درهرحال، نظام‌نامه برای هر نوع آزمون نشتی از ارائه نشانی‌های لازم را ارائه نمی‌کند، به‌طور کلی لازم است که برای هر آزمون نشتی، با دخالت دادن الزامات نظام‌نامه‌ای و غیر نظام‌نامه‌ای، طرح و برنامه‌ای تهیه شود. شش نوع تست نشتی که در نظام‌نامه B31.3 تشریح شده‌اند عبارت‌اند از:

a) آزمون نشتی هیدرواستاتیک[5] [345.4¶]

b) آزمایش نشت پنوماتیکی[6] [345.5¶]

c) آزمون نشت هیدرواستاتیک- پنوماتیکی[7] [345.6¶]

d) آزمایش نشتی سرویس اولیه[8] [345.7¶]

e) آزمون نشت حساس[9]. [345.8¶]

f) آزمایش نشت متناوب[10]. [345.9¶]

---

1. Acceptance Criteria for Visual & Radiographic Examination
2. Testing
3. Leak Test
4. Tightness
5. Hydrostatic Leak Test
6. Pneumatic Leak Test
7. Hydrostatic-Pneumatic Leak Test
8. Initial Service Leak Test
9. Sensitive Leak Test
10. Reinforcement

در جدول ۱۳-۷ مقایسه و تقابلی بین چند مشخصه شش نوع آزمون نشتی‌ای که در B31.3 فهرست شده، آمده است. توجه داشته باشید که آزمایش نشت حساس، به‌عنوان آزمونی که به تنهایی انجام شود، انتخاب نمی‌شود. از این آزمون ترجیحاً برای اجرا یا تکمیل کردن بخشی از الزامات آزمایش نشت متناوب استفاده می‌شود.

جدول۸-۷ معیار پذیرش برای امتحان چشمی‌جوش‌های شیاری دوره‌ای و مایتر- کاربری سیال از نوع D

ترک‌ها[1]		➢ مجاز نیستند.
عدم چسبندگی[2]		➢ $D \le 0.2\,T_w$ ➢ در هر $150mm(6in)$ ، $\Sigma L \le 38mm(1\frac{1}{2}in)$ ➢ پیشانی‌ها یا وجوه ریشه که به‌صورت لب‌به‌لب و به‌طور محکم برروی یکدیگر قرار گرفته‌اند در هم نفوذ نکرده و در یکدیگر ذوب نشده‌اند و قابل قبول نیست.
نفوذ ناقص[3]		➢ $D \le 0.2\,T_w$ ➢ در هر $150mm(6in)$، $\Sigma L \le 38mm(1\frac{1}{2}in)$ ➢ پیشانی‌ها یا وجود ریشه که به‌صورت لب‌به‌لب و به‌طور محکم برروی هم قرارگرفته‌اند در یکدیگر نفوذ نکرده و قابل قبول نیستند.
شیار جانبی[4]		➢ $D \le 1.5mm(\frac{1}{16}in)$ و $D \le [T_w/4$ یا $1mm(\frac{1}{32}in)]$
تخلخل[5] سطح(سطحی)		➢ در جوش‌هایی با $T_w \le 5mm(\frac{3}{16}in)$ مجاز نیست.
تخلخل، داخلی		
	اتفاقی[6]	➢ امتحان لازم نیست.
	عایق شده[7]	➢ امتحان لازم نیست.
	ردیف شده[8]	➢ امتحان لازم نیست.

1. Cracks
2. Lack of Fusion
3. Incomplete Penetration
4. Undercut
5. Porosity
6. Random
7. Isolated (منفک شده)
8. aligned

	دسته شده[1]	➢ امتحان لازم نیست.
	ناخالصی‌ها[2]	➢ امتحان لازم نیست.
	ریشه مقعر[3]	➢ ضخامت کل اتصال با تقویتی $\geq T_w$
	تقویت جوش[4]	➢ برای $T_w < 6mm(\frac{1}{4}in)$ ، $H \leq 3mm(\frac{1}{8}in)$ ➢ برای $6 < T_w \leq 13mm(\frac{1}{4}in < T_w \leq \frac{1}{2}in)$ ، $H \leq 6mm\ (\frac{1}{4}in)$ ➢ برای $13(\frac{5}{16}in) < T_w \leq 25mm(\frac{1}{2}in < T_w \leq 1in)$ ، $H \leq 8mm$ ➢ برای $T_w > 25mm(T_w > 1in)(\frac{3}{8}in)$ ، $H \leq 10mm$ ➢ فلز جوش باید به نرمی با سطوح اجزا ممزوج شود.
	پرداخت سطح[5]	➢ امتحان لازم نیست

(۱) برای کاربری سیال از گونه D، امتحان پرتونگاری لازم نیست.

(۲) چنانکه توسط نشانهM از جداول 341.3.2 مشخص گشته،حد نشان داده شده در این جداول دوبرابر حدمجازی استکه توسط نشانهL از جدول 341.3.2 ارائه می‌شود.

جدول ۹-۷ معیار پذیرش امتحان چشمی و پرتونگارانهٔ جوش‌های شیاری دوره‌ای و مایتر- کاربری معمول سیال و کاربری سیال از نوع M

ترک	➢ مجاز نیست.	
عدم چسبندگی	➢ مجاز نیست.	
نقوذ ناقص	➢ $D \leq 1mm(\frac{1}{32}in)$ و $D \leq 0.2T_w$ ➢ در هر $150mm(6in)$ ، $\sum L \leq 38mm(1\frac{1}{2}in)$	
شیار جانبی	➢ $D \leq 1mm(\frac{1}{32}in)$ و $D \leq T_w/4$	
تخلخل، سطحی	➢ در جوش‌هایی با $T_w \leq 5mm(\frac{3}{16}in)$ مجاز نیست.	
تخلخل، داخلی [1]	برای $T_w \leq 6mm(\frac{1}{4}in)$:	برای $T_w > 6mm(\frac{1}{4}in)$:

1. Clustered
2. inclusions
3. Concave Root
4. reinforcement
5. Surface Finish

	اتفاقی	$S \le \frac{1}{4}T_w, 4.0mm(\frac{5}{32}in)$	$S \le \frac{3}{8}T_w, 6.4mm(\frac{1}{4}in)$
	عایق شده	$S \le \frac{1}{3}T_w, 6.4mm(\frac{1}{4}in)$ اگر $T_w > 50mm(2in)$ $S \le 9.5mm(\frac{3}{8}in)$	$S \le \frac{1}{2}T_w, 9.5mm(\frac{3}{8}in)$ اگر $T_w > 50mm(2in)$ آنگاه $S \le 14.3mm(\frac{9}{16}in)$
	ردیف شده	در $S \le T_w in 12T_w$، اگر $S \le T_w$ $GS \ge 3GL$ برای $T_w < 19mm(\frac{3}{4}in)$, $GL \le 6.4mm(\frac{1}{4}in)$ برای $19 \le T_w \le 57mm$، $GL \le \frac{1}{3}T_w$ برای $T_w > 57mm$ $GL \le 19mm$	در $12T_w$، $S \le 1.5T_w$ $GS \ge 4.5\ GL$ برای $T_w < 19mm(\frac{3}{4}in)$ $GL \le 9.5mm(\frac{3}{8}in)$ برای $19 \le T_w \le 57mm$ $GL \le \frac{1}{2}T_w$ برای $T_w > 57mm$ $GL \le 29mm$
	دسته‌شده	$CL \le 25mm(1in), 2T_w$ در هر 150mm(6in)، $\sum CL \le 25mm(1in)$ در 150mm(6in)	$CL \le 38mm(1in), 3T_w$ در هر 150mm(6in)، $\sum CL \le 38mm(1\frac{1}{2}in)$ در 150mm(6in)
	ناخالصی‌ها	$L \le 2T_w$ در هر 150mm(6in) از طول جوش، $\sum L \le 4T_w$ $W \le T_w / 2$ و $W \le 3mm(1/8\ in)$	
	ریشهٔ مقعر	ضخامت کل اتصال با تقویتی $\le T_w$	
	تقویت جوش (2)	برای $T_w \le 6mm(T_w \le \frac{1}{4}in)$، $H \le 1.5mm(\frac{1}{16}in)$ برای $(\frac{1}{4}in < T_w < \frac{1}{2}in)$ $6 < T_w \le 13mm$، $H \le 3mm(\frac{1}{8}in)$ برای $\frac{1}{2}in < T_w < 1in)$ $13 < T_w \le 25mm$، $H \le 4mm(\frac{5}{32}in)$ برای $T_w > 25mm(1in)$، $H \le 5mm(\frac{3}{16}in)$ فلز جوش باید به آرامی با سطوح اجزا ممزوج شود.	
	پرداخت سطح	امتحان لازم ندارد	

(۱) تخلخل یک مورد خاص است و براساس پیوست ٤، از قسمت۱، بخش VIII، استاندارد ASME می‌باشد. برای همسان سازی محتویات این جدول، در پیوست ٤، قسمت۱، بخش VIII از ASME، "T_w" را به‌جای "t" گذارده‌ایم. برای منظورهای عملی در طی امتحان

جوش‌های لب‌به‌لب، نتایج مشابه‌اند.

(۲) صرفاً در مورد جوش‌های آلیاژ آلومینیوم، پیش آمادگی‌های داخلی از مقادیر جدول نباید فراتر روند مگر در موارد زیر:

a) $1\frac{1}{2}\text{mm}(\frac{1}{16}\text{in})$ برای ضخامت کوچکتر یا مساوی $2\text{mm}(\frac{5}{64}\text{in})$؛ و

b) برای ضخامت بزرگتر از 2mm و کوچکتر یا مساوی 6mm؛ $2.5\text{mm}(\frac{3}{32}\text{in})$

جدول ۱۰-۷ : معیار پذیرش امتحان چشمی و پرتونگارانهٔ جوش‌های شیاری دوره‌ای و مایتر - سرویس‌های چرخه‌ای سخت یا طاقت‌فرسا

ترک		➢ مجاز نیست.
عدم چسبندگی		➢ مجاز نیست.
نفوذ ناقص		➢ مجاز نیست.
شیار جانبی		➢ مجاز نیست.
تخلخل سطحی		➢ مجاز نیست.
تخلخل داخلی (۱)		
	اتفاقی	➢ $S \le \frac{1}{4}T_w, 4.0\text{mm}(\frac{S}{32}\text{in.})$
	عایق شده	➢ $S \le \frac{1}{3}T_w$ یا $6.4\text{mm}(\frac{1}{4}\text{in.})$ ➢ $S \le 9.5\text{mm}(\frac{3}{8}\text{in})$ اگر $T_w > 50\text{mm}(2\text{in.})$
	ردیف شده	➢ $\sum S \le T_w \text{in} 12T_w$ ➢ $GS \ge 3GL$ ➢ $GL \le 6.4\text{mm}(\frac{1}{4}\text{in})$ برای $T_w < 19\text{mm}(\frac{3}{4}\text{in})$ ➢ $19 \le T_w \le 57\text{mm}(\frac{3}{4}\text{in}) \le T_w \le \frac{21}{4}\text{in.})$ برای $GL \le \frac{1}{3}T_w$ ➢ $GL \le 19\text{mm}(\frac{3}{4}\text{in})$ برای $T_w > 57\text{mm}(\frac{21}{4}\text{in})$
	دسته شده	➢ $GL \le 25\text{mm}(1\text{in.}), 2T_w$ ➢ از جوش 150mm(6in) در $\sum CL \le 25\text{mm}(1\text{in.})$

ناخالصی‌ها	$L \le T_w / 3$ $\sum L \le T_w$ در هر 150mm(6in) $W \le T_w / 3$ و $W \le 2.5(\frac{3}{32}\text{in.})$
ریشهٔ مقعر	ضخامت کل اتصال با تقویتی $\le T_w$
تقویت جوش (۲)	➢ $T_w \le 6\text{mm}(T_w \le \frac{1}{4}\text{in.})$ برای $H \le 1.5\text{mm}(\frac{1}{16}\text{in})$ ➢ $6 < T_w \le 13\text{mm}(\frac{1}{4}\text{in.} < T_w < \frac{1}{2}\text{in.})$ برای $H \le 3\text{mm}(\frac{1}{8}\text{in.})$ ➢ $13 < T_w \le 25\text{mm}(\frac{1}{2}\text{in.} < T_w < \frac{1}{2}\text{in.})$ برای $H \le 4\text{mm}(\frac{5}{32}\text{in.})$ ➢ $T_w > 25\text{mm}(T_w > 1\text{in})$ برای $H \le 5\text{mm}(\frac{3}{16}\text{in.})$
پرداخت سطح	➢ ASME B46.1 هر $R_a \le 12.5\mu\text{m}(500\mu\text{inn})$

(۱) تخلخل یک مور خاص است و براساس پیوست ٤، از قسمت ۱، بخش VIII ، استاندارد ASME می‌باشد. برای همسان‌سازی محتویات این جدول، در پیوست ٤، قسمت ۱، بخش VIII از ASME "T_w" را به جای "t" گذارده‌ایم. برای منظورهای عملی در طی امتحان جوش‌های لب‌به‌لب، نتایج مشابه‌اند.

(۲) صرفاً در مورد جوش‌های آلیاژ آلومینیم، پیش‌آمادگی‌های داخلی از مقادیر جدول نباید فراتر روند مگر در موارد زیر:

(a) برای ضخامت $\le 2\text{mm}(\frac{5}{64}\text{in.});1.5\text{mm}(\frac{1}{16}\text{in.});,$

(b) برای ضخامت $> 2\text{mm}(\frac{5}{64}\text{in}),\le 6\text{mm}(\frac{1}{4}\text{in.});2.5\text{mm}(\frac{3}{32}\text{in.})$

جدول ۱۱-۷ معیار پذیرش امتحان چشمی و پرتو نگارانه جوش‌های شیاری دوره‌ای و مایتر سرویس فشار بالا

ترک		➢ مجاز نیست.
عدم چسبندگی		➢ مجاز نیست.
نفوذ ناقص		➢ مجاز نیست.
شیار جانبی		➢ مجاز نیست.
تخلخل سطحی		➢ مجاز نیست.
تخلخل داخلی (۱)		
	اتفاقی	➢ $S \le \frac{1}{4}T_w \text{and.} 0\text{mm}(\frac{3}{32}\text{in.})$

	عایق شده	≺ $S \le \frac{1}{3}T_w$ or یا $6.4mm(\frac{1}{4}in.)$ ≺ $S \le 9.5mm(\frac{3}{8}in)$ اگر $T_w > 50mm(2in.)$
	ردیف شده	≺ $\sum S \le T_w in 12T_w$ ≺ $GS \ge 3GL$ ≺ $GL \le 6.4mm(\frac{1}{4}in)$ برای $T_w < 19mm(\frac{3}{4}in)$ ≺ $GL \le \frac{1}{3}T_w$ برای $19mm \le T_w \le 57mm(\frac{3}{4}in) \le T_w \le \frac{21}{4}in.)$ ≺ $GL \le 19mm(\frac{3}{4}in)$ برای $T_w > 57mm(\frac{21}{4}in)$
	دسته شده	≺ $GL \le 25mm(1in.), 2T_w$ ≺ از جوش 150mm(6in) در $\sum CL \le 25mm(1in.)$
ناخالصی‌ها		≺ $L \le T_w/4, L \le 4mm(\frac{5}{32}in.)$ ≺ $\sum L \le T_w$ در هر $12T_w$ ≺ $W \le T_w/4, w2.5(\frac{3}{32}in.)$
ریشهٔ مقعر		ضخامت کل اتصال با تقویتی ≤ T_w
تقویت جوش (۲)		≺ $H \le 1\frac{1}{2}mm(\frac{1}{16}in)$ برای $T_w \le 13mm(T_w \le \frac{1}{2}in.)$ ≺ $H \le 3mm(\frac{1}{8}in.)$ برای $13 < T_w \le 51mm(\frac{1}{2}in. < T_w < 2in.)$ ≺ $H \le 4mm(\frac{5}{32}in.)$ برای $T_w > 51mm(T_w > 2in.)$ فلز جوش باید ذوب شده و به آرامی با سطوح ممزوج شود.
پرداخت سطح		≺ $R_a \le 12.5\mu m(500\mu inn)$ هر ASME B46.1

(۱)تخلخل یک مورد خاص است و براساس پیوست، از قسمت ۱، بخش VIII ، استاندارد ASME بنا شده است. برای همسان‌سازی محتویات این جدول، در پیوست ٤، قسمت ۱، بخش VIII از ASME، "T_w" را به جای "t" گذارده‌ایم. برای منظورهای عملی در طی امتحان جوش‌های لب‌به‌لب، نتایج مشابه‌اند.

(۲)صرفاً در مورد جوش‌های آلیاژ آلومینم، پیش‌آمادگی‌های داخلی از مقادیر جدول نباید فراتر روند مگر در موارد زیر

(a) برای ضخامت $\le 2mm(\frac{5}{64})1.5mm(\frac{1}{16}in.);,$

(b) برای ضخامت $> 2mm(\frac{5}{64}.), \le 6mm(\frac{1}{4}in.); 2.5mm(\frac{3}{32}in.).$

جدول ۱۲-۷ فهرست علائم و اختصارات به‌کار رفته در جداول ۸-۷ تا ۱۱-۷

T_w	ضخامت اسمی جداره جزء نازکتر از دو جزئی که با جوش لب‌به‌لب به‌هم متصل شده‌اند
و	در جایی که دو مقدار با حرف "و" جدا می‌شوند، مقادیر کوچکتر قابل پذیرش‌اند
یا	در جایی که دو مقدار با کلمه "یا" جدا می‌شوند، مقادیر بزرگتر قابل قبول‌اند
L	طول نشانهٔ منفرد
Σ	(سیگما نشانهٔ مجموع)
ΣL	(مجموع طول نشانه‌ها) طول مجموع نشانه‌ها
D	عمق نشانه
W	پهنای نشانه
S	اندازهٔ (ابعاد حداکثر روزنه)
GS	اندازهٔ گروهی (تخلخل)
GL	طول گروهی (تخلخل)
CL	طول دسته (تخلخل)
ΣCL	مجموع طول‌های دسته
H	ارتفاع تقویت جوش یا پیش آمدگی داخلی در هر صفحه گذرنده جوش. در جوش‌های شیاری، ارتفاع برابر است با سنجش‌های کوچکتر سطوح اجزای مجاور هم. در جوش‌های پرکن، ارتفاع از گلویی نظری جوش سنجیده می‌شود.
R_a	متوسط زبری [که به‌عنوان متوسط ریاضی خط مرکزی (AA) یا متوسط خط مرکزی (CLA) نیز شناخته می‌شود]. برای اطلاع از روش‌های اندازه‌گیری زبری به ASME B46.1 نگاه کنید.
<	کوچکتر از
>	بزرگتر از
≤	کوچکتر یا مساوی با
≥	بزرگتر یا مساوی با
µin	میکروواینچ
µm	میکرومتر

جدول ۱۳-۷ خلاصه‌ای از آزمایش‌های نفوذ و مشخصات آنها

خلاصه‌ای از آزمایش های نفوذ و مشخصات آنها	هیدرواستاتیک آزمایش نفوذ	پنوماتیک آزمایش نفوذ	هیدرواستاتیک - پنوماتیک آزمایش نفوذ (1,2)	آزمایش نفوذ سرویس ابتدایی (5,6)	آزمایش نفوذ حساس	آزمایش نفوذ متوالی
آزمایش مایع	آب یا سایر گازهای غیرسمی مفید مایع (1,2)	هوا یا سیار گازهای غیرسمی غیرقابل اشتعال	آب و هوا یا سایر گازهای غیرسمی غیرقابل اشتعال (12)	سرویس (شاید سیال مایع یا گاز)	ASME ملاحظه شود، بخش V قسمت 10	هیچکدام (7)
دما	انتخاب آزمایش دما باید شامل خطر و نتیجهٔ شکنندگی شود. [¶345.2.2(c),¶345.5.1].					(13)
فشار	$\frac{1.5 \times P \times ST}{S}$	$110\%P^{(3)}$	$110\%P^{(3,10)}$	فشار اجرایی	کمتر از 15Psi یا $25\%P^{(3)}$	هیچکدام(7)
زمان نگهداری	حداقل ۱۰ دقیقه زمان نگهداری لازم است برای همهٔ آزمایش‌های نفوذ [¶345.2.2(a)]					N/A
امتحان	همهٔ ملحقات و ارتباطات باید آزمایش شوند برای نفوذ [¶345.2.2(a)][8]					100%NDE(9)
روش‌های ?Reilllie فشار	شامل [¶345.2.1(b)	لازم دارد [¶345.5.2][11]	لازم دارد [¶345.5.2][11]	شامل [¶345.2.1(B)]	شامل [¶345.2.1(B)]	غیرکاربردی
مراجعه شود به کدهای مورنیاز دیگر و	آزمایش کردن اطراف تجهیزات فشار [¶345.4.3]	نخیرهٔ انرژی خطر زود شکستن [¶345.5.1] مقدار فشار افزایش [¶345.5.5] آزمایش ابتدایی [¶345.5.5]	نخیرهٔ انرژی خطر زود شکستن [¶345.5.1] مقدار فشار افزایش [¶345.5.5] آزمایش ابتدایی [¶345.5.5]	مقدار فشار افزایش یافته [¶345.8] مقدار فشار افزایش یافته [¶345.7.3]	آزمایش حسّاسیت [¶345.8] مقدار فشار افزایش یافته [¶345.8(b)]	تحلیل خمشی [¶345.9.2] آزمایش نفوذ حساس [¶345.9.3]

(۱)اگر آنجا خطری باشد که ناشی از منجمد شدن آب یا اثرات آب روی لوله یا فرایند باشد دیگر مایعات غیررسمی ممکن است استفاده شود. اگر مایع قابل اشتعال باشد، نقطهٔ اشتعال باید کمتر از 120°f(49°C) باشد، و محیط باید رسیدگی شود [¶345..4.1] .

(۲) درهوای سرد، آب در نقطهٔ انجماد کاهش داده می‌شود مثل گلیکون که اغلب برای هیدروتستینگ استفاده می‌شود.

(۳)P= فشار گیج طراحی داخلی و S_T = مقدار تنش در آزمایش دما و S= مقدار تنش در طراحی دما وقتی که S_Tو S مساوی هستند آزمایش فشار P × 1.5 است.

(٤)برای طراحی دما روی آزمایش دما ملاحظه شود: ¶345.4.2(b)

(٥)سرویس آزمایش نفوذ همچنین به‌عنوان یک آزمایش مناسب نشان داده می‌شود.

(٦)استفاده از آزمایش سرویس نفوذ لازم است که عضو قابل قبول باشد [¶345.1(A),¶345.7] .

(۷)یک آزمایش نفوذ حساس لازم است که بخشی از آزمایش نفوذ متوالی باشد [¶345.9.3] .

(۸)کد ¶345.7.3 اجازه می‌دهد که برای تست‌های نشتی داخلی، یکی از آزمایشات اتصالات که توسط آزمایشات قبلی مطابق کد انجام شده، حذف شود. برای مثال اگر قسمتی از سیستم‌های لوله‌کشی که توسط روش‌های ارائه شده در کدهای دیگر آزمایش نشتی شده‌اند، دیگر لزومی به آزمایش مجدد نیست.

(۹)به علاوه نیاز به آزمایشی برای تست نفوذ حساس، در طول آزمایش‌های نفوذ متوالی، جوش‌ها نباید برای آزمایش‌های نفوذ هیدرواستاتیک یا پنوماتیک با B31.3 مطابقت داشته باشد و شامل آن جوش‌هایی است که در کارخانه‌ها استفاده می‌شود، از لوله‌های جوشی داده شده و ثابت و باید در ادامه امتحان شود. اندازهٔ شیار یا کانال جوش‌های مارپیچی و محیطی و پیرامونی لوله‌ها باید مطابق زیر امتحان شود. تمامی جوش‌های دیگر، که شامل جوش‌های الصاقی طبقه‌بندی شده است، باید به‌وسیلهٔ PT یا MT (برای مواد مغناطیسی) آزمایش شوند.

(۱۰)فشار در بخش پر شدهٔ مایع از سیستم لوله‌کشی، نباید بیشتر از یک حدی تجاوز کند. [¶345.4.2]

(۱۱)فشار مجموعه نباید بیشتر از فشار آزمایش شده باشد، به‌علاوه کمتر از 50Psi(340kpa) یا 10 درصد را از فشار آزمایش شده [¶345.5.2] .

(۱۲)اگرچه در کد، گاز و مایع باید فعال نشود.

(۱۳)دمای آزمایش شده باید، با روش‌های NDE انتخاب شده، سازگار باشد.

اگر چه در نظام‌نامه، شش گونه آزمون نشت فهرست شده است، با اینحال انجام یک آزمون نشت هیدرواستاتیک ضروری است [¶345.1] ، مگر اینکه وضعیت‌ها و شرایط زیر ارضا شده باشند:

a) ممکن است برای یک سیستم سیال از نوع D ، از آزمون سرویس اولیه، با اختیار و مسئولیت کارفرما استفاده شود [¶345.1(a)]. بخش‌هایی که نوعاً برای انجام آزمایش سرویس اولیه برگزیده می‌شوند، عبارت‌اند از سیستم‌های آب سرمایش[1] و سیستم‌های هوای طرح[2].

b) هنگامی‌که و یا در جایی که کارفرما انجام آزمون نشت هیدرواستاتیک را غیرممکن می‌بیند و تشخیص می‌دهد که استفاده از سیال قابل تراکم خطرناک است، ممکن است از یک آزمایش نشتی پنوماتیکی یا هیدرواستاتیک پنوماتیکی استفاده کند [¶345.1(b)] .

c) در جایی که کارفرما می‌بیند انجام آزمون‌های هیدرواستاتیکی و پنوماتیکی نشت، عملی و شدنی نیست[¶345.1(c)] و وضعیت‌های ¶345.1(c)(1) و ¶345.1(c)(2) ارضا شده‌اند، ممکن است از یک آزمون متناوب نشتی استفاده کند.

پاره‌ای از الزامات کلی آزمون‌های نشتی در زیر مطرح شده‌اند. در صورتی که خوانندگان به توضیحات بیشتری در این زمینه احتیاج داشته باشند، می‌توانند به نسخهٔ جاری [نظام‌نامه] b31.3 مراجعه کنند.

a) اگر فشاری که در جریان انجام آزمایش نشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، تنشی را به‌وجود آورد که این تنش از تنش تسلیم در دمای آزمون فراتر می‌رود؛ باید فشار آزمایش به گونه‌ای تقلیل داده شود که به فشار حداکثری برسد که در آن فشار، تنش حاصله، از تنش تسلیم در دمای آزمایش فراتر نرود[¶345.4.1(c) , ¶345.2.1(a)].

b) احتیاط‌های لازم برای اجتناب از به‌وجود آمدن فشار اضافی حاصل از انبساط حرارتی سیال آزمایش، باید به‌کار رود [¶345.2.1(b)] .

c) آزمون‌های نشتی می‌بایست به مدت حداقل ۱۰ دقیقه انجام شوند، و همهٔ اتصالات و برخوردگاه‌ها باید تحت امتحان نشتی قرار گیرند[¶345.2.2(a)] . این امر بدین معناست که اگر خواسته باشیم کلیه اتصالات و برخوردگاه‌ها را از نظر نشتی امتحان کنیم، ممکن است زمان انتظار از ۱۰ دقیقه نیز بیشتر شود.

d) ممکن است برای نشت‌های موضعی عمده، از آزمون مقدماتی پنوماتیکی که با هوا و در فشار حداکثر 170kpag(25psig) انجام شود، استفاده شود [¶345.2.1(c)]. از آنجایی که انجام چنین آزمایشی ممکن است منجر به مشکلاتی در امر ساخت شود، ممکن است کارفرمایان از انجام آن شانه خالی کنند، این چیزی است که باید بدان توجه داشت.

e) آزمون‌های نشتی باید پس از انجام و تکمیل هرگونه عملیات حرارتی صورت پذیرند [¶345.2.2(b)]. این امر خطر شکست ترد ناشی از ریز ساختارهای با چکش خواری پایین را که تا پیش از انجام عملیات حرارتی وجود دارند کاهش داده و احتمال ردیابی آسیب‌هایی را که در جریان عملیات حرارتی شکل گرفته‌اند، افزایش می‌دهد (همچون ترک‌های پیش گرم شده[3]).

---

1. Spiral
2. Non- Reactive
3. Reheat Cracks

f) هنگامی که آزمون‌های نشتی در دمایی نزدیک به درجه حرارت انتقالی [از] چکش خواری-[به] تردی صورت می‌پذیرد، [نظام‌نامه] B31.3 ملزم می‌کند که احتمال شکست ترد، مورد ملاحظه قرار گیرد[345.2.2(C)¶]. متأسفانه [نظام‌نامه] B31.3 تعریفی از اصطلاح درجه حرارت انتقالی چکش‌خواری- تردی[1] را به طریقی عملی ارائه نکرده‌است، و منحنی‌های انتقالی نیز که از روی آنها بتوان درجه حرارت انتقال را معین کرد، ندرتاً در دسترس هستند. به‌جای چنین داده‌ای، پایین‌ترین درجه حرارت آزمایش را می‌توان به‌عنوان پایین‌ترین دما برای آزمایش‌های ضربه‌ای که توسط قواعد B31.3 الزام گشته‌اند، در نظر گرفت.

g) [نظام‌نامه] B31.3، اجازه می‌دهد که مونتاژهای فرعی[2] لوله‌کشی به‌طور جداگانه و یا به‌عنوان لوله‌کشی مونتاژ شده، به‌عنوان یک کل و یک مجموعه تحت آزمون قرارگیرند [345.2.3(a)¶]. این امر بدین معناست که مثلاً انجام آزمون نشتی برروی لوله‌های[3] لوله‌کشی در کارگاه ساخت و سپس آزمایش دوبارهٔ آنها در محلی که باید نصب شوند، اجباری نیست. البته، پاره‌ای از کارفرمایان جهت حصول اطمینان از کیفیت ساخت، در کارگاه‌ها و رعایت شدن کامل الزامات قراردادی و سپس کسب آمادگی برای پرداخت هزینهٔ آزمون‌ها، نیازمند به انجام آزمایش در کارگاه‌های ساخت و محل نصب، هر دو هستند.

h) به منظورهای کاملاً علمی، می‌توان از یک اتصال فلنجی، که کور هم هست برای جداسازی دیگر تجهیزاتی که در جریان آزمون، لازم نیست آزموده شوند استفاده کرد [345.2.3(b)¶].

i) جوش‌های مسدود ساز[4] به انجام آزمون‌های نشتی نیازی ندارند. اینگونه جوش‌ها، در طی فرایند براساس 344.7¶ مورد امتحان قرار می‌گیرند و بر طبق 344.5¶ همهٔ پاس‌های آنها، 100 درصد رادیوگرافی شده و یا طبق 344.6¶، ۱۰۰ درصد اولتراسونیک می‌شوند [345.2.3¶].

برای آماده سازی جهت انجام آزمایش نشتی، [نظام‌نامه] B31.3 الزامات زیر را که صرفاً در مورد تعداد اندکی از اجزای لوله‌کشی که در برنامهٔ آزمون نشتی قرار دارند، به‌کار می‌رود، اعمال می‌کند:

a) همهٔ اتصالات، اعم از جوش‌ها و قیدها[5] مجازند در طول انجام آزمون نشتی بدون عایق و سرباز باشند. در هر حال همهٔ اتصالاتی که بیش از انجام آزمون نشتی رنگ آستری آنها زده شده است و اتصالاتی ک بر اساس B31.3 پیش از این تحت آزمون قرار گرفته، ممکن است عایق شده یا پوشیده شده باشند. برای انجام آزمایشات نشتی حساس، همهٔ اتصالات باید رنگ‌زدایی و تمیز شوند [345.3.1¶].

b) ممکن است برای انجام آزمایشات نشت خطوط گاز یا بخار، استفاده از تکیه‌گاه‌های موقتی[6] برای تحمل وزن سیال آزمایش ضروری شود.

---

1. The Ductile-Brittle Transition Temperature.
2. Subassemblies
3. Spools (قطعات از پیش ساخته شده)
4. Closure Welds (جوش‌های ته بند)
5. Bonds
6. Temporary Supports

c) اتصالات انبساطی معرف وضعیت ویژه‌ای برای آزمایش هستند. برای دریافت اطلاعات بیشتر به [نظام‌نامه] B31.3 مراجعه کنید. [بند X302.3(a)، پیوست x، ¶345.4.2(c)، ¶345.3.3].

d) در محدودهٔ لوله‌کشی تحت آزمایش تجهیزاتی که انجام آزمون شامل آنان می‌شود نباید از لوله‌کشی منفک و جدا شده و یا توسط [فلنج] کور یا دیگر وسایل ایزوله استفاده شوند؛ در این محدوده شیرهایی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید برای انجام و تحمل فشار آزمایش مناسب باشند [¶345.3.4].

e) [نظام‌نامه] B31.3، در صورتی که عملی باشد، طراح، تولید کننده، سازنده و نصاب لوله‌کشی را در قبال ثبت حد نصاب‌هایی از آزمون که توسط نظام‌نامه و طراحی مهندسی الزام شده‌اند مسئول می‌داند [¶346.2]. آن چیزهایی که ثبت آنها توسط B31.3 الزامی شده است به شرح زیر هستند:

a) تاریخ انجام آزمون [¶345.2.7(a)]،

b) شناسنامهٔ سیستم لوله‌کشی که آزموده می‌شود [¶345.2.7(b)]،

c) سیال آزمون [¶345.2.7(c)]،

d) فشار آزمایش [¶345.2.7(d)]،

e) گواهینامهٔ نتایج آزمایش انجام شده توسط آزمایش کننده [¶345.2.7(e)]،

f) دستورالعمل‌های امتحان کردن [¶346.3(a)]، و

g) مشخصه‌ها و شرایط نیروی انسانی امتحان کردن [¶346.3(b)].

پس از تکمیل آزمایش، اگر بازرس گواهی کند که لوله‌کشی به گونه‌ای رضایت‌بخش فشار آزمایش را تحمل کرده و الزامات نظام‌نامه‌ای را ارضا کرده است، نیازی به نگاهداری مستندات a) تا e) نیست. [¶345.2.7]. مستندات f و g را می‌بایست به مدت حداقل ۵ سال پس از تولید آنها و ثبت آزمایشات نگاهداری کرد[¶346.3].

فصل هشتم

لوله‌کشی سرویس‌های سیالات گروه M[1]

مدخل[2]

[نظام‌نامه] B31.3 برای سیستم‌های لوله‌کشی‌ای که توسط کارفرما برگزیده شده‌اند، الزاماتی را در طراحی، ساخت، بازرسی و [انتخاب] مواد، همچون در مورد به‌کارگیری سیالات گروه M در فصل VIII، مقرر داشته است. آن فصل با الزامات ویژهٔ اعمال شده فراهم آمده از نظام‌نامهٔ مبنا (شش فصل نخست B31.3) و فصل VII (الزاماتی برای لوله‌کشی غیرفلزی)[3]، [¶M300] یک نظام‌نامهٔ قائم بالذات[4] برای لوله‌کشی است که توسط کارفرما، به‌عنوان به‌کارگیری سیالات گروه M، طبقه‌بندی شده است.

تعریف[5]

به‌کارگیری سیالات گروه M به گونه‌ای از کاربری سیال اطلاق می‌شود که به‌طور بالقوه، کارکنان را در معرض سیالات سمی[6] قرار می‌دهد؛ این امر در داوری در مورد اینگونه از به‌کارگیری سیالات بسیار مهم و عمده است. [کارکنان] بر اثر تنفس و یا تماس جسمانی، حتی با مقدار اندکی از چنین سیالی، که بر اثر نشت خارج شده است، در معرض تماس و مجاورت با سیال سمی قرار می‌گیرند؛ این مقدار اندک از سیال می‌تواند مجموعه‌ای از آسیب‌ها و خسارات جبران ناپذیر را، حتی آنگاه که سنجش‌هایی تجدید[7] شونده ترویج می‌شوند، وارد آورد.

---

1. Piping for Category M fluid Service
2. Introduction
3. Nonmetallic Piping
4. Stand-Alone
5. Definition
6. Toxic Fluids
7. Restorative Measures

مسئولیت طبقه‌بندی کردن[1]

علاوه بر مسئولیت کلی [نظام‌نامه] B31.3 در اجابت و پذیرش [طبقه‌بندی]، [π300(b)(1)]، اگر از سیالی با کاربری گونهٔ M استفاده شود، کارفرما نیز در قبال تعیین و طبقه‌بندی به‌کارگیری سیالات مسئول است. در پیوست M از [نظام‌نامه] B31.3، نمودار جریانی تدارک دیده شده که به کارفرمای طرح در تعیین گونهٔ مناسب کاربری سیال برای سیستم خود، کمک می‌کند. ملاحظاتی که در نظر گرفته می‌شوند عبارت‌اند از:

a) آیا سیال سمی است؟

b) آیا تعریف کاربری سیال از نوع M و نیز توصیف سیال زیر سؤال است؟

c) آیا نظام‌نامه مبنا (هفت فصل نخست B31.3) کارکنان را در برابر قرارگیری در معرض مقادیر بسیار اندکی از سیال که به محیط وارد شده است، محافظت می‌کند؟ (به‌گونه‌ای مناسب)

d) آیا می‌توان با طراحی درست از وقوع وضعیت‌های چرخه‌ای منفصل جلوگیری کرد؟

اگر پاسخ پرسش‌های a)، b) و d)، "آری" و پاسخ پرسش c)[2]، "نه" باشد، برای سیستم لوله‌کشی خاص، گونهٔ کاربری سیال، M است. قواعد طراحی سیستم‌هایی که کاربری سیال در آنها از نوع M است در فصل VIII از [نظام‌نامه] B31.3 ارائه گشته و در این بخش مورد بحث قرار می‌گیرند.

حالت‌ها [یا شروط] طراحی[3]

دما و فشار طراحی

به‌منظور تعیین ضخامت جدار جزء [لوله‌کشی]، rating[4] فشار جزء[لوله‌کشی]، تنش مجاز ماده و تحلیل شکست، باید بر مبنای درجه حرارت سیال، دمای طراحی را به‌دست آورد. برای مشخص ساختن دمای طراحی در برخی حالات، اجازه داده می‌شود که از دستورالعمل‌های محاسباتی انتقال حرارت، که در تناقض با تجربیات صنعتی هم نیستند، استفاده شود [¶M301.3].

به منظور تعیین ضخامت دیوارهٔ جزء[لوله‌کشی] و درجهٔ فشار، فشار طراحی با استفاده از دستورالعمل مشابهی، همچون نظام‌نامهٔ مبنا[5]، مشخص می‌شود. فشار طراحی انتزاعی‌ترین فشاری است که انتظار می‌رود در یک گونه از کاربری سیال، رخ دهد، این فشار باید با درجه حرارت [طراحی]

---

1. Classification Responsibility

۲. در متن اصلی ۱)، ۲)، ۳)، ٤) برای اشاره به پرسش‌های چهارگانه a)، b)، c) و d) آمده است که در برگردان فارسی اصطلاح شده‌اند.

3. Design conditions

٤. درجه، مرتب

5. Base code

هم‌خوانی داشته باشد؛ و معمولاً آن را از بزرگترین درجهٔ فشار جزء و بیشترین ضخامت دیوارهٔ جزء [لوله‌کشی] به‌دست می‌آورند[¶M302.2.4] .

تغییرات و نوسانات فشار – دمایی که در ¶304.2.4 از [نظام‌نامه] B31.3 مجاز دانسته شده است، در به‌کارگیری سیالات گروه از نوع M مجاز نیست [¶M302.2.4].

ملاحظات طراحی[1]

در لوله‌کشی‌ای که از سیالی با به کارگیری گونهٔ M سود می‌جوید، بر دو ملاحظهٔ ویژه و خاص، به‌عنوان ملاحظات طراحی تأکید بسیار می‌شود. این دو موضوع عبارت‌اند از **ضربه**[2] [¶M301.5.1] و **ارتعاش**[3] [¶M301.5.4]. ضربه به‌واسطهٔ ضربهٔ قوچ[4] و یا معادل آن، بر اثر وارد آمدن ضربهٔ حاصل از نجار ایجاد می‌شود؛ و باید حتی‌الامکان با تصحیح جانمایی لوله‌کشی و به‌کارگیری شیر (به‌ویژه شیرهای یک‌طرفه[5])، آن را حذف کرد. در جایی که در مراحل راه‌اندازی[6]، متوقف سازی[7]، یا بهره‌برداری معمول از سیستم، بتوان از بروز ضربه و ایجاد ارتعاش اجتناب کرد، لازم است از مهاری‌ها[8]، کمک فنرها[9] و کنترل‌ها برای حذف اثرات زیانبار ضربه و ارتعاش برروی لوله‌کشی و نگهدارنده‌ها[10] استفاده شود. با استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای تحلیل دینامیکی[11] [سازهٔ لوله‌کشی] و سیستم در حال ارتعاش لوله‌کشی باید محل و نوع مهاری را تعیین کرد.

تحلیل [اثرات] وزش باد و زمین‌لرزه بر اساس دستورالعمل ASCE-7-88 (که به زودی در قالب ASCE 7-93 مورد تجدید نظر قرار می‌گیرد)، برای لوله‌کشی‌ای که از به‌کارگیری نوع M سیال سود می‌جوید، لازم و ضروری است؛ همچنان که برای لوله‌کشی‌های نظام‌نامهٔ مبنا. در فصل ۳، "بارهای ناشی از وزش باد و زمین لرزه"، روش‌های تحلیل و رئوس مطالب مربوط به آنها معرفی شده و مورد بحث قرار گرفته‌اند.

---

1. Design Considerations
2. Impact
3. Vibration
4. Water Hammer
5. Check Valves
6. Start-Up
7. Shut - Down
8. Restraints
9. Snubbers
10. Restraints
11. Dynamic Analysis Computer Simulation

تنش‌های مجاز/موافقت‌هایی برای طراحی فشار[1]

اساس[محاسبه] تنش مجاز برای مواد فلزی در دمای معین، با آن چیزی که در نظام‌نامهٔ مبنا، در مورد مواد آورده شده مشابه است. حتی اگر از موادی استفاده شود که در جدول A-1 فهرست نشده باشند، از آنجایی که تنش‌های مجاز، [پیش‌تر] معرفی شده‌اند، طراح مجاز است تا اسناد و مدارکی کامل براساس تنش‌های مجاز تعیین و تشریح شده، تعیین کند به‌گونه‌ای که دستورالعمل مورد استفاده در تعیین تنش‌های مجاز در تناقض با ¶302.3.2 از [نظام‌نامه] B31.3 نباشد [¶M302.3] .

طراحی فشار برای اجزای فلزی لوله‌کشی[2]

ضخامت دیوارهٔ لوله برای [مقابله با] فشار داخلی[3]

طراحی فشار اجزای لوله‌کشی و لوله‌کشی در حالتی که از گونهٔ M در به‌کارگیری سیال استفاده می‌شود، براساس دستورالعمل نظام‌نامه مبنا در ¶304 از B31.3 صورت می‌پذیرد [¶M304]. در سیستم‌هایی که تحت فشار داخلی [یا فشار از داخل] قرار دارند، تعیین ضخامت دیواره، در جایی که طراح از معادلات مربوط به قطر خارجی[4] استفاده کند باید براساس معادلات (3a)، (3b) یا (3c) و در جایی که طراح از قطر داخلی[5] لوله در محاسبات خویش سود جوید، باید براساس معادلهٔ (3d)، انجام شود. مثالی از محاسبات مربوط به تعیین ضخامت دیواره برای سیستمی که تحت فشار داخلی قرار دارد، در صفحهٔ ۲۳ از فصل دوم آورده شده است. ضخامت دیواره برای سیستمی که تحت فشار داخلی است به شکل زیر تعیین می‌شود:

a) براساس معادلات (3a)، (3b)، (3c) یا (3d) از نظام‌نامهٔ B31.3 و با در نظر گرفتن فشار طراحی در دمای معین، ضخامت دیوارهٔ t را به‌دست آورید.

b) به ضخامت به‌دست آمده تلرانس باربرداری سطحی[6]، خوردگی/فرسایش مجاز[7]، عمق شیار یا عمق دنده را نیز اضافه کنید.

c) ضخامت بعدی دیوارهٔ اسمی تجاری در دسترس (فرانما[8]) را انتخاب کنید.

---

1. Allowable Stresses / AlloWances for Pressure Design
2. Pressure Design of Metallic Piping Components
3. Pipe Wall Thickness For Internal Pressure
4. Out Side Diamiter
5. Inside Diameter
6. Mill Under Run Tolerance
7. Corrosion/Erosion Allowance
8. Schedule

ضخامت دیوارهٔ لوله برای [مقابله با] فشار خارجی[1]

طراحی فشار خارجی توسط π304.1.3 از [نظام‌نامه] B31.3 پوشش داده شده و با ذکر مثال‌هایی کاربردی در صفحه ۲۷ از فصل ۲، تشریح شده است. برای تعیین ضخامت دیوارهٔ لوله خارجی اجزایی [لوله‌کشی] که تحت فشار خارجی، مشتمل بر سرویس خلأ قرار دارند، [محاسبه] ضخامت دیواره جهت [مقابله با] فشار خارجی مناسب و ضروری است. دستورالعمل محاسباتی تعیین چنین ضخامتی از دیواره، در بندهای UG-28 تا UG-30 از قسمت ۱، بخش VIII نظام‌نامه ASME، چنانچه B31.3 نیز به آن پای می‌فشارد، آمده است. در یک کلام، این دستورالعمل، دستورالعملی تکراری است، در جایی که امکان آزمایش وجود داشته و قابل دسترس از نظر تجاری باشد، ضخامت انتخاب شده برای دیواره جهت لوله‌ای که سرویس خلأ استفاده می‌کند، باید براساس دستورالعمل UG-28 (بند 2.2.2) تحت آزمون قرار گیرد.

محدودیت‌های لولهٔ فلزی، اتصالات لوله و خم‌ها[2]

مادهٔ لوله فلزی[3]

مواد لولهٔ فلزی که در جدول A-1 فهرست شده‌اند، ممکن است در حالتی که از سیال با گونه به‌کارگیری M سود جسته می‌شود، به‌کار روند؛ به‌جزء آن دسته از موادی که در به‌کارگیری نوع D سیال استفاده از آنها ممنوع شده[¶305.2.1] و لوله‌کشی‌هایی که نیازمند محافظت هستند [¶M305.2] و[¶305.2.2].

اتصالات لوله فلزی[4]

اتصالات لوله فلزی که براساس استانداردهای فهرست شده در جدول 326.1 و یا برطبق شرایط ذکر شده در ¶302.2.3 از [نظام‌نامه] B31.3 در مورد اتصالات لوله‌ای فهرست نشده، ساخته می‌شوند، ممکن است در به‌کارگیری نوع M سیال نیز استفاده شوند. به‌جزء موارد زیر که نباید مورد استفاده قرار گیرند: [¶M306]

a) اتصالاتی که از MSS SP-43 پیروی می‌کنند.

b) انحصاراً نوع C از اتصالات جوشکاری، اتصال لبه‌دار، لب‌به‌لب و stub-end. [¶M306.1].

---

1. Pipe Wall Thickness for Exrernal Pressure
2. Limitations on Metallic Pipe, Pipe Fittings, and Bends
3. Metallic Pipe Meterial
4. Metallic Pipe Fittings

ممکن است از خم‌های لوله‌ای که بر اساس استانداردهای فهرست شده (در جدول 326.1) ساخته نشده‌اند در سیستمی که از گونهٔ M به‌کارگیری سیال سود می‌جوید استفاده شود؛ در این‌صورت خم‌ها باید دارای شرایط زیر باشند:

۱. هیچگونه ترکی نداشته باشند؛

۲. ضخامت جدارهٔ قوس خارجی[1] نباید از ضخامت دیواره‌ای که براساس فشار طراحی و توسط معادلات 3a، 3b، 3c یا 3d با افزودن حدود مجاز خوردگی، فرسایش و آسیب‌های مکانیکی، با توجه به [نظام‌نامه] B31.3 به‌دست آمده است، کمتر باشد؛

۳. خروج از تدور[2] خم نباید از حدود ۸٪ برای فشار داخلی و ۳٪ برای فشار خارجی که در ¶332.2.1 از [نظام‌نامه] B31.3 مقرر شده است، فراتر رود.

درجه حرارت ماده در جریان خم‌کاری باید با ¶322.2.2 از B31.3 مطابقت داشته باشد (خم‌کاری سرد مواد مزیتی باید در دمای پایین‌تر از گسترهٔ دمایی انتقال [فاز] ماده صورت گرفته و خم‌کاری گرم باید تحت دمایی بالاتر از گسترهٔ دمایی انتقال انجام شود).

خم‌های موج وشکن‌دار، همچون خم‌های مایتر که می‌توانند با یک اتصال ساده با زاویه‌ای بزرگتر از ۲۲/۵° (به شکل 304.2.3 از B31.3 نگاه کنید)، جهت جریان را تغییر دهند، نباید در لوله‌کشی‌هایی که از نوع M کاربری سیال سود می‌جویند، به‌کار روند.

اتصالات فرعی [یا انشعابی][3]

طراحی فشار مقاطع انشعابی، که از اتصالات فرعی یا ریخت‌هایی هندسی[4] که براساس استانداردهای فهرست شده در جدول 326.1 ساخته نشده‌اند، در کاربری سیال از گونه M، باید منطبق با ¶304.3 از نظام‌نامهٔ مبنا انجام شود. این اجزای متقاطع فهرست شده، همچون اتصالات انشعابی تقویت ناشده‌ای که ساخته و آماده شده‌اند، یا اتصالات انشعابی‌ای که توسط بالشتک تقویت گشته‌اند، براساس " روش جابه‌جایی منطقه‌ای[5]" معرفی شده در ¶304.3 که طی مثال‌هایی در صفحهٔ ۳۳ از فصل ۲، "اتصالات انشعابی[6]" نیز توضیح و تشریح شده‌اند، طراحی می‌شوند.

1. Extrados
2. Out of Round
3. Branch Connections
4. Geometries
5. Area Replacement Method
6. Branch Connections

محدودیت‌های کلی شیرهای فلزی و اجزای خاص[1] [لوله‌کشی]

بخش‌های زیرین غالب محدودیت‌ها و اصلاحات قواعد نظام‌نامهٔ مبنا در مورد این اجزا را بر می‌شمارند.

شیرها[2] [¶M307]

a) شیرها با اتصالات کلاهکی رزوه شده، به‌غیر از اتصالات یکپارچه، نباید استفاده کرد.

b) صفحهٔ کلاهک و درپوشی که برای مسدود ساختن به کار می‌رود باید به‌صورت فلنج باشد، حداقل چهار پیچ محکم شده و درزبند[3] مناسب داشته باشد، یا به‌وسیلهٔجوش‌های نفوذی کامل محکم شود؛ و یا به‌وسیلهٔ رزوهٔ مستقیمی[4] که از نشیمن فلز به فلز[5] و جوش درزی سود می‌جوید محکم شود.

فلنج‌ها[6] [¶M308]

فلنج‌هایی که دارای شرایط لازم ذکر شده در لوله‌کشی نظام‌نامهٔ مبنا باشند (لوله‌کشی طبق سه فصل نخست B31.3 طراحی شده باشد) برای استفاده در کاربری‌های سیال از گونهٔ M مناسب‌اند، مگر آنچه که در زیر می‌آید:

a) از فلنج‌های خوابیده منفرداً جوش شده[7] نباید استفاده شود.

b) فلنج‌هایی با اتصال منبسط شونده[8] نباید مورد استفاده قرار گیرند.

c) از فلنج‌های خوابیده نباید به‌عنوان فلنج‌های لبه‌دار استفاده شود، مگر اینکه در فلنج خوابیده، مقطع پیشانی فلنج[9] با سوراخ و یک لبهٔ زاید برابر با 1/8 in (3mm) و یک اریب، اصلاح شده باشد.

d) از فلنج‌های فلزی رزوه‌ای[10] نباید استفاده کرد، مگر آنکه در آنها از حلقه‌های لنزی[11] یا درزبندهای مشابه به‌کار رفته باشد و یا از آنها بخواهیم در لولهٔ آستردار که آستری داخل لوله‌ها روی وجه درزبند را می‌گیرد استفاده کنیم.

---

1. General Restrictions on Metallic Valves & Specialty Components
2. Valves
3. Gasket
4. Straight Thread
5. Metal-to-Metal
6. Flanges
7. Single Welded Slip-On Flanges
8. Expanded-Joint Flanges
9. Flange Face
10. Threaded Mtallic Fanges
11. Lens Rngs

حلقه‌های شیاردار پوششی[1]

استفاده از اتصالات جوشی همراه با حلقه‌های شیاردار پوششی مجاز نیست.

اتصالات جوشی طوقه‌ای[2]

استفاده از اتصارات جوشی طوقه‌ای با NPS بیش از NPS2 مجاز نیست.

اتصالات انبساطی[3] [منبسط شونده]

استفاده از اتصالات منبسط شونده مجاز نیست.

انعطاف‌پذیری[4] و پشتیبانی لوله‌کشی فلزی

انعطاف پذیری لوله‌کشی‌ای که در آن سیالات گروه M به‌کار رفته است.

قواعد انعطاف‌پذیری نظام‌نامهٔ مبنا، که در فصل ۳ از همین کتاب معرفی شده‌اند، در لوله‌کشی‌هایی که از گونهٔ به‌کارگیری سیال سود می‌جویند نیز به کار می‌روند، به‌جز معادله (16)؛ $Dy \div (L-u)^2 \le K1$، که برای تعیین نیازمندی‌های تحلیل شکلی[5] کاربرد دارد. از این دستورالعمل ساده شده نباید در کاربری سیال از نوع M استفاده کرد [¶M319] .

ساپورت‌های لوله[6]

قواعد ساپورت [گذاری] لوله که در(بخش ۳۲۱) از نظام‌نامهٔ مبنا آورده شده است، در مورد کاربری نوع M سیال نیز به کار می‌روند به‌جزء اینکه از فولادهایی که مشخصات ناشناخته‌ای دارند نباید به‌عنوان ساپورت‌های لوله استفاده کرد [¶M321] .

سیستم‌های تقلیل فشار[7]

قواعد ارائه شده توسط نظام‌نامهٔ مبنا در خصوص محافظت از سیستم در قبال فرافشاری[8] شدن مجموعه در مورد کاربری گونهٔ M سیال نیز، با یک استثنا به‌کار می‌رود. تنظیم فشار دستگاه‌های تقلیل

---

1. Split Bcking Rings
2. Socket Wlded Jints
3. Expanded Jints
4. Flexibility & Spport of Mtallic Pping
5. Formal Aalysis (تحلیل رسمی)
6. Pipe Spports
7. Pressure Relieving Sys
8. Over-Pressure

فشار، در ایستگاه تقلیل فشار، باید به گونه‌ای انجام شود که فشار داخل سیستم لوله‌کشی از ۱۱۰ درصد فشار طراحی فراتر نرود[M322.6¶] .

مواد لوله‌کشی فلزی[1]

از مواد فهرست شده و فهرست نشده‌ای که مشخصات آنها منتشر شده است و در انطباق با قواعد نظام‌نامهٔ مبنا و موادی که پس از برگشت[2] برای استفادهٔ مناسب تشخیص داده شده و بازرسی را پشت سر نهاده‌اند می‌توانند در لوله‌کشی‌هایی که از گونهٔ M کاربری سیال سود می‌جویند، به کار روند. از چدن و موادی که مشخصات آنها ناشناخته‌اند، نباید در قسمت‌هایی که تحت فشارند، استفاده کرد. از قلع و سرب، باید صرفاً به‌عنوان آستری استفاده کرد [M323¶] . .

استفاده از مواد فولادی کربن‌دار برای کاربری دما پایین سیال از نوع M (زیر ۲۰- درجه فارنهایت و بالای ۵۰- درجهٔ فارنهایت) مجاز است؛ لیکن انجام آزمایش ضربه ضروری است. این امر نوعی انحراف از نظام‌نامهٔ مبناست که انجام آزمون ضربه را در مورد اینگونه مواد لازم نمی‌داند. در مورد فولادهایی که در گسترهٔ پایین دمایی ذکر شده، در دیگر وضعیت‌های کاربری سیال، هر دو، مقرر داشته‌اند. تنش حلوقی[3] ناشی از فشار داخلی نباید از ۲۵ درصد تنش مجاز در دمای محیط فراتر روند، S_h، در آن دسته از کاربری‌هایی که تحت دمای سرد صورت می‌گزینند؛ و تنش‌های مرکب[4] حاصل از فشار، وزن و جابه‌جایی حرارتی نباید از $(S_L + S_E < 6Ksi)6Ksi$ تجاوز کند. توجه به این امر حائز اهمیت است که نظام‌نامه، برای نخستین بار، تنش بیشینهٔ مجاز را برای شرایط بهره‌برداری (جابه‌جایی حرارتی، فشار و وزن مرکب) مقرر داشته است [M323.2¶] .

ساخت و نصب لوله‌کشی‌ای که از کاربری سیال نوع M استفاده می‌کند[5]

قواعد حاکم بر ساخت لوله‌کشی با کاربری سیال از نوع M مشابه همان قواعدی است که نظام‌نامهٔ مادر، با استثنائات زیر، در مورد لوله‌کشی‌ها ذکر کرده است.

1. Metallic Piping Materials
2. Reclaimed Materials
3. Hoop Stress
4. Combined Stresses
5. Fabrication & Erection of Category M Fluid Service Piping

حلقه‌های پوششی[1] [¶M328.3]

استفاده از حلقه‌های فاق‌دار پوششی ممنوع است، در صورتی که شرایط ذکر شده در دستورالعمل‌ها بتوانند سودمندی رفع نقص را اثبات و تأیید کنند، می‌توان این نقیصه را با تعبیهٔ حلقه‌های پوششی و جوف‌های قابل مصرف[2] برطرف کرد.

خم‌های لوله[3]

از خم‌های موج یا شکن‌دار نباید استفاده کرد [¶M332].

بازرسی، امتحان و آزمایش کردن لوله‌کشی فلزی با کاربری سیالات گروه M[4]

بازرسی[5]

الزامات معین شده توسط نظام‌نامهٔ مبنا، با در نظر گرفتن استثنائات زیر، در مورد لوله‌کشی با کاربری نوع M سیال نیز به کار می‌روند [¶M340].

A. امتحان کردن چشمی

۱. همه آنچه که ساخته شده است باید مورد امتحان قرارگیرند.[¶341.4]

۲. همه اتصالات پیچ‌شده، رزوه‌ای و دیگر اتصالات مکانیکی باید امتحان شوند.

B. دیگر امتحان کردن‌های لازم

نزدیک به ۲۰ درصد از همهٔ جوش‌های لب‌به‌لب محیطی و مایتر، و جوش‌های اتصالات ساختهٔ انشعابی و لبه‌دار که قابل مقایسه با شکل 328.5.4E و طرح‌های (d) و (e) شکل 328.5.5 از [نظام‌نامه] B31.3 هستند، باید به‌طریق پرتونگارانه یا اولتراسونیک امتحان شوند.

آزمون نشت[6]

از قواعد نظام‌نامهٔ مبنا برای انجام آزمون نشتی لوله‌کشی با به کارگیری نوع M سیال، با یک استثنا استفاده می‌شود. آزمون نشت حساس که براساس ¶345.8 صورت می‌گیرد، باید همچنان به عنوان بخشی از آزمون هیدرواستاتیک یا پنوماتیک نشت قلمداد شود [¶M345]

---

1. Backing Rings
2. Consumable Inserts
3. Pipe Bends
4. Inspection, Examination, and Testing of Metallic M Fluid Service Piping
5. Inspection
6. Leak Testing

فصل نهم

لوله‌کشی فشار بالا[1]

هدف و تعریف[2]

صرفاً هنگامی که کارفرمای طرح لوله‌کشی را به‌عنوان کاربری فشار بالای سیال برمی‌گزیند، قواعد [نظام‌نامه] B31.3 در مورد طراحی لوله‌کشی فشار بالا، به‌عنوان شقوقی[3] مبنایی جهت طراحی مطرح می‌شوند. آنگاه که کارفرمای طرح یک سیستم لوله‌کشی را برمی‌گزیند که سیال با فشار بالا باید در آن کار کند، رعایت همهٔ الزامات پیشین ذکر شده در فصل IX از [نظام‌نامه] B31.3 اجباری می‌شوند.

کارفرمای طرح، در اخذ تصمیم در مورد الزامات فشار بالا، توسط سه خط عمدهٔ ساده، راهنمایی و کمک می‌شود.

۱. اگر فشار طراحی یک سیستم خاص لوله‌کشی، از آن چیزی که یک فلنج از کلاس ۲۵۰۰ و جنس ASME B16.5 درآن به‌طور مطمئن می‌تواند کار کند، بالاتر باشد، آنگاه [رعایت] قواعد لوله‌کشی فشار بالا الزامی است. به‌عنوان مثال، برای ماده‌ای از ASME A 105 در ۱۰۰ درجهٔ فارنهایت، فشار طراحی بزرگتر از 6170psig، مستلزم وجود یک سیستم لوله‌کشی است که منطبق با قواعد فشار بالا، برگزیده شده باشد.

۲. باری فولاد آلیاژی و فولاد کربن‌دار، تنش بیشینهٔ مجاز S_h، در دماهای ارتقایافته، بر اساس ۲/۳ استحکام تسلیم ماده در دمای مورد نظر محاسبه می‌شود. این محدودیت S_h، براساس قواعد طراحی B31.3 درمورد فولادهای فریتی، با بالا رفتن درجه حرارت را بیش از ۶۰۰ درجه فارنهایت مجاز شمارد. فولادهای زنگ نزن اوستینیتی عملیات حرارتی شده (که براساس کاربری نظام‌نامه مبنا، مقدار S_h آنها می‌تواند تا ۹۰ درصد استحکام تسلیم ماده در دمای معین نیز برسد)، محدود

---

1. High Pressure Piping
2. Scope and Definition
3. Alternatives

به دمای بیشینه ۸۰۰ درجه فارنهایت خواهند شد. برمبنای خواص خزش، هیچگونه پیش شرطی برای حد مجاز S_h مواد وجود ندارد. مقادیر S_h و S_c در جدول K-1 از پیوست K، [نظام‌نامه] B31.3 جدول بندی شده‌اند.

۳. قواعد لوله‌کشی فشار بالا را نمی‌توان در مورد کاربری نوع M سیال به کار برد.

با در دست داشتن سه حالت شناخته شدهٔ طراحی، کارفرما برای تصمیم‌گیری جهت اعمال کردن یا نکردن الزامات لوله‌کشی فشار بالا، اطلاعات کافی را دردست خواهد داشت.

هنگامی که کارفرما یک سیستم لوله‌کشی را برای کار در فشار بالا برگزید، رعایت همهٔ الزامات فصل IX از [نظام‌نامه] B31.3، اجباری می‌شود. فصل IX به یک نظام‌نامهٔ قائم بالذات تبدیل می‌شود، الزامات نقشه‌کشی حاصل از شش فصل نخست [نظام‌نامه] B31.3 و قواعد اصلاح آنها به‌عنوان چیزهایی اختصاصی برای لوله‌کشی فشار بالا در می‌آیند. در این فصل برروی چنین الزامات اصلاح شده‌ای تمرکز و یادآوری خواهد شد.

الزامات اصلاح شدهٔ نظام‌نامهٔ مبنا برای لوله‌کشی فشار بالا[1]

مسئولیت‌های طرح[2]

طراح در قبال کارفرما از جهت انطباق و پیروی همهٔ مراحل طراحی مهندسی از نظام‌نامه، مسئول و پاسخگوست. در لوله‌کشی فشار بالا، برآوردن الزامات نظام‌نامه باید به‌صورت یک گزارش مکتوب که در آن جمع بستی از نتایج تحلیل‌های طراحی آمده است، نمایش داده می‌شود، طراح طی این گزارش باید سازگاری طرح خود را با قواعد فصل IX از [نظام‌نامه] B31.3، گواهی کند.

شرایط طراحی[3]

دما و فشار طراحی[4]

فشار طراحی باید برمبنای بالاترین فشاری که سیستم لوله‌کشی تجربه خواهد کرد، استوار شود. آن حدودی از تغییرات فشار که مجاز شناخته شده‌اند و در ¶302.2.4 از نظام‌نامه مبنا اظهار شده‌اند، مجاز شناخته نمی‌شوند[¶K301.2.1].

دمای طراحی باید برمبنای درجه حرارت سیال معین شود. وجود یا عدم وجود عایق حرارتی بر تعیین این درجهٔ حرارت بی‌اثر است.

---

1. Modified Base code Requirements for Hight pressure piping
2. Responsibilities of the designer
3. Design conditions
4. Design pressure & Temperature

فشار طراحی اجزای لوله‌کشی[1]

ضخامت دیوارهٔ لوله راستی که تحت فشار داخلی قرار دارد[2]

عمده‌ترین انحرافات از نظام‌نامهٔ مبنا، در معادلاتی که برای تعیین ضخامت لازم دیوارهٔ لوله تحت فشار داخلی به کار گرفته می‌شوند، بروز می‌کند. دو معادله معرفی شده‌اند- یکی براساس قطر خارجی معلوم (معادلهٔ 34a) و دیگری بر مبنای قطر معلوم داخلی (معادلهٔ 34b).

[¶k304.1.2] این معادلات براساس نظریه شکست فون مایز[3] نوشته شده‌اند.

معادلهٔ (34a) هنگامی مورداستفاده قرار می‌گیرد که S_h برابر با ۲/۳ استحکام تسلیم ماده باشد. این معادله ضخامت جداری را به‌دست خواهد داد که ضریب اطمینان فشار آن از ۲ کوچکتر باشد.

مثال ۱-۹

برای لوله‌ای که NPS 12 EFW بوده و از ASTM A 106 Gr.B ساخته شده است و درجه حرارت طراحی آن 300°F و فشار طراحی آن نیز 8000 Psig است، ضخامت لازم جداره را برای فشار طراحی محاسبه کنید. حد مجاز خوردگی / فرسایش برابر است با .0.063 in . معادله به شکل زیر است:

$$t_m = t + c$$

$$t = \frac{D}{2}[1 - e^{(-1.155\frac{P}{S})}]$$

که در آن (جدول K-1 ، پیوست K)، D=12.75 in ،P=8000Psig و S=20700Psi

توجه: حتی اگر ساخت یک لولهٔ EFW کاملاً مشخص شده باشد، الزامات لوله‌کشی فشار بالا حکم می‌کند که ضریب اتصال طولی جوش، E، به‌طور کامل مورد امتحان قرار گیرد. در طی امتحان باید E=1.0 ضریب شود.

حل:

$$t = \frac{12.75}{2}\left[1 - e^{(-1.155\times\frac{8000}{20700})}\right]$$

$$t = 2.295 \text{inches}$$

آنگاه $t_m = 2.295 + 0.063 = 2.358 \text{inches}$

1. Pressure Design of Piping Components
2. Wall Thickness for Straight Pipe Under Internal Pressure
3. Von Mises Theory of Failvre

در صورتی که این ضخامت جداره بزرگتر از [ضخامت] حداکثر دیوارهٔ لوله برای فرانمای[1] معین این سایز[2] لوله باشد، عرفاً قابل ساخت است. طراح باید برای تکمیل و انجام فرایند تولید لولهٔ تلرانس باربرداری را به مقدار t_m پیش از سفارش لوله بیفزاید.

[نظام‌نامه] B31.3 یک معادلهٔ ID را برای لوله‌کشی‌های فشار بالا پیشنهاد می‌کند. براساس این معادله طراح می‌تواند با توجه به فشار طراحی، ضخامت لازم دیواره را محاسبه کند. این معادله کمک می‌کند که طراح بتواند کنترل کند که ضخامت لازم به‌دست آمده برای تحمل فشار طراحی، ضخامت حداقل مورد نیاز جدارهٔ لوله باشد. این معادله (معادلهٔ 34b) عبارت است از:

$$t = \frac{d + 2c}{2}\left[e^{(0.155\frac{p}{s})} - 1\right]$$

که در آن d برابر است با قطر داخلی لوله. همهٔ گزاره‌های دیگر پیش‌تر تعریف شده‌اند.

مثالی از کاربرد این معادله در زیر آمده است.

مثال ۲-۹

برای لوله‌ای که در مثال قبل ذکر شده، با همان شرایط طراحی، ضخامت جدارهٔ لوله، t، را با درنظر گرفتن فشار طراحی، به‌دست آورید.

شرایط طراحی:

$$d = 8.160\text{in}; p = 8000\text{Psig}; c = 0.063\text{in.}; T = 300^{\circ F}; S = 20700\text{Psi}$$

حل:

$$t = \frac{8.16 + 2 \times 0.063}{2}\left[e^{(1.155 \times \frac{8000}{20700})} - 1\right]$$

$$t = 2.331\text{in}$$

علاوه بر معادلات مربوط به محاسبهٔ ضخامت دیواره [لوله]، نظام‌نامه دو معادلهٔ دیگر را نیز برای محاسبهٔ حداکثر مجاز فشار داخلی طراحی[3] برحسب فشار gage، معرفی کرده است؛ P نخستین معادله بر مبنای قطر خارجی و دومین آنها بر اساس قطر داخلی استوار گشته‌اند. در زیر، برای هر یک از این معادلات مثال‌هایی زده شده است؛ شرایط طراحی را مشابه شرایط فرض شده در مثال‌های بالا بگیرید.

مثال ۳-۹

(برای محاسبه براساس قطر خارجی، D=12.75 in. و T=2.358 in. و برای محاسبه براساس قطر داخلی، D=8.16 in و T=2.331 فرض شده است):

---

1. Scheduled

۲. هر فرانما از لوله یک ضخامت را برای دیواره پیشنهاد کرده است. منظور این است که اگر t_m به دست آمده از ضخامت پیشنهادی در مورد لوله با توجه به فرانمای آن بیشتر باشد.قابل ساخت است.

3. The Maximum Allowable Internal-Design Gage Pressure, P

معادله براساس قطر خارجی (O.D) :

$$P = \frac{S}{1.155} Ln\left[\frac{D}{D - 2(T - C)}\right]$$

$$P = \frac{20700}{1.155} Ln\left[\frac{12.75}{12.75 - 2(2.358 - 0.063)}\right]$$

P=8000 Psig

معادله براساس قطر داخلی (ID) جهت محاسبهٔ P:

$$P = \frac{S}{1.155} Ln\frac{(d + 2T)}{(d + 2C)}$$

$$P = \frac{20700}{1.155} Ln\frac{(8.16 + 2 \times 2.331)}{(8.16 + 2 \times 0.063)}$$

P = 7,825Psig

ضخامت دیوارهٔ لولهٔ مستقیم تحت فشار خارجی[1]

روش تعیین ضخامت دیواره [لولهٔ] با توجه به فشار طراحی برای لوله‌هایی که تحت فشار خارجی هستند به نسبت D/t بستگی دارد؛ که t با استفاده از قطر داخلی (ID) ویا قطر خارجی (OD) مناسب و برمبنای معادلات (34b یا34a) که در بالا معرفی شده‌اند، محاسبه می‌شود. در وضعیتی که D/t<3.33 باشد و دست کم یک انتهای لوله به‌واسطه وجود یک کلاهک جوشی، تماماً در معرض فشار خارجی قرار داشته باشد، مثلاً، در جدارهٔ لوله تنش فشاری محوری[2] ایجاد می‌شود؛ در چنین حالتی با استفاده از معادلاتی مشابه با آنچه که در مورد فشار داخلی آمد (معادلات فشار داخلی) (معادلات (34a) و یا (34b) نظام‌نامه) می‌توان ضخامت دیواره را به ازای فشار خارجی اعمال شده به‌دست آورد [¶k304.1.3].
روش محاسبهٔ ضخامت دیوارهٔ لوله‌ای که تحت فشار خارجی، در لوله‌کشی فشار بالا قرار گرفته است، که به‌واسطه وجود یک جزء هیچگونه تنش فشاری محوری به‌وجود نیامده است، همچون یک کلاهک جوشی، مشابه با آن چیزی است که نظام‌نامه مبنای B31.3 در مورد لوله‌کشی پیشنهاد می‌کند. قواعد قسمت ۱، بخش VIII از ASME، بندهای UG-28 تا UG-30 باید به‌طور کامل مورد تبعیت و رعایت قرار گیرند، جز این که مقادیر تنش مجاز باید از جدول K-1 استخراج شوند.

خم‌های لوله[3]

قواعد [موردنظر در لوله‌کشی] فشار بالا مربوط به کاهش ضخامت دیوارهٔ لوله در محل خم‌ها مشابه با قواعد ذکر شده در نظام‌نامه مبناست؛ ضخامت دیوارهٔ لوله پس از خم‌کاری نباید از t_m کوچکتر باشد.

1. Wall thickness for straight pipe under Eeternal pressure
2. Compressive axial stress
3. Pipe bends

تفاوت عمده‌ای که برای لوله‌کشی فشار بالا، [بادیگر لوله‌کشی‌ها] وجود دارد، در این است که در لوله‌کشی فشار بالا، شعاع خم لوله نباید از ده برابر قطر خارجی اسمی لوله کمتر باشد[¶k304.2]. قواعدی مشابه با قواعد نظام‌نامهٔ مبنا که برای خروج از مدور بودن[1] به‌کار گرفته می‌شد، (برای فشار خارجی ۳٪ و برای فشار داخل ۸٪) در خم‌های فشار بالا نیز به‌کار می‌روند؛ با اینحال، در مورد فولادهای فریتی تمپره و کوئینچ[2] شده، محدودیت‌هایی اضافی در مورد درجه حرارت خم‌کاری آنها اعمال می‌شود. برای فولادهای فریتی‌ای که به‌طور سرد خم‌کاری شده‌اند، درجه حرارت در محل خم‌کاری باید دست کم ۵۰ درجه فارنهایت پایین تر از دمای تمپره شدن آن باشد [¶k332.2]. برای موادی از لوله‌کشی که گرم خمیده شده‌اند و شماره عدد P آنها ۱۰A،۳،٤،٥،٦ و ۱۰B بوده و تمپره و کوئینچ نمی‌شوند، لازم است که پس از انجام عملیات خم‌کاری عملیات حرارتی برروی آنها انجام شود. [¶332.4]

در لوله‌کشی فشار بالا، استفاده از خم‌های مایتر مجاز نیست. [¶K304.3.2]

اتصالات انشعابی[3]

استحکام اتصالات انشعابی‌ای که در انطباق با استانداردهای فهرست شدهٔ جدول K326.1 ساخته نشده‌اند، باید منطبق با قواعد نظام‌نامه مبنا برای فراورده‌های اکسترود[4] شده باشند[¶304.3.2]. این قواعد، همان " قواعد جابه‌جایی منطقه‌ای[5]" هستند که در صفحهٔ ۳۸ از فصل ۲، باعنوان "جمع‌کنندهٔ مخرج اکسترود[6] شده" مورد توضیح و بحث قرار گرفته‌اند. استفاده از اتصالات انشعابی ساخته شده بدون تقویت یا اتصالات انشعابی ساخته شده و تقویت یا اتصالات انشعابی ساخته شده و تقویت شده با بالشتک، مجاز نیست[¶304.3.3]. انجام آزمایش نفوذ[7] بر طبق ¶K304.7.2یک روش مناسب برای افزایش سطح کیفی مقاطع فهرست نشده [اتصالات انشعابی] در فشارهای بالاست[¶304.3.2] .

طراحی دیگر اجزای لوله‌کشی برای لوله‌کشی فشار بالا[8]

فشار طراحی دیگر اجزای لوله‌کشی فشار بالا، همچون فلنج‌ها و کاهنده‌ها، که بر اساس استانداردهای فهرست شده در جدول K326.1 ساخته نشده‌اند، باید با الزامات نظام‌نامهٔ مبنا تطبیق داده شوند. براساس

---

1. Out-Of- Roundness
2. Quenched (یک نوع عملیات حرارتی می‌باشد)
3. Branch Connections
4. EXTRUDED OUTLETS (مخارج اکسترود شده)
5. Area Replacement ruls
6. Extruded Outlet
7. Proof testing
8. Design of Other Piping Components for High Pressure Piping

این الزامات باید از دستورالعمل‌های طراحی ارائه شده توسط ASME برای "دیگ بخار و ظروف تحت فشار[1] " استفاده کرد. این دستورالعمل‌ها، پیش‌تر در همین کتاب توضیح داده شده‌اند [¶304.5] .

تحلیل انعطاف‌پذیری و خستگی در لوله‌کشی فشار بالا[2]

تحلیل انعطاف‌پذیری حرارتی همهٔ سیستم‌های لوله‌کشی می‌بایست انجام شود، S_E حاصله که براساس دستورالعمل‌های نظام‌نامهٔ مبنا محاسبه شده است نباید از S_Aتجاوز کند. معادله‌ای که برای محاسبهٔ گسترهٔ تنش مجاز جابه‌جایی[3] S_A به‌کار می‌رود مشابه با همان چیزی است که توسط نظام‌نامهٔ مبنا ارائه شده است، جز اینکه، از آنجایی‌که چرخه‌های جابه‌جایی[4] بزرگتر از ۷۰۰۰ [چرخه] مجاز نیست، ضریب کاهنده گسترهٔ تنش[5]، F، همواره برابر با ۱/۰ است.

تنش محاسبه شدهٔ ناشی از بارهای کشنده[6] S_L، نباید از S_hفراتر رود؛ این امر همان است که در نظام‌نامهٔ مبنا آمده و بدون تغییر مانده است. تحلیل ترکیب بار کشیده با بار اتفاقی[7] نیز لازم است؛ در هر حال تنش مجاز در قیاس با تحلیل مشابه و مجازی از تنش توسط نظام‌نامهٔ مبنا، که $1.33S_h$ را ارائه می‌دهد، برابر است با $1.2S_h$.

تحلیل خستگی برای همهٔ سیستم‌های لوله‌کشی و اجزای آنها لازم است. همچنین تأثیرات تمامی ملحقات ساپورت گذاری لولهٔ سازه‌ای[8] مورد بررسی قرار می‌گیرد. تحلیل خستگی باید در انطباق با قسمت۲، از بخش VIII نظام‌نامه ASME صورت گرفته و شامل بررسی اثرات فشار و درجه حرارت [برروی سیستم] باشد. مقدار فشار و درجه حرارت که باعث تغییر متناوب تنش‌ها می‌شود باید منطبق بر پیوست‌های ٤و٥، از قسمت ۲ [نظام‌نامه] ASME تعیین شود. مقادیر مجاز [فشار و درجه حرارت] برای تنش‌های در حال تناوب محاسبه شده، باید با استفاده از منحنی‌های خستگی پیوست ٥، قسمت ۲ [از ASME] تعیین شوند.

براورد تنش فشاری برای تحلیل خستگی لولهٔ مستقیم[9]

در تحلیل خستگی، برای محاسبهٔ شدت تنش وارده به سطح داخلی لولهٔ مستقیم می‌توان از معادلهٔ زیر استفاده کرد [¶k304.8.4] :

---

1. Boiler & Pressure Vessel Code
2. Flexibility & Fatigue Analysis of High Pressure Piping
3. Allowable Displacement Stress Range
4. Displacement Cycles
5. Stress Range Reduction Factor
6. Sustained Loads
7. Occasional Load
8. Structural Pipe Supporting Attachments (ملحقات سازه‌ای ساپورت گذاری لوله)
9. Pressure Stress Evealuation F0or Straight Pipe Fatigue

$$S = \frac{PD^2}{2(T-C)[D-(T-C)]}$$

مثالی از کاربرد معادلهٔ شدت فشار در زیر آمده است:

مثال ۴-۹

شدت تنش وارده بر سطح داخلی لوله‌ای به قطر خارجی .14in با .T=3.50 in و .C=0.125 in را محاسبه کنید. فشار داخلی برابر است با 8000 Psig .

$$S = \frac{8000 \times 14^2}{2(3.5-0.125)[14-(3.5-0.125)]}$$

$$S = 21863 Psi$$

اگر شدت تنش محاسبه شده از سه برابر تنش مجازی که از جدول K-1 (پیوست K) در دمای متوسطی که بارگذاری چرخه‌ای طی آن انجام می‌شود، به‌دست آمده است، فراتر رود، انجام یک تحلیل غیرالاستیک [یا صلب] لازم است [¶K304.8.4] .

ضمیمه ۱

سلسله کتب راهنمای کستی

جلد۱ : کتاب راهنمای کستی[برای بهره‌گیری از] بخش II از B31.1 و ASME B31.3 فهرست مواد

جلد ۲ : کتاب راهنمای کستی [برای بهره‌گیری از] ASME بخش IX- شرایط جوشکاری[1]

جلد ۳ : کتاب راهنمای کستی [برای بهره‌بردای از] ASME B31.3 – لوله‌کشی فرایندی

جلد ٤ : کتاب راهنمای کستی [برای استفاده از] قسمت ۱ از بخش VIII [نظام‌نامه] ASME- ظروف تحت‌فشار

جلد ٥ : کتاب راهنمای پروژه [های] کارخانه‌ای: برای مهندسین مکانیک و ساختمان

جلد ٦ : تبیین بخش VIII از ویرایش ۲۰۰۱ [نظام‌نامه] ASME و پیوست‌های تجدیدنظر شدهٔ نظام‌نامه در ویرایش ۲۰۰۲- قسمت‌های ۱ و ۲ و قضایای منتخب نظام‌نامه‌ای

سلسه کتاب‌های کستی در مبحث خوردگی

جلد۱: کتاب دستی کستی در مورد فناوری آبکاری[2]

جلد ۲: کتاب دستی کستی در مورد آلیاژهای نیکلی و فولادهای ضدزنگ

جلد ۳: کتاب دستی کستی در مورد کنترل خوردگی در خاک

جلد ٤: کنترل خوردگی

---

1. Welding Qualifications
2. Cladding Techoology

سلسه کتاب‌های کستی در مورد فلزات
کتاب سیاه فلزات کستی – داده‌های مربوط به فلزات آهنی آمریکای شمالی
کتاب سیاه فلزات کستی – داده‌های مربوط به فلزات آهنی اروپایی
کتاب قرمز فلزات کستی – فلزات غیرآهنی
کتاب آبی فلزات کستی- فلزات پر کنندهٔ جوشکاری

چاپ اول ویرایش سوم، سپتامبر ۲۰۰۱
چاپ دوم ویرایش سوم، دسامبر ۲۰۰۲

پیوست ۱

سیستم طبقه‌بندی AWS

AWS	عنوان مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
A5.1	الکترودهای روکش‌دار جوشکاری قوسی فولاد کربن‌دار – نمونه۱– E7018 ۱. E برای شناسایی یک الکترود اختصاص یافته است. ۲. دو رقم نخست، در این مثال ۷۰، نشان‌دهندهٔ استحکام کششی حداقل فلزی که در موقعیت جوش شده، ته نشست می‌کند. برای E7018، حداقل استحکام کششی برابر است با 70KSI(70000PSI). ۳. رقم سوم، در این مثال "۱"، موقعیتی را که می‌توان در آنجا جوش‌های رضایت‌بخش انجام داد را نشان می‌دهد. a) "۱" به این معناست که الکترود قادر است در همهٔ وضعیت‌ها (همچون در سطوح تخت، جوش‌های عمودی، افقی و سقفی) به طور رضایت‌بخشی جوشکاری کند. b) "۲" نشان می‌دهد که الکترود صرفاً می‌تواند برای جوشکاری در وضعیت تخت و جوشکاری افقی جوش‌های پرکن مناسب باشد. c) "٤" نشان می‌دهد که الکترود برای انجام جوشکاری روبه پایین و قائم و دیگر وضعیت‌های تشریح شده در AWS A5.1 مناسب است. ٤. آخرین دو عدد، باهم، نشان‌دهندهٔ نوع جریانی است که الکترود می‌تواند با آن کارکند و نیز گونهٔ پوشش روی الکترود را نیز نشان می‌دهد. در نمونهٔ E7018-1 عدد "۸" نشان می‌دهد که الکترود برای کار با جریان AC یا DC مناسب است و دارای یک پوشش آهکی (کربنات کلسیم) برجسته است. برای نمونه‌های دیگر به مشخصات A5.1 از AWS نگاه کنید.
A5.2	میله‌های فولادی کم آلیاژ و کربن‌دار برای جوشکاری با گاز OXYFUEL– نمونهٔ R60 ۱. کلمهٔ R در ابتدا نشان دهندهٔ "میله" است. ۲. اعداد (٤٥، ٦٠، ٦٥، ١٠٠) نشان‌دهندهٔ حداقل مقاومت کششی فلز جوشی است که ته نشسته است. این اعداد برحسب هزار پوند بر اینچ مربع هستند (1000psi).

AWS	عنوان مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
A5.3	الکترودهای آلومینیوم و آلیاژ آلومینیوم برای جوشکاری قوسی با فلز محافظ نمونه E1100 ۱. کلمه E در ابتدا نشان دهندهٔ "الکترود" است. ۲. نام گذاری قسمت عددی در این مشخصات بانام گذاری انجمن آلومینیوم در خصوص ترکیب سیم مغزی مورد استفاده در الکترود منطبق است. در این مورد، E1100، مبین نام تجاری آلومینیوم خالص است.
A5.4	الکترودهای روکش‌دار جوشکاری فولاد کروم- نیکل‌دار و [فولاد] کروم‌دار مقاوم در برابر خوردگی- نمونهٔ E309LMO-16 ۱. حرف E درابتدا نشان‌دهندهٔ "الکترود" است. ۲. نخستین سه عدد بعد از E نشان‌دهنده ترکیب [الکترود] است. در حالات اندکی ممکن است تعداد ارقام تغییر کنند اما ترکیب همچنان ثابت و معین باقی می‌ماند. ۳. حروفی که پس از اعداد ممکن است بیایند نشان‌دهندهٔ افزودنی‌های آلیاژی ویژه هستند. در این مثال، حروف "L" و "MO" به درجهٔ پایین کربن با ۲ تا ۳ درصد افزودنی مولیبدن اشاره می‌کنند. ٤. دو رقم آخری با توجه به موقعیت جوشکاری ونوع جریان، نوع استفاده آنها را معین می‌کنند. از اندازه‌های کوچکتر الکترود (تا 5/32in [4.0mm] و هم اندازه با آن) دراین مشخصات برای جوشکاری در تمامی موقعیت‌ها استفاده می‌شوند.
A5.5	الکترودهای جوشکاری قوسی با روکش، جهت جوشکاری فولاد کم آلیاژ- مثال E8018-B2L ۱. حرف "E" در ابتدا، نمایانگر الکترود است. ۲. دو رقم نخست(یا سه رقم از پنج رقم) نشان‌دهندهٔ حداقل استحکام کششی فلز ته نشسته برحسب 1000psi است. ۳. رقم سوم (یا چهارم از پنج رقم) موقعیتی را که می‌توان با استفاده از این الکترود جوش‌های رضایت‌بخش را داشت نشان می‌دهد. a) "۱" به این معناست که از الکترود برای جوشکاری مناسب در هر وضعیتی (افقی، عمودی، سقفی، تخت) می‌توان استفاده کرد. b) "۲" به این معناست که استفاده از الکترود برای جوش‌های پرکن افقی و وضعیت‌های تخت مناسب است. ٤. آخرین دو عدد، باهم، نوع جریانی را که الکترود می‌تواند با آن کار کند و نوع پوشش روی آن را نشان می‌دهد. ٥. یک پسوند حرفی مانند A1، ترکیب شیمیایی فلز جوش ته نشست شده را مشخص می‌کند.
A5.6	الکترودهای روکش‌دار مس و آلیاژ مس- نمونهٔ ECuNi ۱. حرف "E" در ابتدا، نشان‌دهندهٔ الکترود است. ۲. حرف اختصاری Cu نشان می‌دهد که الکترود همچون یک آلیاژ با پایهٔ مس است. ۳. نشانه‌ها و نمادهای اضافی شیمیایی، همچون Ni در ECuNi نشان‌دهندهٔ عناصر اصلی آلیاژی هر گروه از طبقه‌بندی‌های شیمیایی است. ٤. اگر برای یک گروه آلیاژی بتوان بیش از یک طبقه‌بندی از الکترودها را به کاربرد، طبقه‌بندی‌ها به‌طور منفرد و جداگانه با پسوندهای حرفی A، B، C و غیره نشان داده می‌شوند؛ مانند ECuSn-A. ٥. با قرار دادن یک عدد پس از حرف پسوند می‌توان برای یک گروه آلیاژی، زیر گروه‌هایی نیز مشخص کرد.

AWS	عنوان، مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
A5.7	میله‌ها و الکترودهای بدون روکش برای جوشکاری آلیاژ مس ومس – نمونهٔ ERCuri ۱. حروف ER در ابتدا نشان می‌دهد که فلز بدون روکش پرکن[1] ممکن است به‌عنوان یک الکترود و یا میلهٔ جوشکاری به کار رود. ۲. نماد شیمیایی Cu نشان می‌دهد که فلزات پرکن می‌توانند از آلیاژهایی با پایهٔ مس باشند. ۳. نمادهای اضافه‌تر شیمیایی، همچون Ni در ERCuNi نشان‌دهندهٔ عناصر اصلی آلیاژی در هر طبقه‌بندی و یا در هر گروه طبقه‌بندی شده است. ٤. اگر برای یک گروه آلیاژی، بیش از یک نوع طبقه‌بندی وجود داشته باشد، می‌توان انواع طبقه‌بندی‌ها را به‌طور منفرد با حروف پسوند A، B، Cو غیره مشخص کرد؛ مانند ERCuNi-A ۵. با قرار دادن یک عدد، پس از حرف پسوند می‌توان به تقسیم‌های جزئی‌تری در یک گروه آلیاژی دست یافت (همچون عدد ۲ در ERCUA1-A2)
A5.8	فلزات پرکن برای جوشکاری با لحیم سخت و لحیم کاری- نمونه‌ها: BCu-p، RBCuZu-A، BvAg-32 فلزات پرکن برای لحیم کاری در هشت سیستم آلیاژی، استاندارد شده‌اند: فلزات پرکن نقره، فلزات گران‌قیمت، آلومینیوم-سیلیس، مس-فسفر، مس و مس-روی، نیکل، کبالت و منیزیوم. سیستم اصلی آلیاژی براساس نشانه‌های شیمیایی معین می‌شود. ۱. در شروع طبقه‌بندی a) "R" نشان‌دهندهٔ فلز پرکن لحیم‌کاری است. b) "RB" نشان می‌دهد که فلز پرکن را می‌توان به‌عنوان میلهٔ جوشکاری و یا به‌عنوان فلز پرکن لحیم کاری مورداستفاده قرار داد. "Bv" نشان‌دهندهٔ فلزات پرکن با "درجه خلأ[2] " است. از این فلزات در پاره‌ای تجهیزات الکترونیکی استفاده می‌شود. ۲. حروفی که پس از "B"، "RB" یا "BV" آمده‌اند، نشانه‌های شیمیایی بوده و معرف ترکیب اصلی آلیاژی هستند. در این مثال CuP به آلیاژ مس- فسفر اشاره می‌کند. ۳. اعداد پسوندی برای مشخص ساختن آنالیز ویژهٔ شیمیایی یک گروه آلیاژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ٤. پس از شماره‌های پسوندی در فلزهای پرکن با درجهٔ خلأ یک پسوند دیگر نیز به‌عنوان نشانه‌ای از درجه خلأ به شرح زیر افزوده می‌شود: a) درجهٔ ۱ نشان‌دهنده سختگیرانه‌ترین الزامات در مورد ناخالصی‌های خارجی است. b) درجهٔ ۲ نشان‌دهندهٔ الزامات کمتر سختگیرانه در مورد ناخالصی‌های خارجی است.

1. Bare Filler Metal

2."Vaccum Grade" Filler Metals

AWS	عنوان، مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
A5.9	میله‌ها و الکترودهای جوشکاری خشک[1] فولاد زنگ نزن – نمونهٔ ER309LMo ۱. ممکن است دو حرف نخست به شرح زیر باشند: a) ER برای سیم‌های سختی[2] که به‌عنوان میله و یا الکترود از آنها استفاده می‌شود؛ b) EC برای ترکیباتی که به‌صورت مغزی[3] درآمده‌اند یا سیم‌های به هم بافته[4] شده؛ یا c) EQ برای الکترودهای بدون روکش[5]. ۲. نخستین سه رقم از طبقه‌بندی ترکیب را نشان می‌دهد. در موارد اندکی ممکن است تعداد ارقام تفاوت کند اما همچنان نشان دهندهٔ ترکیب است. ۳. حروفی که ممکن است پس از اعداد بیایند نشان دهنده افزودنی‌های ویژهٔ آلیاژی هستند. در نمونهٔ ذکر شده، حروف "L"و "Mo" به درجه پایین کربن با ۲/۰ تا ۳/۰ درصد افزودنی مولیبدن اشاره دارند.
A5.10	میله‌ها والکترودهای جوشکاری خشک آلیاژهای آلومینیوم و آلومینیوم- نمونه‌ها ER4043، R5356، R-C355.0 ۱. حروف آمده در ابتدای طبقه‌بندی‌ها دارای معنای زیرند: a) "ER" نشانهٔ مناسب بودن جهت استفاده به‌عنوان یک میله یا الکترود است؛ b) "R" نشانهٔ مناسب بودن جهت استفاده به‌عنوان میلهٔ جوشکاری است؛ یک "C" یا یک "A" که پس از "R" یا "ER" بیاید، قسمتی از نام‌گذاری ریختگی‌ها توسط انجمن آلومینیوم[6] است. ۲. چهار رقمی که پس از حروف راهنما ذکر می‌شوند، نشان‌دهندهٔ نام‌گذاری آلیاژ است که توسط انجمن آلومینیوم صورت پذیرفته است.
A5.11	الکترودهای جوشکاری آلیاژ نیکل ونیکل برای جوشکاری قوسی با فلز محافظ نمونهٔ ENiCrMo-3 ۱. حرف "E" در ابتدا نشان‌دهندهٔ الکترود است. ۲. نماد شیمیایی "Ni" که در قسمت راست حرف "E" نشسته است الکترود را به‌عنوان یک آلیاژ با پایهٔ نیکل تعریف می‌کند. ۳. دیگر نمادهای شیمیایی همچون Cr، Cu، Fe، Mo و Co براساس عناصر اصلی آلیاژی‌ای که الکترود برای آنها به کار می‌رود، پس از "Ni" می‌آیند. ٤. ذکر عدد دیگری به‌عنوان پسوند بعد از نمادهای شیمیایی معرف آلیاژهایی ویژه در درون گروه آلیاژی مشابه است (همچون ENiMo-1 و ENiMo-3). اعداد در درون گروه مشابه تکرار نمی‌شوند.

1. Bara Welding
2. Solid Wires
3. Composite Corded
4. Stranded Wires
5. Strip Electrods
6. Aluminume Association

AWS	عنوان، مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
A5.12	الکترودهای تنگستن و آلیاژ تنگستن برای جوشکاری قوسی و برشکاری مثال EWTh-2 ۱. نخستین حرف، "E" نشان‌دهندهٔ الکترود است. ۲. حرف پی‌آیند، "W" مشخص می‌کند که الکترود به‌طور عمده از تنگستن است. ۳. حروف بعدی "P"، "Th" یا "Zr" به ترتیب نشان‌دهندهٔ تنگستن خالص، هیدروسیلیکات توریوم تنگستن[1] و ترکیب تنگستن و زیرکونیوم[2] هستند. ٤. عددی که در انتهای پاره‌ای از طبقه‌بندی‌ها ذکر می‌شود نشان‌دهندهٔ یک ترکیب شیمیایی خاص یا محصولی خاص در یک گروه ویژه است. به‌عنوان مثال عدد "۲" در EW Th-2 نمایانگر یک الکترود تنگستنی با ۲ درصد توریوم است.
A5.13	الکترودها و میله‌های جوشکاری تسطیح سخت[3]- مثال‌ها: RFe-A، ERCu A1-A2 ۱. حروفی که در آغاز آمده‌اند دارای معانی زیر هستند: a) "ER" نشان می‌دهد که آنچه که در دست است(فلزپرکن) به‌عنوان یک الکترود یا یک میلهٔ سودمند است. b) "R" نشان می‌دهد که آنچه که در دست است (فلزپرکن) به‌عنوان یک میله جوشکاری قابل استفاده است. ۲. نمادهای شیمیایی همچون Cr، Cu، Fe، Mo، Co عناصر اصلی آلیاژی را نشان می‌دهند. ۳. حروف پسوند و اعداد نشان دهندهٔ ترکیب خاص شیمیایی درون سیستم اصلی آلیاژی هستند.
A5.14	میله‌ها و الکترودهای جوشکاری خشک نیکل و آلیاژ نیکل- نمونهٔ ERNiCu-7 و ERNiCrMo-3.f ۱. "ER" در ابتدای هر طبقه‌بندی نشان‌دهندهٔ آن است که ممکن است فلز پرکن به‌عنوان یک الکترود یا یک میله مورد استفاده قرار گیرد. ۲. نماد شیمیایی "Ni" که در سمت راست، پس از ER قرار گرفته است، نشان می‌دهد که فلز پرکن؛ آلیاژی با پایهٔ نیکل است. ۳. دیگر نمادها، همچون Cr، Cu، Fe و Mo نشان می‌دهند که فلز پرکن، آلیاژی است که پایه وعنصر اصلی آن، از گروه‌های یاد شده است. ٤. وجود یک عدد پسوندی پس از نمادهای شیمیایی مبین ترکیبات منفردی درگروه مشابه است(همچون ERNiMo-1، ERNiMo-3). در یک گروه همسان، اعداد تکرار نمی‌شوند.

1. Thoriated Tungsten
2. Zirconiated Tungsten
3. Solid surfacing Welding

AWS	عنوان، مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
A5.15	الکترودها ومیله‌های جوشکاری چدن- مثال‌ها: ENiFe-cl-A، ENiCu-B، RCI-A ۱. در آغاز هر طبقه‌بندی: a) "E" نشان‌دهندهٔ الکترود است؛ b) "ER" نشان دهندهٔ فلز پرکنی است که هم می‌تواند به‌عنوان یک میله هم می‌تواند به‌عنوان یک الکترود مورد استفاده قرار گیرد؛ c) "R" در آغاز هر طبقه‌بندی نشان دهندهٔ میلهٔ جوشکاری است. ۲. حروف بعدی در نام گذاری فلز پرکن براساس ترکیب شیمیایی فلز پرکن یا فلز نامحلول جوش[1] گذارده می‌شوند. پس، NiFe یک آلیاژ آهن-نیکل و NiCu، یک آلیاژ مس-نیکل و غیره است. ۳. مفهوم نمادهای شیمیایی: d) "CI" نشانگر قابلیت کاربرد پرکن در مورد چدن است. e) "St" نشان‌دهندهٔ قابلیت کابرد فلز پرکن در مورد فولاد است. "T" مبین یک الکترود لوله‌ای شکل برای FCAW است و عددی که پس از آن ذکر می‌شود نشان‌دهندهٔ گاز محافظ خارجی لازم است. (توجه داشته باشید که از "CI" و "St" به این دلیل استفاده می‌شود که از اغتشاش در نام‌گذاری‌های آلیاژهای دیگری جزء چدن جلوگیری به‌عمل آید. دو استثناء براین قاعده عبارت‌اند از A-xxxx و B-xxxx که A و B مقدم بر "CI" در مشخصات، هستند.) ٤. هنگامی که استفاده از دو ترکیب متفاوت فلزهای پرکن در یک گروه همسان آلیاژی ضروری باشد، حروف پسوندی همچون "A" و "B" مورداستفاده قرار می‌گیرند؛ همچون ENiCu-A و ENiCu-B.
A5.16	الکترودها و میله‌های جوشکاری تیتانیوم وآلیاژ تیتانیوم- نمونه‌ها: ERTi-2، ERTi-6ELI ۱. حرف "E" در ابتدای هر دسته‌بندی مبین الکترود و حرف "R" نشانگر میله است. از آنجایی که فلزات پرکن به‌عنوان الکترود در جوشکاری قوسی یا استفاده از فلز و گاز و به‌عنوان میله در جوشکاری قوسی با استفاده از گاز و تنگستن به کار می‌روند، از هر دو حرف استفاده می‌شود. ۲. نماد شیمیایی "Ti" نشان‌دهندهٔ فلزات پرکن به‌عنوان تیتانیوم غیر- آلیاژی و یا آلیاژ با پایهٔ تیتانیوم است. ۳. اعدادی که پس از نماد شیمیایی "Ti" می‌آیند معرف ترکیبات آلیاژی مختلفی هستند و از نام-گذاری معادل درجه‌بندی شدهٔ مشخصات ASTM/ASME برای فلز پایه منطبق شده با [ترکیب نام برده شده] پیروی می‌کند. ERTi-15 استثنایی برقاعده است. در صورتی‌که عدد مربوط به درجه‌بندی ASTM/ASME جهت کاربرد عمومی Ti-6A1-2Cb1Ta1Mo وجود نداشته باشد، در این دسته‌بندی از فلز پرکن، به‌طور قراردادی از عدد ۱۵ استفاده می‌شود. ٤. حروف "ELI" در انتهای پاره‌ای دسته‌بندی‌ها نشان‌دهندهٔ عاملی بیرونی و قدرت نفوذ اندک[2] (همچون کربن، اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن) است.

1. Undiluted Weld Metal

2. Extra Low Interstitial Content

AWS No.	عنوان، مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
A5.17	الکترودها و گدازه‌هایی[1] برای جوشکاری قوسی زیرپودری فولاد کربن‌دار – نمونه‌ها F6AO-EH14، F7P6-EM12K و F7P4-ECI فهم روش دسته‌بندی مستلزم آن است که دسته‌بندی در دو بخش مجزا مورد بررسی قرار گیرد: ۱. یک جزء گدازنده؛ و ۲. یک جزء الکترودی. دسته‌بندی یک گدازنده، که پیش از خط فاصله آورده می‌شود، براساس خواص مکانیکی فلز جوشی که با یک الکترود دسته‌بندی شده معین تولید می‌کند و تحت شرایط ویژه به‌عنوان مشخصات [گدازه] ذکر می‌شود، دسته‌بندی می‌شود. ۱. "F" نشان‌دهندهٔ گدازنده است. ۲. عدد منفرد و ساده بعد از F نشان‌دهندهٔ حداقل استحکام کششی لازم فلز جوش بر حسب ۱۰۰۰PSI است. ۳. رقم سوم، حرف "A" یا "P" است؛ اگر فلز جوش آزموده شده و در یک وضعیت جوش شده[2] دسته‌بندی شده باشد از حرف A و اگر در وضعیت عملیات حرارتی پس از جوش[3] باشد از حرف P برای دسته‌بندی آنها استفاده می‌شود[4]. ٤. آنچه که پس از A یا P می‌آید به الزامات آزمون ضربه فلز جوش که با گدازنده نشست کرده است، اشاره دارد. حرف "Z"[5] نشان می‌دهد که انجام آزمون ضربه لازم نیست. اگر یک عدد به‌جای Z قرار گیرد، نشان‌دهندهٔ درجه حرارتی است، که در آن دما لازم است آزمون ضربه، انجام شده و فلز جوش استحکام ضربه‌ای را معادل با 20ft-1b(27j) ارضا کند. این اعداد عبارت‌اند از: 0=0°f(18°c), 2=(-20°f(-29°c)), 4=-40°f(-40°c) 5=-50°f(-46°c), 6=-60°f(-51°c), 8=-80°f(-62°c) الکترودها، پس از خط فاصله دسته‌بندی می‌شوند؛ و فلز پرکنی را معرفی می‌کنند که با گدازنده نشست خواهد کرد. چنانچه در مشخصات نیز ذکر شده است، فلز جوش آنگاه که تست می‌شود با خواص مکانیکی معین شده، تلاقی پیدا می‌کند. ۱. حرف"E" در آغاز هر دسته‌بندی نشان‌دهندهٔ الکترود است. EC نشان‌دهندهٔ الکترود مرکب[6] است. ۲. در مورد الکترودهای سخت[7]، [حرف] باقیمانده از نام‌گذاری، ترکیب شیمیایی الکترود را نشان می‌دهد، همچون:

1. Fluxes (گدازنده‌ها)
2. As-Welded Condition
3. Postweld Heat Treated Comd
٤. منظور از A، این است که نشان می‌دهد از گدازنده برای انجام جوشکاری هم‌زمان با عملیات حرارتی استفاده می‌شود و P نیز نشان می‌دهد که از گدازنده برای انجام جوشکاری‌ای که پس از آن عملیات حرارتی صورت می‌گیرد استفاده می‌شود.
٥. منظور آخرین رقم یا حرف است.
6. Composite Electode
7. Solid Electrods

AWS	عنوان، مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
	a) "L" نشان می‌دهد که میزان منگنز در الکترود سخت نسبتاً پایین است. b) "M" مبین مقدار متوسط منگنز است. c) "H" نمایانگر مقدار نسبتاً بالای منگنز در الکترود است.
	در الکترودهای مرکب دسته‌بندی‌های انجام شده براساس وقت اندک فلزجوش، که توسط یک گدازندهٔ ویژه معین می‌شود، انجام می‌شود. پسوند عددی ذکر شده پس از "EC" به گروهی ترکیبی [الکترود] اشاره دارد. ۳. در الکترودهای سخت، یک یا دو رقمی که پس از حرف نشان‌دهندهٔ میزان منگنز می‌آیند، به مقدار نامی کربن الکترود[1] اشاره دارند. ٤. حرف "K"، که در پاره‌ای نام گذاری‌ها ظاهر می‌شود، نشان می‌دهد که الکترود از فولاد کشتهٔ سیلیس‌دار گرم شده[2] ساخته شده است.
A5.18	میله‌ها و الکترودهایی از فولادکربن‌دار برای جوشکاری قوسی با گاز محافظ[3] – نمونه: ER70S-2 ۱. در آغاز دسته‌بندی a) "E" معرف یک الکترود بوده و b) "ER" نشان می‌دهد که فلز پرکن بدون روکش[4] ممکن است به‌عنوان یک میله و یا یک الکترود جوشکاری به کار رود. ۳. دو رقم بعدی (پس از حرف یا حروف آغازین) معرف استحکام کششی کمینهٔ فلز جوش برحسب ۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع هستند. ٤. "S" نشان‌دهنده یک الکترود سخت، بدون روکش و یا یک میله است. ٥. عدد پسوند به ترکیب شیمیایی خاصی که در مشخصات نشان داده شده است، اشاره دارد.
A5.19	مشخصات الکترودها و میله‌ها جوشکاری از آلیاژ منیزیوم ۱. پیشوند R نشان می‌دهد که ماده برای استفاده به‌عنوان یک میلهٔ جوشکاری مناسب است و پیوند E نشان می‌دهد که ماده برای استفاده به‌عنوان یک الکترود جوشکاری مناسب است. از آنجایی که برخی از این مواد پرکن به‌عنوان الکترود در جوشکاری قوسی با استفاده از گاز و فلز و برخی به‌عنوان میله‌های جوشکاری در جوشکاری قوسی با گاز و تنگستن یا در جوشکاری قوسی با سوخت و اکسیژن به کار می‌روند، از هر دو حرف ممکن است استفاده شود. ۲. شیمی [این مجموعه] بر اساس ASME B 275 استوار است: " مجموعه‌ای از قوانین مربوط به فلزات و آلیاژهای غیرآهنی، چدن و آهن نرمه"

1. The Electrode Nominal Carbon Content
2. A Heat of Silicon – Killed Steel
3. Gas Shieded Arc Welding
4. Bare Filler Metal

AWS	عنوان مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
A5.20	الکترودهایی برای جوشکاری قوسی سیم مغزه‌دار[1] فولاد کربن‌دار- نمونهٔ E70T-6 ۱. "E" نشان دهندهٔ الکترود است. ۲. نخستین رقم، در این حالت، "7" نشان‌دهنده حداقل استحکام کششی فلز نهشته[2] است. برای E70T-6، استحکام کششی کمینه 70Ksi (70000psi) است. ۳. سومین رقم، در اینجا، "O" موضع جوشکاری اصلی را که برای آن الکترود طراحی شده است نشان می‌دهد. a) "o" نشان‌دهندهٔ مواضع افقی و تخت است. b) "1" نشان‌دهندهٔ همه مواضع است. ٤. "T" به لوله‌ای بودن [الکترود] اشاره دارد و نشان‌دهندهٔ یک الکترود مغزه‌دار است. ٥. پسوند عددی پس از "T" نشان‌دهندهٔ مشخصه‌های کارکردی و کارایی الکترود است که می‌توان آنها را از AWS A 5.20 استخراج کرد.
A5.21	الکترودها و میله‌های جوشکاری سطوح مرکب برای درک درست سامانهٔ دسته‌بندی A 5.21، نخست به معرفی دو گروه اصلی فلز پرکن می‌پردازیم: ۱. فولادهای تندبر، فولادهای اوستینیتی منگنزدار و آهن‌های اوستینیتی با کروم بالا. ۲. دسته‌بندی‌های مربوط به تنگستن-کارباید. برای فولادهای تندبر، فولادهای اوستنیتی منگنزدار و آهن‌های اوستینیتی با کروم بالا می‌توان نمونه‌های RFe5-B و EFeMn-A را نکر کرد. این سامانه دسته‌بندی به شرح زیر است: ۱. "E" در ابتدای هر سامانه دسته‌بندی نشان‌دهندهٔ الکترود و "R" مبین میله است. ۲. حروفی که بلافاصله پس از "E" یا "R" می‌آیند، نمادهایی شیمیایی بوده و معرف عناصر اصلی گروه، در دسته‌بندی‌ها هستند. بدین‌سان FeMn یک فولادی است حاوی آهن-منگنز و FeCr آلیاژی است دربردارندهٔ آهن-کروم و غیره. ۳. درجایی که در یک گروه پایه، بیش از یک دسته‌بندی وجود داشته باشد، دسته‌بندی‌های منفرد و مجزای گروه با استفاده از حروف B،A و غیره نشان داده می‌شوند؛ چنانچه در EFeMn-A نشان داده شده است. ٤. برای انجام تقسیم‌بندی‌های بیشتر دیگر در یک گروه پایه می‌توان از اعداد 2،1،... پس از آخرین حرف استفاده کرد. نمونه‌هایی از میله‌های تنگستن-کار باید عبارت‌اند از: RWC-12/20، RWC-30، EWC20/30 و EWC-40. ۱. حروف "R" و "E" در ابتدای هر گونه دسته‌بندی‌ای، ترتیب نشان‌دهندهٔ میله جوشکاری و الکترود جوشکاری‌اند. ۲. "WC" که بلافاصله پس از R یا E قرار می‌گیرد نشان‌دهندهٔ آن است که فلز پرکن از یک لوله فولادی چکش خوار ساخته شده است که با دانه‌های ریز تنگستن کار- باید ذوب شده پرشده است.

1. Flux Cored Arc Welding
2. Deposited Metal

AWS	عنوان، مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
	۳. اعدادی که پس از "WC" قرار گرفته‌اند، حدود اندازهٔ دانه‌ها را برای دانه‌های تنگستن-کار باید نشان می‌دهند. دو عددی که با یک خط جداساز (اسلش)جداشده‌اند، عدد اول بیش از خط جداساز نشان‌دهندهٔ اندازهٔ الکی است که ذرات یا دانه‌ها از آن باید عبور کنند و عدد پس از خط جداساز، نمایانگر اندازه الکی است که ذرات را نگاه داشته و عبور نمی‌دهد. اگر صرفاً اندازهٔ یک الک نشان داده شده باشد، آن عدد نشان‌دهندهٔ اندازهٔ غربالی است که ذرات باید از آن عبور کنند.
A5.22	الکترودهای مغزه‌دار فولاد نیکل کروم و کروم‌دار مقاومت در برابر خوردگی- نمونه‌ها: E308T-2 و E316LT-2 ۱. "E" نشان‌دهندهٔ یک الکترود است. ۲. "T" به لوله‌ای شدن، که نشان‌دهندهٔ یک الکترود مغزه‌دار است اشاره دارد. ۳. حروف و ارقام مابین "E" و "T" نمایانگر ترکیب شیمیایی هستند. ٤. پسوند پس از "T" واسطهٔ محافظتی را که در جوشکاری به کار گرفته می‌شود، به شرح زیر نشان می‌دهد: a) "1"= دی‌اکسید کربن به‌علاوهٔ یک سیستم گدازآور. b) "2"= مخلوطی از گاز آرگون با ۲درصد اکسیژن به‌علاوهٔ یک سیستم گدازآور. c) "3"= خود-محافظت، بدون هیچگونه نیاز به گاز برای محافظت. d) "G"= الکترودی که روش محافظتی برای آن تعریف نشده است، خواص چنین الکترودی توسط سازنده معین می‌شود.
A5.23	الکترودها و گدازه‌آورهای فولادی کم‌آلیاژ برای جوشکاری قوسی زیر پودری- نمونه‌ها F9A10-EA4-A4, F8A4-EAZ-AZ, F7PO-EL12-A1 برای فهم روش دسته‌بندی، لازم است که طبقه‌بندی به سه جزء جداگانه تقسیم شود: ۱. یک جزء گدازآور؛ ۲. یک جزء الکترودی؛ و ۳. یک جزء مربوط به شیمی فلز جوش. گدازه‌آورها پیش از نخستین خط فاصله بر اساس خواص مکانیکی فلز جوش که آنها با یک الکترود دسته‌بندی شده معین تولید می‌کنند، طبقه‌بندی می‌شوند. در دسته‌بندی گدازه‌آورها شرایط آزمون ویژه‌ای که برروی فلز جوش تولیدی صورت می‌پذیرد نیز ذکر می‌شود. ۱. "F" معرف یک گدازه‌آور است. ۲. یک یا دو رقم پس از "F" نشان‌دهندهٔ استحکام کششی کمینهٔ فلز جوش برحسب 10000psi است. ۳. سومین مؤلفهٔ دسته‌بندی گدازه‌آور، حرف "A" یا "P" است. A نشان می‌دهد که فلز جوش تست شده است و در وضعیت جوش‌شدگی قرار دارد یا باید قرار گیرد. P مبین آن است که فلز جوش، پس از جوشکاری تحت عملیات حرارتی قرارگرفته است یا باید قرارگیرد. ٤. رقمی که پس از A یا P قرار می‌گیرد، که آخرین رقم نیز هست نشان می‌دهد که هیچگونه آزمونی برای فلزجوش در نظر گرفته نشده است، یا رقمی ذکر می‌شود که این رقم نشان می‌دهد که فلزجوش می‌تواند آزمون ضربه را که استحکام ضربهٔ آنکه برشکاف V شکل به

AWS	عنوان مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
	میزان 20ft-1b(27j) وارد می‌آید- آزمون ضربه شارپی- در دمایی که به‌وسیلهٔ آن رقم معین می‌شود ارضا کند. اعداد نمایانگر درجه حرارت عبارت‌اند از: 0=0°F(-18°C), 2=-20°F(-29°C), 4=-40°F(-40°C), 5=-50°F(-46°C) , 6=-60°F(-51°C), 8=-80°F(-62°C) بخش مرکزی دسته‌بندی (همچون EL12، ENi3، ECB3 یا ECMI0) به طبقه‌بندی الکترودی اشاره دارد که با چنان گدازه‌آوری، که در قسمت اول طبقه‌بندی ذکر می‌شود، تولید فلزجوش خواهند کرد. این فلزجوش که براساس مشخصه‌های ذکر شده در دسته‌بندی تحت آزمون قرار می‌گیرد، خواص مکانیکی معین و تعریف شده را ارضا می‌کند. ۱. "E" در ابتدای هر دسته به الکترود و "EC" به الکترود مرکب اشاره دارد. ۲. حروف و اعداد باقیمانده نمایانگر ترکیب شیمیایی الکترود، و یا در مورد الکترودهای مرکب نشان دهندهٔ فلزجوش رقیق ناشده‌ای است که با یک گدازه‌آور ویژه به‌دست می‌آید. a) برای طبقه‌بندی‌های EL12 و EM12K، ترکیبات مورد نیاز شیمیایی شبیه به AWS A 5.17 هستند. b) برای دیگر الکترودها، ترکیبات در جدول ۱ از مشخصات نشان داده شده‌اند. c) "N" نشان می‌دهدکه می‌توان از الکترود برای مصارف هسته‌ای استفاده کرد. d) "G" نشان می‌دهد که فلز پرکن دارای یک طبقه‌بندی "کلی" و عمومی است. این حرف، فضایی را برای یک فلز مفید پرکن، که در انتظار تجدید نظر در مشخصات است تا در دسته‌بندی جدید ذکر شود، باز می‌کند. در هر حال ممکن است دو فلز پرکنی که تحت دسته‌بندی "G" قرار می‌گیرند، برحسب پاره‌ای ملاحظات مثل ترکیب شیمیایی به‌شدت متفاوت باشند. جزء نهایی طبقه‌بندی (همچون A1، A2 و A3) به ترکیب شیمیایی مورد نیاز جهت فلزجوش جاری نشده‌ای که ممکن است از جدول ۲ مشخصات به‌دست آید، اشاره دارد.
A5.24	الکترودها و میله‌های جوشکاری آلیاژ زیرکونیم و زیرکونیم- مثال: ERZr3 ۱. "ER" در ابتدای دسته‌بندی بیانگر آن است که ممکن است از فلزجوش به‌عنوان یک میله یا الکترود جوشکاری استفاده شود. ۲. "Zr" نشان دهندهٔ فلزات پرکنی با پایهٔ زیرکونیم است. ۳. نماگرهایی که پس از نماد شیمیایی "Zr" ذکر می‌شوند، ترکیب اسمی فلز پرکن را معین می‌سازند(به مشخصات نگاه کنید).
A5.25	گدازه‌آورهاو الکترودهای فولاد کم کربن و کربن‌دار برای جوشکاری با سربازه[1] هادی- نمونه‌ها FES60-EH14-EW، FES72-EWT2 فهم روش دسته‌بندی اینگونه الکترودها یا گدازه‌آورها مستلزم جداسازی دو جزء این دسته‌بندی از یکدیگر است: ۱. یک جزء گدازه‌آور؛ و ۲. یک جزء الکترودی

1. Electroslag Welding

AWS	عنوان، مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها

گدازه‌آورها، که براساس خواص مکانیکی فلز جوشی که با یک طبقه‌بندی خاصی از الکترود تولید می‌شود در بخش نخست این دسته‌بندی ذکر شده‌اند-تولید فلز جوش همراه با انجام آزمون‌های معینی که در مشخصات ذکر شده‌اند، صورت می‌پذیرد.

۱. "FES" نشان دهنده یک گدازه‌آور برای جوشکاری با سربازهٔ هادی است.

۲. عدد پس از "FES" معرف استحکام کمیتهٔ کششی فلز جوش برحسب 10000psi است.

۳. رقمی که پس از رقم نشان‌دهندهٔ استحکام قرار می‌گیرد، که آخرین رقم نیز هست نشان می‌دهد که هیچگونه آزمونی برای فلز جوش در نظر گرفته نشده است، یا رقمی ذکر می‌شود که این رقم نشان می‌دهد که فلز جوش می‌تواند آزمون ضربه‌ای را که استحکام یا مقاومت در برابر ضربه آن‌که بر شکاف V شکل به میزان (ژول 27) 20ft-1b وارد می‌آید- آزمون ضربه شارپی- در دمایی که به‌وسیلهٔ آن رقم معین می‌شود، ارضا کند. اعداد نمایانگر دمای آزمون عبارت‌اند از:

0=(-18°C)O°F, 2=-20°F(-29°C), 4=-40°F(-40°C), 5=-50°F(-46°C), 6=-60°F(-51°C), 8=-80°F(-62°C)

الکترودهایی که براساس ترکیب شیمیایی دسته‌بندی می‌شوند، پس از نخستین خط فاصله (همچون EH14-EW، EWT2) ذکر می‌شود:

۱. "E" در ابتدای هر طبقه‌بندی به الکترود اشاره دارد.

۲. حروف و اعداد باقیمانده معین کنندهٔ ترکیب شیمیایی الکترود هستند؛ و یا در مورد الکترودهای مرکب ترکیب شیمیایی فلز جوش روان نشده‌ای[1] را که توسط یک گدازه‌آور ویژه به‌وجود آمده است معین می‌کنند.

a) "M" نشان می‌دهد که مقدار منگنز، در حد میانه است.

b) "H" نشان می‌دهد که مقدار منگنز بالاست.

c) ارقامی که پس از M یا H می‌آیند، مقدار کربن اسمی الکترود را نشان می‌دهد.

d) اگر "K" وجود داشته باشد، مبین آن است که الکترود از فولاد کشتهٔ سلیس‌دار[2] ساخته شده است.

e) "EW" نشان‌دهندهٔ یک الکترود سیمی سخت[3] است.

f) "WT" معرف یک الکترود مرکب است.

g) "G" نشان می‌دهد که فلز پرکن دارای یک طبقه‌بندی "کلی" و عمومی است. این حرف، فضایی را برای یک فلز مفید پرکن، که در انتظار تجدید نظر در مشخصات است تا در دسته‌بندی جدید ذکر شود، باز می‌کند. در هر حال ممکن است در فلز پرکنی که تحت دسته‌بندی "G" قرار می‌گیرند، برحسب پاره‌ای ملاحظات مثل ترکیب شیمیایی به شدت متفاوت باشند.

1. Undiuted Weld Metal
2. Silicon Killed Steel
3. Solid Wire Electrod

AWS	عنوان، مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
A5.26	الکترودهای فولاد آلیاژی کربن‌دار و کم‌کربن برای جوشکاری با سربارهٔ هادی و گاز محافظ[1]- نمونه EG62S-1 ۱. "EG"[2] در ابتدای هر دسته‌بندی نشان می‌دهد که الکترود برای جوشکاری برای جوشکاری با سربارهٔ هادی و گاز محافظ در نظر گرفته شده است. ۲. نخستین رقم پس از "EG" مقدار استحکام کمینهٔ کششی فلزجوش رابر حسب 10000spi معرفی می‌کند. ۳. حرف بعدی، "S" یا "T" نشان می‌دهدکه الکترود سخت[3](S) است یا الکترودمغزه‌دار فلزی[4] و یا الکترود مرکب مغزه‌دار گدازه‌آور[5] (T) است. ٤. آنچه که به‌عنوان یک نماگر پس از خط فاصله قرار می‌گیرد، به ترکیب شیمیایی الکترود، یا در مورد الکترودهای مرکب، به ترکیب شیمیایی فلزجوش روان نشده‌ای که با یک گدازآور ویژه به‌دست می‌آیند و غیبت یا نوع گاز محافظ اشاره دارد. حرف "G" نشان می‌دهد که فلزپرکن دارای یک طبقه‌بندی "کلی" و عمومی است. این حرف فضایی را برای یک فلز مفید پرکن، که در انتظار تجدید نظر در مشخصات است تا در دسته‌بندی جدید ذکر شود باز می‌کند. در هر حال ممکن است دو فلز پرکنی که تحت دسته‌بندی "G" قرار می‌گیرند، برحسب پاره‌ای ملاحظات مثل ترکیب شیمیایی به شدت متفاوت باشند.
A5.27	میله‌های مس و آلیاژمس برای جوشکاری گازی[6]- نمونه‌ها RCuZn-C، ERCu و RBCuZn-D ۱. "R"، "ER" و "RB" در ابتدای هر دسته‌بندی نشان می‌دهد که مواد مصرفی جوشکاری ممکن است یک میلهٔ جوشکاری با گاز و اکسیژن[7]، یا یک الکترود یا فلزپرکن زرد جوشکاری[8] و یا یک میله جوشکاری یا یک فلز پرکن زرد جوشکاری باشند. ۲. "Cu" نشان می‌دهد که میله‌های جوشکاری از آلیاژی با پایهٔ مس ساخته شده‌اند؛ دیگر نمادهای اضافی شیمیایی نیز نشان‌دهندهٔ عنصر اصلی آلیاژی هر گروه هستند. در جایی که بیش از یک دسته‌بندی در یک گروه اصلی وجود داشته باشد، توسط حروف "A"، "B" و "C" و غیره می‌توان طبقه‌بندی‌های جداگانه مربوط به هر یک را در گروه اصلی مشخص ساخت.

1. Electrogas Welding
2. Electro Gas Welding
3. Solid Electrod
4. Metal Cared
5. Composite Flux Cored
6. Gas Welding
7. Oxyfuel Gas Welding
8. Brazing

AWS	عنوان مشخصات، نمونه‌هایی از طبقه‌بندی‌ها و تفسیرها
A5.28	فلزات پرکن از فولاد کم آلیاژ، – نمونه‌ها ER80S-B2 و E80C-B2. ۱. "E" مبین یک الکترود است؛ چنانکه دردیگر مشصات نیز آمده. "ER" در ابتدای هر دسته‌بندی نشان‌دهندهٔ فلزپرکن خاصی است که ممکن است به‌عنوان یک الکترود و یا یک میله جوشکاری هم مورد استفاده قرار گیرد. ۲. عدد ۸۰ معرف استحکام کششی حداقل مورد نیاز برحسب 1000psi است. در مورد فلزجوشی ۳. که استحکام کششی آن برابر و یا بیشتر از 10000psi باشد از سه رقم استفاده می‌کنند. ٤. آنگاه که "C" نشان‌دهندهٔ یک الکترود تنیده[1] یا الکترود مرکب مغزه‌دار گدازآور[2] فلزی است، "S" مبین الکترود سخت بدون روکش[3] است. ۵. پسوند B2 معرف دسته‌بندی خاصی است که سازنده براساس ترکیب شیمیایی آن را تعریف می‌کند.
A5.29	الکترودهای کم آلیاژ برای جوشکاری قوسی با سیم مغزه‌دار– نمونه‌های: E120T5-K4, E100T5-D2, E80T5-B2L ۱. "E" به الکترود اشاره می‌کند. ۲. عدد یا اعدادی که بین "E" ونخستین رقم پیش از "T" قرار دارند نشان‌دهندهٔ استحکام کششی حداقل فلز نهشته[4] برحسب 10000psi هستند. ۳. عددی که بلافاصله پیش از "T" می‌نشیند نشانگر موضع اصلی جوشکاری‌ای است که الکترود برای آن طراحی نشده است. a) "O" نشان‌دهندهٔ مواضع افقی و تخت است. b) "L" به همه مواضع اشاره دارد. ٤. "T" که به لوله‌ای بودن اشاره دارد، مبین یک الکترود مغزه‌دار گدازه‌آور است. ۵. پسوند عددی که پس از "T" قرار می‌گیرد مربوط است به مشخصه‌های کارکردی و کارایی الکترود که از پیوست ASW A5.29 استخراج می‌شود.
A5.30	جوف‌های[5] [یا لایه‌های] قابل مصرف – مثال: IN308 ۱. پیشوند"IN" نشان‌دهنده لایه مصرف شدنی است. ۲. اعداد 308 معرف ترکیب شیمیایی هستند. توجه داشته باشید، که از آنجا که معمولاً محصولات و فراورده‌های جامد براساس ترکیب شیمیایی آنها دسته‌بندی می‌شوند؛ پیکره‌بندی آنها از نظر سطح مقطع، هنگامی که پیشنهاد می‌شوند، باید در انتخاب و گزینش مدنظر قرار گیرند.
A5.31	گدازه‌آورها برای زردجوشکاری و جوشکاری برنز a) "FB" نشان‌دهندهٔ گدازآور برای زردجوشکاری و جوشکاری برنز است. b) سومین نماد به گروه‌خاصی که فلزپایه بدان تعلق دارد و دراستاندارد فهرست‌شده دلالت دارد. c) چهارمین نماد به تغییر در شکل و به تبع آن تغییر شیمیایی فلز در داخل دسته‌بندی عریض فلز پایه اشاره دارد.

1 Stranded Electrode

2. Composite Metal Flux Cored

3. Bare Solid Electrode

4. Deposited Metal

5. Inserts

پیوست ۲

داده[های] مهندسی[1]

نظام‌نامه‌های لوله‌کشی ASME[2]

B31G - راهنمای استحکام پسماند خطوط لولهٔ خورده شده

B31.1 - لوله‌کشی نیروگاهی

B31.2 - لوله‌کشی سوخت گازی (Full Gas Piping)

B31.3 - لوله‌کشی فرایندی

B31.4 - سیستم‌های انتقال مایع هیدروکربن‌ها، گاز نفت مایع[3]، آمونیاک بی‌آب(خشک) و الکل

B31.5 - لوله‌کشی[سیستم‌های] تبرید

B31.8 - سیستم‌های لوله‌کشی انتقال و توزیع گاز

B31.9 - لوله‌کشی تأسیسات ساختمان [خانگی]

B31.11 - سیستم‌های لوله‌کشی برای انتقال مواد روان[4]

---

1. Engineering data
2. ASME piping code
3. Liquid petroleum Gas
4. slurry

نظام‌نامهٔ ASME در مورد دیگ[بخار] و ظروف[یا مخازن] تحت فشار[1]

بخش I – قواعد ساخت دیگ‌های نیروگاهی

بخش II – مواد

قسمت A – مشخصات مواد آهنی

قسمت B – مشخصات مواد غیرآهنی

قسمت C – مشخصات میله‌های جوشکاری، الکترودها و فلزات پرکن

قسمت D – خواص [مواد]

بخش III – زیربخش NCA – الزامات عمومی قسمت‌های ۱ و۲

بخش III – قسمت ۱

زیربخش NB – اجزای کلاس ۱

زیربخش NC – اجزای کلاس ۲

زیربخش ND – اجزای کلاس ۳

زیربخش NE – اجزای کلاس MC

زیربخش NF – نگهدارنده‌ها (ساپورت‌ها)

زیربخش NG – سازه‌های نگهدارندهٔ مغزه‌دار[2]

زیربخش NH – اجزای کلاس ۱ در سرویسی که دمای آن ارتقا یافته است.

پیوست‌ها

بخش III – قسمت ۲ – نظام‌نامه برای ظروف نگهدارنده[3] و مخازن بتونی رآکتور

بخش IV – قواعد ساخت دیگ‌های گرمایشی

بخش V – امتحان‌های غیر مخرب

بخش VI – قواعدی پیشنهادی برای نگهداری و بهره برداری از دیگ‌های گرمایشی

بخش VII – II – خطوط راهنمای پیشنهادی برای حفاظت از دیگ‌های نیروگاهی

بخش VIII – قواعد ساخت مخازن تحت فشار

قسمت ۱

قسمت ۲ – قواعد جایگزین

بخش IX – شرایط جوشکاری و لحیم کاری

بخش X – ظروف و مخازن تحت فشار پلاستیکی تقویت شده توسط الیاف

بخش XI – قواعد بازرسی از اجزای در حال کار نیروگاه هسته‌ای[4]

---

1. ASME Boiler & Pressure Ressel Code

2. Core Support Structure

3. Contaminates

٤. جداول صفحات ۲۵۹ تا ۲۷۳ به‌واسطهٔ ضرورت رجوع مستقیم کاربر به جداول اصلی و سهولت دریافت مطالب آن ترجمه نمی‌شوند.

پیوست ۳

سازمان‌ها، جوامع و انجمن‌های فنی بین‌المللی استانداردها

سازمان‌های استانداردهای بین‌المللی

AENOR انجمن اسپانیایی نرمالیزاسیون (اسپانیا)

AFNOR انجمن فرانسوی نرمالیزاسیون (فرانسه)

ANSI انستیتوی امریکایی استانداردهای ملی (ایالات متحدهٔ امریکا)

BSI انستیتوی استانداردهای بریتانیایی (انگلستان)

CSA انجمن کانادایی استانداردها (کانادا)

CSCHE جامعه کانادایی مهندسی شیمی

DIN انستیتوی آلمانی مقیاس‌ها (آلمان)

DS استاندارد دانمارکی (دانمارک)

ELOT سازمان یونانی استانداردسازی (یونان)

IBN/BIN انستیتوی بلژیکی نرمالیزاسیون (بلژیک)

جوامع و انجمن‌های فنی

AA انجمن آلومینیوم

AEE انجمن مهندسین انرژی

AFS جامعهٔ امریکایی ریخته‌گران

AISI انجمن مهندسین آهن و فولاد

AIChE انستیتوی امریکایی مهندسین شیمی

AMEC مرکز مهندسی مواد پیشرفته

ASEE جامعهٔ امریکایی آموزش مهندسی

ASM جامعهٔ اطلاعاتی مواد- بین‌الملل ASM

ASME جامعهٔ امریکایی مهندسین مکانیک

ASNT جامعهٔ امریکایی آزمون غیر مخرب

ASQC جامعهٔ امریکایی کنترل کیفیت

ASTM جامعهٔ امریکایی آزمایش کردن و مواد

AWS جامعهٔ امریکایی جوشکاری

CAIMF اجتماع کانادایی مواد پیشرفتهٔ صنعتی

CASI انستیتوی کانادایی هوا و فضا

CCA انجمن کانادایی ساخت

CCPE مشاور کانادایی سرامیک

CCS جامعهٔ کانادایی سرامیک

CDA انجمن توسعهٔ مس

CEN کمیتهٔ اروپایی استانداردسازی

CIE انستیتوی کانادایی انرژی

CIM انستیتوی کانادایی و متالوژی

CMA انجمن کانادایی تولید صنعتی

CNS انجمن کانادایی [فعالیت‌های] هسته‌ای

CPI انستیتوی کانادایی پلاستیک

CPIC مرکز کانادایی اطلاعات حرفه‌ای

CSEE جامعهٔ کانادایی مهندسین الکترونیک

CSME جامعهٔ کانادایی مهندسان مکانیک

CIND انستیتوی کانادایی NDE

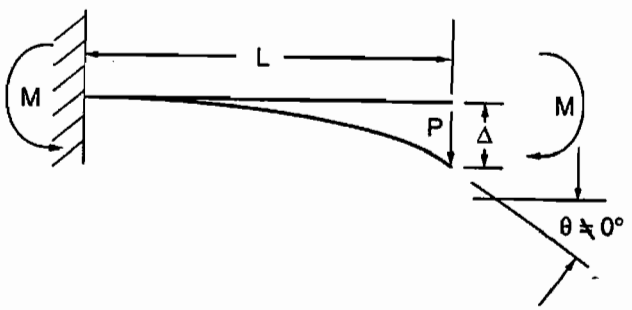
EI	سازمان اطلاعات مهندسی
FED	استانداردهای فدرال و ارتش
IEEE	انستیتوی مهندسان الکترونیک و برق
IES	انستیتوی علوم [زیست] محیطی
IIE	انستیتوی مهندسین صنایع
IMMS	جامعهٔ بین‌المللی مدیریت مواد
ISA	جامعهٔ ابزار دقیق، سیستم‌ها و اتوماسیون
ISS	جامعهٔ فولاد و آهن
ITA	انجمن بین‌المللی تیتانیوم
ITI	انستیتوی بین‌المللی فناوری
ITRI	انستیتوی بین‌المللی پژوهش‌های قلع
MSS	جامعهٔ استانداردسازی تولیدکنندگان صنعت شیرو اتصالات
MTS	جامعهٔ فناوری دریایی
NACE	انجمن ملی مهندسین خوردگی
NAPE	انجمن ملی مهندسین قدرت
NAPEGG	انجمن مهندسان، زمین‌شناسان و ژئوفیزیک‌دانان حرفه‌ای منطقهٔ شمال غربی
NiDI	انستیتوی توسعهٔ نیکل
PIA	انستیتوی پلاستیک امریکا
RIA	انجمن صنایع روباتیک
SAE	جامعهٔ مهندسان اتومبیل
SAME	جامعهٔ امریکایی مهندسان نظامی
SAMPE	جامعهٔ مهندسی پیشرفتهٔ مواد و فرایندها
SCTE	جامعهٔ مهندسین کارباید و ابزار
SDCE	جامعهٔ مهندسان دایکاست
SME	جامعهٔ مهندسین تولید صنعتی
SPE	جامعهٔ مهندسین صنعت نفت
SSIUS	صنعت فولاد مخصوص ایالات متحده
SSPC	مشاور رنگ‌سازه‌های فولادی
STC	جامعهٔ ارتباطات فنی
STLE	جامعهٔ مهندسین روانکاری و تری‌بیولوژیک‌ها
TMS	جامعهٔ کانی‌ها، فلزات و مواد

برای دریافت اطلاعات بیشتر شامل نشانی وب سایت‌های دیگر رشته‌های مهندسی از بخش علمی و مهندسی CASTI در نشانی http://www.Casti.ca بازدید کنید.

پیوست ٤

روش‌های ساده سازی شده محاسبهٔ تنش[1]

A. روش تیرطره (کنسول)[2]



معادله تنش خمشی[3]

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

که:

$$M = PL \quad L = 0.5D$$

$$I = \left[\frac{\pi}{64}\right](D_0^4 - d_i^4) in^4$$

D= قطر خارجی لوله

---

1. Simplified Stress Calculation Methods
2. Cantilever Methode
3. Bending Stress

خیز[1] Δ که براثر اعمال نیروی P به‌وجود آمده عبارت است از:

$\Delta = \frac{PL^3}{3EI}$ in, E = مدول الاستیسیته

می‌توان معادله را برحسب P دوباره حل کرد وآنگاه P را در معادلهٔ تنش خمشی جایگزین کرد. برای به‌دست آوردن خیز نیز می‌توان برای طولی از لوله که به‌عنوان طره در نظر گرفته شده است، تنش خمشی را محاسبه کرد.

$$P = \frac{3EI\Delta}{L^3}$$

آنگاه : $\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{(PL)D}{2L} = \frac{3E\Delta D}{2L^2}$

$$\sigma = \frac{1.5E\Delta D}{L^2}$$

مثال: تنش خمشی را برای لوله‌ای که قطر خارجی آن 10.750 اینچ بوده و ضخامت جدارهٔ آن 0.365 اینچ است و خیز آنکه در اثر انبساط حرارتی به اندازه 0.75 in است، محاسبه کنید. فرض کنید فوت L=12 باشد.

$$\sigma = 1.5 \times 27.9 \times 10^6 \times 0.75 \times \frac{10.75}{(12 \times 12)^2}$$

$$\sigma = 16270 \text{psi}$$

B. روش تیرطره (کنسول) مهار شده[2]

معادلهٔ تنش:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$M_{MAX} = PL/2$$

$$P = \frac{12EI\Delta}{L^3}$$

C=D/2

مقادیر M و C را با استفاده از روابط فوق در معادلهٔ تنش جایگذاری کنید:

$$\sigma = \frac{3E\Delta D}{L^2}$$

مثال: تنش خمشی در لوله‌ای که قطر خارجی آن 10.750 اینچ بوده و SCH لوله 60 باشد، و خیز به‌وجود آمده 0.75 اینچ شود، با استفاده از روش تیرطرهٔ مهار شده چقدر است؟
فرض کنید فوت L=12 باشد.

$$\sigma = 3 \times 27.9 \times 10^6 \times 0.75 \times \frac{10.75}{(12 \times 12)^2}$$

$$\sigma = 32540 \text{psi}$$

1. Deflection
2. Guided Cantilever Method

پیوست ۵

تفاسیر[1]

تفسیر: B31.3-8-32

موضوع: B31.3، معیار پذیرش- [روش‌های] مایع نافذ و ذرهٔ‌مغناطیسی

تاریخ انتشار: هفتم ماه می 1990

شماره فایل: B31-90-012

پرسش: بر اساس بند 341.3.2 از [نظام‌نامه] B31.3 برای تعیین یک عیب، از فنون مایع نافذ و ذرهٔ مغناطیسی برای آزمون استفاده می‌کنند؛ مقدار ناپیوستگی و اندازهٔ نشانه‌ای که باعث رد شدن یا قبول شدن نمونه در آزمون می‌شود، چقدر است؟

پاسخ: [نظام‌نامه] B31.3 انجام آزمون‌های مایع نافذ و ذرهٔ‌مغناطیسی را، صرفاً، برای مشخص کردن ترک‌ها مقرر داشته است؛ و همه ترک‌ها باید مردود تلقی شوند.

تفسیر: B31.3-8-38

موضوع: B31.3، کاربری سیال از گونهٔ D

تاریخ انتشار: 25 می 1990

شماره فایل: B31-89-049

پرسش(۱): براساس جدول 341.3.2A از [نظام‌نامه] B31.3، در مورد جوش‌های رادیوگرافی شده لوله‌ای که از گونهٔ D به کارگیری سیال سود می‌جوید، ملاک پذیرش چه باید باشد؟

پاسخ(۱): [نظام‌نامه] B31.3 انجام رادیوگرافی را برای جوش‌های گونهD از کاربری سیال، توصیه نمی‌کند.

---

1. interpretations

پرسش(۲): براساس [نظام‌نامه] B31.3، آیا کارفرما می‌تواند از آزمون پرتونگاری به‌عنوان آزمون تکمیلی، در لوله‌کشی‌ای با به کارگیری گونهٔ D سیال سود جوید؟

پاسخ(۲): بر اساس بند 341.5 از [نظام‌نامه] B31.3، بله.

پرسش(۳): براساس بند 341.4.2 و جدول 341.3.2A از [نظام‌نامه] B31.3، اگر برروی جوش‌های لوله‌ای که از گونهٔ D کاربری سیال سود می‌جوید، پرتونگاری انجام شود و این امر به‌وسیلهٔ طراحی مهندسی نیز مشخص نشده باشد، آیا می‌توان پرتونگاری را نادیده انگاشت؟

پاسخ(۳): [نظام‌نامه] B31.3 در این زمینه ابراز نظر نکرده است.

تفسیر: B31.3-12-22

موضوع: B31.3، معیار پذیرش جوش‌ها

تاریخ انتشار: 19 نوامبر 1993

شماره فایل: B31-93-051

پرسش: براساس جدول 341.3.2a، از [نظام‌نامه] B31.3 چاپ شده در 1993، نمادهای B، C، F و G به‌عنوان مقادیری معیاری را می‌توان به‌عنوان طول‌های مجاز جمع شوندگی یک تغییر شکل [درخم] که می‌توان آنها را به جوش‌هایی که طول جوششان کمتر[از مقدار جمع شدگی است] سرشکن کرد، محسوب کرد؟

پاسخ: نظام‌نامه در مورد چنین وضعیتی، به‌طور مشخص، چیزی نگفته است.

دربارهٔ پدیدآورندگان

گلاینوودز[1]، از دانشگاه هوستون[2]، با اخذ درجهٔ لیسانس در رشته مهندسی مکانیک فارغ‌التحصیل شده است. از سال ۱۹۷۳ او کار برروی الزامات نظام‌نامه‌ای لوله‌کشی را به جهت کفایت و بسندگی آنان، در زمینه‌های فشار لوله و تحلیل خستگی، طراحی نگهدارندهٔ لوله و آزمون سیستم‌های لوله‌کشی و اجزای آن آغاز کرد.

آقای وودز با استفاده از تجربیات به‌دست آمده از نیروگاه‌های غیر هسته‌ای و واحدهای جدید پتروشیمی بهره‌برداری شده و لزوم دستیابی به ایمنی و اطمینان به کارکرد دقیق سامانه‌ها، و ضرورت اقتصادی بودن طراحی‌های لوله‌کشی و حل مسائل آن، با به کارگیری روش‌های رایانه‌ای، ارزیابی‌ها و داوری‌های خود را [در قالب الزامات نظام‌نامه‌ای] ارائه کرده است. آقای وودز عضو کمیتهٔ لوله‌کشی فرایندی ASME B31.3 و کمیتهٔ طراحی مکانیکی ASME B31 و کمیتهٔ توسعهٔ حرفه‌ای ASME در جانب

1. Glynn woods ,P.E

2. University of Huston

نظام‌نامهٔ B31.3 از استاندارد ASME و نیز عضو هیئت علمی دانشگاه هوستون مرکزی است و در این چارچوب به اجرای برنامه‌های آموزشی خود می‌پردازد.

روی بگیولی[1] از دانشگاه آلبرتا[2] موفق به اخذ درجهٔ لیسانس در رشته مهندسی متالوژی و دریافت درجهٔ فوق لیسانس همان رشته با گرایش جوشکاری شد. او دارای پروانه رسمی مهندس حرفه‌ای ایالت آلبرتای کاناداست. همچنین صلاحیت او به‌عنوان یک تکنسین CGSB با سطح II در روش‌های غیرمخرب پرتونگای، اولتراسونیک، ذرهٔ مغناطیسی و مایع نافذ، مورد تأیید و تصدیق قرار گرفته است.

آقای بگیولی، با بیش از ۲۰ سال تجربه مشاوره و اجرایی در سازمان‌های ملی و بین‌المللی، در حال حاضر ریاست سازمان بین‌المللی مهندسان مواد[3] را، که داوری‌ها و ارزیابی‌های خویش را در زمینه‌های متالوژیکی، جوشکاری، خوردگی و آزمون غیرمخرب در اختیار صنایع گوناگون قرار می‌دهد، برعهده دارد. او همچنین در شرکت سرویس‌های بازرسی جهانی[4]، که شرکتی است که بازرسی لوله و اجزای خط لوله را انجام می‌دهد؛ و شرکت نرم‌افزاری[5] MICA، که سازمان توسعه و فروش نرم‌افزارهای مدیریت بازرسی و خوردگی در صنایع نفت و پتروشیمی است، فعالیت می‌کند.

---

1. Roy Baguley, p.Eng
2. University of Alberta
3. Metals Engineers International Inc
4. Global Inspection Services Ltd
5. MICA software Inc