نوع مدرک	دستورالعمل
نام مدرک	بازرسی و تعمیر مخازن تحت فشار
کد مدرک	MAD – WI – 51 - 00

	تهیه کننده	تائید کننده	تصویب کننده
نام و نام خانوادگی			
سمت			
امضاء			
تاریخ			

محل مهر وضعیت مدرک	
تاریخ :	تاریخ :

این مدرک و کلیه مطالب مندرج در آن متعلق به شرکت مادکو بوده و تکثیر آن بدون مجوز ممنوع می باشد.

جدول ثبت تغییرات مدرک

شماره تغییرات	صفحه	محل تغییرات	تغییرات اعمال شده	تاریخ
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
۶				
۷				
۸				
۹				
۱۰				
۱۱	———	————————	**ویرایش بدلیل اعمال تغییرات**	

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۱. هدف ۴

۲. دامنه کاربرد ۴

۳. مسئولیت‌ها ۴

۴. تعاریف ۴

۵. مراجع ۴

۶. مدارک مرتبط ۴

۷. شرح روش اجرایی ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۱. هدف

هدف از تدوین این دستورالعمل تدوین چگونگی بازرسی و تعمیر مخازن تحت فشار

۲. دامنه کاربرد

این دستورالعمل برای کلیه مخازن تحت فشار و دیگهای بخار کاربرد دارد.

۳. مسئولیت‌ها

- مسئولیت اجرای این دستورالعمل بعهده کارفرمایان می باشد

۴. تعاریف

۵. مراجع

۶. مدارک مرتبط

ردیف	نام مدرک	کد مدرک
۱		

در این گزارش پس از محاسبه مقادیر ضخامت طراحی و حداکثر فشار کاری مجاز براساس حداقل ضخامت حاصل از نتایج آزمون آلتراسونیک به روش Phased Array، مقادیر مجاز عیوب احتمالی و روش تعمیر آنها بررسی می‌شود. در ادامه فعالیتهای مورد نیاز پس از تعمیر شامل تنش زدایی، سختی سنجی، ترمیم پوشش داخلی و تست ایستایی پیشنهاد می‌گردد. در پایان نیز دستورالعمل بازرسی مخازن تحت فشار به منظور کنترل دائمی آنها براساس استاندارد API 510 ذکر گردیده است. نتایج حاصل از آزمون آلتراسونیک Storage Vessel B به روش Phased Array حاکی از کاهش ضخامت در ساعت ۶ مخزن بوده، حداقل ضخامت را مطابق نقشه پیوست، در پوسته شماره ۵ (Shell 5) بین ۴۰-۲۶ میلیمتر نشان می‌دهد. در این گزارش حداقل ضخامت کف مخزن بطور میانگین ۳۵ میلیمتر فرض شده است. گزارش در یازده بخش تنظیم شده، شامل موارد زیر می‌باشد:

الف- محاسبه ضخامت طراحی

ب- محاسبه فشار کاری مجاز

پ- تعیین مقادیر مجاز عیوب

ت- بررسی خوردگی مخزن

ث- دستورالعمل تعمیر مخزن از داخل

ج- دستورالعمل تعمیر مخزن از خارج

چ- دستورالعمل تنش زدایی

ح- سختی سنجی

خ- ترمیم پوشش داخلی

د- دستورالعمل آزمایش ایستایی

ذ- دستورالعمل بازرسی داخلی مخازن تحت فشار

الف- محاسبه ضخامت طراحی (براساس کد ASME SEC VIII DIV I PART UG):

براساس کد ASME SEC VIII DIV I PART UG، حداقل ضخامت مخزن تحت فشار داخلی، بدون در نظر گرفتن مقدار مجاز خوردگی (Corrosion Allowance)، با معلوم بودن قطر خارجی مخزن، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$t = \frac{PR}{SE + 0.4P}$$

براساس کاتالوگ مخزن، دما و فشار طراحی و مقدار مجاز خوردگی (Corrosion Allowance) به ترتیب برابر ۲۰°C، ۱۴۴۰Psi و ۳mm در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه جنس مخزن A516-Gr.70 می‌باشد، مقدار تنش مجاز و تنش نهایی آن در دمای طراحی براساس استاندارد ASME B31.3 به ترتیب برابر ۲۰۰۰۰Psi و ۷۰۰۰۰Psi می‌باشد. مقدار Joint Efficiency براساس ASME SEC VIII DIV I Part UW-12 برابر ۰/۸۵ در نظر گرفته می‌شود. اگر شعاع خارجی مخزن ۱ متر فرض شود، ضخامت طراحی آن برابر خواهد بود با:

$$t = \frac{1440 \times 1}{20000 \times 0.85 + 0.4 \times 1440} \cong 82mm$$

لازم بذکر است که ضخامت فوق بدون در نظر گرفتن مقدار خوردگی مجاز می‌باشد.

ب- محاسبه فشار کاری مجاز (براساس کد ASME SEC VIII DIV I PART UG):

براساس کد فوق حداکثر فشار کاری مجاز مخزن تحت فشار داخلی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{SEt}{R - 0.4t}$$

نتایج حاصل از آزمون آلتراسونیک به روش Phased Array روی Vessel B حاکی از کاهش ضخامت در ساعت ۶ مخزن فوق بوده، ضخامت را در نقاط مختلف بین ۴۰-۲۶ میلیمتر نشان می‌دهد. با فرض ضخامت میانگین ۳۵ میلیمتر، حداکثر فشار کاری مجاز مخزن به روش زیر بدست می‌آید:

$$P_{allowable} = \frac{20000 \times 0.85 \times 0.035}{1 - 0.4 \times 0.035} \cong 604Psi$$

با توجه به اینکه سطح کاهش ضخامت در مقایسه با کل سطح پوسته شماره ۵ نسبتاً کم می‌باشد، احتمال Failure آنی مخزن اندک است. ولی با توجه به عدم تخلیه محصولات خوردگی در کف مخزن، احتمال خوردگی در زیر رسوبات (Under Deposit Corrosion) و تداوم روند کاهش ضخامت آن وجود دارد.

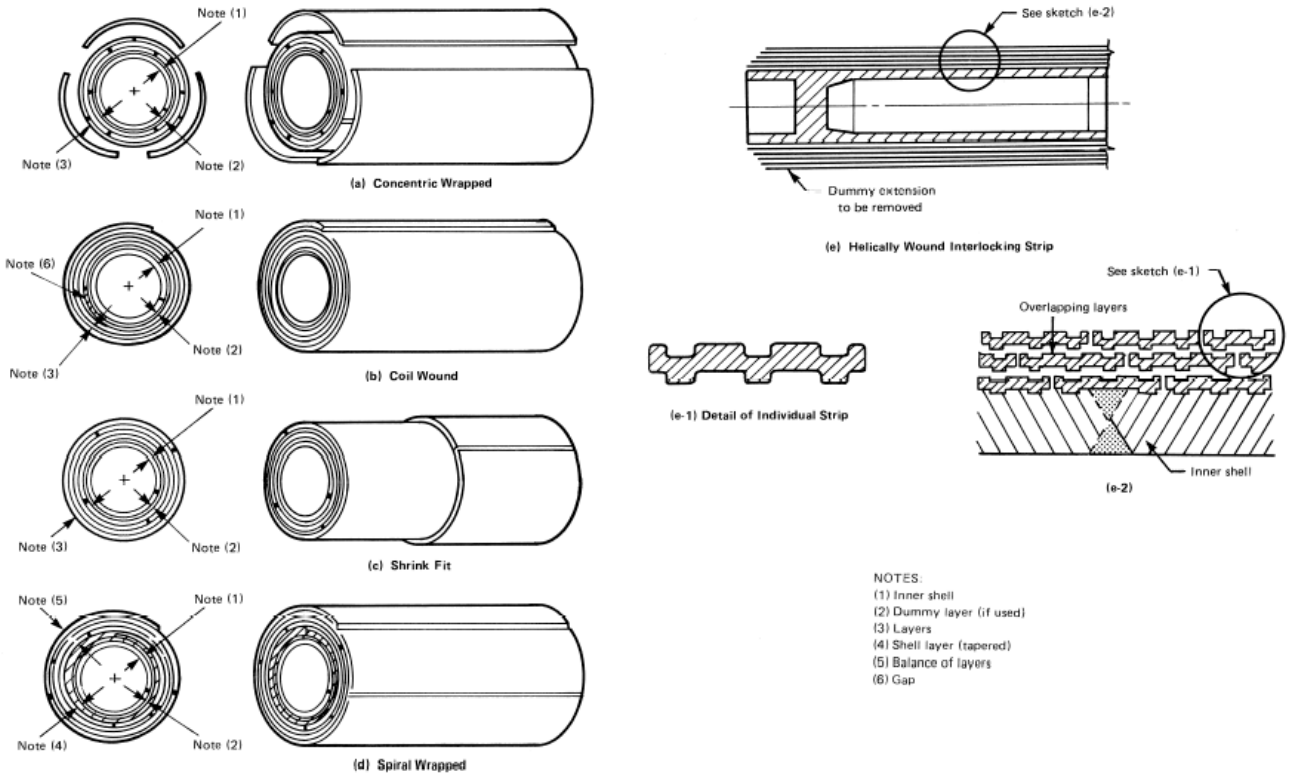
روش تعیین مقادیر مجاز عیوب و تعمیر آنها بصورت زیر پیشنهاد می‌گردد:

پ- تعیین مقادیر غیر مجاز عیوب:

۱- جهت تعیین مقدار غیر مجاز ناخالصی، مطابق استاندارد ASTM A435 به روش زیر عمل می‌شود:

6.1 Any discontinuity indication causing a total loss of back reflection which cannot be contained within a circle, the diameter of which is 3 in. [75 mm] or one half of the plate thickness, whichever is greater, **is unacceptable**.

۲- دوپوستگی: مطابق استاندارد ASME SEC VIII DIV I Part KE, DIV I Part ULW وجود چند لایه با ضوابطی قابل قبول بوده، در بعضی موارد مخازن تحت فشار بصورت چند لایه ساخته می‌شوند. شکل (۱) برخی از روشهای استاندارد ساخت مخازن چند لایه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- روشهای مجاز ساخت مخازن تحت فشار چند لایه

ت- بررسی خوردگی مخزن:

با توجه به دمای مخلوط گاز و میعانات همراه در Vesselهای مرکز اندازه گیری، که بیشتر از دمای محیط می‌باشد، تنها دلیل خوردگی را می‌توان به خوردگی در محیط گاز ترش (Sour Corrosion) ربط داد. دلایل عمده خوردگی را می‌توان اینگونه برشمرد:

۱- وجود H_2S به عنوان مهمترین عامل خوردگی

۲- در بازرسی از داخل مخزن در سال ۸۰ ظاهر سطح داخلی مخزن کاملاً تیره بود که بیانگر تشکیل لایه سولفید آهن FeS می‌باشد.

۳- وجود CO_2 شرایط خوردگی را تشدید می‌کند، ولی به دلیل نسبت H_2S/CO_2 در ترکیب شیمیایی گاز، دی‌اکسید کربن مکانیزم خوردگی را تغییر نخواهد داد.

اصولاً سولفید هیدروژن به راحتی در آب حل شده، تولید اسید نسبتاً ضعیفی می‌کند. تجزیه سولفید هیدروژن در آب تولید یون سولفاید خواهد نمود که باعث تسهیل نفوذ هیدروژن اتمی (تشکیل شده در اثر واکنش کاتدی) به داخل فولاد شده، احتمال وقوع خوردگی تنشی را افزایش می‌دهد. بدلیل شرایط اسیدی در آب همراه گاز که دارای وزن مخصوص بالاتری از گاز و میعانات همراه با گاز است، فولاد در تماس با این آب به راحتی تشکیل سولفید آهن خواهد داد.

$$Fe + H_2S \rightarrow FeS + 2H \uparrow$$

FeS حاصل از این فرآیند باعث ایجاد خوردگی حفره‌ای (Pitting) شده، یونهای هیدروژن پدیده تاول هیدروژنی (Hydrogen Blistering) را ایجاد می‌کنند.

حلالیت فوق‌العاده ناچیز FeS امکان تشکیل آن را روی سطح فولاد فراهم می‌آورد. وجود آخالهای سطحی مانند MnS را می‌توان عاملی برای عدم یکنواختی و گسترش سراسری FeS در تمامی سطح فولاد دانست که دقیقاً همین نقاط شروع خوردگی موضعی به شکل حفره‌ای را سبب خواهند شد.

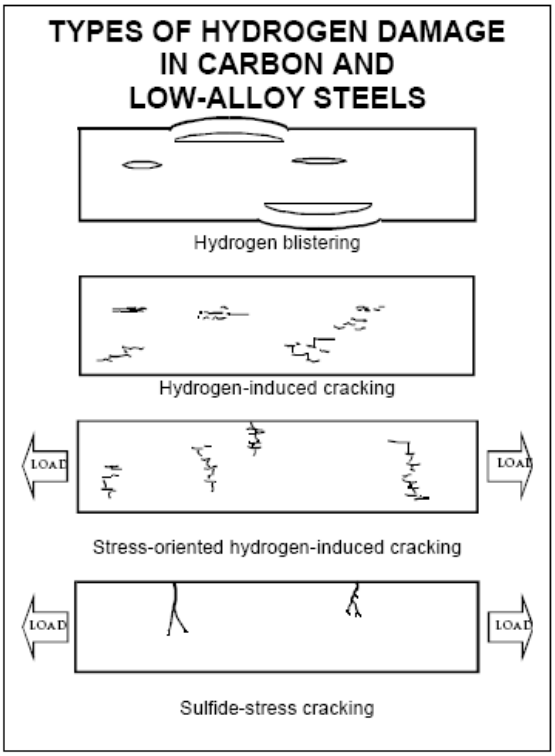
ث- دستورالعمل تعمیر مخزن از داخل:

شکل (۲) انواع عیوب و ترکهای حاصل از هیدروژن را در گاز ترش نشان می‌دهد. در ادامه روش تعمیر عیوبی که احتمال مشاهده آنها در مخزن مذکور وجود دارد معرفی می‌گردد. در کلیه مراحل جوشکاری مقدار پیش گرمایی برابر ۱۵۰^{oC} می‌باشد. دمای فوق باید در اطراف شیار محل جوشکاری به طول "۴

(۱۰۰ mm)، یا چهار برابر ضخامت ماده (هر کدام که بزرگتر باشد)، بطور یکنواخت منتشر شده باشد. حداکثر دمای بین پاسی نباید بیشتر از ^{oC}۳۱۵ باشد. دستورالعمل جوشکاری مطابق جدول (۱) پیشنهاد می‌گردد.

جنس قطعه	A516 Gr. 70
الکترود مصرفی	E7018-G
دمای پیشگرمایی	۱۵۰^{oC}
دمای پخت الکترود	۲ ساعت در دمای ۳۵۰^{oC}
قطبیت	جریان مستقیم با الکترود مثبت (DCEP)
قطر الکترود	۳/۲۵mm برای پاس ریشه و پاس دوم و ۴mm برای پاسهای بعدی
جریان جوشکاری	۱۱۰-۱۴۰A برای الکترود ۳/۲۵mm و ۱۸۰-۱۹۰A برای الکترود ۴mm
موقعیت جوشکاری	مسطح (Flat)
ولتاژ جوشکاری	۱۸-۲۰V برای الکترود ۳/۲۵mm و ۲۲v-۲۵ برای الکترود ۴mm
حداکثر دمای بین پاسی	۳۱۵^{oC}

جدول ۱- دستورالعمل جوشکاری (WPS)



شکل ۲- انواع عیوب حاصل از هیدروژن در گاز ترش

۱- خوردگی حفره‌ای (Pitting): شکل (۳) نمونه‌ای از خوردگی حفره‌ای را نشان می‌دهد. در صورتی که عیوب کف مخزن از نوع Pitting تشخیص داده شد، جهت تعمیر از جوشکاری استفاده می‌شود. بدین منظور باید با استفاده از الکترود E7018 محل حفرات تا ضخامت اولیه مخزن پر شده، پس از جوشکاری و سنگ زنی، عملیات تنش زدایی محلی (Local stress relief) یا Half Pass Layer Technique مطابق دستورالعمل بخش (چ) انجام شود.

اگر تعداد حفره‌ها افزایش یابد منجر به ایجاد ترک در کف مخزن می‌شود. در این حالت باید ترکها بوسیله گرینـد کاری کاملا برداشته شود. سپس بوسیله آزمایشات PT یا MT از حذف ترک اطمینان حاصل گردد. پس از ایجاد شیارهای U یا V شکل به عمق و طول ترک، محل شیار بطور کامل با الکترود E7018 پر شود و در نهایت عملیات تنش زدایی انجام گیرد. اگر تعداد ترکها زیاد باشد بهترین راه تقویت یا تعویض ورق مذکور می‌باشد.

جهت تقویت ورق از داخل، ابتدا باید تمامی نقاط Pitting و ترک بوسیله گرینـد کاری کاملاً برداشته شوند، سپس ورقی از همان جنس بسته به میزان خوردگی با ضخامت ۴۰-۶۰mm در محل خورده شده جوشکاری شده، پس از جوشکاری تنش‌زدایی گردد.

شکل ۳- خوردگی حفره‌ای

۲- ناخالصی (Inclusion): روش تعمیر براساس استانداردهای ASME SEC VIII DIV I Part KE, DIV II Part AF به شرح زیر است:

AF-112.1 Examination of Materials

(4) Discontinuities parallel to the surface, such as inclusions, which are disclosed by either method, are acceptable without repair if they do not exceed 1 in. (25 mm) in length.

KE-210 GENERAL REQUIREMENTS FOR REPAIR OF DEFECTS

KE-211 Elimination of Defects by Blend Grinding

(a) Imperfections exceeding the acceptance criteria of KE-233.2 shall be considered defects. Such defects shall be removed or reduced to an acceptable sized imperfection. Defects may be removed by grinding or machining, provided the requirements of KE 211(a)(1) through (a)(4) are met.

(1) The remaining thickness of the section is not reduced below that required by Part KD, except as noted in KE-211(b).

(2) The depression, after defect elimination, is blended uniformly into the surrounding surface.

(3) After defect elimination, the area is reexamined by the magnetic particle method in accordance with KE-233 or the liquid penetrant method in accordance with KE-233 to ensure that the imperfection has been removed or reduced to an acceptable size.

(4) Areas ground to remove oxide scale or other mechanically caused impressions for appearance or to facilitate proper ultrasonic testing need not be examined by the magnetic particle or liquid penetrant test method.

(b) Reduction in thickness due to blend grinding, below the minimum required by Part KD, is permitted within the limits stated below.

(1) Repair cavity diameter: $C_{OD} = 0.2\sqrt{R_m t}$

(2) Cavity depth below required thickness: $C_{depth} = 0.02\sqrt{R_m t}$

KE-212 Repair by Welding

(a) Except for materials in which welding is prohibited or restricted in Part KM, the Material Manufacturer may repair the material by welding after the defects have been removed. For restricted materials, see Article KF-7.

(b) The permitted depth of repair is given separately in this Article by product form.

(c) Prior approval of the certificate holder shall be obtained for the repair.

KE-212.1 Defect Removal

The defect shall be removed by suitable mechanical, thermal cutting, or gouging methods and the cavity shall be prepared for repair. After thermal cutting, all slag and detrimental discoloration of material which has been molten shall be removed by mechanical means suitable for the material prior to weld repair. When thermal cutting is used, the effect on mechanical properties shall be taken into consideration. The surface to be welded shall be uniform and smooth. The cavity shall be examined by liquid penetrant or magnetic particle method (see KE-233).

KE-223 Repair by Welding

The depth of the repair cavity shall not exceed one-third the nominal thickness of the plate and the repair shall be in accordance with KE-210.

۳- دوپوستگی (Lamination): این عیب باید به روش زیر تعمیر شود:

a. Areas to be welded should be heated to 800-1000°F

b. 24 hours before welding, following steps should be done in order to reduce hydrogen & sulphur in the steel:

b.1. Arc-Air gouge a groove along the lower edge of the lamination to a depth just past the lamination.

b.2. Drill two 1/4" vent holes through the lamination to a depth just past the lamination. These will be permanent.

c. Fill up the groove with weld metal, using SMA (stick) process with preaheat to 400°F. Welding should be done by properly qualified welder using tested procedure.

d. Gouge out and fill up any other cracks or notched found.

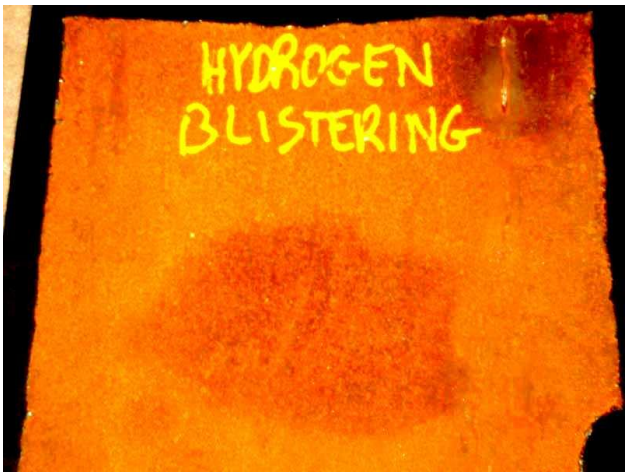
e. Local stress-relieve the welded areas.

f. The remaining lamination should have no effect on vessel integrity, since it is parallel to the direction of the stresses.

۴- تاولهای هیدروژنی (Hydrogen Blistering): یکی از دلایل بروز این پدیده می‌تواند دوپوسته بودن تعدادی از ورقهای استفاده شده در ساخت مخزن و نفوذ هیدروژن اتمی به درون ریز ساختار ماده باشد. شکل (۴) نمونه‌ای از تاولهای هیدروژنی را نشان می‌دهد. چنانچه این پدیده به موقع شناسایی و اصلاح نگردد می‌تواند عواقب بسیار خطرناکی در پی داشته باشد. در صورت مشاهده تاولهای هیدروژنی در کف مخزن، به منظور پیشگیری از خطر انفجار **و آتش سوزی احتمالی، که در اثر وجود گاز هیدروژن محبوس با فشار بسیار زیاد در حد چند صد هزار اتمسفر در تاولها بوجود می‌آید، فرآیند تعمیر به شرح زیر پیشنهاد می‌گردد:**

۴-۱ ابتدا با استفاده از مته "1/4 روی تاولها سوراخ ایجاد شود تا گاز هیدروژن محبوس خارج گردد. توجه دقیق به این نکته ضروری است که نوک مته در هنگام سوراخکاری حتماً **باید بوسیله** ریختن آب **کافی روی آن سرد نگاه داشته شود.** عملیات تخلیه هیدروژن باید قبل از انجام هرگونه کار گرم اجرا شود.

۴-۲ پس از تخلیه انرژی محبوس داخل آنها، با استفاده از برس سیمی تاولها برداشته شوند و در صورت وجود Pitting، حفره‌ها بوسیله الکترود E7018 و با استفاده از روش Window Weld تعمیر شوند.



شکل ۴- تاول هیدروژنی

ج- دستورالعمل تعمیر مخزن از خارج:

اگر نتایج بازرسی موید کاهش ضخامت زیاد در کف مخزن بود، روش تعمیر نصب غلافی با حداقل ضخامت ۶۰mm از خارج می‌باشد. بدین صورت که با استفاده از دو ورق نیم دایره و ساخت غلاف با دو درز جوش (یا

یک ورق نورد شده و ساخت غلاف با یک درز جوش) با قطر خارجی حداقل ۲/۱۵m، کل مخزن از خارج آن تقویت شود.

بنابراین پیشنهاد می‌گردد جهت تقویت مخزن از خارج، تعداد ۸ عدد ورق به ابعاد 3.5x7.0 متر **یا جهت تعویض Shellهای معیوب، تعداد ۴ عدد ورق به ابعاد 3.0x6.5 متر خریداری گردد تا در صورت لزوم مورد استفاده قرار گیرد.**

چ- دستورالعمل تنش زدایی:

۱- مطابق استاندارد ASME Sec. VIII Div. 1 بدلیل ضخامت بالای مخزن مذکور (حدود ۸۰ میلیمتر) پس از عملیات جوشکاری، ضروری است عملیات تنش زدایی بصورت موضعی مطابق دستورالعمل زیر با رعایت حداکثر اصول ایمنی، پس از تمیزسازی، شستشو (بوسیله بخار یا آب) و تخلیه کامل مواد آتش‌زا انجام شود:

۱- حداقل درجه حرارت	Starting	۲۵۰
۲- نرخ افزایش درجه	Heating	۱۵۰ درجه
۳- درجه حرارت توقف	Holding	۶۴۰
۴- مدت زمان توقف	Holding	۲ ساعت
۵- نرخ کاهش درجه	Cooling	۱۵۰ درجه
۶- درجه حرارت خاتمه	Finishing	۲۵۰

طول ناحیه تنش زدایی باید حداقل ۶ برابر ضخامت مخزن در هر طرف منطقه جوشکاری شده باشد.

۲- روش Half Pass Layer: اگر ابعاد قسمتهای تعمیر شده بوسیله جوش نسبتاً کوچک باشد، پیشنهاد می‌گردد به منظور حذف عملیات تنش‌زدایی، جوشکاری به روش Half Pass Layer انجام شود. بدین صورت که پس از جوشکاری پاس اول، نصف آن بوسیله سنگ فرز برداشته شود و در پاسهای بعدی نیز پس از هر دو پاس جوشکاری، یک پاس بوسیله سنگ‌زنی حذف شود.

ح- سختی سنجی:

پس از پایان عملیات جوشکاری و تنش زدایی، بهتر است جهت حصول اطمینان از مقاومت مناسب مخزن در برابر خوردگی گاز ترش، براساس استاندارد NACE MR-0175 مقدار سختی در سه نقطه مختلف از هر بخش مخزن اندازه گیری شده، از کمتر بودن آن از مقدار ۲۲HRC اطمینان حاصل گردد.

خ- ترمیم پوشش داخلی:

مطابق بازرسی‌های بعمل آمده در سال ۱۳۸۰، پوشش داخلی مخزن B در وضعیت ساعت ۲ و ۱۰ و در قسمت کف در وضعیت ساعت ۵ تا ۷ در تمامی طول مخزن به طول ۱۸/۵ متر جدا گردیده، مخزن در معرض خوردگی حفره‌ای می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌شود پوشش داخلی مخزن به یکی از دو روش زیر ترمیم گردد. نظر به اینکه انجام عملیان سندبلاست در داخل مخزن به روشهای متداول مشکات فراوانی دارد، پیشنهاد می‌گردد جهت تمیزکاری داخل مخزن از یخ خشک استفاده شود.

۱- مطابق Spec No.: 0671-51-2211-2 دستورالعمل DPG پیوست Internal Coating، پوشش داخلی مخازن باید از جنس High-Bake Phenolic coating با ضخامت ۷MILS باشد. اعمال و بازرسی پوشش برابر استاندارد NACE 6A362 انجام می‌شود. پوشش مزبور باید پس از هر ۱MILS در دمای ۳۰۰-۴۰۰°F، بطوری که کل مخزن در این دما باشد، پخته شود. پس از اعمال آخرین لایه پوشش، دمای پخت باید ۳۵۰-۴۵۰°F باشد. جهت پوشش داخلی کلگی‌ها مطابق استاندارد NACE TM-01-07 از Epoxy Resin-Amine به ضخامت ۷MILS استفاده شود.

۲- استفاده از لایه آستری پرایمر زینک اتیل سیلیکات (۷۰ میکرون)، لایه دوم میانی اپوکسی پلی‌آمید (۱۰۰-۷۰ میکرون) و لایه نهایی اپوکسی گلس فلیک (۵۰۰ میکرون) می‌باشد. همچنین جهت آماده‌سازی سطح مورد رنگ-آمیزی، ابتدا باید زنگ‌زدایی تا درجهٔ Sa 2½ انجام پذیرد.

د- دستورالعمل آزمایش ایستایی:

پس از پایان عملیات تعمیراتی، به منظور اطمینان از حذف تمامی عیوب بحرانی، ضروری است آزمایش ایستایی مخزن با فشار ۱/۵ برابر فشار کاری (۲۱۷۵ Psi) به مدت حداقل ۴ ساعت بوسیله Pump Truck انجام شود. توجه به نکات ذیل در انجام آزمایش ایستایی ضروری است:

۱- سیال آزمایش ایستایی آب است.

۲- قبل از آزمایش داخل مخزن باید بطور کامل تمیز شود.

۳- نرخ پر کردن مخزن برای آزمایش ایستایی نباید از سه فوت (۹۰ سانتیمتر) ارتفاع مخزن در ساعت تجاوز نماید.

۴- هنگام پر و خالی کردن مخزن، باید دریچه تهویه آن باز باشد تا در اثر فشار یا مکش ایجاد شده، آسیبی به مخزن وارد نشود.

۵- هر محل نشتی پیدا شده باید با جوشکاری مجدد تعمیر شود. برای تعمیر یا جوشکاری لازم است سطح آب داخل مخزن تا حداقل ۳۰۰ میلیمتر پایین‌تر از محل نشتی تقلیل داده شود.

در نهایت لازم است سطح داخلی مخزن با تزریق حداقل ۲ بشکه ماده ضد خوردگی حفاظت گشته، سپس وارد سرویس گردد.

ذ- دستورالعمل بازرسی داخلی مخازن تحت فشار:

مدت زمان مابین دو بازرسی داخلی نباید از نیمه عمر تخمینی باقیمانده مخزن بر مبنای سرعت خوردگی، یا ۱۰ سال (هر کدام که کمتر است) فراتر رود.

بجز مواردی که در زیر آورده می‌شود، بازرسی داخلی روش ارجح بازرسی است و باید بر روی مخازن در معرض خوردگی موضعی قابل ملاحظه و دیگر انواع آسیب صورت گیرد.

با نظر بازرس ناظر مخازن تحت فشار، بازرسی حین سرویس می‌تواند در شرایط زیر جایگزین بازرسی داخلی شود:

۱- زمانی که ابعاد، موقعیت و عدم دسترسی سبب شود که بازرسی درون مخزن به لحاظ فیزیکی غیرممکن گردد.

۲- زمانی که مشخص گردد نرخ خوردگی یک مخزن از "۰/۰۰۵ (۰/۱۲۵ میلیمتر) در سال کمتر است و عمر تخمینی باقیمانده بیش از ۱۰ سال می‌باشد و کلیه شرایط زیر نیز مشاهده گردد:

۲-۱- ماهیت خورنده محتویات مخزن از جمله تأثیر اجزای ناخالص، حداقل طی مدت ۵ سال با همان شرایط یا شرایط مشابه با نوع محتویات موجود تثبیت شده باشد.

۲-۲- هیچگونه وضعیت غیرعادی در بازرسی خارجی مشاهده نگردد.

۲-۳- دمای عملیاتی بدنه مخزن فولادی نباید از حد دمای حداقل محدوده گسیختگی – خزش (Creep-rupture range) متریال فراتر رود.

۲-۴- اطمینان کامل از اینکه مخزن در معرض ترک خوردگی محیطی یا تخریب هیدروژنی توسط سیال موجود قرار ندارد، حاصل گردد.

۲-۵- مخزن دارای پوشش نواری (Strip-lined) یا ورقی (Plate-lined) نباشد.

اگر شرایط حالت (۲) رخ ندهد، لزوماً باید بازرسی داخلی انجام شود.

زمانی که بازرسی حین سرویس بجای بازرسی داخلی انجام می‌شود، به منظور اندازه گیری ضخامت فلز و ارزیابی صحت فلز و جوشها، باید بررسی کاملی بوسیله روشهای آلتراسونیک، امواج هدایت شونده (Acoustic Emission)، یا دیگر روشهای مناسب غیر مخرب انجام شود.

عمر باقیمانده مخزن باید از طریق رابطه زیر محاسبه شود:

$$\text{عمر باقیمانده (سال)} = \frac{t_{actual} - t_{minimum}}{CorrosionRate(inch(mm)/year)}$$

که:

t_{actual}: ضخامت، بر حسب اینچ (میلیمتر)، اندازه گیری شده در زمان بازرسی جهت یک محل یا قطعه خاص

$t_{minimum}$: حداقل ضخامت مجاز، بر حسب اینچ (میلیمتر)، جهت یک محل یا قطعه خاص

$$\text{سرعت خوردگی} = \frac{t_{previous} - t_{minimum}}{\text{فاصله زمانی بین } t_{previous} \text{ و } t_{minimum} \text{ بر حسب سال}}$$

$t_{previous}$: ضخامت بر حسب اینچ (میلیمتر)، در همان محلی که t_{actual} در بازرسی قبلی اندازه گیری شده است.

زمانی که مشکلاتی بر اثر بارهای خارجی، متریال یا مونتاژ معیوب مشاهده شود، عمر باقیمانده‌ای که از طریق فوق معین شده است تا شناسایی و اصلاح شرایط پدید آورنده آن کاهش می‌یابد. اگر تخریب ناشی از شرایطی مانند آنچه که در زیر آورده می‌شود باشد، فواصل بازرسی باید بطور مناسبی تنظیم گردد:

۱- تغییر شکل خزشی و گسیختگی تنشی

۲- رشد ترک خزشی

۳- اثر هیدروژن روی خزش

۴- خزش و خستگی همراه هم

۵- تأثیرات محتمل متالورژیکی، از جمله کاهش قابلیت چکش خواری (Ductility)

اگر شرایط سرویس یک مخزن تغییر کند، حداکثر فشار عملیاتی، حداکثر و حداقل دمای عملیاتی و مدت زمان سرویس تا زمان بازرسی بعدی باید تثبیت شود.

مراجع:

1. API 510, Pressure vessel inspection code: Maintenance Inspection, Rating, Repair and Alteration
2. API 572, Inspection of Pressure Vessels (Towers, Drums, Reactors, Heat Exchangers, and Condensers)
3. **ASME Sec. VIII, Boiler and Pressure Vessel Code**
4. **ASME B31.3, Pressure Piping**
5. **ASTM A435, Specification for Strtaight-Beam Ultrasonic Examination of Steel Plates**

NACE MR01-75, Sulfide Stress Cracking Resistant Metallic Materials for Oilfield