فصل ۳ : انجام تعمیر به روش های مکانیکی

موضوع	صفحه
۳-۱ : جایگزین و تعویض اجزای مربوط به لوله ها، ظروف تحت فشار و مخازن	۱۶۷
۳-۲ : مسدود کننده های انجمادی(Freeze Plug)	۱۷۰
۳-۳ : تعمیر رزوه های تخریب شده در روزنه های بسته(Tapped Hole)	۱۷۵
۳-۴ سنگ زنی ، برداشتن عیب و تعمیر مجدد آن بر حسب ضرورت	۱۸۰
۳-۵ بازسازی و تعمیر فلنج	۱۸۶
۳-۶-انجام تعمیر با نشت بند (Clamp)	۱۹۴
۳-۷ رفع عیب انحنای لوله یا اصلاح خم	۱۹۷
۳-۸ : تعمیر انکر های تخریب شده در بتن	۲۰۱
۳-۱۱- برداشتن پیچ و مهره های به روش Hot half Bolting	۲۰۸
۳-۱۲-بازرسی و تعمیر مبدلها حرارتی (Shell $ Tube)	۲۱۱

۳-۱ : جایگزین و تعویض اجزای مربوط به لوله ها، ظروف تحت فشار و مخازن

۳-۱-۱: توضیحات:

این فصل برای اجزای مربوط به سیستم های لوله کشی، ظروف تحت فشار مانند شیرآلات ، گسکت ه ا، اتصالات، فلنج ، نیپل و... در صورت معیوب بودن روش جایگزین و تعویض آنها را پیشنهاد داده است.

تعویض ممکن است عینا مطابق با متریال موجود و یا با تغییراتی نیز همراه باشد . شاید یکی از دلایل تغییر متریال جایگزین جدید، پیشگیری از تخریب مجدد باشد.

۳-۱-۲: محدودیت ها

از آنجاییکه در این روش بنا بر تعویض قطعه معیوب می باشد بنابرای برای همه عیوب مناسب می باشد.

۳-۱-۳: طراحی:

در مرحله اول می بایست دلیل ایجاد عیب و تخریب بررسی و علت رخداد عیب حتی المقدور حذف و یا کمتر شود.

اگر تغییراتی نسبت به شرایط اولیه رخ می دهد حتما ارزیابی های لازم از نظر مهندسی انجام شود.عمده این تغییرات می توانند تغییر متریال، تغییر مسیر و تغییر مشخصات ابعادی باشد. اگر ضخامت و متریال متفاوتی نسبت به حالت موجود استفاده می شود حتما محاسبات ضخامت انجام شود . در صورتیکه ضخامت بیشتری استفاده می شود وضعیت ساپورت ها نیز ارزیابی گردد.

به عنوان مثال در یک تسهیل سر چاهی متریال اولیه زانویی ۲۴ اینچ A860 WPHY65 با ضخامت ۲۲ میلیمتر می باشد. این زانویی دارای عیب تورق از زمان ساخت می باشد . که در پایش های حین سرویس شناسایی شده است. و بعد از ارزیابی مشخص شد که با حضور این عیوب امکان ادامه سرویس بهره برداری ایمن وجود ندارد. اگر نقطه تنظیم شیر های ایمنی 2000Psi و استاندارد ساخت ASME B31.8 باشد. حداقل ضخامت مورد نیاز برای یک دوره ۱۰ ساله بهره برداری با فرض اینکه سرعت خوردگی ۰/۲ میلیمتر بر سال با شد چقدر است.

$t_1 = PD/2SEF = (2000\times24)/(2\times65000\times0.6) = 0.61In = 15.5mm$

t_2 =15.5mm + (2×10×0.2) =19.5

می توان تعویض را با استفاده از یک لوله حداقل با ضخامت ۱۹/۵ میلیمتر انجام داد.

در صورتیکه از زانویی A860 WPHY52 استفاده شود. حداقل ضخامت با احتساب سرعت خوردگی برابر است با

t_1 = PD/2SEF =(2000×24)/(2×52000×0.6) =0.76In = 19.37mm

t_2 =19.37+ (2×10×0.2) =23.37mm

در صورت استفاده از زانویی A860WPHY52 نیز می بایست به این نکته توجه کرد که ضخامت مورد نیاز در محل اتصال و بعد از Taper از ضخامت مورد نیاز با توجه به دوره بازرسی بعدی کمتر نشود. شرایط فیت آپ و جوشکاری حتی المقدور مطابق با زمان ساخت و نصب باشد.

در تعویض فلنجها و شیر آلات نیز شرایط کلاس و متریال مطابق با استاندارد های ساخت مانند *ASMEB16.5* ، *ASME B16.34* ، *ASME B16.47* و سایر استاندارد های مربوطه باشد. در مورد شکست ترد نیز بررسی های لازم انجام شود. و حداقل دمای کاری مجاز از استاندارد هایی مانند *ASMEB31.3Table A1* و ... استخراج و بررسی شود. مثلا شرایط استفاده از اتصالاتی مانند *A234WPB* و *A420WPL6* و فلنج هایی مانند *A105* و *A350LF2* به جای یکدیگر ارزیابی شود.

مورد دیگر دمای بحرانی خزش است که در فصول قبل به آنها اشاره شد.

۳-۱-۴: ساخت

موضوع رعایت نکات ایمنی در همه روش های تعمیراتی از جمله این روش از اهمیت زیادی برخوردار است. قبل از شروع تعویض مطمین شویم بخشی از لوله و یا ظرف تحت فشاری که قرار است بخشی از آن تعویض گردد ایزوله شده و سرایط کار ایمن می باشد.

۳-۱-۵: آزمون ها:

آزمون های نهایی مانند هیدروتست بر اساس استاندارد های طراحی و ساخت انجام شود. در آزمون هیدروتست به وضعیت ساپورتها توجه شود. در صورت نیاز ساپورت موقت نصب شود. با رعایت نکات ایمنی و لحاظ کردن استاندارد های طراحی و ساخت تست هوا را ممکن است بتوان جایگزین هیدروتست کرد.

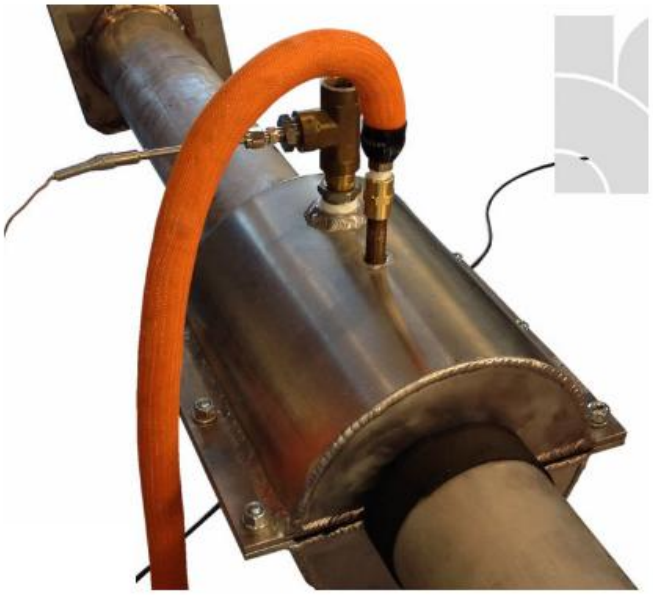
از آزمون های RT و UT نیز بر اساس API510 با در نظر گرفتن شرایطی و نظر کارفرما ممکن است به جای هیدروتست استفاده شود.

۳-۲ : مسدود کننده های انجمادی(Freeze Plug)

۳-۲-۱ توضیحات

در این بخش در خصوص ایزوله کردن بخشی از سیستم های لوله کشی که دارای نشتی است ایزوله می کنند. و روشی نیست که به عنوان تعمیر عیب مد نظر باشد. در این روش با اعمال سرمایش به طول مشخصی از خط سیال آن منجمد شده و به عنوان مسدودکننده عمل می کند.

این روش تعمیراتی را می توان برای خط لوله های آب، لخته ها، برخی هیدروکرین ها ، برخی اسید ها، بازها و .... استفاده نمود.



شکل ۳-۱: نحوه اجرای و اعمال مسدود کننده های انجمادی

حالت های اجرایی واقعی که برای این روش انجام شده است نشان داده که مسدود کننده های انجمادی تا مسدود کردن مسیر سیالاتی با فشار ۱۷۰ بار موفق بوده اند البته در آزمایشگاه و در آزمون های کیفیت مربوط به این روش فشار ۶۸۰ بار نیز تست شده است.

موفقیت این روش بستگی به سیال ، نقطه ای که منجمد می شود، سایز لوله و اتصالات و چیدمان آنها دارد.

خطر اجرا و احتمال واماندگی این ر وش وجود دارد. پیامد ها ی واماندگی نیز ممکن است شدید باشد . بنابراین در جاییکه قرار است این روش استفاده شود علل واماندگی و پیامد های آن بررسی شود.

شکل ۳-۲: گرما علت اصلی تخریب مسدود کننده انجمادی

۳-۲-۲ محدودیت ها:

همانطور که در جدول ۱ از فصل ۱ استاندارد ASME PCC2 عنوان شده است این روش به عنوان یک روش تعمیراتی برای عیب مد نظر نیست.(NA) و صرفا جهت ایزوله کردن بخشی از خط که قرار است روی آن تعمیرات انجام شود و یا بنا بر این است که به هر دلیلی از سرویس خار ج باشد استفاده می شود.

با توجه به اینکه برای کاهش دما از ن یتروژن و یا دی اکسید کربن مایع استفاده می شود . خطرات واکنش این دو ماده با هوا و آزاد شدن آنها و آتش سوزی وجود دارد . بنابراین تمهیدات لازم برای حفاظت افراد و همچنین پیشگیری از خطرات محیط زیستی مد نظر قرار گیرد.

سیال داخل لوله که قرار است منجمد شود قبل از شر وع انجماد دارای دمای کمتر از ۵۰ درجه سانتیگراد باشد.

۳-۲-۳: طراحی:

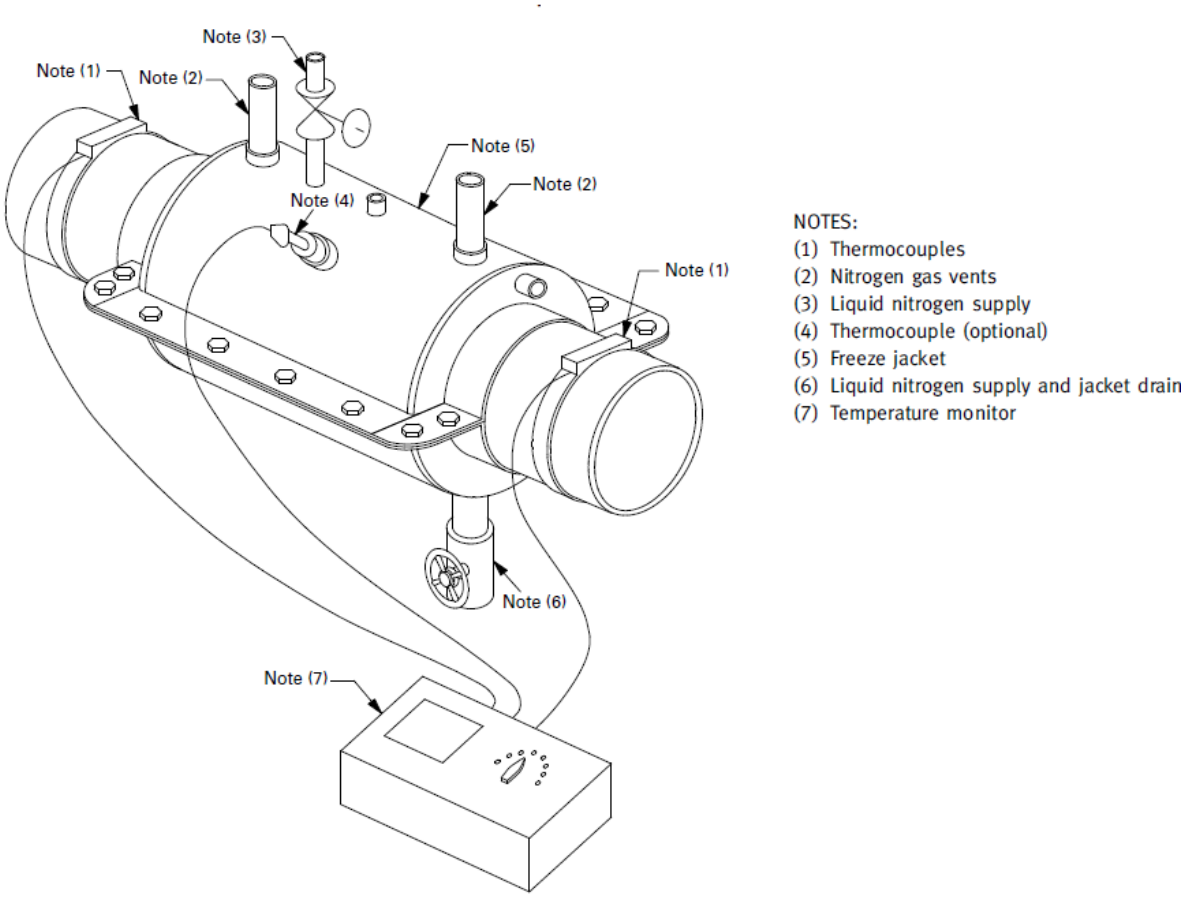
یکی از مشکلاتی که این روش ایجاد می کند کاهش دما و به دنبال آن ترد شدن لوله است . بنابراین با توجه به نوع متریال می بایست دمای ترد شدن آن را با توجه به استاندارد تمهیدات لازم را جهت پیشگیری از

شکست ترد انجام دارد . هرچند مقاومت به شکست ترد متریال در زمان انجام این روش تعمیراتی کم می شود. لیکن بعد از افزایش دما و اتمام کار با مسدود کننده انجمادی، ساختار فلز به دلیل کاهش دما دچار تغییر نمی شود. فشاری که یک پلاگ انجمادی تحمل می کند بستگی به طول آن دارد.

شکل ۳-۳: ایجاد مسدود کننده انجمادی با طول مشخص

استفاده از نیتروژن مایع به عنوان یک مسدود کننده انجمادی بسیار متداول می باشد . دمای جوش نیتروژن مایع ۱۹۶ درجه زیر صفر که برای انجماد سیالاتی مثل آب بسیار مناسب می باشد. و برای ایجاد انجماد در لوله هایی تا قطر ۴۸ اینچ امتحان خود را پس داده است.

برای بخشی از لوله که قرار است داخل آن منجمد شود . یک کاور مناسب طراحی شود و یک ورودی به داخل کاور نیتروژن مایع تزریق می شود . تجهیزات مربوط به این روش در شکل ذیل نشان داده شده است. طول کاور یا جاکت نصب شده نباید از ۳برابر قطر لوله بیشتر باشد.



شکل ۳-۴: اجرای مسدود کننده انجمادی با نیتروژن مایع

از دی اکسید کربن مایع هم برای ایجاد پلاگ انجمادی استفاده می شود. و لیکن کاربرد آن برای لوله هایی با قطر حداکثر ۴ اینچ می باشد. دمای انجماد خود دی اکسید کربن ۷۸ درجه زیر صفر می باشد.

۳-۳-۴: ساخت:

تهیه دستورالعمل برای اجرای این روش ضروری است. در دستورالعمل همه موارد از جمله ایمنی ، تجهیزات مورد نیاز ، مشخصات ابعادی و... قید شود. مقدار کافی سرد کننده مانند نیتروژن مایع در اختیار و قابل تهیه باشد. عایق ها و پوشش های نقاطی که قرار است پلاگ انجمادی روی آن اجرا شود برداشته شود. شرایط محیطی مانند گردو غبار ، باد ، باران و شرایط فصلی در نظر گرفته شود و این محدوده به صورت کامل از پدیده های طبیعی محافظت گردد. کلیه تجهیزات مربوط به این روش تعمیراتی ارزیابی شوند. نشانگرهای اولیه مربوط به قرایت دما و فشار نیتروژن و دی اکسید کربن بررسی گردد. دارای گواهی و کالیبراسیون باشد.

آزمون های کیفیت و ارزیابی پلاگ انجمادی می بایست در فشاری بیشتر از فشار بهره برداری انجام شود.

هرگونه فعالیت در بالا دست و پایین دست محل مسدود کننده انجمادی بررسی شود. گرما باعث تضعیف ، تخریب وذوب پلاگ انجمادی می شود.

بعد از اتمام فعالیت مذکور بخشی از سیتستم لوله کشی که ایزوله شده است را می توان از سرویس خارج و فعالیت های تعمیراتی مورد نیاز را روی آن انجام داد.

۲-۳-۵: آزمون ها (Examination)

آزمون های لازم برای این روش تعمیراتی شامل بازرسی های چشمی ، آزمون های غیر مخرب روی بخشی از لوله که قرار است با این روش منجمد شود و ارزیابی های حین اجرا به صورت چشمی و ابزار مناسب مانند نشانگرههای دما

۲-۳-۶: تست (Testing)

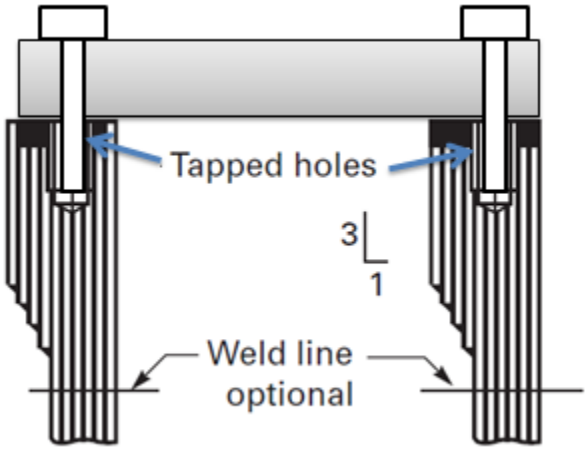
در صورتیکه ماهیت سیال ناشناخته است لازم است ارزیابی های لازم در این خصوص به صورت کامل انجام شود. در صورت امکان پلاگ های انجمادی تا ۱/۵ برابر فشار بهره برداری تست شوند.

از کالیبره بودن گیج های دما مطمین باشیم . اکسیژن اطراف به صورت کامل بررسی و با میزان اکسیژن موجو در اتمسفر مقایسه شود.

۳-۳ : تعمیر رزوه های تخریب شده در روزنه های بسته(Tapped Hole)

۳-۳-۱ : توضیحات:

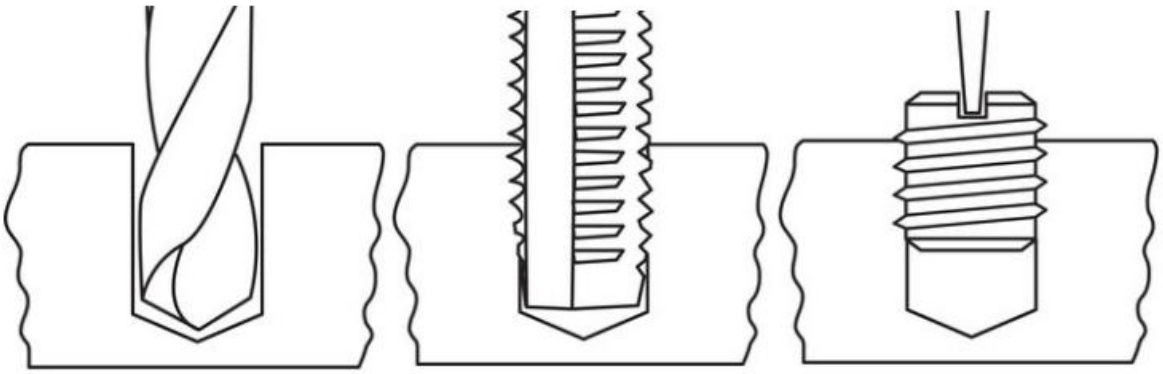
این روش برای بستن اتصالات رزوه ای مانند فلنجها استفاده می شود. این روش برای نصب Blind Flang استفاده می شود. در این حالت به جای اینکه فلنج یا اتصال به صورت راه بدر و کامل سوراخ شده باشد. در آن یک سوراخ بسته ایجاد شده و به جای استفاده از Bolt و دو مهره از یک Stud Bolt استفاده می شود.



شکل ۳-۵: نمونه ای از نصب فلنج مسدود کننده با استفاده از Tapped Holes

در بسیاری اوقات رزوه های مربوط به سوراخ ها به دلیل بازو بسته کردنه‌ای مکرر تخریب می شوند. از روش های تعمیراتی که برای ترمیم این رزوه ها می توان استفاده کرد موارد ذیل می باشد.

- بزرگتر کردن سوراخ با استفاده از مته ای با قطر بزرگتر و ایجاد رزوه مجدد و نصب Stud با قطر بزرگتر
- استفاده از Stud با رزوه های حلزونی
- پر کردن روزنه و سوراخ قدیم با جوش و ایجاد سوراخ جدید و رزوه زنی مجدد.

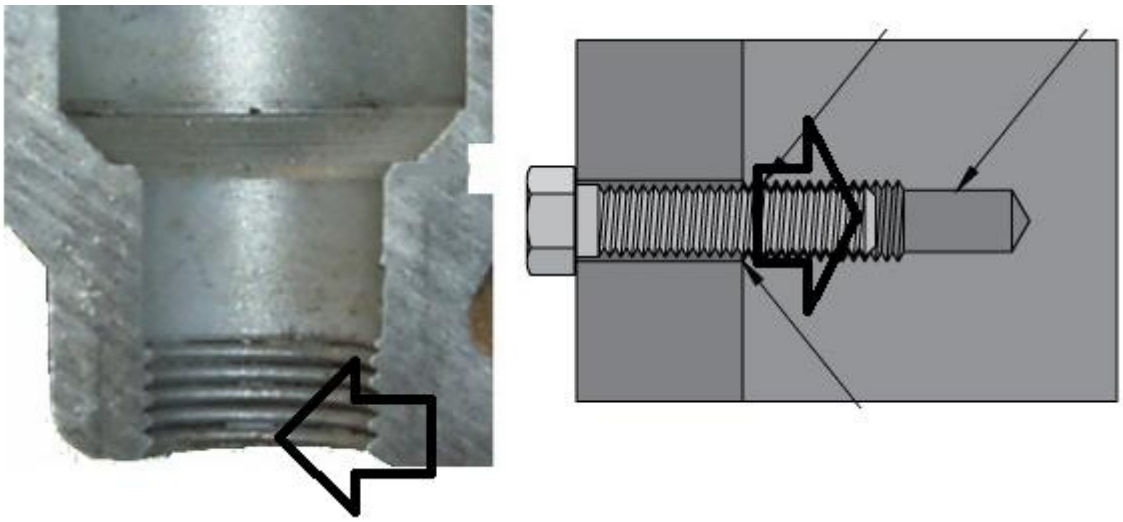


شکل ۳-۶: سوراخ و رزوه زنی برای Tapped Holes

۳-۳-۲: محدودیت ها

این روش تعمیراتی خاص تعمیر رزوه های داخل روزنه ها می باشد و مربوط به تعمیر عیوبی مانند انواع خوردگی ، ترک ، کندگی و... نمی باشد.

برخی اوقات وجود محصولا خوردگی و آلودگی هایی مانند گریس باعث می شوند که رزوه های آسیب دیده به صورت کامل ریت نشوند.



شکل ۳-۷: رزوه های مربوط به Tapped Holes

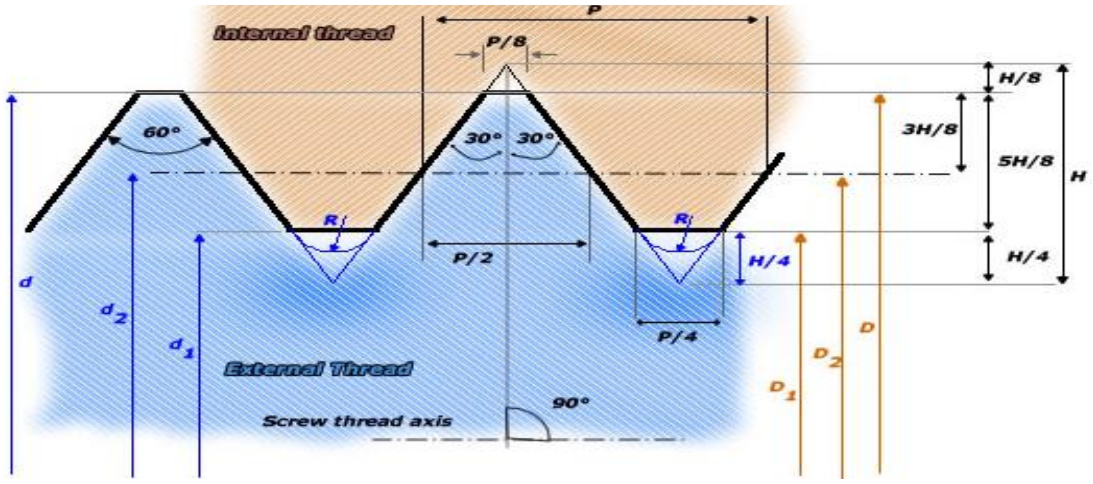
بزرگتر کردن سوراخ های موجود حتما با در نظر گرفتن محاسبات مهندسی انجام شود.

در صورت مشاهده ترک روی روزنه های و اتصالات مربوطه می توان با جوشکاری تعمیر را انجام داد. با توجه به اینکه ممکن است عملیات حرارتی بعد از جوشکاری انجام شود . لازم است مواردی مانند نرم شدن ، کاهش استحکام ، تردی احتمالی و... بررسی شوند.

استاندارد ساخت رزوه های حلزونی ASME B18.29.1 می باشد. بر اساس این استاندارد Stud از نوع UNC تا قطر ۱/۵ اینچ موجود می باشد.

۳-۳-۳ طراحی:

ساختار رزوه های بعد از انجام تعمیر می بایست مطابق با استاندارد های ساخت باشد.



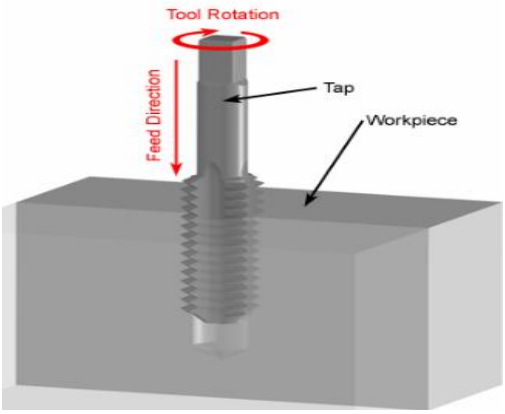
شکل ۳-۸: بررسی مشخصات ابعادی رزوه

امکان تخریب رزوه های آخر روزنه بسته از سایر رزوه ها بیشتر است . بهتر است چند رزه آخر پردازش و برداشته شوند. قبل از بستن Stud وضعیت رزوه های سوراخ و Stud به صورت کامل بررسی شود.

تنش های اعمالی روی فلنج و یا اتصالی که Stud&Hole بسته شده بررسی شود.

۳-۳-۴: ساخت:

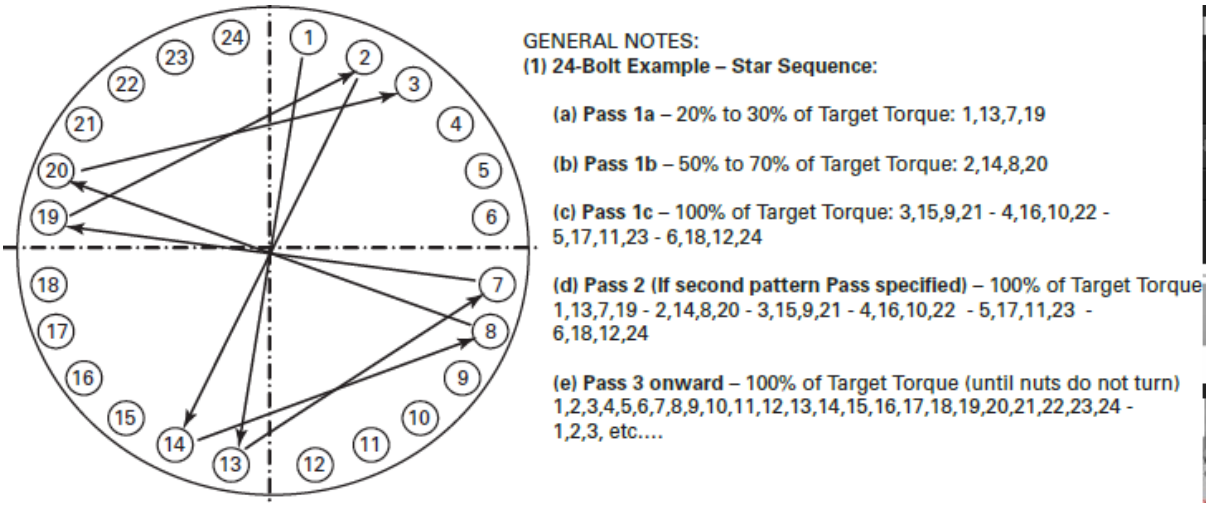
اندازه سوراخی که درون قطعه ایجاد می شود نباید راه بدر باشد.برای رزوه های که روش تعمیر پر کردن با جوش ، سوراخکاری و اعمال رزوه می باشد. لازم است قبل از جوشکاری رزوه ها پردازش و برداشته شود.



شکل ۳-۹: نحوه سوراخکاری و رزوه زنی Tapped Holes

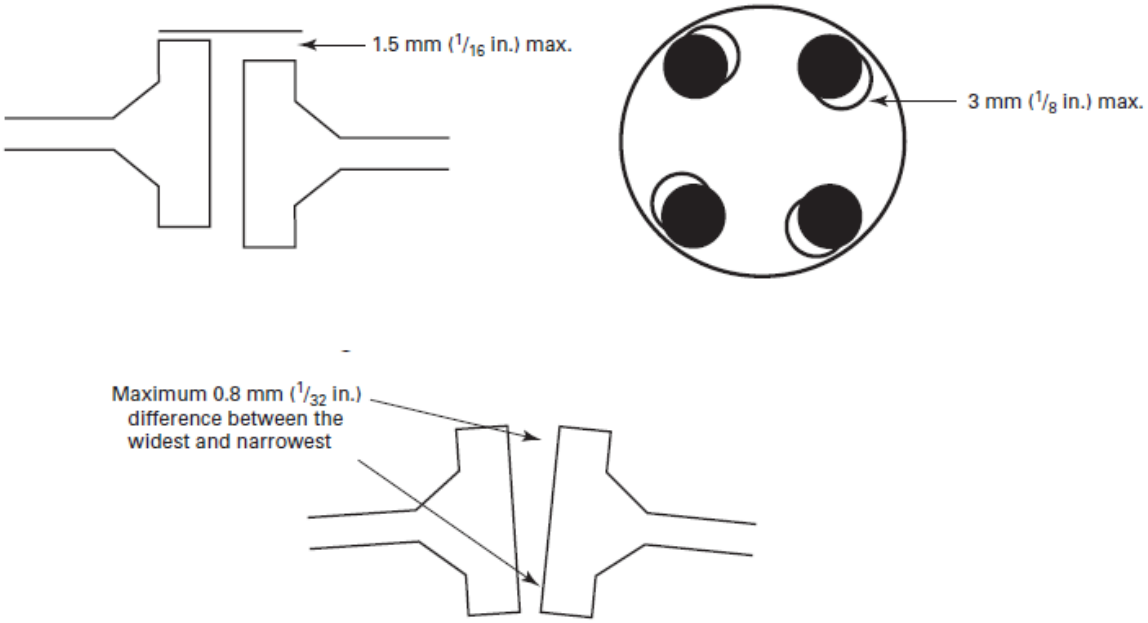
دستورالعمل های جوشکاری تهیه و در صورت نیاز تمهیدات لازم جهت انجام عملیات حرارتی لحاظ شود.سطح فلنجها مطابق با نمونه اولیه پردازش شود . در زمانیکه رزوه ها به صورت حلزونی یا Helical هستند.آموزشهای لازم از سازنده اخذ شود . رعایت الزامات استاندارد ASME PCC1-Article7 در خصوص روغن کاری اتصالات رعایت شود.

بعد از تعمیر و در بستن مجدد Stud ها الزامات ASME PCC1 رعایت شود.



شکل۳-۱۰: الگوریتم بستن Stud ها بر اساس ASME PCC1

تلورانس های استاندارد ASME PCC1 در خصوص مشخصات ابعادی بعد از بستن فلنجها رعایت شود.



شکل ۳-۱۱: تلورانس های ابعادی مجاز برای اتصالات فلنجی

۳-۳-۵: آزمون ها (Examination)

آزمون های بازرسی چشمی و آزمون های غیر مخرب سطحی مانند PTو MT انجام شود.

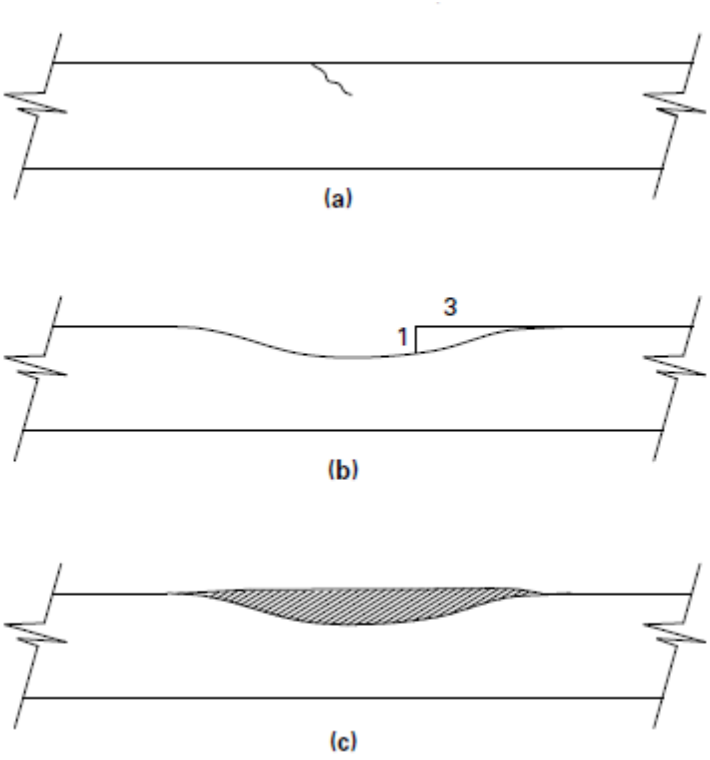
۳-۳-۶: تست (Testing)

بر اساس استاندارد های طراحی و ساخت انجام شود.

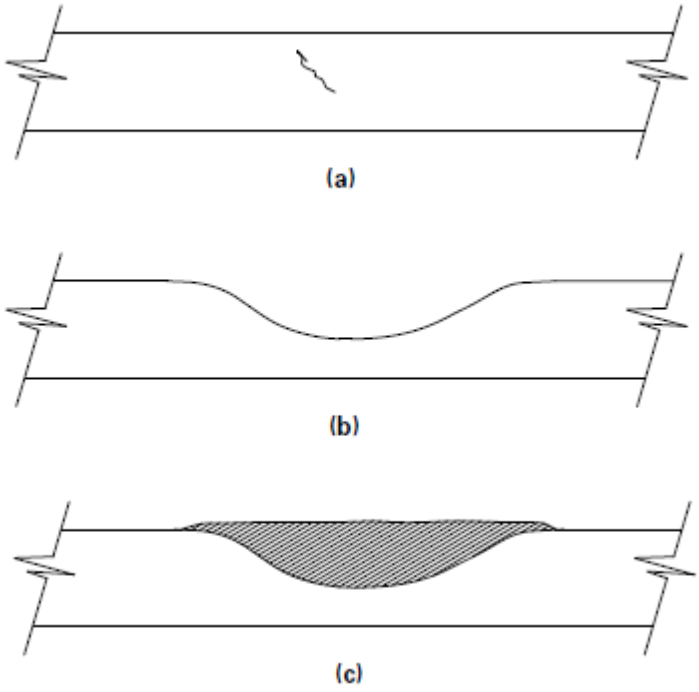
۳-۴ سنگ زنی ، برداشتن عیب و تعمیر مجدد آن بر حسب ضرورت

۳-۴-۱ توضیحات

شکل ۳-۱۲ رونذ کاری این روش تعمیراتی را نشان می دهد . در شکل ۳-۱۱ عیب راه به در است و در شکل ۲ نیز یک عیب محبوس داخل قطعه را نشان می دهد . در این شرایط عیوب را با یکی از روش ها سنگ زنی، ماشین کاری و... برمی دارند.



شکل ۳-۱۲: مراحل پردازش و تعمیر عیوب سطحی



شکل ۳-۱۳ : مراحل پردازش و تعمیر عیوب حجمی

۳-۴-۲-محدودیتها

فرایند برداشته شدن سطح ممکن است با سنگ زنی، براده برداری، برشکاری سرد، ماشین کاری ، سنگ انگشتی و یا برشکاری گرم انجام شود. این روشها در اصطلاح به Griding، Machining، Flapping و Thermal Gauging موسوم هستند. هر فرایند مزایا و معایب خاص خود را دارد و می بایست آنها را در حین انجام برداشتن عیب در نظر گرفت . در Grinding می بایست از وارد کردن نیروی اضافی خودداری کرد. زیرا منجر به شکست و خرابی دستگاه می گردد و خطرات ایمنی هم به همراه دارد . علاوه بر موارد مذکور اعمال نیروی زیاد در موقع سنگ زنی باعث ایجاد ح رارت و تشکیل مارتنزی ت در محل که Grinding انجام شده است می شود . در صورتی که سطح پردازش زیاد باشد امکان ایجاد تنشهای پس ماند زیاد است. در بسیاری اوقات و برای آلیاژهایی با استحکام بالا لازم است قبل از Grinding پیش گرم شود سنگ هایی که در فرایند Grinding برای فولادهای کربنی و آلیاژی استفاده می شوند با سنگهای فولاد ضد زنگ متفاوت است . در زمانی که از فرایند Grinding برای برداشتن ترکهای ناشی از SCC استفاده می شوند می بایست حرارت انتقالی از سنگ به سطح ارزیابی شود به طوری که این حرارت منجر به رشد ترک نگردد.

فرایند Grinding ،برای برداشتن ترکهای موضعی، حفره ها، رسوب های جوش و ..... کاربرد دارد. از ابزارهای مهم برای این فرایند دارای یک سیستم برقی و مکانیکی چرخان است که روی آن یا یک دیسک ساینده و یا چرخ ساینده نصب شده است و با سرعت مشخصی روی سطح فلز می چرخد و با فرا ینند سایش سطح فلز را بر می دارد . استانداردهای مربوط به این ساینده عبارتند از
ANSI B74.13 : مارکینگ و مشخصات برای چرخ خای ساینده وسایر ساینده ها ANSI B74.1 اسپک مربوط به شکل ، اندازه برای چرخهای ساینده ANSI B7.1: الزامات ایمنی در استفاده از ساینده ها

عموما سنگ زنی دستی یا Manual Grinding عمومی به سه دسته Rough ، Polishing و Buffing تقسیم بندی می شوند. (براده برداری با سنگ، سمباده زنی و صیقلی)

شکل ۳-۱۴: حالت های مختلف Grinding

فرایند براده برداری سرد یا Machining نیز می تواند به صورت دستی باشد که هم بر ای برداشتن عیب استفاده می شود و هم برشکاری و لبه سازی برای انجام جوشکاری را در یک پس انجام می دهد . به فرزکاری، تراشکاری و آماده سازی سطح فلنج بعد از جوشکاری نیز Machining می گویند.

فرایند Honing (سنگ انگشتی) نیز برای سایش داخل لوله های با قطر کوچک استفاده می شود. سنگ های سایش که برای این فرایند استفاده می شوند از اکسید آلومینیوم ، کاربید سلیکان و یا ساینده های اساسی ساخته می شوند.

Flapping با سمباده زنی برای سایش های جزئی و یا صاف کردن نهایی سطح استفاده می شود .
Lapping نیز برای آماده سازی نهایی سطح و شفاف کردن آن استفاده می شود . در فرایند برشکاری گرم و یا برداشتن سطح به روش گرم نیز بخشی از سطح فلز را ذوب و سپس سطح برداشته می شود . برخی از متریال های خاص قبل از انجام برشکاری گرم و Grinding پیش گرم می شوند.

تناسب این روش تعمیراتی برای عیوب مختلف در جدول زیر مشخص شده است.

جدول ۳-۱: تناسب روش تعمیراتی برداشتن عیب برای عیوب مختلف

General wall Thinning	Local wall Thinning	Pitting	Gouges	Blisters	Laminations	Circumferential Crack	Longitudinal
NA	NA	Y	Y	Y	Y	Y	Y

۳-۴-۳-طراحی

عیوبی که روی فلز پایه و جوش وجود دا رند ممکن است راه بدر و یا حجمی باشند شکل ۳-۱۵ نمونه ای از برداشتن عیب با روش Grinding را نشان می دهد.

شکل ۳-۱۵: نحوه سنگ زنی

همانطور که در شکل ۳-۱۲ نشان داده شده است. بعد از برداشته شدن عیب می بایست پروفیل ۳ به ۱ یا کمتر باشد. با توجه به ضخامت باقیمانده بعد از برداشته شده عیب . دو حالت ممکن است وجود داشته باشد ضخامت باقی مانده با توجه به فرمولهای ضخامت (به عنوان مثال PD/2SE) از حداقل ضخامت مورد نیاز بیشتر است و یا ارزیابی بر اساس استانداردهای تعمیر و نگهداری از جمله API 579 انجام عیب مورد تائید است و حالت دوم ضخامت باقیماند کمتر محدوده پذیرش می باشد . در زمانی که ناحیه معیوب بعد از

پردازش سطح و بهره برداری از نظر ضخامت باقی مانده مورد تائید میباشد . می توان بدون انجام جوشکاری و پرکودن سطح، تعمیر را انجام شده دانست ولیکن مساله عمر باقی مانده و کنترل سرعت خوردگی حتما می بایست مد نظر باشد در زمانی که ضخامت باقی مانده بعد از پردازش و براده برداری و برداشتن عیب مورد تائید نمی باشد لازم است محل با جوشکاری پر شود.که در این شرایط می بایست دستورالعمل های جوشکاری از جمله PQR, WPS تهیه و الزامات استانداردهای ساخت و متریال نیز رعایت شود.

در زمانی که برای برداشتن عیب از فرایندهای برشکاری گرم استفاده می شود لازم است حداقل ۱/۵ میلیمتر بیشتر را با فرایندهای سنگ زنی، براده برداری و یا روشهای مشابه به برداشت.

۳-۴-۴- ساخت

مراحل انجام این روش تعمیراتی به شرح ذیل است.

-مشخص کردن محل دقیق عیب و اندازه آن (عمق، اندازه و جهت) اگر عیب از نوع ترک است.می بایست با تمهیداتی جلوی رشد آن گرفته شود. یکی از وشهای مته زنی نوک ترک می باشد.

-عیب با فرایند سنگ زنی ، ماشین کاری ، برشکاری گرم و .....برداشته شود انتخاب نوع روش برداشتن عیب بستی به نوع عیب و متریال دارد.

-بعد از برداشته شدن عیب آزمونهای MT,VT و PT روی سطح انجام شود و مطمئن شویم که عیب سطحی وجود ندارد و عیب کاملا برداشته شده است . ضخامت زیر ناحیه ای که عیب داشته و برداشته شده است اندازه گیری شود

-اگر حداقل ضخامت باقیمانده از نظر استانداردهای طرحی، ساخت و تعمیر و نگهداری مورد تائید است . می توان با پیشگیری از وقوع مجدد عیب ،تعیین سرعت خوردگی و عمر باقیمانده قطعه را تائید کرد.

-اگر ضخامت باقی مانده ارزیابی و مورد تائید نباشد می توان آن را با جوش پر کرد.

-در صورت نیاز به جوشکاری می بایست WPS مناسب تهیه ، PQR انجام و از جوشکارانی که قرار است کار جوشکاری را انجام دهند تست گرفته شود.

۳-۴-۵-آزمونها (Examination)

آزمونهای غیر مخرب سطحی مانند بازرسی چشمی (VT) ، مالیات نافذ (PT) و ذرات مغناطیسی و همچنین آزمونهای حجمی مانند RT ، UT با توجه به نوع عیب ، قبل از برداشته شدن عیب، بعد از برداشته شدن عیب و بعد از جوشکاری در مراحل مختلف و بر اساس دستورالعمل انجام شود.

۳-۴-۶-تستها(Testing)

آزمونهای نشتی، هیدروتست و یا تست با سیال سرویس ممکن است انجام شود و یا به تش خیص بازرس آزمونهای حجمی غیر مخرب کفایت کند.

۳-۵ بازسازی و تعمیر فلنج

۳-۵-۱- توضیح

سطح فلنج ها، ممکن است در اثر صدمات مکانیکی یا خوردگی دچار آسیب شوند و امکان آب بندی این اتصال با گسکت وجود نداشته باشد . در این شرایط لازم است سطح فلنج تعمیر و به حالت اولیه برگردانده شود. تعمیر می تواند هم در سایت انجام و هم فلنج از سیستم لوله کشی باز شود و در کارگاره تعمیر شود. ابزاری که جهت بازسازی استفاده می شوند هم به صورت دستی و قابل حمل و هم به صورت ثابت و غیر قابل محل موجود هستند به تجهیز و یا ابزاری که سط ح فلنج با آن پردازش و به حالت اولیه برگردانده می شود Flange-Facer می گویند. قبل از برداشتن ممکن است روی سطح فلنج جوشکاری نیز انجام شود.

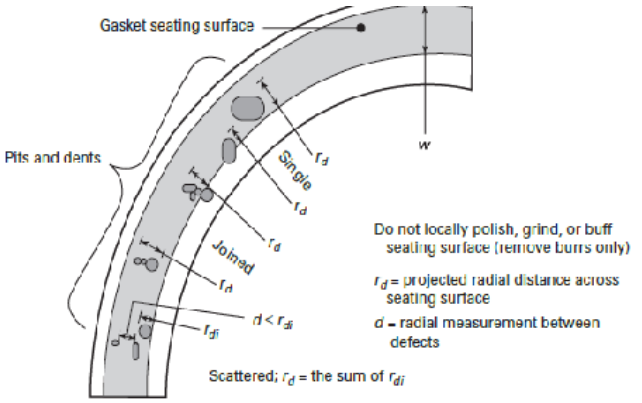


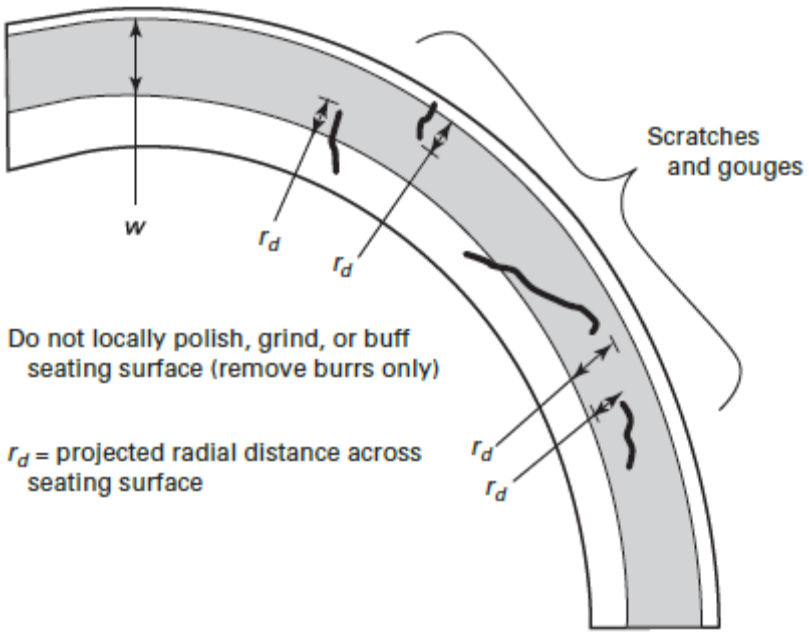
Table D-2M Allowable Defect Depth vs. Width Across Face (Metric)

Measurement	Hard-Faced Gaskets	Soft-Faced Gaskets
$r_d < w/4$	< 0.76 mm	< 1.27 mm
$w/4 < r_d < w/2$	< 0.25 mm	< 0.76 mm
$w/2 < r_d < 3w/4$	Not allowed	< 0.13 mm
$r_d > 3w/4$	Not allowed	Not allowed

شکل ۳-۱۶: نحوه ارزیابی سطح گسکت خور فلنج های RF

روش اریابی عیب با استفاده از دو پارامتر انجام می شود یکی طول آنها در راستای سطح کسکت خور و دیگری فاصله آنها ، به عنوان مثال اگر w عرض محیطی ناحیه کسکت خور باشد برای عیوب معمولی با ابعاد کمتر w/4 برای سطح فلنج های معمولی عیوب با فاصله کمتر از ۱/۲۷ میلیمتر از یکدیگر تایید هستند.

این جدول و شرایط برای فلنج های RTJ نیز قابل استفاده می باشد.



شکل ۳-۱۷: الگوریتم ارزیابی عیوب در فلنج های RTJ در سطح گسکت خور

۳-۵-۲-محدودیتها

همانطور که در ماتریس تعیین روش تعمیراتی برای عیوب مختلف مشخص شده است تعمیر فلنجهایی که سطح آنها دچار عیوبی مانند خوردگی حفره ای، تاول، تورق ، ترکهای طولی محی طی شده اند با این روش امکان پذیر می باشد . ولیکن این روش برای خوردگی های عمومی و موضعی در فلنج ها مناسب نبوده و توصیه نشده است محدودیت دیگری هم که وجود دارد این است که ممکن است برداشته شدن عیب فلنج، جوشکاری سطح آن و پردازش آن با ابزار مناسب انجام و فلنج به صورت کامل بازسازی گردد ولیکن دلیل علت های تخریب مشخص نشود و مجددا تخریب و ایجاد عیب تکرار گردد.

انجام جوشکاری و ماشین کاری روی سطح فلنج باعث ایجاد تنش های پس ماند در فلنج می شود که لازم است در این خصوص تنش زدایی نیز مد نظر قرار گیرد . مشخصات ابعادی فلنج نسبت به استاندارد اولیه ساخت هم از مشکلاتی است که ممکن است بعد از انجام تعمیر رسیدن آن سخت باشد.

جدول ۳-۲: تناسب روش تعمیراتی سطح فلنج برای عیوب مختلف

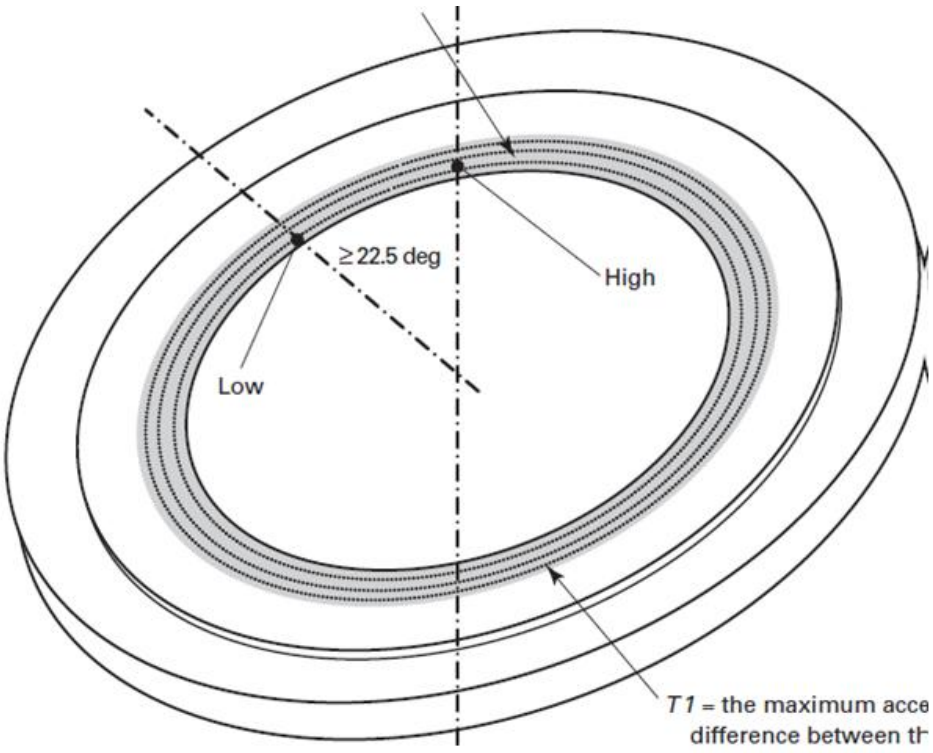
General wall Thinning	Local wall Thinning	Pitting	Gouges	Blisters	Laminations	Circumferential Crack	Longitudinal
N	N	Y	Y	S	N	Y	N

۳-۵-۳طراحی

در فلنجهایی با سطح برجسته (Raised Face-RF) بعد از بازسازی سطح فلنج، حداقل ارتفاع سطح برجسته ۰/۸ ملیمتر مورد تائید می باشد.

مشخصات ابعادی فلنج ها با توجه به قطر کلاس در استانداردهای ساخت موجود است . از جمله این استانداردهای ساخت می توان به ASME B16.5 (برابر فلنج های با قطر کمتر از۲۴ اینچ) و

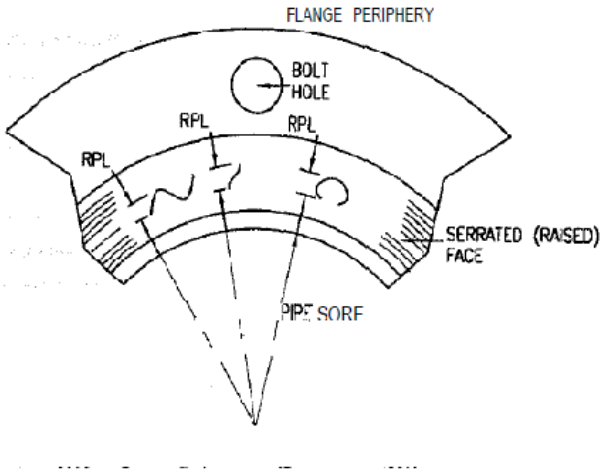
ASME B16.47 (برای فلنج های با قطر بزرگتر از ۲۴ اینچ) اشاره کرد. بعد از تعمیر فلنج ها مشخصات ابعادی می بایست با استانداردهای ساخت مطابقت داشته باشد . از جمله عیوبی که ممکن است روی سطح فلنج ها وجود داشته باشد خارج شدن سطح از حالت تخت بودن (Flatness) می باشد. برای تلورانسهای مورد تائید برای این نوع عیب می توان به ضمیمه D از استاندارد ASMEPCC1 مراجعه کرد.



شکل ۳-۱۸: نحوه بررسی Flatness در فلنج ها

درهرروش ساخت و یا روش جوشکاری امکان وقوع وجود عیب وجود دارد بازسازی سطح فلنج ها نیز از این قضیه مستثنی نبوده و نیست در شکل ۴ از استانداردTEMA عیوب قابل قبول در سطح فلنجها را مشخص کرده است.

NPS	Maximum Radial Projection of Imperfections Which Are No Deeper Than the Bottom of the Serrations, in. (mm)	Maximum Depth and Radial Projection of Imperfections Which Are Deeper Than the Bottom of the Serrations, in. (mm)
1/2	1/8 (3.2)	1/16 (1.6)
3/4	1/8 (3.2)	1/16 (1.6)
1	1/8 (3.2)	1/16 (1.6)
1-1/4	1/8 (3.2)	1/16 (1.6)
1-1/2	1/8 (3.2)	1/16 (1.6)
2	1/8 (3.2)	1/16 (1.6)
2-1/2	1/8 (3.2)	1/16 (1.6)
3	3/16 (4.8)	1/16 (1.6)
3-1/2	1/4 (6.4)	1/8 (3.2)
4	1/4 (6.4)	1/8 (3.2)
5	1/4 (6.4)	1/8 (3.2)
6	1/4 (6.4)	1/8 (3.2)
8	5/16 (7.9)	1/8 (3.2)
10	5/16 (7.9)	3/16 (4.8)
12	5/16 (7.9)	3/16 (4.8)
14	5/16 (7.9)	3/16 (4.8)
16	3/8 (9.5)	3/16 (4.8)
18	1/2 (12.7)	1/4 (6.4)
20	1/2 (12.7)	1/4 (6.4)
24	1/2 (12.7)	1/4 (6.4)



شکل ۳-۱۹: میزان عمق و طول مجاز برای عیوب مختلف بر اساس استاندارد TEMA

استاندارد ASME B46.1 نیز در خصوص زبری سطح فلنجها معیارهای زیر را عنوان کرده است.

برای فلنج های RTJ زبری سطح داخل رینگ نباید از ۱/۶ میکرمتر بیشتر باشد . سایر بخشهای فلنج و شیارهای مربوط به سطح برجسته فلنج های RF حداکثر زبری برابر با ۳/۲ میکرومتر باشد.

ابزاری که جهت برشکاری و پردازش استفاده می شوند می بایست دارای شعاع تیغه ۱/۵ میلیمتر یا بیشتر باشد تعداد شیارهای در واحد طول برابر سطح برجسته فلنجهای RF برابر با ۱/۸ تا ۲/۲ شیار بر میلیمتر باشد.

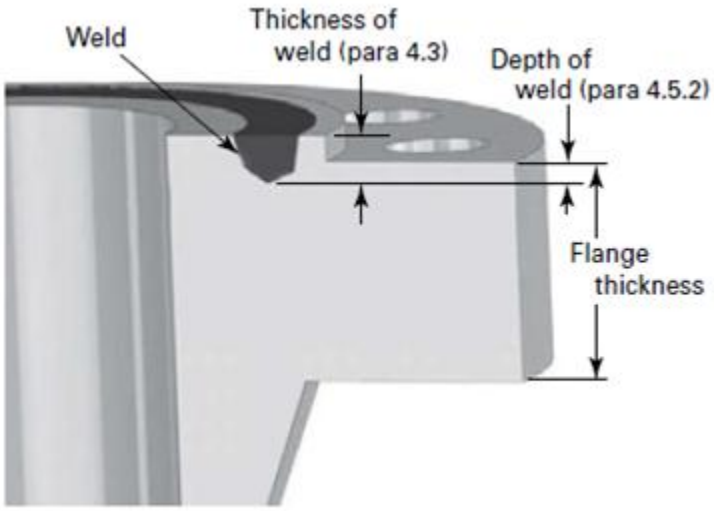
۳-۵-۴ ساخت

اگر ضخامت باقیمانده و نوع عیوب ر وی سطح بگونه ای باشد که با پردازش به یک سطح قابل قبول برسیم، می توان بازسازی سطح فلنج را بدون انجام جوشکاری هم انجام داد.

ممکن است سطح گسکت دارای خوردگی و یا ضخامت بخش هایی از فلنج آن قدر کم شده باشد که بازسازی آن بدون استفاده از جوشکاری عملا میسر نباشد . در این شرایط سطحی که قرار است روی ان جوشکاری انجام شود می بایست به صورت کامل تمیزکاری و عاری از آلودگی ها غیر فلزی مربوط به

گسکت خوردگی باشد . در حین جوشکاری اعوجاج ، تغییر شکل رخ ندهد و تنش های پس ماند حداقل باشد. WPS, PQR تهیه و انجام شده باشد. انتخاب الکترود یا فیلر مناسب بر اساس ASME II انجام و از جوشکاران تست گرفته شود . بعد از عملیات حرارتی سطح ماشین کاری و پردازش شود و مشخصات ابعادی آن با استانداردهای ساخت مانند ASME B16.5 و ASME B16.47 مقایسه گردد.

در صورتی که از نظر ابعادی امکان کنترل وجود داشته باشد می توان با روش جوشکاری و استفاده از پردازش مناسب، فلنج های نوع RTJ را به RF تبدل کرد. ولیکن باید الزامات استاندارد و نوع گسکت را در این خصوص در نظر گرفت.



شکل۳-۲۰ نمونه ای مشخصات ابعادی فلنج ها

انتخاب متریال مناسب برای انجام جوشکاری و بازسازی فلنج ها از ا ه میت زیادی برخوردار می باشد . در این خصوص می توان به اسپک شماره A/SA182 که یکی از شایع ترین اسپک برای متریال فلنج ها می باشد مراجعه کرد. در زمان تعمیر عمق ناحیه تعمیر که با جوش پر می شود نباید از ده درصد ضخامت فلنج بیشتر شود.

جدول ۳-۳: الزامات انجام تعمیر فلنج های A/SA182 با روش جوشکاری

REPAIR WELDING REQUIREMENTS

Grade Symbol	Electrodes[A]	Recommended Preheat and Interpass Temperature Range, °F [°C]	Minimum Post Weld Heat-Treatment Temperature °F [°C]
Low Alloy Steels			
F 1	E 7018-A 1	200–400 [95–205]	1150 [620]
F 2	E 8018-B 1	300–600 [150–315]	1150 [620]
F 5	E 502-15 or 16	400–700 [205–370]	1250 [675]
F 5a	E 502-15 or 16	400–700 [205–370]	1250 [675]
F 9	E 505-15 or 16	400–700 [205–370]	1250 [675]
F 91	9% Cr, 1% Mo, VCbN	400–700 [205–370]	1300 [705]
F 11, Class 1, 2, and 3	E 8018-B 2	300–600 [150–315]	1150 [620]
F 12, Class 1 and 2	E 8018-B 2	300–600 [150–315]	1150 [620]
F 21	E 9018-B 3	300–600 [150–315]	1250 [675]
F 3V, and F 3VCb	3% Cr, 1% Mo, ¼% V-Ti	300–600 [150–315]	1250 [675]
F 22 Class 1	E 9018-B 3	300–600 [150–315]	1250 [675]
F 22 Class 3	E 9018-B 3	300–600 [150–315]	1250 [675]
F 22V	2.25% Cr, 1% Mo, 0.25% V-Cb	300–600 [150–315]	1250 [675]
Martensitic Stainless Steels			
F 6a, Class 1	E 410-15 or 16	400–700 [205–370]	1250 [675]
F 6a, Class 2	E 410-15 or 16	400–700 [205–370]	1250 [675]
F 6b	13% Cr, 1½% Ni, ½% Mo	400–700 [205–370]	1150 [620]
F 6NM	13% Cr, 4% Ni	300–700 [150–370]	1050 [565]
Ferritic Stainless Steels			
F XM-27Cb	26% Cr, 1% Mo	NR[B]	NR
F 429	E 430-16	400–700 [205–370]	1400 [760]
F 430	E 430-16	NR	1400 [760]
FR	E 8018-C2	NR	NR
Austenitic Stainless Steels			
F 304	E 308-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ[C]
F 304L	E 308L-15 to 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 304H	E 308-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 304N	E 308-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 304LN	E 308L-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 309H	E 309-15 or 16[D]	NR	1900 [1040] + WQ
F 310	E 310-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 310H	E 310-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 310MoLN	E 310Mo-15 or 16	NR	1920–2010 [1050–1100] + WQ
F 316	E 316-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 316L	E 316L-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 316H	E 316-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 316N	E 316-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 316LN	E 316L-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 317	E 317-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 317L	E 317L-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 321[E]	E 347-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 321H[E]	E 347-15 or 16	NR	1925 [1050] + WQ
F 347	E 347-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 347H	E 347-15 or 16	NR	1925 [1050] + WQ
F 348	E 347-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 348H	E 347-15 or 16	NR	1925 [1050] + WQ
F XM-11	XM-10W	NR	NR
F XM-19	XM-19W	NR	NR
F 10[E]	. . .	. . .	. . .
F 20	E/ER-320, 320LR	NR	1700–1850 [925–1010] + WQ
F 44	E NiCrMo-3	NR	2100 [1150] + WQ
F 45[E]	. . .	. . .	. . .

فلنج هایی که با این روش بازسازی و تعمیر می شوند را می بایست با عبارت R مارک کرد.

۳-۵-۵- آزمونها (Examination)

معیارهای پذیرش بعد از تعمیر همان استانداردهای ساخت و آزمونهای لازم بر اساس همان استانداردهای ساخت می باشد . آزمونهای غیر مخرب مناسب از جمله از نوع سطحی مانند MT,PT در همه مراحل پردازش ، جوشکاری و .... مدنظر قرار گیرد.

۳-۵-۶-تست Testing

آزمون عملکردی ، استحکام و نشتی می تواند با هیدروتست و یا تست هوا انجام گردد. فصل ۱۳از ASME PCC1 در این خصوص مد نظر قرار گیرد

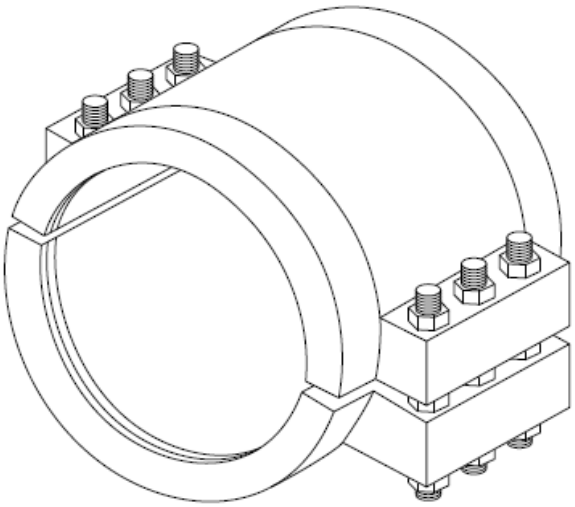
۳-۶-انجام تعمیر با نشت بند (Clamp)

۳-۶-۱-توضیحات

استفاده از روش نشت بند به عنوان یک روش مکانیکی می باشد که هم برای جبران استحکام باقی مانده و هم برای آب بندی کاربرد دارد. نشت بند یا کلمپس یک اتصال مکانیکی است و ممکن است در محل تماس خط محیطی آن با لوله جوش شود و یا نشود ولی اغلب مرسوم است که فرایند جوشکاری روی کلمپس انجام نشود.

کلمپس دارای اشکال متنوعی می باشد. و امکان نصب آن در مکانهای مختلف مانند لوله مستقیم ، زانویی ، سه راهی و .... وجود دارد

Fig. 1 Example of a Mechanical Clamp



شکل ۳-۲۱: تصویر کلی نشت بند یا کلمپس

۳-۶-۲-محدودیتها

این روش برای خوردگی های عمومی مناسب نمی باشد (N) ، زیرا وسعت آنها زیاد است و با توجه به ابعاد مورد نیاز ساخت کلمپس ها در طولهای زیاد محدودیتهای خاص خود را دارد . ولیکن باز هم استاندارد آن را منع نکرده است. برای خوردگی های موضعی و حفره ای مناسب می باشد(Y). برای کندگی ، ترکهای طولی

و عرضی هم استفاده از این روش امکان پذیر می باشد ولیکن نیاز به تمهیدات ویژه دارد (R) شاید یکی از این تمهیدات امکان باز کردن دوره ای کلمپس و انجام پایش می باشد.

و برای تورق و تاول هم استفاده از آن مناسب نمی باشد (N)

کلمپس برای پیشگیری از شروع ترک موثر نمی باشد. در صورتی که لازم است از کلمپس استفاده شود. می بایست ارزیابی های لازم در خصوص رشد و عمر باقیمانده ترک انجام شود و تا حدودی امکان پایش آن هم وجود داشته باشد. لازم است برای کلمپس درین یا تخلیه، تعبیه می شود . ممکن است بین فضای خالی کلمپس یا نشت بند خالی باقی بماند و ممکن است با پر کننده های فلزی مناسب پر شود.

جدول ۳-۴: تناسب روش تعمیراتی کلمپس برای عیوب مختلف

General wall Thinning	Local wall Thinning	Pitting	Gouges	Blisters	Laminations	Circumferential Crack	Longitudinal
N	Y	Y	R	N	N	R	R

۳-۶-۲- طراحی

کلمپس می بایست از متریال مورد تائید در کد و استانداردهای طراحی و ساخت، تهیه شود ، پیچ و مهره هایی که برای اتصال دو بخش کلمپس استفاده می شود می بایست الزامات استانداردهای متریال را داشته باشند. قبل از نصب کلمپس حتما می بایست عمر باقی مانده در خصوص عیب انجام شود. کارائی و وضعیت عملکردی کلمپس با انجام آزمون پارگی یا Burst –Test (مانند سایر روشهای تعمیراتی) ارزیابی شود.در صورت باز شدن ناحیه زیر کلمپس به صورت محیطی، تحمل تنش ها و نیروهای پرشی برای کلمپس مشکل است. خوردگی های شیاری زیسر کلمپس و بوته نیز می بایست بررسی شوند. مانند بدنه شیرآلات و فلنج ها برای کلمپس ها نیز می بایست کلاس کاری فشار و دما تعریف شود.

برای کلمپس باید انشعاب تخلیه تعریب شود . سلامت جوشهای کلمپس ، دستورالعمل جوشکاری نیز در ساخت کلمپس رعایت شود. ممکن است هر بخش از کلمپس به صورت یک پارچه با روشهای ریخته گری یا خرج تولید شود و ممکن است کلمپس به صورت چند تکه با جوش درست شود.

۳-۶-۴-ساخت

در محلی که کلمپس نصب می شود آلودگی هایی مانند محصولات خوردگی، رنگ، آثار باقی مانده عایق و ..... وجود نداشته باشد. برای نشتی های کم ، کلمپس می تواند به صورت مستقیم روی محل نشتی قرار داده شود. ولی با توجه به پیامدها مربوط به ایمنی و سیالات پر خطر لازم است برای سیالات سمی ، فشار بالا و ..... قبل از نصب خط از سرویس خارج و به نحوی جلوی نشتی گرفته شود.

پرسنلی که فعالیت ساخت، تزریق پر کننده های غی ر فلزی و نصب باکس را انجام می دهند می بایست دارای تبحر لازم باشند و توسط کارفرما مورد تائید قرار گیرند.

۳-۶-۵- آزمونها Examination

یکی از موارد که می بایست بررسی شوند درست بسته شدن پیچ و مهره ها و ارزیابی آنها با ترک متر می باشد بازرسی چشمی نیز می بایست در همه مراحل انجام شود.

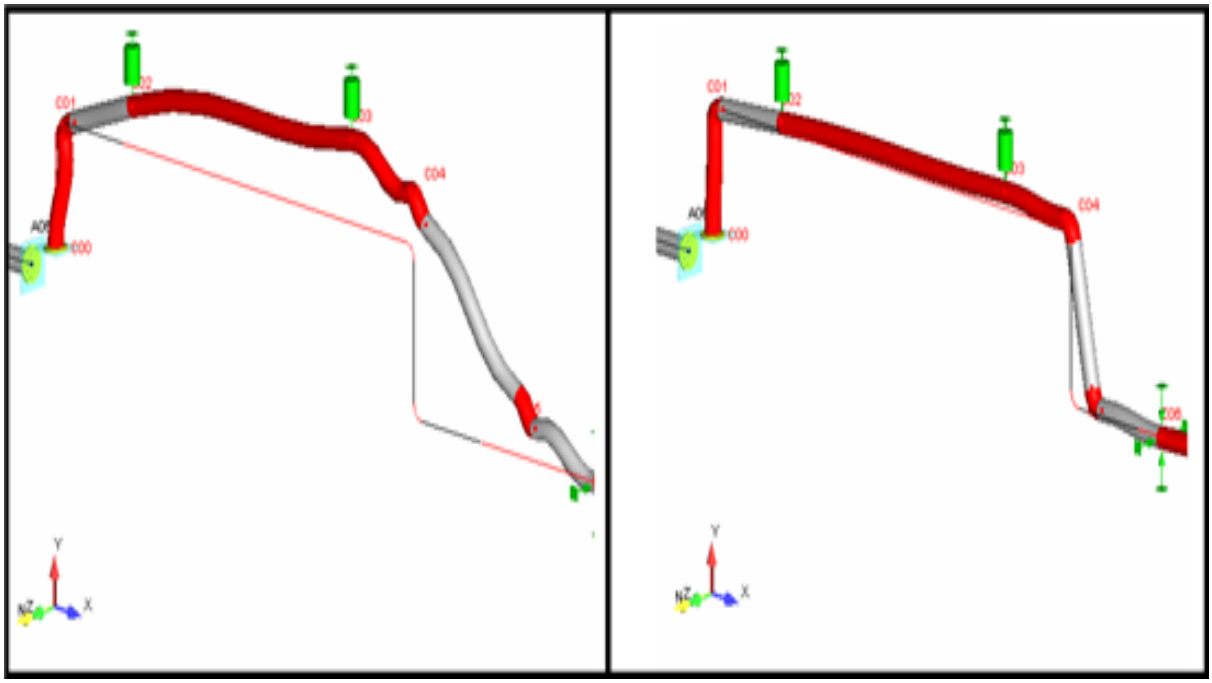
۳-۶-۶- تست هاTesting

آزمونهای نشتی هیدروتست یا تست هوا برای صحت عملکرد کلمپس انجام شود.

۳-۷ رفع عیب انحنای لوله یا اصلاح خم

۳-۷-۱-توضیحات

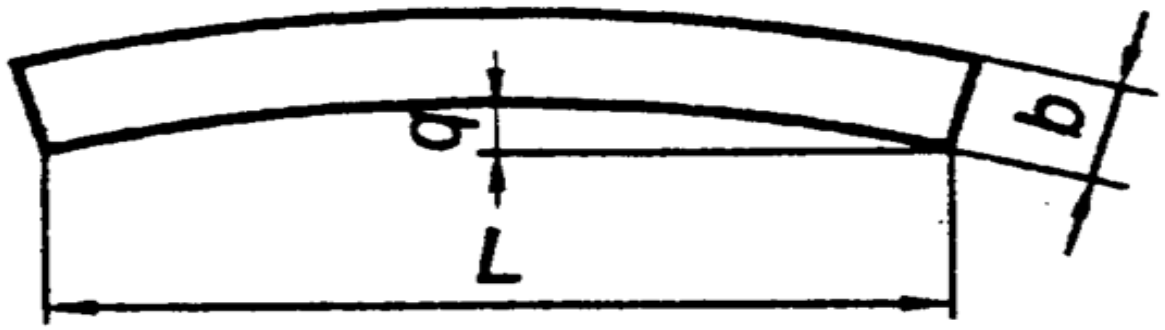
این فصل اصلاحات مربوط به اعوجاج ، خم شدن و انحنای لوله هایی فلزی که توضیح می دهد . در این روش لوله را با فرایندهای گرم ، سرد و یا با سرمایش و گرمایش به حالت اولیه بر می گردانند . و با برشکاری تنش موجود را حذف و با فیت آپ و مونتاژ مجدد، تنش های موجود در آن را حذف می کنند.



شکل ۳-۲۲: اعوجاج و خمیدگی های احتمالی در Piping

قبل از هر گونه انجام تعمیر به این روش می بایست عیب ایجاد این قبیل عیوب شناسایی و رفع گردانده . علت این عیوب می توانند نای از نشت ظروف تحت فشار و مخازن، کج شدن تجهیز با مخزن و یا انقباض و انبساط های حرارتی و ناکارآمدی اتصالات جذب و انبساط (Expansion Joint) میباشد.

میزان مجاز این نوع عیوب برای لوله های نو در استانداردهای ساخت قید شده است . به عنوان مثال برای لوله هایی که تحت استانداردهای ASTM/ASME هستند در استاندارد A/SA530 قید شده است . تلورانسهای قابل قبول برای عیب خمش در شکل ذیل مشخص شده است.



شکل ۳-۲۳: نحوه مشخص کردن اندازه انحنا بر اساس ASME II –SA530

میزان مجاز به ازای هر ۳ متر طول برابر با ۳/۲ میلیمتر می باشد.

هر چند استفاده از استاندارد ساخت و متریال برای لوله های حین سرویس اقتصادی نیست ولیکن استفاده از آنها منع هم نشده است . براین این نوع عدم همراستایی ها می توان از فصل ۸ استاندارد API 579 هم استفاده کرد.

۳-۷-۲-محدودیتها

برای لوله هایی که دار نسبت قطر به ضخامت D/T بزرگتر از ۱۰۰ هستند یک ارزیابی مهندسی کامل می بایست انجام شود و بعد از آن نسبت به رفع خمش یا عدم همراستایی آن اقدام شود.

بررسی این موضوع که خمش و گرمایش سرجوشهای لوله را تحت تاثیر قرار می دهد یا خیر می بایست به صورت کامل انجام شود.

حرارت و تغییر شکل ممکن است باعث ضعیف شدن مقاومت لوله به خوردگی و ترک شود . تنش های پس ماند در فولادهای ضدزنگ آستینی و یا دمای در محدوده آنیل باعث SCC در محیطهای حاوی کاستیک می گردد.

خواص مکانیکی فولادهای آلیاژی با استحکام بالا ممکن است در اثر حرارت تضعیف شود.

۳-۷-۳طراحی

رفع انحنا و خمش لوله ها حین بهره برداری می بایست توسط مهندس طراح با تجربه بررسی و تحلیل شود . از اعمال نیروی نبش از حد به ف لنجها و فازلها خودداری گردد . از وارد شدن تنش خارج از حد مجاز به ساپورتها جلوگیری می شود و یا شبیه سازی و مدل کردن به وسیله نرم افزارهای مناسب وضعیت به صورت کامل بررسی گردد.

شکل ۳-۲۴: خمش در لوله های فرایندی

۳-۷-۴ساخت

اصلاح لوله خم شده، ممکن است با اعمال نیروی فشاری،در جهات مناسب انجام شود و یا ممکن است از تجهیزات مناسب استفاده شود . و یا با گرمایش موضعی و سرد کردن با روش و دستورالعمل خاص انجام شود. به نوعی اصلاح خمش لوله ممکن است یا به روش گرم و یا به روش سرد انجام شود. در روش گرم لوله تا دمای بالاتر از ا ولین دمای بحرانی گرم و سپس فرایند شکل دهی گرم روی آن انجام شود . دمای بحرانی تقریبی برابر لوله ای از جنس فولاد کربنی برابر با ۷۵۰درجه سانتیگراد است. در زیر این دما ساختار اتمی BCC و فاز فریت و در دمای بالاتر از ۷۵۰درجه سانتیگراد ساختار اتمی FCC است وفاز آستینت می باشد. برای برخی از آلیاژهای حاوی کرم شامل فلزات با شماره مواد (PNO=5B) و شماده گوه ۲ نباید به صورت گرم خم شوند و با توجه به آنالیز شیمیایی این مواد، حساسیت زیادی در برابر گم شدن در دمای بالاتر از خط انتقالی دارند.

انجام شکل دادن زیر دمای بحرانی یا T_{Crit} را شکل دادن سرد می گویند و ممکن برای برخی شرایط برای اصلاح خمش و انحنای لوله ها مناسب باشد.

ممکن است با توجه به تنش های پس ماند بعد از رفع انحنا و یا احیانا انجام خمش عملیات حرارتی مورد نیاز باشد.

۳-۷-۵-آزمونها (Examination)

آزمون UT به ویژه در نقاط مشخص شده در شکل ذیل، تا مطمئن شویم که ضخامت موجود از حداقل ضخامت مورد نیاز کمتر نمی باشد.

بازرسی چشمی جهت بررسی چروکیدگی ، فرورفتگی و برآمدگی و یا سایر عیوب در صورت مشاهده عیب، معیارهای پذیرش استانداردهای در صورت مشاهده عیب ، معیاری پذیرش استانداردهای سا خت لوله می باشد.

مشخصات ابعادی لوله، نیز می بایست حداقل الزامات استانداردهای ساخت را پوشش دهند . این مشخصات ابعادی شامل قطر، ضخامت و..... می باشد.

انجام آزمون سختی سنجی ، بعد از انجام خمش گرم ضروری است .عدد سختی می بایست با استانداردهای ساخت و متریال مطابقت داشته باشد.

سرجوشهای طولی و محیطی می بایست با روشهای مناسب غیر مخرب مناسب مانند RT,VT,PT,MT انجام شود.

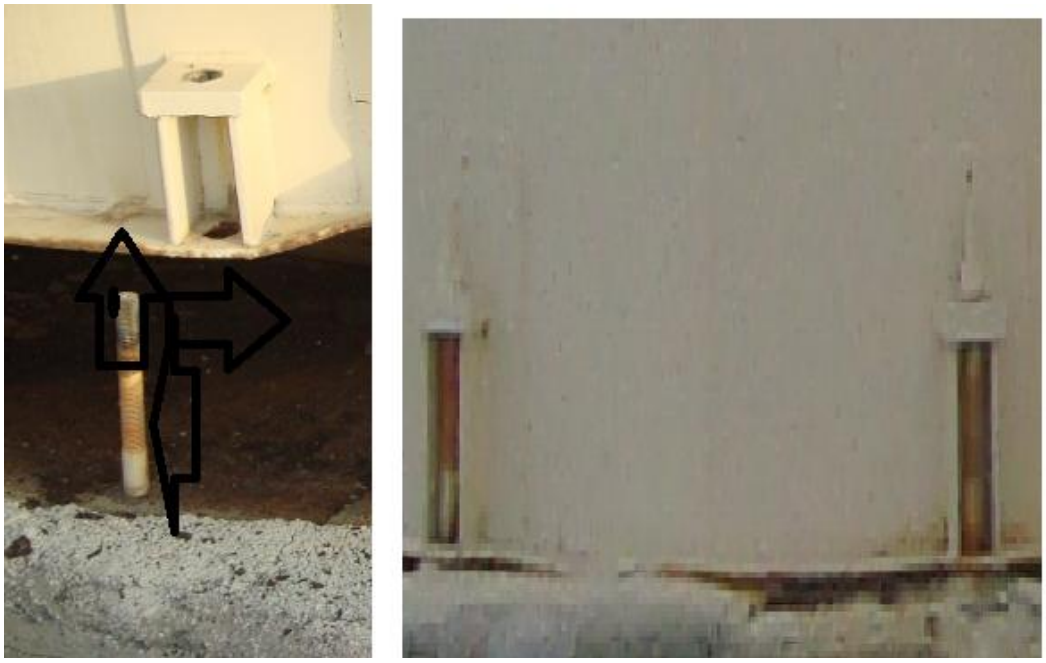
۳-۷-۶تست Testing

لوله ای که به حالت اولیه خود برگشته است و انحنا و خمش آن اصلاح شده در صورت نیاز لازم است هیدروتست شود. در صورت عدم امکان هیدروتست تست نشتی همراه با انجام بازرسی چشمی و یا تست حباب برای سرویسهای حاوی گاز می تواند انجام شود.

۳-۸ : تعمیر انکر های تخریب شده در بتن

۳-۸-۱ : توضیحات

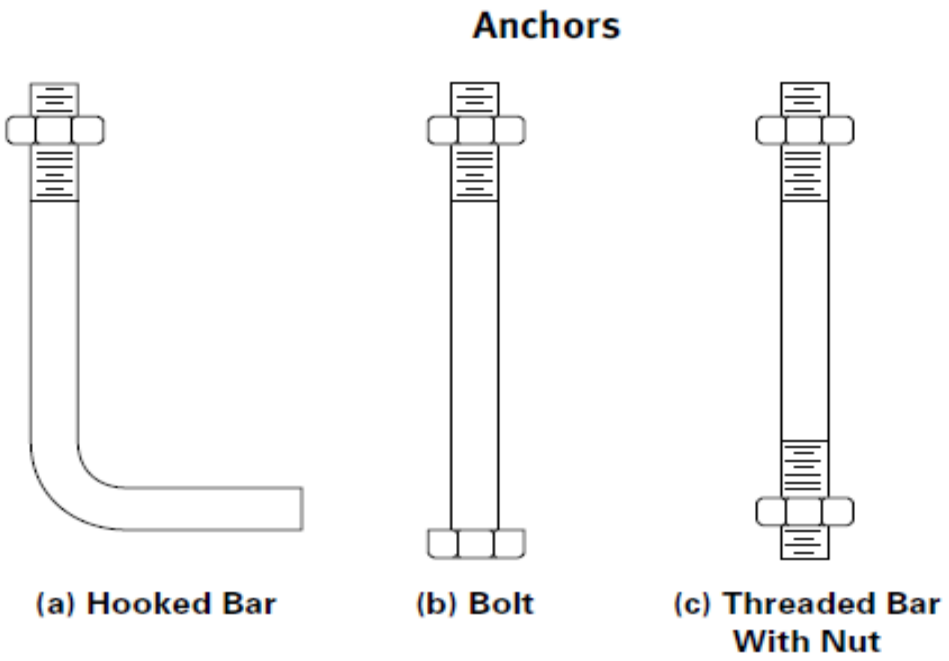
انکر به عنوان یک نگهدارنده برای ظروف تحت فشار، مخازن ذخیره و..... جهت پیشگیری از حرکت تجهیز در جهات محتلف استفاده می شود . انکر به صورت ثابت و با استفاده از ورق ، میله ، پیچ و مهره در بتن استفاده می شود.



شکل ۳-۲۵: نمونه هایی از انکر های نگهدارنده مخازن

این بخش پیش زمینه ای در خصوص تعمیر انکر ها و ساپورت های داخل بتون را ارایه می دهد . عموما دو نوع انکر مکانیکی وجود دارد. یکی در ابتدا انکر قرار داده می شودو بتن و سیمان به صورت دوغابی اطراف

آن ریخته می شود. و دیگری اینکه بتن و سیمان برای فونداسیون اجرا می شود . و پس از آن انکر در بتن نصب می گردد. سه نمونه انکر از نوع اول وجود دارد (شکل3-26) . نمونه قلابی (a) ، نمونه Stud با یک مهره (b) و نمونه سوم در هر دو طرف مهره(c) وجود دارد.

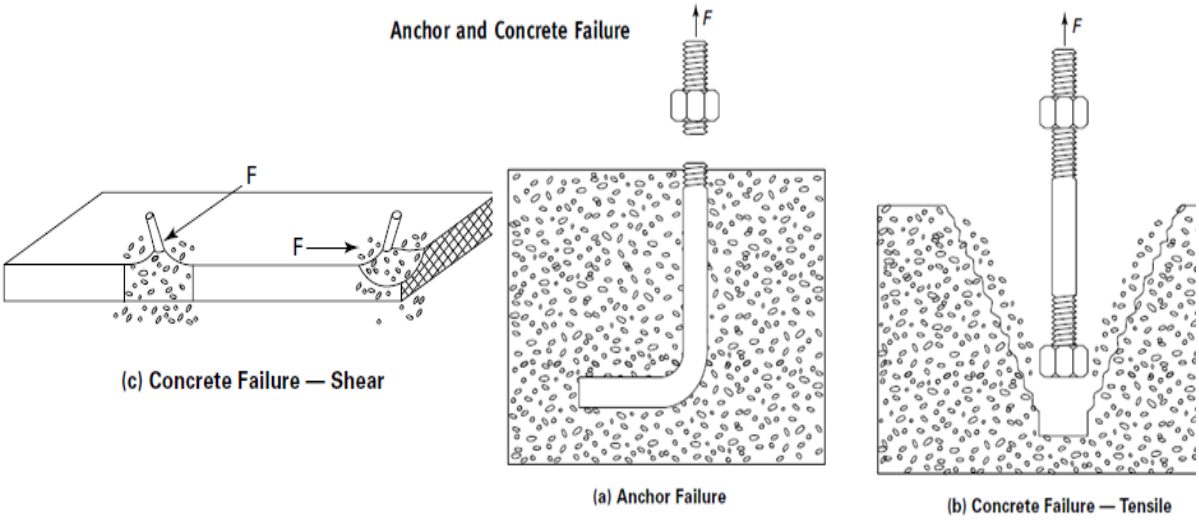


شکل ۳-۲۶: سه نوع مختلف انکر دوغابی

معمولا میله صاف به بدون زایده و رزوه برای انکر پیشنهاد نمی شود. زیرا اصطکاک لازم بین سطح وانکر وجود ندارد و نمی تواند مانع از لغزش در راستای عمودی شود.

عمق درون بتن می بایست به اندازه کافی زیاد باشد که با توجه به تعداد و اندازه تحمل نیرو های وارده از جهات مختلف را داشته باشد. روی بسیاری از متریال رزوه ای از جمله پیچ های A193-B7 جوشکاری مجاز نمی باشد. و لیکن در صورت نیاز به جوشکاری لازم است ارزیابی های لازم انجام شود.

عموما دو نوع تخریب در انکر ها وجود دارد یکی انکر دچار شکست مکانیکی می شود و دیگری بتون ها اطراف انکر تخریب و انکر از جای خود کنده می شود..



شکل ۳-۲۷: دو نوع تخریب شایع در انکر ها

۳-۸-۲: محدودیت ها

این روش ویژه تعمیر انکر های تخریب شده است و ارزیابی و تست های مربوطه تا حدودی مشکل است.

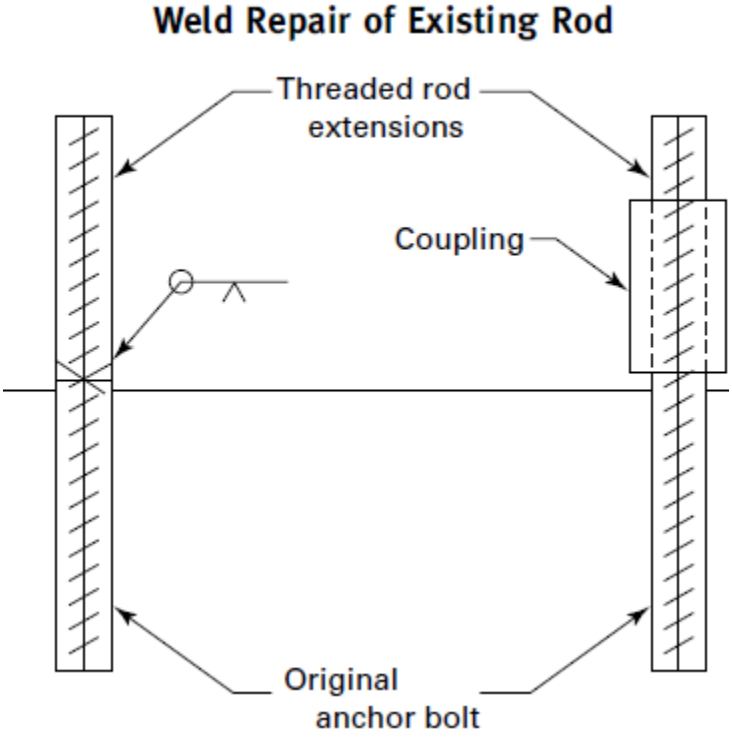
۳-۸-۳: طراحی

الزامات انجام طراحی برای ساخت انکر و تعمیر آن در استاندارد انجمن یا جامعه ساخت و نصب ایالات متحده (AISC) و یا انجمن بتن ایالات متحده (ACI-38-02) بیان شده است . نیروهایی که در تاثیر یک انکر تاثیر دارند شامل نیرو های ناشی از خستگی و نیروهای چرخشی می باشد.(Fatigue &S hear)

۳-۸-۴ساخت

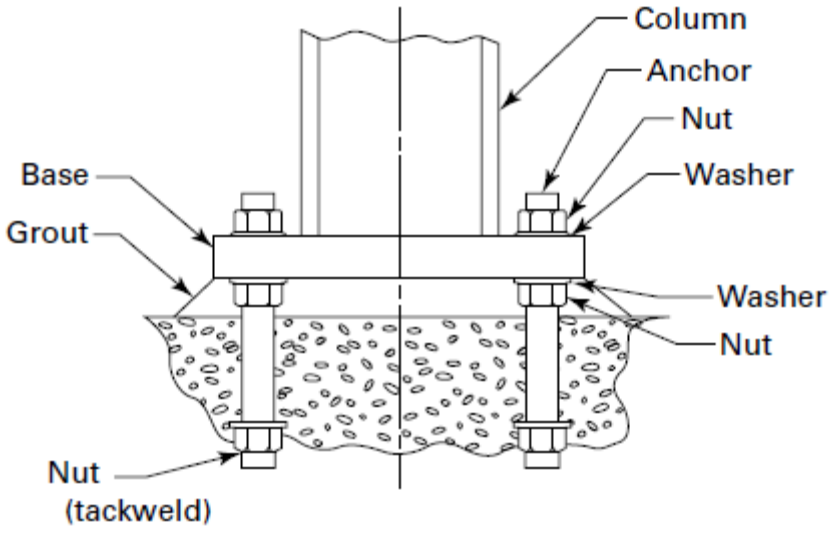
انکرهایی که از جنس A36,A307 هستند در صورت شکست و یک اتصال جوشی دارند که به صورت رزوه ای می باشد . این نوع انکرها با جوش قابل تغییر هستند . البته به شرطی که باعث ایجاد ت خریب در بتن نشود. از AWSD1.4 می توان به عنوان راهنمایی برای جوشکاری فولادهای داخل بتن استفاده کرد.

البته در صورت شکست انکرهایی از جنس A/SA193می توان با استفاده از یک کوپلینگ رزوه ای آن را تعمیر کرد.



شکل ۳-۲۸: تعمیر انکر با جوش و یا کوپلینگ

این روش برای انکرهایی از جنس A307,A36 هم نیز قابل استفاده است. روی سطح بتن یک ورق قرارداده می شود و مطابق باشکل زیر، انکر و ورق مورد نظر و مهر روی هم نصب می شوند که این روق Bas-Plan می گویند. زمانی که قطر سوراخ Bas-Plan از ۳۸ میلیمتر کم‌تر است سوراخکاری را با مته انجام می دهند و برابر سوراخهای بزرگتر از ۳۸ میلیمتر از برشکاری گرم می توان استفاده کرد.



شکل ۳-۲۹: استفاده از Base Plate روی انکر

عموما از نظر نحوه فیکس شدن در بتن دو نوع انکر وجود دارد . یکی انکر گوه ای.(Wedge-Anchor) و دیگری انکر غلافی، نحوه نصب انکر گوه ای به شرح ذیل می باشد.

-با مته مناسب یک سوراخ در داخل بتن ایجاد می کنند و یا سوراخ قبلی را گشادتر می کنند.

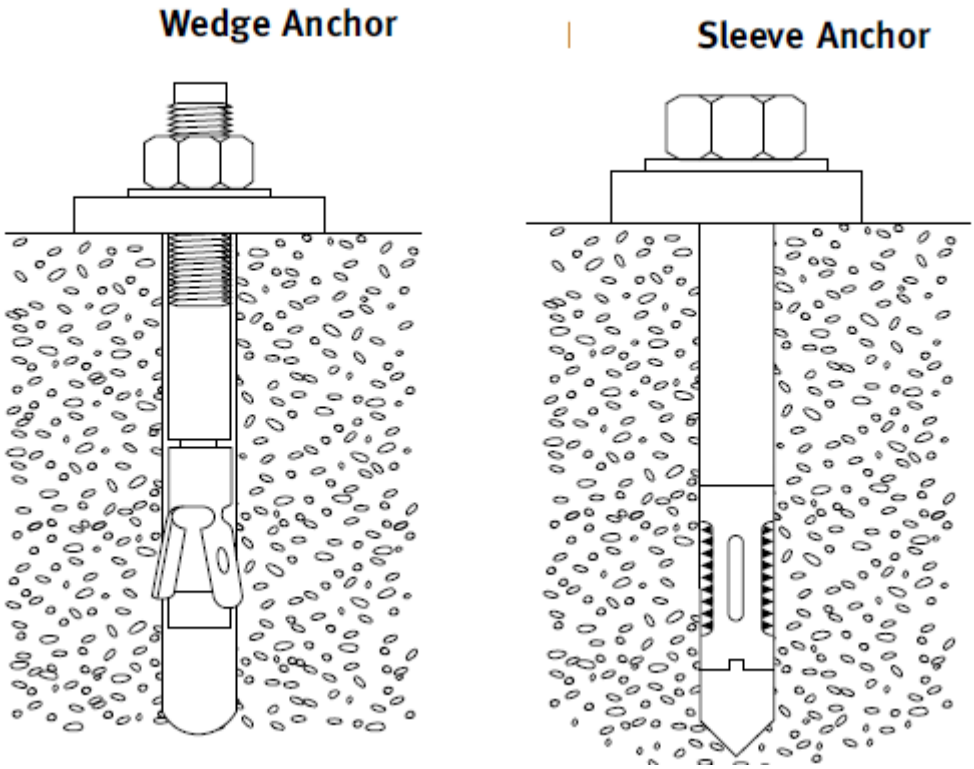
- عمق سوراخ را بیشتر می کنند ولیکن حداقل ضخامت بتن باقیمانده زیر سوراخ می بایست بهاندازه دو برابر قطر انکر باشد

- سوراخ با هوا به صورت کامل تمیز شود.

- انکر را درون سوراخ قرار می دهند و ممکن است با چند ضربه جکش ، سفتی و استحکام لازم را ایجاد می کنند.

-واشر و مهره (Nut) را روی Bas-Plan قرار می دهند با ترک متر و اعمال گشتاور مناسب Nut را محکم می کنند.

عمقی که انکر در داخل بتون قرار می گیرد. به صورت ضریبی از قطراست که این طول با توجه به استاندارد برابر با ۴/۵ برابر یا ۸ برابر قطر انکر می باشد.



. شکل ۳-۳۰ : دو نمونه انکر از نظر نحوه فیکس شدن

۳-۸-۵-آزمونها Examination

آزمونها MT روی سطوح انکرها و Bas-Plan انجام شود.

۳-۸-۶-تست Testing

بازرسی چشمی و عملکردی

بر اساس ASME PCC2-2015بخش های ۳-۱۰ و ۳-۱۱ از این فصل در دست تهیه هستند

Article 3.9
Valves With Pressure Seal-Type Bonnets

(In the course of preparation.)

Article 3.10
Hot Bolting

(In the course of preparation.)

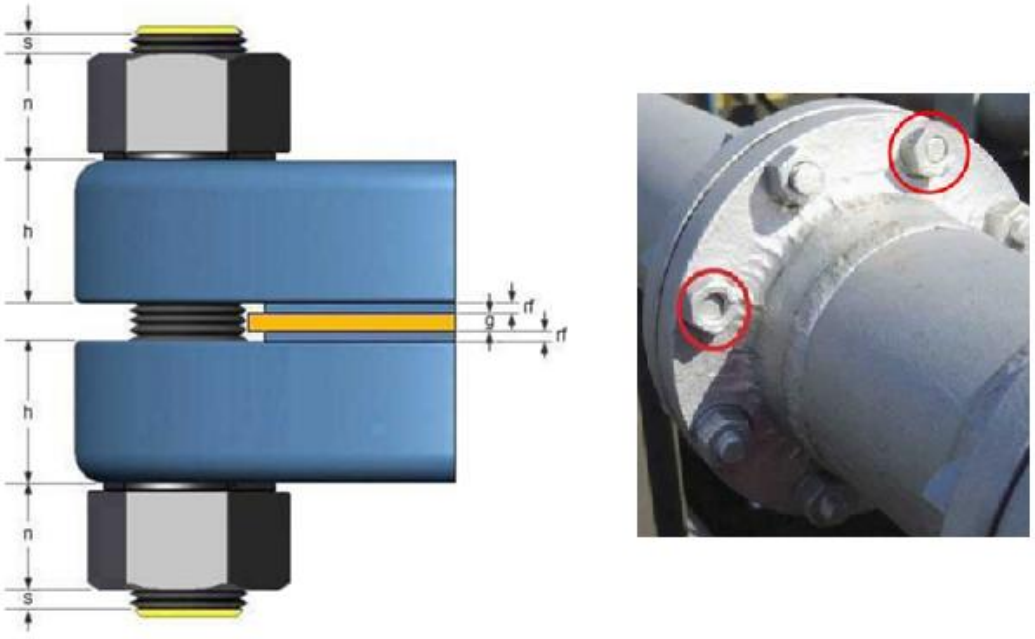
۳-۱۱- برداشتن پیچ و مهره های به روش Hot half Bolting

۳-۱۱-۱- توضیح

برداشتن و باز کردن پیچ و مهره ها حین سر ویس خیلی مشکل و گاها غیر ممکن است در شروع تعمیرات اساسی و قبل از خارج کردن کامل واحد از سرویس بهره برداری نیز باز کردن فلنج ها به صورت کامل خطرات زیست محیطی و ایمنی زیادی دارد . استفاده از Hot &Half برای رفع مشکلات مذکور از طرف استاندارد ASME PCC2 ارائه شده است.

در روش Hot-Bolting ، فشار بهره برداری را تا حد مشخصی کاهش می دهند و Bolt هایی را که از قبل مشخص شده اند را با مراحل مشخص و دستورالعمل تعریف شده ای باز می کنند . در این روش می توان برای تعویض، تعمیر، بررسی و بازرسی چشمی و ارزیابی تنش های پس ماند در Bolt و یا فلنج استفاده کرد.

Half Bolting ، باز کردن نیمه دیگر Bolt ها درزمانی که واحد تاسیساتی به صورت کامل، فشار به صفر رسیده است و برخی از انشعابات تخلیه نیز باز شده اند.



شکل ۳-۳۱: اتصالات فلنجی

۳-۱۱-۲- محدودیتها

هر چ‌ند باز کردن پیچ و مهره های مربو ط به فلنج ها به روش Hot Bolting ، سرعت انجام تعمیرات را بیشتر می کند ولیکن خطرات خاص خود را نیز دارد . در مرحله اول با Hot-Bolting ، خطر وقوع نشتی افزایش پیدا مکند. زیرا تعدادی از پیچ و مهره های مربوط به فلنجها باز می شود . و در مرحله بعد Half-Bolting هر چند فشار نزدیک به صفر است ولیکن در صورت سمی و آتش زا بودن سیال، باز هم خطرات خاص خود را دارد. در حال با توجه به پیامدها و مزایای این روش می توان که برای یک اتصال فلنجی و یا سایت از این روش استفاده کرد یا خیر

۳-۱۱-۳-طراحی

تحلیل و آنالیز این روش با توجه به نوع بهره برداری و فرایند و به شرح ذیل می بایست انجام شود.

-سیال مربوط به سیستم لوله کشی و یا تجهیزات مشخص شود.

- دما و فشار طراحی مشخص گردد.

- شرایط و خطرات بررسی شود.

گشتاورهای خمشی در فلنج مشخص گردد.

-وضعیت عملکردی و جهات ساپورتها تعیین شوند.

-وضعیت و نوع Expansion-Joint بررسی شوند.

- وضعیتها استعلام برای فعالیتهای مشابه قبلی انجام شده بررسی شود.

-ترک و گشتاورهایی روی مهرها مشخص گردد.

- گسکت و نوع آن مشخص گردد.

وقتی تعداد Bolt های باقی مانده کمتر از ۸ عدد باشد. خطر نشتی و خرابی گسکت خیلی زیاد است.

در زمانی انجام Hot-Botting ، فشار می بایست ۵۰درصد حداکثر فشار بهره برداری باشد و برای انجام Half-Bolting ، فشار می بایست 50psi و یا ۲۵ درصد فشار بهره برداری هر کدام که کمتر بودند باشند.

۳-۱۱-۴- ساخت

دستورالعمل های ایمنی، پیامدهای و احتمالات در نظر گرفته شود . تمهیدات لازم برای حفاظت افراد در برابر خطرات احتمالی لحاظ شود . محل اولین شیری که مسیر را می توان با آن مسدود کرد مشخص نمود . محل و مشخصات شیرهای آب Safety-Shower) مشخص گردد. اگر از نیتروژن جهت Purge استفاده می شود مربوطه را می بایست در نظر گرفت.

بازرسی از فلنجها به صو رت کامل انجام شده باشد . و پیچ و مهره های معیوب مشخص گردند . احتمال تخریب گسکت و توانایی آن در نشت بندی مجدد بررسی شود.

ظرفیت Bolt های موجود ارزیابی شود . آیا بعد از برداشته شدن تعدادی از Bolt ها، سایر Bolt ها توانایی نگهداری فشار موجود را دارند یا خیر.

گشتاور مربوط به Bolt ها را با ترک متر ارزیابی کنید . از ترک – متر هیدرولیک استفاده شود . از ضربه زدن به آچار با چکش جهت باز کردن Nut ها خودداری شود.

چیدمان بستن Bolt ها بر اساس ASME PCC1 رعایت شود. فرایند باز شدن نیز مطابق با چیدمان و نظم باشد.

تمیزکاری و روغن کاری پیچ و مهره ها انجام شود . در بستن پیچ و مهره ها، الزامات استاندارد ASME PCC1 در مراحل مختلف از نظر گشتاور مورد نیاز و نظم ..... رعایت شود.

۳-۱۱-۵-آزمونها Examination

بازرسی چشمی PMI, MT در صورت نیاز پیشنهاد می شود.

۳-۱۱-۶-تست Testing

الزامات خاصی برای تست لحاظ نشده است.

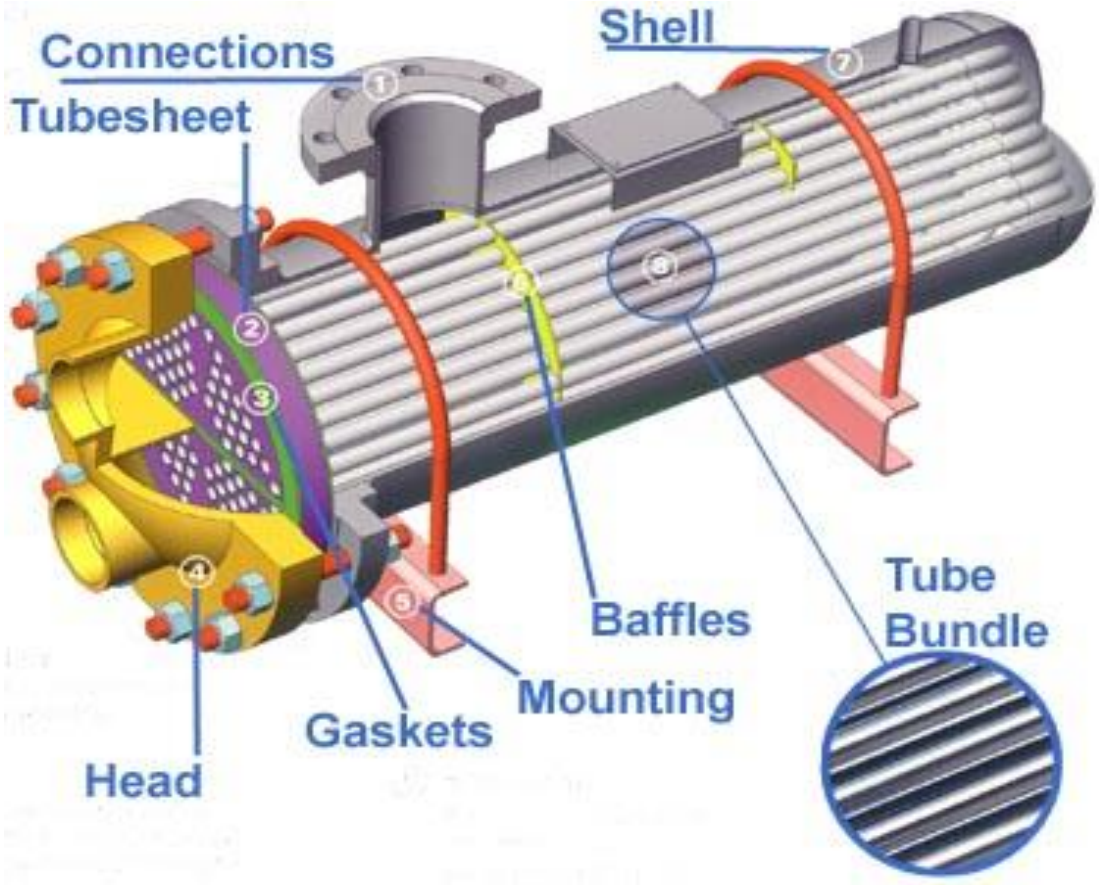
۳-۱۲-بازرسی و تعمیر مبدلها حرارتی (Shell $ Tube

۳-۱۲-۱- توضیحات

در این فصل روشهای بازرسی و تعمیر از بخشهای مختلف مبدل های حرارتی را ارائه می شود.

همچنین با توجه به نوع عیب احتمالی پیشنهادهایی برای نوع آزمونهای غیر مخرب و نحوه ارزیابی ارائه داده است. همچنین به روشهای تعمیراتی مکانیکی و جوشی مبدل نیز اشاره دارد شکل ذیل اجزاء مختلف مبدل های حرارتی را نشان می دهد.

استانداردهای طراحی و ساخت مبدل ها ASME VIII, TEMA می باشند البته برخی از مبدل های خاص مانند کندانسورها الزامات استاندارد HEI را نیز می بایست رعایت کنند.



شکل ۳-۳۲: نمونه ای از یک مبدل حرارتی و اجزای آن

۳-۱۲-۲- محدودیها

استفاده از روشهای قید شده در این فصل، صرفا برای مبدل های تیوب و شل) می باشد و نباید برای سایر تجهیزات، ظروف تحت فشار و انواع مبدل دیگر استفاده شود. از این روشها برای مبدل هایی که استاندارد طراحی و ساخت آن ASME VIII-Div 3 است نباید استفاده شود.

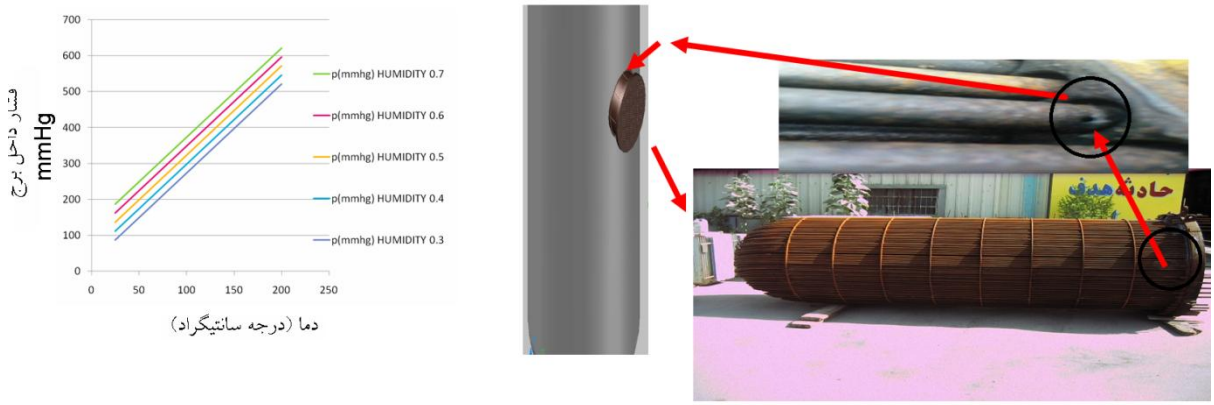
۳-۱۲-۳- طراحی

در این بخش راهنمایی برای انجام تعمیرات و بازرسی حین تعمیر و نگهداری ارائه شده است ولیکن برخی از این راهنمائی را می توان از زمانی طراحی و ساخت نیز استفاده کرد تا از وقوع تخریب پیشگیری و یا آن را حداقل کنیم.

استانداردهای طراحی و ساخت مبدل بررسی گردد مشخص گردد . همه مراحل از جمله انتخاب متریال درست، انجام محاسبات، ساخت و نصب صحیح و .... انجام شده است یا خیر.

موارد مربوط به طراحی شامل انتخاب م ناسب متریال مناسب، محاسبات ضخامت مطا بق با استاندارد ، در نظر گرفتن ضرایب کیفیت سرعت خوردگی و .... از جمله مواردی هستند که می بایست بررسی شود

داده های فرایندی و دستورالعمل های فرایندی مطابق با طراحی انجام شده کنترل می شود . به عنوان مثال نمودار و شکل ذیل یک برج را که داخل آن یک مبدل است را نشان می دهد . ناحیه مشخص شده روی مبدل دچار خوردگی میشدند. یکی ار موارد مهم بررسی داده های فرایندی مثل رطوبت سیال ، دما و فشار می باشد.



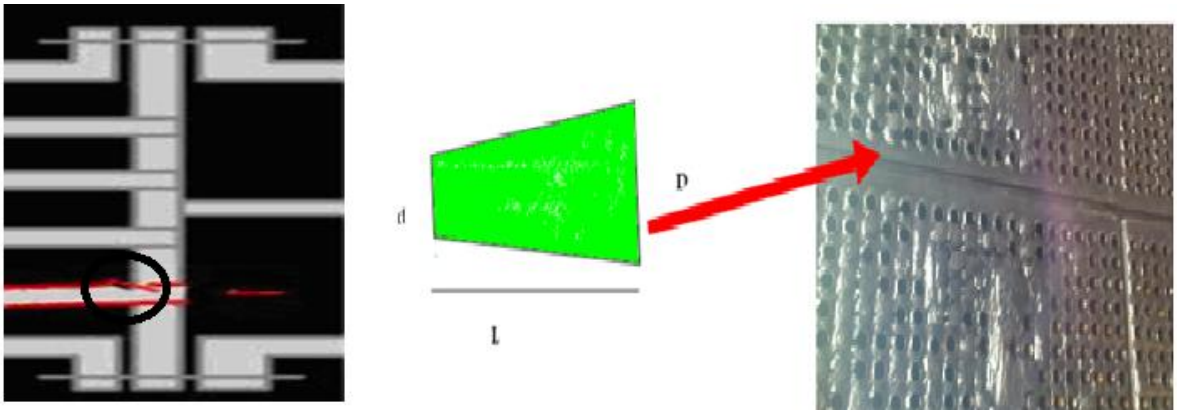
شکل ۳-۳۳: نمونه ای از بررسی داده های فرایندی

انتخاب متریال می ابیست مطابق با نمونه انجام شود. قبل از تعویض مکانیزم خوردگی به صورت کامل ارزیابی و وقوع مجدد را متوقف و یا سرعت آن را کم کرد.

از روشهای تعمیراتی که استفاده می شود . تناسب آنها با نوع عیب مشخص گردد ضخامت باقیمانده مورد تائید بستگی به عواملی مانند زمان در سرویس بودن، شرایط بهره ب رداری مبدل ، فشار ، پیامدهای سوراخ شدن تیوب و..... بستگی دارد.

معمولا تعویض تیوب را با توجه به شرایط برای زمانی که بیش از ٪۴۰ ضخامت خود را از دست داده باشد.انجام می دهند و حالت دوم برای زمانی که ضخامت از دست رفته تیوب بین ۲۰ تا ۴۰ درصد ضخامت اسمی تیوب باشد.

با توجه به متغیرهایی که از نوع تخریب و سرعت آن مشاهده می شود می توان تعداد تیوبهایی که بازرسی می شوند را مشخص کرد . در صورت مشاهده تیوب یا تیوبهای معیوب می توان تعمیر را با تعویض تیوب ها،پلاگ کردن (مسدود کردن) مکانیکی ، بلاگ کردن (مسدود کردن) جوشی و .... یا روشهای دیگر تعمیر کرد در زمانی که تعداد تیوب های معیوب آنقدر زیاد است که مجبور هستیم کل تیوب های مبدل را عوض کنیم. به این شرایط Retube مبدل می گویند.



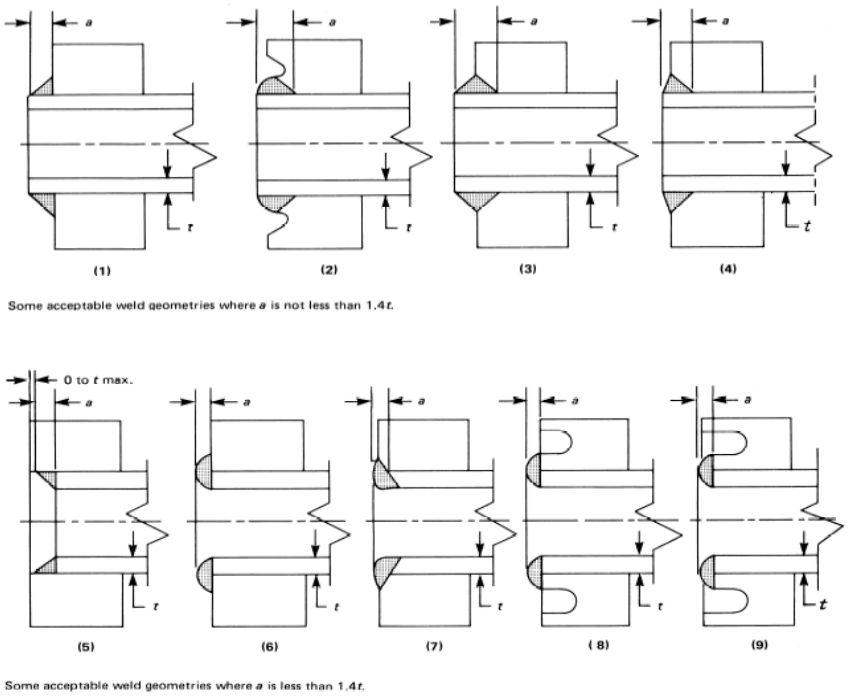
شکل ۳-۳۴: تعمیر مبدل با پلاگ تیوب ها

وقتی از پلاگ ، چه از نوع جوشی و چه از نوع مکانیکی آن استفاده می شود. بازدهی مبدل کاهش پیدا می کنند. بنابراین استفاده از پلاگ به عنوان یک روش تعمیراتی محدود است . بر اساس استاندارد و شرایط تجربی می توان حدود ۱۰ درصد از تیوبهای محل مبدل را پلاگ کرد ولی بر اساس TEMA ،سازنده مبدل قبل از نصب مجاز است از ۲ درصد تیوبها را پلاگ کند. البته به شرطی که کارفرما این موضوع را در قرارداد خود با طراح با سازنده منع نکرده باشد. تیوب شیت یا نگهدارنده تیوبها می بایست از متریال مناسب با تیوب که دارای استحکام مناسب و قابلیت تحمل فشار / دما را در شرایط بهره برداری دارد انتخاب شود.

در طراحی تیوب شیت می بایست الزامات استانداردهای ASME VIII-1 و TEMA در نظر گرفته شوند. در صورت نیاز به تعویض کل تیوب شیت چیدمان تیوبها در تیوب شیت و هندسه سوراخهای مربوط به تیوب ها در تیوب شیت در نظر گرفته شوند در زمان بازرسی حین سرویس می بایست دقت کنیم که سطح تیو ب شیت عاری از ترک های سطح باشد . رخداد ترک به ویژه حدفاصل دو سوراخ تیوب شیت بسیار متحمل است.

طرح اتصال در محل تیوب به تیوب شیت بر اساس استانداردهای طراحی و ساخت انجام شده باشد معمولا محل اتصال تیوب به تیوب شیت یا به صورت اکسبند،جوشی و یا ا کسپند جوشی می باشد . در ..... تیوب به تیوب شیت رعایت الزامات استانداردهای طراحی و ساخت ضروری می باشد . و ..... و بررسی آن به شرح ذیل می بایست انجام شود

در صورتی که اتصال تیوب به تیوب شیت جوشی می باشدمی بایست طراح اتصال مطابق با استانداردهای طراحی وساخت باشد. شکل هایی که در ذیل نشان داده نشده است . تعدادی از سطح اتصالهای پیشنهادی تیوب به تیوب شیت می باشد.



شکل ۳-۳۵: طرح اتصال های پیشنهادی تیوب به تیوب شیت

همچنین وقتی که محل اتصال تیوب به تیوب شیت جوشی می باشد . می بایست الزامات کد جوشکاری ASME IX برای WPS, PQR و همچنین تست جوشکار رعایت شود.

سایر اجزای مبدل شامل بافل ها، شل، ساپورتهای داخلی (Tie-Rod) و .... می بایست مطابق با شرایط سرویس و متریال تیوب و تیوب شیت انتخاب و محاسبات ضخامت به ویژه برای شل بر اساس

ASMEVIII-UG27 برای شل مانند سایر ظروف تحت فشار انجام گردد.

۳-۱۲-۴-ساخت

مانند همه روشهای تعمیراتی، توجه به مساله ایمنی و رعایت آن تعمیر مبدل هم می بایست در نظر گرفته شود. قبل از انجام تعمیر و در زمانی که مبدل ازسرویس بهره برداری خارج گردید . مهمترین موضوع تمیزکاری آن است. تمیزکاری سطح خارجی تیوب ه ای مبدل و تمیزکاری داخلی تبوبها، گاهی اوقات برای

تمیزکاری مبدل از آب با فشار 10000psi تا 40000psi استفاده شود. تمیزکاری می بایست به گونه ای باشد که تمام آلودگی های سطحی ، Scal و ..... برداشته شود. گاهی اوقات برای انجام تمیزکاری لازم است از حلال های شیمیایی استفاده کنیم. در انتخاب حلال ها برای شستشو می بایست دقت لازم انجام شود . به عنوان مثال برای فولادهای ضد زنگ سری ۳۰۰ نباید از حلال های حاوی کاستیک استفاده کرد . برخی اوقات لازم است تیوب باندل به صورت کامل از بدنه (Shell) جدا شود. مراقبت های لازم برای پیشگیری از صدمات مکانیکی انجام شود. تیوب های معیوب و تیوب های مسدودو شده به وسیله رسوب های خوردگی و شیمیایی مشخص شوند . بازرسی کامل چشمی و بازرسی با ابزارهای مناسب انجام وضعیت نهایی جهت تعمیر تعیین شود.

شکل ۳-۳۶: روش های تمیزکاری داخلی تیوب ها

یکی از روشهای تعمیراتی برای تیوب های معیوب استفاده از پلاگ می باشد . تیوبهای که پلاگ می شوند . حداقل می بایست یک سوراخ راه بدر داشته باشند . به نوعی محل عیب صرفا در اتصال تیوب به تیوب شیت نباشد. اگر ..... دارای سوراخ نیست. لازم است برای آن سوراخ یا Vent تعبیه کرد. برخی از پلاگ ها جوش نمی شوند این تیوبها برای فشار بهره برداری شل کمتر از 200Psi و دما بهره برداری شل کمتر از ۲۰۵ درجه سانتیگراد و تیوب های اکسپندی قابل استفاده است . اگر سه شرط مذکور برقرار نباشد . لازم است از پلاگ های جوشی استفاده کرد. البته انواع دیگری از پلاگهای مکانیکی وجود دارند که تحمل فشار 7000psi و دمای ۵۹۵ درجه سانتیگراد دارد.

علاوه بر پلاگ روش تعویض تیوب هم وجود دارد . هم به صورت تعدادی مشخص و یا تعویض کل تیوب ها البته تعویض یک یا چند تیوب برای مبدل های که تیوب آنها U-Type می باشد در سایت تا حدودی مشکل است.

ولیکن می توان تیوب های جدید را مطابق دستورالعمل ها ساخت و جوشکاری از زمان نصب جوشکاری نمود (شکل توضیح جوشکاری بدون فیلر) البته توان تیوب معیوب را برداشت و تیوب دیگری هم به جای آن جایگزین نگرد همان مفهوم پلاگ را دارد.

روشهای دیگری مانند استفاده از کپ ویا Sleeve برای تعمیر تیوبها وجود دارد . همانطور که قبلا قید شد امکان وجود عیوبی مانند ترک، خوردگی، سایش و .... در تیوب شیت وجود دارد . یکی از عیوب بسیار مرسوم وجود ترک حدفاصل بین سوراخ تیوب شیت می باشد . در این شرایط بعد از پردازش محل ترک به صورت V و یا U شکل و انجام آزمونهای سطحی مانند PT و MT ، سطح U,V را با جوش پر می کنند . خوردگی های و سایش های تیوب شیت ممکن است با جوش سطحی ترمیم شود.

در محل اتصال تیوب به تیوب شیت عیوب زیادی مانند باز شدن اکسپند و ترک روی جوش ممکن است رخ دهد. در زمانی که اکسپند خاصیت خود را از دست می دهد و باز می شود بعد از ارزیابی کامل و خصول اطمینان از عدم وجود ترک و جدایش در خود تیوب می توان مجددا آن را اکسپند کرد . و در صورت میعوب بودن جوش می توان آن را پردازش و سنگ زنی کرد و مجددا آن را تعمیر نمود.

۳-۱۲-۵-آزمونها Examination

با توجه به تنوع انج ام تعمیرات روی بخشهای مختلف مبدل ها، آزمونهای غیر مخرب نیز تنوع خاص خود را دارد. همچنین با توجه به اهمیت عیب یابی در مبدل های حرارتی از جمله تیوب ، شل و تیوب شیت (حین سرویس) لازم است آزمون غیر مخرب مناسب انتخاب شود.

برای عیب یابی حین سرویس روشهای ذیل پیشنهاد شده است.

Eddy-Current (ET): برای بازرسی تیوب هایی که فرومغناطیسی نیستند استفاده شود.

Remot Field Eddy-C(RFET): برای بازرسی تیوب های فرومغناطیس کاربرد دارند.

Partial Saturation ET(PSET): این روش برای مشخص کردن ابعاد ترک درتیوبها فرومغناطیس استفاده می شود.

MFL: ممکن است برای تیوبهای فرومغناطیس هم استفاده شوند . و چند کارایی این روش برای تیوبهایی از جنس فولاد کربنی کم می باشد.

آزمونهایMT,PT,RT,UT برای بخشهای مختلف مبدل مدنظر هستند . در تعمیر و عیب یابی در محلهایی که جوشکاری انجام شده است نیز روشهای مختلفی مانند MT,UT,VT,PT پیشنهاد می شود.

۳-۱۲-۶ تست Testing

بعد از اتمام مراحل بازرسی آزمونهای لازم جهت ارزیابی استحکام لازم است انجام شود . این آزمونها می توانند هیدروتست برای بدنه و هیدروتست برای تیوبها می باشند . آزمونهای نشتی یابی هم برای تیوبها پیشنهاد می شود. برخی از مبدلها در بخش تیوب دارای فشار ... هستند گاها از همین شرایط برای نشتی یابی آنها استفاده می شود.

۳-۱۲-I: روشهای مشخص کردن تعداد تیوبهای لازم جهت بازرسی

در این ضمیمه از ASME PCC_2،تعداد تیوبهای لازم جهت بازرسی مشخص شده است و جدالی برای آزمونهای مختلف ارائه شده است.

-برای مبدلهای که تعداد تیوبهای آنها از ۵۰۰ عدد کمتر است ۲۵ درصد کل تیوبها و یا ۵۰ عدد تیوب هر کدام بیشتر هستند می بایست بازرسی شوند.

-۲۰درصد از کل تیوبها برای مبدلهایی که تعداد تیوبها از۵۰۰ بیشتر و از ۷۵۰کمتر است.

-۱۵درصد کل تیوبها برای تعداد تیوبها از ۷۵۰ تا ۱۰۰۰

-۱۰درصد از کل تیوبها برای مبدلهایی که بیش از ۱۰۰۰عدد تیوب دارند.

کل تیوب باندل هم می بایست به صورت زیر بازرسی شود.

-سه ردیف اول و دو ردیف آخر

- در هر پاس مبدل حداقل یک ردیف

- تعداد تیوب در بخشهای داخلی تیوب باندل

- با توجه به تاریخچه در محل هایی که سابقه نشتی و خرابی دارند.

- نواحی که قبلا بازرسی و تست نشده اند.

- در صورت مشاهده عیب و واماندگی تعداد بازرسی ها و تستها بیشتر شوند.

روش کیفی ارزیابی به نام EVA (Extreme-Valve-Analysis) وجود دارد که با استفاده از حداقل داده ها می توانیم عمر باقیمانده همه تیوب و تیوب باندل را مشخص کنیم – مبنای آن ASTM E2283 می باشد. برداشت داده ها از ۲۰ تا ۳۰عدد تیوب از نظر ضخامت باقی مانده با توجه به شرایط و نوع عیوب مشاهده شده ممکن است باعث تعریف عمر باقیمانده برای تبو باند شود که می توان از ۸۰ تا ۹۹ درصد به آن اطمینان داشت.