



موسسه گسترش علم و فن جوش

دوره آموزشی

جوشکاری و کنترل کیفیت در ساخت مخازن تحت فشار



امیر حسینی کلورزی

تیرماه ۱۳۹۲

مقدمه

مخازن تحت فشار محفظه های بدون نشت هستند که دارای اختلاف فشار داخلی نسبت به فشار خارجی هستند که در اغلب موارد به جز در برخی وضعیتهای ایزوله، فشار داخلی بیشتر از فشار خارج است. فشار داخلی میتواند تا 300000 psi و یا بیشتر باشد اما محدوده فشار معمول بین 15 تا 5000 psi میباشد. این مخازن در ابعاد و اشکال مختلفی ساخته میشوند. انواع کوچک آنها میتواند چند میلیمتر قطر و انواع بزرگ آنها میتواند ۴۵ متر و یا بیشتر قطر داشته باشند. سیالات درون مخازن ممکن است مانند دیگهای بخار تغییر فاز داده و یا همانند راکتورهای شیمیایی دچار واکنش شوند. در بسیاری موارد مخازن تحت فشار در معرض شرایطی مرکب از فشار و دمای بالا قرار دارند و در برخی موارد حاوی مواد قابل اشتعال و یا موارد رادیواکتیو هستند. بدلیل این شرایط کاری خاص خطرات بالقوه ای در کار با این مخازن وجود دارد که میتواند منجر به آسیبها و سوانح بسیار شدید گردد لذا در طراحی و ساخت این مخازن باید دقت ویژه ای اعمال گردد. برای کنترل صحت این موارد باید عملیات کنترل کیفی و بازرسی دقیقی در مراحل ساخت، برنامه ریزی و اجرا گردد.

انواع مخازن تحت فشار

مخازن تحت فشار را میتوان به روشهای زیر دسته بندی نمود:

- ۱- بر اساس روش ساخت، مخازن تحت فشار به انواع مخازن جوش شده، مخازن آهنگری شده (Forged)، مخازن چند دیواره، مخازن چند لایه پوشش دار، مخازن نواریچگی شده و مخازن ترکیبی تقسیم بندی میشوند.
- ۲- بر اساس مواد بکار رفته در ساخت مخازن آنها را میتوان به انواع مخازن فولادی، مخازن غیر آهنی و مخازن غیر فلزی تقسیم نمود.
- ۳- انواع مخازن بر اساس شکل هندسی آنها عبارتند از: مخازن استوانه ای، مخازن کروی، مخازن چهارگوش و مخازن ترکیبی.
- ۴- بر اساس روش نصب مخازن به دو نوع مخازن عمودی و مخازن افقی تقسیم میگردند.
- ۵- بسته به نحوه تحمل بار مخازن دارای دو نوع مخازن با فشار داخلی و مخازن با فشار بیرونی میباشند.
- ۶- بر اساس ضخامت دیواره، مخازن به دو گروه مخازن جداره نازک و مخازن جداره ضخیم تقسیم میشوند. معیار این تقسیم بندی نسبت قطر داخلی به ضخامت دیواره مخزن است. اگر این نسبت بیشتر از ۱۰ باشد مخزن به عنوان جداره نازک و در صورتیکه این نسبت کمتر از ۱۰ باشد، جداره ضخیم محسوب میشود.
- ۷- بر اساس فرآیند مخازن به انواع مخازن واکنشی، مخازن مبدل حرارتی، مخازن جدایش (تفکیک) و محفظه های ذخیره گروه بندی میشوند.
- ۸- بر مبنای دمای کاری مخازن تحت فشار به مخازن دمای پایین (دماهای 20°C و پایینتر)، مخازن دمای معمولی (دماهای بین 20°C و 150°C)، مخازن دمای میانی (دماهای بین 150°C تا 450°C) و مخازن دمای بالا (دمای 450°C و بالاتر).
- ۹- بر اساس فشار طراحی مخازن تحت فشار به چهار گروه قابل تفکیک هستند:

$$0.1\text{MPa} \leq P \leq 1.6\text{MPa} \text{ (L): مخازن با فشار کم}$$

۹-۲- مخازن با فشار متوسط (M): $1.6\text{MPa} \leq P \leq 10\text{MPa}$

۹-۳- مخازن پر فشار (H): $10\text{MPa} \leq P \leq 100\text{MPa}$

۹-۴- مخازن با فشار بسیار بالا (U): $P \geq 100\text{MPa}$

۱۰- براساس نحوه استفاده، مخازن به دو دسته ثابت و قابل حمل تقسیم بندی میشوند.

کدها/استانداردهای مخازن تحت فشار:

به سختی میتوان مشخصات فنی قرارداد، طرح یا پروژه ای صنعتی را یافت که در آن به یکی از استانداردها یا کدهای معتبر جهانی برای مخازن تحت فشار اشاره نشده باشد. یکی از وظایف محوری و اصلی بازرسی اجرای کارها در راستای الزامات و شرایط این دستورات عملیاست. معروفترین کدها/استانداردهای ساخت مخازن عبارتند از:

- ASME Sec. VIII
- BS 5500

هر یک از این کدها/استانداردها شامل صدها صفحه اطلاعات بوده و در آنها به انبوهی از استانداردها و کدهای دیگر استناد و ارجاع داده شده است. این موضوع عملاً همراه داشتن آنها را هنگام بازرسی غیر ممکن میکند. اما این کدها/استانداردها به شدت بر مدار طراحی استوارند و درکار بازرسی فقط به آن بخشهایی نیاز است که در فعالیتهای بازرسی نقش و تاثیر دارند. این بخشها بطور خلاصه در شکل ۱ آورده شده است.

۱. مسئولیتها
<p>پیش از هر چیز به اطلاعات مربوط به چگونگی تعیین مسئولیتها در این استاندارد نیاز دارید، از جمله موارد زیر:</p> <ul style="list-style-type: none"> • مسئولیتهای متقابل میان سازنده و خریدار • نقش تعریف شده سازمان مستقل بازرسی • شرایط و مشخصات فنی و نکات اختیاری که می توانند میان سازنده و خریدار مورد توافق قرارگیرند • چگونگی صدور گواهی و تأییدیه مخزن براساس استاندارد و شخص مسئول این کار
۲. طراحی مخزن
<p>نکات مهم عبارتند از:</p> <ul style="list-style-type: none"> • جزئیات مربوط به مباحث گوناگون ساخت که در استاندارد مخازن به آنها اشاره شده است • شناخت و آگاهی نسبت به طبقه بندی گوناگون اتصالات جوشی • شناخت و آگاهی از ویژگیهای منع شده در طراحی (به ویژه در مورد اتصالات جوشی)
۳. مواد
<p>در مورد اجزای تحت فشار مخزن به اطلاعات زیر برای مواد نیاز دارید:</p> <ul style="list-style-type: none"> • موادی که پیکراست در استاندارد به آنها اشاره شده است. این مواد در دسته های فرعی ورق، قطعات آهنگری شده، مقاطع، پروفیل ها و لوله ها طبقه بندی شده اند. • شرایط و الزامات استاندارد برای سایر مواد (آنها که پیکراست مورد اشاره قرار نگرفته اند) زیرا ممکن است از این مواد به عنوان مواد مجاز استفاده شود. • هر نوع مشخصه های ذاتی مواد مانند درصد کربن، بیشینه مقاومت کششی و یا مقاومت در برابر ضربه که ضرورت آن در استاندارد قید شده باشد. • شرایط و الزامات ویژه کاربرد مواد در دماهای پایین.
۴. ساخت، بازرسی و آزمون
<p>زمینه های مرتبط (براساس ترتیب استفاده) عبارتند از:</p> <ul style="list-style-type: none"> • شرایط لازم برای شناسایی و ردیابی مواد • آزمونهای غیرمخرب روی مواد خام اصلی • رواداشت یا تکرانهای نصب (ناهمترازی و انحراف از گردگونی) • شرایط و الزامات کلی برای اتصالات جوشی • تعیین صلاحیت جوشکاران • تهیه نمونه های آزمون • میزان آزمونهای غیرمخرب برای اتصالات جوشی • روشهای پذیرفته شده آزمونهای غیرمخرب • معیار پذیرش عیوب • آزمون فشار • محتوای شناسنامه مخزن

شکل ۱- اطلاعات مورد نیاز از کدها/استانداردهای مخازن تحت فشار برای عملیات بازرسی

با توجه به کاربرد وسیع کد ASME در دنیا و خصوصا در ایران این نوشتار بر مبنای این کد تهیه شده است.

کد ASME :

بعد از جنگ داخلی آمریکا ظرف ۱۰ سال (از ۱۸۹۵ تا ۱۹۰۵) تعداد ۳۶۱۲ بویلر منفجر شد. تقریبا میانگین روزی یک عدد و حدود ۷۶۰۰ نفر در اثر این انفجارات جان خود را از دست دادند. بر همین اساس اولین قوانین مربوط به طراحی بویلر در سال ۱۹۰۷ در ایالت ماساچوست نوشته شد که برای اولین بار در ایالات آمریکا بعنوان یک قانون لازم الاجرا معرفی شد. به تدریج در سالهای بعد بخشهای دیگری نیز به این کد اضافه شد. کد ASME Sec. VIII تحت عنوان Unfired Pressure Vessels که شامل الزامات طراحی، ساخت و کنترل کیفی حین ساخت مخازن تحت فشار میگردد در سال ۱۹۲۵ برای اولین بار منتشر شد. این کد هم اکنون در سه قسمت (Division) منتشر میگردد. این قسمتها عبارتند از:

- ASME Sec. VIII Div. 1 : for upper than 15 psi (up to 3000 psi)
- ASME Sec. VIII Div. 2 : for upper than 15 psi (up to 10000 psi)
- ASME Sec. VIII Div. 3 : for upper than 10000 psi (High Pressure Vessel)

کد ASME Sec. VIII Div. 1 شامل سه زیر مجموعه (Subsection) و دو ضمیمه (Appendix) میگردد. ضمیمه های الزامی (Mandatory) با شماره و ضمیمه های غیر الزامی یا پیشنهادی (Nonmandatory) با حروف الفبا طبقه بندی شده اند. زیرمجموعه اول (Subsection A) شامل جزء (Part) UG است که کلیه شرایط لازم و اجرایی را برای همه مخازن تحت فشار دارا میباشد.

زیرمجموعه دوم (Subsection B) شامل اجزاء UW، UB و UF است که کلیه شرایط لازم و خاص اجرایی روشهای مختلف ساخت مخزن شامل جوشکاری (UW)، لحیمکاری (UB) و آهنگری (UF) را پوشش میدهد.

زیرمجموعه سوم (Subsection C) شامل اجزاء UCS، UNF، UHA، UCI، UCL، UCD، UHT، ULW و ULT است که کلیه شرایط لازم و اجرایی برای مواد در کلاسهای مختلف برای استفاده در ساخت مخازن تحت فشار را دربر میگیرد.

برای اطلاعات بیشتر از وضعیت این سه زیر مجموعه به پاراگراف U-1(b) از کد ASME Sec. VIII Div.1 مراجعه نمایید.

انواع اصطلاحات در ASME Sec. VIII Div.1 :

- Mandatory : شامل دستورات لازم الاجرا میگردد.
 - Nonmandatory : شامل دستوراتیست که حکم پیشنهادی دارند.
 - Shall : دستوراتی که همراه با این واژه آورده شوند حالت اجباری داشته و باید اجرا شوند.
 - Should : دستوراتیست که حکم توصیه دارند.
 - Must : دستوراتیست که حالت اجباری داشته و باید اجرا شوند. تاکید آن بیشتر از کلمه Shall است.
- شکل ۲ بصورت "جدول مرجع سریع" به موارد مرتبط با بازرسی (بر اساس شکل ۱) در کد ASME اشاره میکند.

اطلاعاتی که نیاز دارید	چگونه آنها را در ASME Sec. VIII پیدا کنید
<p>۱. مسئولیتها:</p> <p>● گواهی</p> <p>● توافقات میان خریدار و سازنده</p> <p>۲. طراحی مخزن:</p> <p>● دسته‌بندی ساخت</p> <p>● گونه‌های اتصال</p> <p>● ویژگیهای طراحی</p> <p>۳. مواد</p> <p>● مواد قابل قبول</p>	<p>در بخش UG-90، ۱۹ مورد برای مسئولیت‌های سازنده و ۱۴ مورد برای مسئولیت‌های بازرسی مجاز قید شده است.</p> <p>برای اینکه یک مخزن «مهر» تأییدیه ASME را دریافت کند باید کاملاً منطبق با شرایط این استاندارد ساخته شده و مورد بازرسی قرار گرفته باشد. سازنده نیز باید دارای «گواهی صلاحیت» باشد.</p> <p>بخشهای UG 115-120 شرایط و الزامات نشانه‌گذاری و صدور گواهی را مشخص کرده‌اند.</p> <p>هرچند به شکل تلویحی به چنین توافقهایی اشاره شده است ولی هیچ صورت مشخص و روشنی برای «موارد توافق» وجود ندارد.</p> <p>دو بخش Div 1 و Div 2 برای مخزن وجود دارد.</p> <p>بیشتر مخزنها براساس شرایط بخش Div 1 بررسی و ارزیابی می‌شوند. بخش Div 2 برای مخزنهای خاص با مواد ویژه و الزامات بسیار سخت و شدید بازرسی و آزمون به کار می‌رود.</p> <p>در بخش UW-3 دسته‌بندی A, B, C, D برای اتصالات جوشی تعریف و مشخص شده است که هر کدام شرایط و الزامات خاص خود را برای آزمونهای غیرمخرب دارند (به شکل ۱۵.۶ کتاب نگاه کنید).</p> <p>شکل‌های 13.1, 13.2, 16.1 و UW-12 گونه‌های قابل قبول (و برخی غیرقابل قبول) اتصالات جوشی را نشان می‌دهند. بسیاری از این اطلاعات بیشتر جنبه راهنمایی دارند و اجباری نیستند.</p> <p>بخش UG-4 به موادی که در ASME Sec. II معرفی شده‌اند اشاره می‌کند. بخش UG-10 اجازه می‌دهد که مواد جایگزین و یا موادی که کاملاً مشخص نیستند دوباره بررسی و گواهی شوند. برخی مواد که مورد تأیید قرار گرفته‌اند عبارت‌اند از: ASTM SA-202 (ورق‌ها)، SA-266 (آهن‌گری شده)، SA-217، SA-192 (لوله‌ها) و (ریختگی).</p>
<p>۴. ساخت، بازرسی و آزمون</p> <p>● شناسایی مواد</p> <p>● آزمون غیر مخرب روی مواد خام</p> <p>● رواداشتهای نصب</p> <p>● تعیین صلاحیت جوشکاران</p> <p>● نمونه‌های آزمون</p> <p>● میزان آزمونهای غیر مخرب روی جوشکارها</p> <p>● روشهای آزمونهای غیرمخرب</p> <p>● معیارهای پذیرش عیوب</p> <p>● آزمون فشار</p> <p>● محتوای شناسنامه مخزن</p>	<p>چکیده</p> <p>مواد موردنیاز برای قطعات و اجزای تحت فشار باید دارای گواهی بوده و نشانه‌گذاری شوند. این به معنای قابل ردیابی بودن مواد است.</p> <p>به بازرسی و بررسی چشمی اشاره شده است. آزمون رنگ نافذ و یا ذرات مغناطیسی تنها برای کاربردهای خاص و ضخامت مشخص مواد الزامی و اجباری است.</p> <p>اندازه رواداشت یا تیرانس گردگونی (انحراف از گردگونی) و ناهمترازی به دقت مشخص شده است.</p> <p>مدارک PQR, WPS و ارزیابی جوشکاران لازم است.</p> <p>برای شرایطی که در بخش UG-84 مشخص شده، نمونه آزمون مورد نیاز است.</p> <p>در بخش UW-11 آزمون پرتونگاری برتر شناخته شده است و در برخی شرایط خاص و استثنايي آزمون فراصوت مجاز شناخته شده است.</p> <p>روشها و فنون مندرج در ASME Sec. V الزامی است.</p> <p>بخش UW-51 معیارهای پذیرش برای آزمون ۱۰۰ درصد پرتونگاری و بخش UW-52 معیارهای پذیرش برای آزمون پرتونگاری به شکل «موضعی» را مشخص می‌کند.</p> <p>اجرای آزمون باید در حضور بازرسی انجام گیرد. بخش UG-99 (b) فشار آزمون را برابر ۱۵۰٪ فشار کاری (طراحی) قید کرده است.</p> <p>برای همخوانی کامل با استاندارد نشانه‌گذاری و تکمیل مدارک و شناسنامه مخزن الزامی است.</p> <p>شماره بخش در ASME VIII</p> <p>UG-94</p> <p>UG-93 (d)</p> <p>UG-80, UW-33</p> <p>UW-28, 29, 48</p> <p>UG-84</p> <p>UW-11</p> <p>UW-51, 52, 53</p> <p>UW-51, 52</p> <p>UG-99</p> <p>UG-115 تا 120</p>

شکل ۲- مرجع سریع اطلاعات مورد نیاز برای بازرسی بر مبنای ASME Sec. VIII

جوشکاری

ارزیابی دستورالعمل و کارکنان جوشکاری :

یکی از مهمترین فعالیت یک بازرس بررسی و ارزیابی دستورالعملهای جوش و کارکنان جوشکاری به منظور تطابق آنها با الزامات کد می باشد . کد روش مشخصی را برای سازنده اعلام نکرده است اما او را الزام کرده که سلامت جوشها و صلاحیت کارکنان جوشکاری را اثبات نماید. در پاراگراف شماره UW-26(C) اشاره شده که : " هیچ عملیات تولیدی تا زمان تایید ارزیابی دستورالعملهای جوش و جوشکاران نباید اجرا شود". چگونگی این ارزیابی ها در ASME sec IX اعلام شده است بازرس باید با خصوصیات مواد و الکترودها آشنایی داشته و دارای تجربه در ارزیابی دستورالعملها و نمونه های آزمون براساس کد باشد . او باید با چگونگی علت یابی مردود شدن نمونه های آزمون آشنا باشد. در حقیقت سازنده باید در زمینه علت یابی خرابی ها بسیار مشتاقتر از بازرس باشد چرا که جلوگیری از خرابی بسیار کم هزینه تر از تعمیرات است .

دستورالعمل تایید شده مهمترین عامل در تولید یک جوش سالم است. در صورتیکه یک دستورالعمل به درستی تهیه شده باشد ، برای تایید صلاحیت جوشکاران کفایت که آنها توانایی خود را در تولید یک جوش که بتواند آزمونهای خمش ریشه و سطح یا خمش جانبی را با موفقیت طی نماید نشان دهد ، باید یادآور شد که کیفیت جوش نه تنها به الکتروود مناسب بلکه به روش استفاده از آنها نیز بستگی دارد . بازرس باید علاوه بر ارزیابی دستورالعمل و جوشکاران باید از اجرای صحیح و مطابق با دستورالعمل جوش حین عملیات ساخت نیز اطمینان حاصل کند.

هنگامی که یک دستورالعمل جوش مورد تایید قرار می گیرد باید سند تاییدیه آن برای بازرسی های بعدی که ممکن است توسط بازرس یا نماینده خریدار انجام گیرد، تهیه و ثبت گردد متاسفانه بعضی از سازندگان در نگهداری این اسناد حساسیت لازم را به خرج نمی دهند.

جدول ۱- مرجع کد برای الزامات دستورالعمل، تاییدیه دستورالعمل و گواهینامه جوشکار

Remarks	Code reference
Manufacturer must assign an identifying number, letter, or symbol to permit identification of welds made by welder or welding operator	Par. UW-29
Manufacturer must maintain a record of welders and welding operators, showing date, test results, and identification mark assigned to each	
Records must be certified by manufacturer and made accessible to Inspector	
Welder must stamp symbol on plate at intervals of 3 ft or less on work done on steel plate ¼ in thick or more; for steel plate less than ¼ in thick or nonferrous plate less than ½ in thick, suitable stencil or other surface marking must be used	Par. UW-37
Records must be kept by manufacturer of all welders and welding operators working on a vessel and the welds made by each so that these data will be available for the Inspector	Par. UW-48
No production work can be done until both the welding procedure and the welders or welding operators have been qualified	Pars. UW-5, UW-26(c), UW-28, UW-29, UW-47, Section IX
Procedure for clad vessels	Pars. UCL-31, UCL-40 to -45
Lowest permissible temperature for welding	Par. UW-30
No welding should be done when temperature of base metal is lower than 0°F	
Heat surface area to above 60°F where a weld is to be started when temperature is between 0 and 32°F	

دستورالعمل جوش (WPS):

استانداردهای مختلف تعاریف متفاوتی ارائه می دهند. بعنوان مثال ASME بیان می کند " WPS مدرکی است که راهنمایی های لازم را برای انجام جوشکاری بر اساس الزامات کد ارائه می کند". به بیان دیگر هدف از تنظیم یک WPS مشخص کردن جزئیات فرآیند جوشکاری قطعه مورد نظر است. دستورالعمل جوشکاری در حقیقت از پیش مقادیر و محدوده تغییرات پارامترهای دخیل در جوشکاری را مشخص کرده و مشخصات مواد مورد جوشکاری را نیز دارا است. پس یک دستورالعمل جوشکاری کنترل کننده و متضمن کیفیت قطعه جوشکاری شده می باشد. بدین ترتیب شرط لازم برای آغاز هر فعالیت جوشکاری در دست داشتن WPS می باشد.

جزئیات فرم WPS

استانداردها و کدهای مختلف، فرمهای متفاوتی برای WPS ارائه می دهند. البته در استانداردهای مربوطه نیز ذکر شده است که آنها فقط به عنوان راهنمایی داده شده اند و بسته به شرایط کاری هر شرکت، این فرمت تا حدی قابل تغییر است. اما آنچه رایج است این است که همین فرمتها با تغییراتی جزئی به کار می روند.

چگونگی تنظیم WPS بر اساس ASME Sec.IX

ASME Section IX به دو بخش اصلی QW و QB تقسیم می گردد که بخش QW مربوط به الزامات جوشکاری است و خود به پنج Article تقسیم می شود (Q از ابتدای واژه Qualification گرفته شده است) که عبارتند از:

QW-100 General introduction to testing requirements etc.

QW-200 Procedure qualification details.

QW-300 Performance qualifications (welder approvals) details.

QW-400 Welding data. This is the biggest section of the code and covers data for both procedure and performance qualification. It includes:

-Material and consumable data

-Approval range for thickness, diameter, joint

-Configuration and welding positions.

-Definitions used in code.

QW-500 Standard Welding Procedure Specifications (SWPSs)

مطابق آنچه در QW-200.1(d) کد ASME Section IX آمده است، فرم پیشنهادی WPS که در ضمیمه B کد وجود دارد بعنوان یک راهنما در تنظیم WPS به کار می رود (اگر به این ضمیمه مراجعه کنید خواهید دید که عنوان آن Nonmandatory Appendix B است یعنی غیر الزامی است) این فرم شامل اطلاعات لازم برای فرآیندهای SMAW, SAW, GMAW و GTAW است و تمام اطلاعات لازم برای سایر روشهای جوشکاری در آن درج نشده است. این فرم همچنین بعضی متغیرهایی را که به همه فرآیندها مرتبط نمی شود را درج کرده است (بعنوان مثال گاز محافظ در روش SAW کاربردی ندارد اما در فرم وجود دارد) در ضمن از این فرم نمی توان به آسانی در فرآیندهای چندگانه (مثلا GTAW برای جوشکاری پاس ریشه و SMAW برای جوشکاری بقیه پاسها) استفاده کرد و نیاز به تغییرات جزئی دارد.

نام شرکت (Company Name)

در این قسمت از فرم نام شرکت متبوع ذکر می گردد. چون در یک پروژه صنعتی علاوه بر تکمیل WPS باید مدارک زیاد دیگری نیز تکمیل شوند که در تمام آنها باید نام شرکت بیاید، پیشنهاد می گردد از مخفف یا کوتاه شده نام استفاده شود.

تنظیم کننده و گواهی کننده (By)

اگرچه در ASME Section IX روشی برای گواهی نمودن (authorization or certification) مدرک WPS ذکر نشده است اما به دلیل اهمیت این مدرک بهتر است ترتیبی اتخاذ شود تا این مدرک پس از تنظیم، بازرینی و تأیید گردد. در حال حاضر آنچه رایج است این است که روبروی By نام تهیه کننده مدرک ذکر شده و معمولاً WPS در قالب یک مدرک داده می شود که در صفحه ابتدایی آن نام تهیه کننده (Prepared by)، بازرینی کننده (Checked by) و تأیید کننده (Approved by) درج می گردد.

شماره WPS (WPS No.)

اگرچه در ASME Section IX روشی برای شماره گذاری مدرک WPS ذکر نشده است اما اگر سیستم کیفیت در شرکت وجود داشته باشد، مسلماً به هر WPS یک شماره یکتا (unique) باید اختصاص یابد به این معنی که در آن پروژه نباید دو WPS وجود داشته باشند که هر دو دارای یک شماره باشند.

تاریخ تنظیم (Date)

در این بخش، تاریخ تنظیم یا تأیید WPS ذکر می گردد.

شماره بازرینی (Revision)

معمولاً وقتی یک WPS برای نخستین بار تنظیم می گردد در این قسمت شماره 0 درج می شود. پس از تنظیم WPS ممکن است به دلیل توصیه های مشاور پروژه یا تغییرات پیش آمده، لازم باشد تا بخشهایی از WPS دچار تغییر گردند. پس از اعمال تغییرات لازم شماره بازرینی نیز تغییر کرده و مثلاً به 1 تبدیل می گردد. برای اطلاعات بیشتر می توانید QW-200.1(c) را ببینید.

تاریخ بازرینی (Revision Date)

همانطور که از عنوان مشخص است در این بخش باید تاریخ بازرینی WPS ذکر گردد. همانطور که پیش از این ذکر شد، معمولاً WPS در قالب یک مدرک داده می شود که باید شماره و تاریخ بازرینی در بخش مربوطه ذکر شده و گواهی شود.

شماره یا شماره های PQR (Supporting PQR No.(s))

مطابق QW-200.1(b) در این قسمت باید شماره PQR تایید کننده این WPS درج شود. یادآوری این نکته لازم است که گاهی برای پوشش دادن تمامی دامنه متغیرهای اساسی (essential variable) به بیش از یک PQR نیاز خواهد بود و در این حالت در این بخش بیش از یک شماره درج خواهد گردید.

فرآیند یا فرآیندهای مورد استفاده برای جوشکاری (Welding Process(es))

در QW-253 از فرآیند جوشکاری به عنوان یک متغیر اساسی (essential variable) نام برده نشده است اما در QW-401 از آن به عنوان یک متغیر اساسی یاد شده است. به هر صورت در این بخش از فرم WPS باید نوع فرآیند جوشکاری ذکر شود. به دلیل کثرت استفاده بهتر است فرآیندهای جوشکاری با نام اختصاری نشان داده شوند. ر انتخاب فرآیند جوشکاری

نحوه انجام فرایند جوشکاری (Type)

روشهای مختلف اعمال یک فرآیند جوشکاری می تواند دستی (Manual)، خودکار (Automatic)، نیمه خودکار (Semi-Automatic) یا ماشینی (Machine) باشد.

طرح اتصال (Joint Design)

مشخصات طرح اتصالی که دستورالعمل جوشکاری برای آن نوشته می شود باید در این قسمت از فرم WPS درج شود. در واقع اتصال (Joint) را می توان نحوه قرار گرفتن قطعاتی که باید جوشکاری شوند در کنار یکدیگر، تعریف کرد.

پشت بند (Backing)

بنا بر شرایط طراحی و به منظور مواردی چون جلوگیری از اکسید شدن مذاب شیار جوش، عدم ریزش مذاب از پشت جوش، اطمینان از خالی نماندن یا ایجاد سوختگی جوش در قسمت پشتی جوش و غیره از تسمه فلزی، جریان گاز یا فلاکس به عنوان پشت بند استفاده می شود.

نوع و جنس مواد پشت بند (Backing Material Type)

در صورت تایید قسمت قبل یعنی نیاز به استفاده از پشت بند، درج جنس و نوع مواد مورد نظر جهت پشت بند الزامی است.

مطلب دیگری که معمولاً باید در WPS به آن اشاره شود، ترسیم و نمایش توالی پاسهای جوشکاری (Bead) است. چگونگی انتخاب این توالی بستگی به احتمال پیچیدگی (Distortion) جوش دارد. اما در قسمت طرح اتصال پس از رسم پخ جوش توالی جوشکاری پاسها به همراه شماره گذاری باید رسم شوند. طرحهای جوشی که از نظر جنس ورق و نوع الکتروود مورد مصرف مشابه بوده و به همین دلیل بوسیله یک WPS پوشش داده می شوند باید به صورت مجزا ترسیم و توالی پاسهای آنها نشان داده شوند.

فلزات پایه (Base Metals)

ذکر نوع و ترکیب شیمیایی فلز مورد جوشکاری از جمله مهمترین مطالب قابل ذکر در WPS است. این امر در انتخاب سایر مشخصات فرآیند جوشکاری از قبیل پیش گرم کردن، پس گرمایی، انتخاب الکتروود و تکنیک کار دخیل است.

عدد مشخصه P (P-No.)

جهت کاهش تعداد فرمهای WPS و PQR، فلزات پایه تحت عددی به نام P تقسیم بندی می شوند. در صورتی که برای بررسی کیفیت فولاد، آزمون ضربه لازم باشد، تقسیم بندی جزئی تر شده و Group No. نیز مطرح می شود. اساس تقسیم بندی های فوق، ترکیب آلیاژ، جوش پذیری و خصوصیات مکانیکی است.

محدوده ضخامت (Thickness Range)

ضخامت مقطع جوشکاری در این قسمت ذکر می شود. بر اساس QW-451.1 برای کمتر شدن تعداد WPS می توان از محدوده ضخامت زیر استفاده کرد:

الف- ضخامت کمتر از 1/16 in. (1.6mm)

ب- 3/8 in. (10mm) ≤ ضخامت < 1/16 in. (1.6mm)

پ- 3/4 in. (19mm) < ضخامت < 3/8 in. (10mm)

ت- 3/4 in. (19mm) ≤ ضخامت < 1 1/2 in. (38mm)

ث- ضخامت 1 1/2 in. (38mm) و بالاتر

محدوده قطر لوله (Pipe Diameter Range)

در صورتیکه قطعه مورد جوشکاری لوله باشد، علاوه بر ذکر محدوده ضخامت لازم است تا قطر لوله مورد جوشکاری هم در این قسمت از WPS ذکر شود. قطر خارجی با علامت O.D. و قطر داخلی با علامت I.D. مشخص می شوند. QW-452.3 محدوده قطر را مشخص کرده است.

الف- قطر خارجی کمتر از 1 in. (25mm)

ب- 27/8 in. (73mm) < قطر خارجی ≤ 1 in. (25mm)

پ- 27/8 in. (73mm) ≥ قطر خارجی

فلزات پر کننده (Filler Metals)

اصولاً در اکثر فرایندهای جوشکاری برای ایجاد اتصال بین فلزات پایه، به یک پل واسطه فلزی نیاز داریم. فلزات مورد استفاده برای این منظور به عنوان فلزات پر کننده شناخته می شوند.

عدد مشخصه (F-No) F

در حقیقت F-No یک تقسیم بندی برای الکترودهاست که در QW-432 طی جداولی به آن اشاره شده است. اساس تقسیم بندی موارد استفاده، کاهش تعداد WPS و PQR های یک پروژه و مشابهت خصوصیات جوشکاری الکترودها و سیم جوش ها بوده است.

آنالیز فلز جوش یا عدد (A-No) A

عدد A-No تنها در مورد آلیاژهای آهنی کاربرد دارد. بر اساس QW-404.5 عدد A استخراج شده و درج می شود.

شماره مشخصات فلز پرکننده (Spec. No.)

حدود سی شماره توسط AWS برای طبقه بندی مشخصات فلز پر کننده تعیین شده است. این تقسیم بندی در ASME با پیشوند SF استفاده شده است.

شماره کلاس و استاندارد الکتروود (AWS No. (Class No.))

استانداردهای گوناگونی برای نام گذاری الکترودها وجود دارد. برای نامگذاری الکتروود های روکش دار کلاس A 5.1 از فرمت E xxxx استفاده می شود.

کلاس فلاکس (پودر جوش) (Electrode- Flux (Class))

هر گونه مشخصات و استانداردهای مربوط به فلاکس های جوشکاری زیر پودری مطابق با SFA-5.17 برای الکتروود و فلاکس های فولاد ساده کربنی و SFA-5.23 برای الکتروود و فلاکس های فولاد کم آلیاژ در این قسمت درج می گردد.

لایه مصرف شدنی (Consumable insert)

گاهی به منظور حفظ مشخصات طرح اتصال و نیز اطمینان از جوش نفوذی در پاس ریشه، از لایه های مصرف شدنی استفاده می شود. مشخصات این لایه های مصرف شدنی در ASME Sec.II, Part C, SFA 5.30 ذکر شده است. در مواردی که آنالیز و مشخصات لایه بر اساس SFA 5.30 است، F.No نیز باید بر اساس QW-432 با سیم جوش مصرفی، هماهنگ باشد.

موارد دیگر (Other)

نام تجاری، کد سازنده و یا دیگر مشخصات فلز پرکننده و لایه مصرف شدنی در این قسمت ذکر می گردد.

وضعیت جوشکاری (Positions)

اصولاً جوشکاری در چهار وضعیت کلی قابل انجام است:

۱) تخت Flat

Horizontal افقی (۲)

Vertical عمودی (۳)

Overhead بالا سری (۴)

استاندارد مربوط به وضعیت جوشکاری QW-405 می باشد. در استاندارد ASME Sec. IX در بند QW-461 وضعیت های مختلف جوشکاری ذکر شده است. موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از: وضعیت شیار یا گوشه ای و جهت پیشروی

جهت پیشروی (Welding Progression)

در این قسمت جهت پیشروی جوشکاری ذکر می گردد که عمدتاً برای گوشه های عمودی جهت پیشروی از پائین به بالا (Upward) می باشد.

پیش گرم کردن (Preheat)

دمای پیش گرم کردن باید حداقل به فاصله ۷۶ میلی متر (۳ اینچ) در اطراف محل جوش ثابت باشد. بند مرتبط با پیش گرم کردن QW-406 است.

موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از: حداقل دمای پیش گرم کردن، حداکثر دمای بین پاسی، نگهداری پیشگرم

عملیات حرارتی پس از جوشکاری (پس گرمایی) (Post Weld Heat Treatment)

این مطلب بوسیله QW-407 تشریح می شود. در WPS قسمتهایی به عملیات حرارتی پس از جوشکاری مربوط می شود. معمولاً شامل این قسمتها می شوند: نوع عملیات حرارتی، سرعت گرم کردن، دمای نگهداری، زمان نگهداری، سرعت سرد کردن

گاز (Gas)

یکی از وظایف مهم گاز محافظ، حفاظت حوضچه مذاب از آلودگی ناشی از اتمسفر می باشد. مشخصات گاز محافظ در این قسمت از WPS بر اساس بند QW-408 عنوان می شود. موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از:

(۱) نوع گاز محافظ - کمکی - پستی (۲) درصد ترکیب گاز محافظ - کمکی - پستی (۳) آهنگ جریان گاز محافظ - کمکی

- پستی

مشخصات الکتریکی (Electrical Characteristics)

تغییر در نوع و قطبیت جریان الکتریکی، افزایش در گرمای ورودی و یا افزایش حجم و میزان فلز جوش رسوب داده شده در واحد طول، باعث تغییر در کیفیت جوش می شود. همچنین میزان فلز جوش با افزایش اندازه گرده جوش و یا کاهش طول خط جوش به ازای هر الکتروود، متناسب است. مشخصات الکتریکی بر اساس بند QW-409 می باشد. این مشخصات شامل نوع جریان، قطبیت، محدوده آمپر و محدوده ولتاژ میگردد.

اندازه و نوع الکترود تنگستن (Tungsten Electrode Size and Type)

در فرآیند GTAW، الکترود تنگستن مصرف نشدنی است. این الکترود با توجه به نقطه ذوب بالا، در حین جوشکاری ذوب نمی شود.

نوع انتقال فلز مذاب برای GMAW (Mode of Metal Transfer for GMAW)

در جوشکاری GMAW، شدت جریان و ترکیب گاز محافظ بر روی روش انتقال فلز مذاب تأثیر می گذارد. روشهای انتقال فلز مذاب عبارتند از:

اتصال کوتاه (Short Circuiting)، افشانکی (Spray)، قطره ای (Globular) و ضربانی (Puls)

سرعت تغذیه سیم جوش (Electrode Wire Feed Speed Range)

در این قسمت سرعت تغذیه سیم جوش به حوضچه مذاب تعیین می شود.

تکنیک و روش کار (Technique)

نکات تکنیکی روش جوشکاری بر اساس QW-410 می باشند. موارد پیشنهادی برای ارائه در این بخش عبارتند از:

۱. گرده (مهره) جوش نواری یا موجی (بافته ای)

۲. اندازه کلاهک یا نازل عبور گاز

۳. تمیز کاری اولیه و بین پاسی

۴. روش برداشتن پشت جوش

۵. نوسان

۶. محدوده فاصله تماس لوله با کار

۷. جوش تک پاسه یا چند پاسه در هر طرف

۸. الکترود های تکی یا چند تایی

۹. سرعت جوشکاری

۱۰. چکش کاری

نکات لازم در نوشتن WPS

آنچه تا کنون ارائه شد، تشریح و نحوه تنظیم یک WPS در حالت کلی بود. بر اساس استاندارد ASME در هر فرایند، متغیرهای موجود به سه دسته تقسیم می شوند:

a. متغیر های اساسی

b. متغیر های تکمیلی

c. متغیر های غیر اساسی

متغیرهای اساسی (*Essential Variables*) : متغیرهایی هستند که تغییر در آنها باعث نوشتن یک WPS یا PQR جدید می شود .

متغیرهای تکمیلی (*Supplementary Essential Variables*) : این متغیرها در صورتی باعث نوشتن یک WPS یا PQR جدید می شوند که در مشخصات فنی اشاره ای به آزمون ضربه جهت تعیین کیفیت شده باشد .

متغیرهای غیر ضروری (*Nonessential Variables*) : متغیرهایی که تغییر آنها باعث نوشتن یک WPS یا PQR جدید نمی شود .

بر اساس کد ASME Sec.IX متغیرهای مختلف هر فرآیند در بندهای QW-252 تا QW-262 ذکر شده اند. در ابتدا چنین به نظر می رسد که برای هر شکل اتصال باید یک WPS مجزا نوشت اما با استفاده از متغیرهای اساسی می توان چندین طرح اتصال را در یک WPS گنجانده. لذا می توان گفت استفاده از متغیرهای اساسی و تکمیلی باعث کاهش تعداد WPS و PQR های لازم و مورد استفاده برای یک پروژه می گردد.

تاییدیه دستورالعمل جوش (PQR):

هدف از انجام آزمایشهای تایید دستورالعمل جوشکاری آن است که نشان دهیم دستورالعمل جوشکاری تدوین شده (WPS) جوشی سالم و با خواص مکانیکی مطلوب و قابل پذیرش در محدوده استاندارد مربوطه، بوجود می آورد. نتیجه آزمایشها در فرم خاصی ثبت می شود که به آن گزارش تایید دستورالعمل جوشکاری (PQR) می گویند. مسئولیتها در تهیه این مدرک در بند QW-201 به روشنی بیان شده اند.

جزئیات فرم PQR

استانداردها و کدهای مختلف، فرمهای متفاوتی برای PQR ارائه می دهند. البته در استانداردهای مربوطه نیز ذکر شده است که آنها فقط به عنوان راهنمایی داده شده اند و بسته به شرایط کاری هر شرکت این فرمت تا حدی قابل تغییر است. اما آنچه رایج است این است که همین فرمتها با تغییراتی جزئی به کار می روند.

مراحل تهیه PQR

برای این کار *test plate* (به آن *sample* یا نمونه آزمون و *test coupon* نیز گفته می شود) با ویژگیهای ذکر شده در کد یا استاندارد مورد نظر آماده شده و برای انجام آزمونهای لازم به آزمایشگاه فرستاده می شود. آزمایشگاه از نمونه ارسالی نمونه های کوچکتری به نام آزمون (specimen) تهیه کرده و مورد آزمایش قرار می دهد. آزمونهای لازم و نیز معیارهای پذیرش نتایج آزمون، در کد یا استاندارد مورد استفاده مشخص شده اند. اگر معیارهای کیفی و کمی استاندارد یا کد مورد نظر برآورده شوند، می توان WPS را تصویب شده تلقی کرد و آن WPS قابلیت اجرا پیدا می کند.

برای تهیه یک PQR چهار مرحله زیر طی می شود :

- ۱- آماده سازی و جوشکاری نمونه های مناسب
- ۲- تهیه آزمون و آزمایش آنها
- ۳- ارزیابی نتایج و نتیجه گیری
- ۴- ثبت و تایید نتایج (در صورت قابل پذیرش بودن آنها)

معمولاً نمونه‌ها به نحوی مونتاژ و ساخته می‌شوند که درز اتصال در وسط نمونه قرار بگیرد. مواد، نحوه و جزئیات جوشکاری نمونه‌ها باید مطابق با WPS مربوط باشد، به عبارت دیگر متغیرهای اساسی باید یکسان باشند (QW-211). شکل نمونه آزمون (ورق، لوله و ...) انتخابی است. تائید نهایی PQR بر اساس نمونه آزمون لوله باعث تائید جوشکاری بر روی ورق خواهد بود و برعکس.

نوع و تعداد نمونه‌ها برای جوش شیاری باید با مقادیر ذکر شده در استاندارد (QW-451) مطابقت داشته باشد. نحوه انتخاب و جدا سازی نمونه از ورق و لوله در QW-463.1 آمده است. برای مشاهده موارد مربوط به جوش گوشه ای (fillet) باید به QW-202.2(c) و همچنین QW-202.2(d) مراجعه کرد.

تذکر این نکته لازم است که نمونه‌های خمش از نوع عرضی (transverse) هستند. اگر یکی از فلزات پایه از دیگری نرمتر باشد یا فلز پایه و فلز جوش دارای داکتیلیتی متفاوتی باشند، QW-202.1 این اجازه را می‌دهد که مطابق QW-451.2 از نمونه‌های خمش طولی استفاده گردد. به عبارت دیگر در صورتیکه جنس و خصوصیات مکانیکی دو فلز پایه یا الکتروود و فلز پایه متفاوت باشد، بهتر است بجای آزمایش خمش عرضی (رویه و ریشه) از آزمایشات خمش طولی رویه و ریشه استفاده شود.

آزمایش نمونه‌های تهیه شده

آزمایشهای مورد نیاز برای جوشهای شیاری عبارتند از :

بازرسی چشمی (Visual Inspection)

آزمایش کشش برای اندازه گیری استحکام کششی (Tensile test)

آزمایش خمش ریشه برای سلامت جوش (Root Bend test)

آزمایش خمش جانبی برای سلامت جوش (Side Bend test)

آزمایش خمش رویه (گرده) برای سلامت جوش (Face Bend test)

آزمایش کشش از فلز جوش برای تعیین خواص مکانیکی فرآیندهای ESW و EGW (All weld metal tension test)

آزمایش ضربه برای تعیین چقرمگی و انرژی ضربه (Impact test)

آزمایش ماکرواچ برای سلامت و نفوذ موثر ساق جوش (Macroetch test)

آزمایش رادیوگرافی یا اولتراسونیک (RT, UT : Non destructive test)

همچنین برای جوشهای گلوبی (Fillet) آزمایشهای زیر مورد نیاز است :

بازرسی چشمی (Visual Inspection)

آزمایش ماکرواچ برای اطمینان از سلامت و ذوب کافی جوش (Macroetch test)

آزمایش خمش جانبی برای سلامت جوش (Side Bend test)

آزمایش کشش از فلز جوش برای تعیین خواص مکانیکی (All weld metal tension test)

نکات تهیه PQR (محدودیت متغیرها)

جهت کاهش هزینه و زمان ناشی از آزمایشهای تعیین کیفیت، لازمست تا محدوده ای برای متغیرهای PQR در نظر گرفته شود. بدیهی است تغییر هر یک از متغیرها در خارج از محدوده تعریف شده، منجر به نوشتن WPS و PQR جدید می‌شود. بر اساس QW-200 هر تولید کننده موظف به ارائه WPS جهت مشخص کردن روش جوشکاری است و هر WPS باید به کمک آزمایشهای کنترل کیفی (PQR)، تائیدیه کیفیت دریافت کند. پس هر WPS به یک PQR نیاز دارد. اما با توجه به نکات QW-

252 تا QW-262 امکان تنظیم یک PQR برای تضمین کیفیت چندین WPS وجود دارد. در جداول کد QW-262 تا QW-252، امکان تغییر (افزایش یا کاهش) هر یک از متغیرهای اساسی، تکمیلی و غیر اساسی فرآیند های مختلف جوشکاری مورد مقایسه قرار گرفته است. لازم به ذکر است در QW-200 تا QW-218 مطالبی که باید در تنظیم و استفاده از PQR مد نظر قرارداد، ذکر شده است.

تایید صلاحیت جوشکار (WPQ)

ناگفته پیداست که برای انجام جوشکاری لازم است از فردی که صلاحیت انجام این کار را داشته باشد استفاده گردد. بنابراین باید جوشکار، تایید صلاحیت گردد. این فرآیند Welder Performance Qualification نام دارد که به طور اختصاری به WPQ موسوم است. چگونگی تایید صلاحیت جوشکار در استاندارد یا کد مورد نظر با ذکر جزئیات ذکر شده است. ذکر این نکته لازم است که برخی استانداردها به جای WPQ از WQR که مخفف عبارت Welder Qualification Record است استفاده می کنند.

مراحل زیر در تنظیم یک WPQ باید طی شود: (QW-350)

باید برای دانستن متغیرهای اساسی هر فرآیند به دقت مطالعه گردد. استفاده کننده از کد باید بر تمام مراحل نظارت کامل داشته باشد. نمونه آزمون (test plate) باید بر مبنای WPS تایید شده، جوشکاری شود. نمونه های آزمون باید پیش از تهیه آزمون جهت ارسال به آزمایشگاه توسط آزمون پرتونگاری یا بررسی چشمی (بسته به فرآیند) کنترل شوند. پس از انجام آزمونهای لازم، باید فرم WPQ تکمیل شود. در این بخش به چگونگی انجام آزمونها و نوع آنها بر اساس استاندارد ASME Sec.IX می پردازیم.

فلز پایه

تائید صلاحیت با هر یک از فلزات از P No.1 تا P No.11 باعث می گردد تا جوشکار صلاحیت انجام جوشکاری بر روی تمام این گروه ها و زیر گروهها را داشته باشد. (QW-423.1 را ببینید)

مواد مصرفی

اگر F No. عوض شود نیاز به تائید صلاحیت مجدد خواهد بود. البته در مورد فرآیند SMAW تائید صلاحیت با هر یک از F No. از ۱ تا ۴ باعث تائید صلاحیت جوشکار در استفاده از F No. های کمتر خواهد شد (برای جوشهای دو طرفه یا با پشت بند) (QW-404.11 را ببینید)

لازم به ذکر است که A No. در بحث تائید صلاحیت جوشکار کاربردی ندارد.

متغیرها

برای هر فرآیند جوشکاری لیستی از متغیرهای اساسی، غیر اساسی و تکمیلی در QW-352 تا QW-357 داده شده است که الزاما همانند متغیرهای مربوط به PQR نیستند. روشن است که متغیرهای اساسی نباید عوض شوند.

محدوده قطر

محدوده قطر برای تمامی جوشهای دایروی اعم از گوشه ای و شیاری در QW-452.3 داده شده است. حد بالایی قطر برای تائید صلاحیت وجود ندارد و تائید صلاحیت با لوله باعث تائید صلاحیت برای ورق خواهد شد.

محدوده ضخامت برای جوش شیاری

محدوده ضخامت فقط به ضخامت فلز جوش راسب شده اعمال می گردد نه به ضخامت ورق. تائید صلاحیت با جوش شیاری باعث تائید صلاحیت برای جوش گوشه ای خواهد شد.

محدوده ضخامت برای جوش گوشه ای

بر اساس QW-452.5 آزمون با ورق ضخیمتر از $\frac{4}{8}$ میلیمتر تمام ضخامتها برای جوش گوشه ای را پوشش خواهد داد.

دامنه تائید

برای این مورد باید به QW-461.9 مراجعه کرد.

نکات دیگر

توجه به نکات زیر مفید خواهد بود.

جوشکار یا اپراتور جوشکاری می تواند بوسیله پرتونگاری نمونه آزمون، پرتونگاری جوشهای اولیه تولیدیش یا بوسیله آزمایشهای خمش نمونه های جوش داده شده، تائید صلاحیت شود. (QW-300.1) توجه گردد که انجام آزمون التراسونیک به جای پرتونگاری مجاز نیست.

برای آزمون تائید صلاحیت جوشکار می توان پیش گرم کردن یا عملیات حرارتی پس از جوشکاری را حذف نمود. (QW-301.2)

وقتی تائید صلاحیت جوشکار لوله برای تمام حالات (All Position Qualification) لازم است یک نمونه آزمون در حالت 2G و یک نمونه در حالت 5G ضروری است ولی به جای آن می توان فقط از 6G استفاده نمود.
نمونه آزمون جوش شیاری یکطرفه با پشت بند یا نمونه آزمون جوش شیاری دو طرفه، جوشکاری با پشت بند به حساب می آیند.

جوشهای شیاری با نفوذ جزئی و جوشهای گوشه ای، جوشکاری با پشت بند به حساب می آیند. جوشکاری که نمونه PQR مورد قبول را جوش داده است، بصورت خودکار برای دامنه ذکر شده در بندهای QW-303, QW-305, QW-304 مورد تأیید خواهد بود. (QW-301.2)

الزامات آزمون جوشکار برای جوش شیاری (QW-452)

این بند استاندارد موارد زیر را بیان کرده است:

یک آزمون خمش رویه و یک آزمون خمش ریشه به غیر از جوشکاری در حالت های 5G و 6G که نیاز به ۴ خمش دارد (به QW-452.1 توجه کنید) اگر ضخامت ورق بیش از ۹/۵ میلیمتر باشد می توان از آزمون خمش جانبی استفاده کرد. برای جزئیات بیشتر می توانید QW-466 را ببینید. یادآوری این نکته لازم است که در بیشتر مواقع بجای آزمون خمش از پرتونگاری استفاده می شود اما باید توجه داشت در فرآیندهایی نظیر GMAW با روش اتصال کوتاه و جوشکاری فلزات خاص، پرتونگاری باید با آزمون خمش تکمیل گردد (QW-304)

الزامات آزمون جوشکار برای جوش گوشه ای (QW-452.5)

در این حالت به یک آزمون ماکرواچ (QW-184) و یک آزمون شکست (Fracture test) (QW-182) نیاز است. چگونگی انتخاب آزمون ها در QW-463 بیان شده است.

پرتونگاری (QW-191)

حداقل طول ۱۵ سانتیمتر باید برای ورق یا جوش محیطی لوله مورد بررسی قرار گیرد. اگر جوش محیطی لوله کمتر از ۱۵ سانتیمتر باید نمونه های بیشتری (تا ۴ نمونه) مورد بررسی قرار گیرند (QW-302.2)

بازرسی چشمی (QW-190, QW-302.2)

نمونه های جوشکاری شده باید نشان دهنده نفوذ و ذوب کامل باشند.

فرآیندهای خاص

برای دیدن جزئیات تأیید صلاحیت جوشکار در فرآیندهای ویژه ای نظیر corrosion resistant overlay یا hard facing باید به بندهای QW-453, QW-252, QW-380, QW-402.16, QW-405.4, QW-381 مراجعه کرد.

آزمایش مجدد و تجدید صلاحیت

جوشکار یا اپراتور جوشکاری که در یک یا چند آزمایش مردود می شود، ممکن است تحت شرایط زیر آزمایش مجدد شود.

آزمایش مجدد فوری با استفاده از آزمایش مکانیکی

وقتی نمونه تأیید صلاحیت در آزمون مکانیکی مردود شد، آزمایش مجدد باید آزمایش مکانیکی باشد. وقتی آزمون مجدد فوری انجام شود، جوشکار یا اپراتور جوشکاری باید برای هر حالتی که مردود شده است دو نمونه پیاپی جوش دهد. تمامی نمونه ها باید معیارهای پذیرش را برآورده سازند.

آزمایش مجدد با استفاده از پرتونگاری

وقتی نمونه تأیید صلاحیت در آزمون پرتونگاری مردود شده، آزمون مجدد فوری باید به روش پرتونگاری باشد. برای جوشکاران یا اپراتورهای جوشکاری، آزمون مجدد باید دو نمونه ورق به طول ۱۵ سانتیمتر؛ برای لوله باید دو لوله جمعاً ۳۰ سانتیمتری باشد. به اختیار سازنده، جوشکاری که در آزمون جوش تولیدی مردود شد ممکن است به وسیله پرتونگاری طول ۳۰ سانتیمتر از همان جوش تولیدی، مورد آزمون مجدد قرار گیرد. اگر این طول جوش پذیرفته گردد؛ جوشکار تأیید صلاحیت می گردد و ناحیه ای از جوش که در آن پیش از این مردود شده بود باید توسط او یا شخص دیگری ترمیم (تعمیر) گردد.

اگر این ۳۰ سانتیمتر طول جوش؛ معیار پرتونگاری را برآورده نسازد، جوشکار مردود می شود. جوش آزمون مجدد و تمام جوشهای تولیدی انجام شده به وسیله این جوشکار باید به طور کامل پرتونگاری شود و به وسیله جوشکار تأیید شده؛ ترمیم (تعمیر) شود.

زمانی که جوشکار آموزش بیشتری دید، آزمون جدید باید برای هر حالتی که در آن برای برآورده ساختن الزامات مردود شده بود، انجام شود.

انقضا و تجدید صلاحیت (Expiration and renewal) (QW-322.2)

انقضای تأیید صلاحیت جوشکار یا اپراتور جوشکاری زمانی است که یکی از شرایط زیر پیش می آید:

الف) وقتی جوشکار در طول ۶ ماه گذشته یا بیشتر با آن فرآیند جوشکاری نکرده باشد؛

ب) وقتی دلیل مشخصی برای زیر سوال رفتن توانایی جوشکار وجود داشته باشد.

تجدید صلاحیت برای هر فرآیند توسط جوشکاری یک نمونه آزمون ورق یا لوله از هر جنس با هر ضخامت یا قطر در هر وضعیت جوشکاری و سپس آزمایش آن نمونه انجام می گردد. در صورت مثبت بودن نتیجه آزمون، تأیید صلاحیت قبلی جوشکار برای مواد، ضخامتها، قطرها، وضعیتهای و متغیرهای دیگری که قبلاً تأیید صلاحیت شده است، تجدید خواهد شد.

جزئیات اتصالات و علائم جوش :

جزئیات اتصالات و علائم جوش یکی از اجزاء اصلی نقشه های مورد استفاده در ساخت مخازن تحت فشار جوش شده می باشد. این علائم نوع جوش ، ابعاد فلز جوش و همینطور اندازه پخ را برای جوشکاری تعیین می کنند. متأسفانه علی رغم قدمت این موضوع هنوز بسیاری از کارگاه های ساخت از این علائم استفاده نمی کنند.

برخی کارگاه های ساخت به جوشکاری بیش از حد نیاز تمایل دارند ، این موضوع نه تنها هزینه تولید را افزایش می دهد بلکه می تواند باعث اعوجاج در بدنه و سازه و یا حتی افزایش ریسک تخریب مخزن گردد. برخی دیگر از کارگاه ها تمایل به کاهش حجم جوشکاریها به کمتر از حد نیاز دارند در این حالت در صورتیکه بازرس این جوشها را تشخیص دهد بر تکمیل جوشها اصرار خواهد داشت که این دوباره کاری هزینه ساخت را افزایش می دهد . در صورتیکه این جوشهای ضعیف تشخیص داده نشوند می توانند موجب کاهش استحکام مخزن و یا خرابی احتمالی آن گردند.

در صورتیکه علائم جوش در نقشه ها مشخص نشده باشد سازندگان وضعیت جوشکاریها را برعهده سرپرست کارگاه قرار میدهند و بسته به دیدگاه شخص هر یک از دو حالت فوق می تواند اتفاق بیافتد.

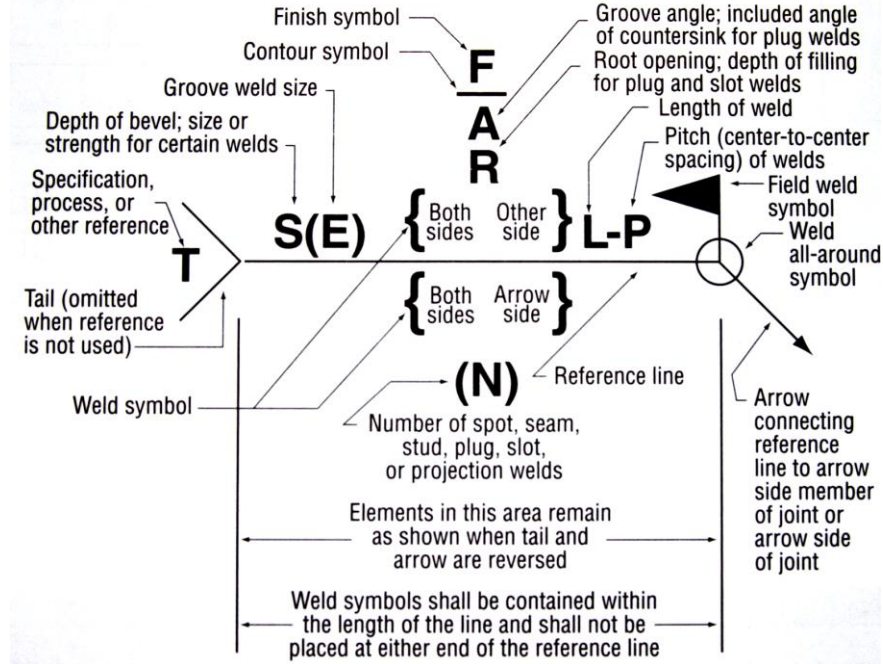
مسئولیت طراحی و تعیین مشخصات جوشها برعهده واحد مهندسی و طراحی می باشد. طراح است که مشخصاتی مانند ضخامت لازم برای دیواره ، عدسی ها ، نازلها و فلنجهها و تنشهای اعمالی بر روی جوشها را می داند . لذا او باید نوع و ابعاد جوشها را تعیین کرده و مشخصات آنها در نقشه ها قید نماید.

در کد ابعاد جوشهای نبشی نازلها و فلنجهها بر اساس گلوپه داده شده است تا محاسبات نیرویی ساده تر شود. علائم استاندارد جوش بر اساس AWS برای اعلام بعد جوش نبشی از اندازه ساق استفاده میشود، لذا در نقشه ها باید این بعد ثبت گردد. برای تبدیل ایندو می توان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$\text{بعد (ساق) جوش} = \frac{\text{گلوپه جوش}}{0.707}$$

نباید از افراد کارگاه انتظار داشت که این محاسبات را انجام دهند چرا که زمان لازم برای اینکار را ندارند به همین دلیل است که باید ابعاد و اندازه ها و جزئیات بصورت دقیق در نقشه درج گردد.

کد AWS A2.4 علائم استاندارد جوش را تعریف می کند که در استاندارد ها و کدهای امریکایی از این نشانه ها استفاده می شود. شکل های ۳ و ۴ خلاصه این علائم و نشانه ها را توصیف می کند.



شکل ۳- قالب استاندارد علائم جوش

Weld all-around	Field weld	Melt-through	Consumable insert (square)	Backing (rectangle)	Spacer (rectangle)	Contour		
						Flush or flat	Convex	Concave

Groove							
Square	Scarf	V	Bevel	U	J	Flare-V	Flare-bevel

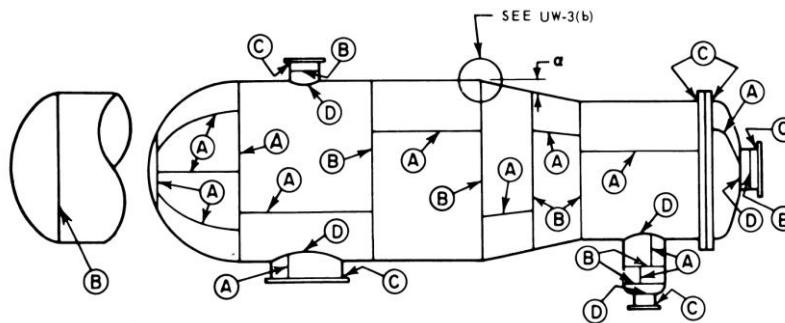
Fillet	Plug	Slot	Stud	Spot or projection	Seam	Back or backing	Surfacing	Edge

شکل ۴- نشانه های استاندارد نقشه جوش

دسته بندی خطوط جوش:

دسته بندی خطوط جوش مخازن تحت فشار بر اساس UW-3:

کلیه خط جوش های طولی Category A، کلیه خط جوشهای محیطی Category B، کلیه خط جوشهای اتصال لوله به فلنج Category C و همینطور تمامی خط جوشهای مربوط به اتصال نازاها و رابطها در Category D دسته بندی میشوند. اگر عدسی از نوع Hemispherical چند تکه باشد، اتصال عدسی به مخزن نیز از نوع Category A خواهد بود.



شکل ۵- دسته بندی خطوط جوش

منظور از Category موقعیت قرار گرفتن یک اتصال در یک مخزن است نه نوع آن اتصال.

ضریب کارایی اتصال (Joint Efficiency):

ضریب کارایی اتصال بنا بر تعریفی که در AWS A3.0 آمده برابر است با نسبت استحکام اتصال به مقاومت فلز پایه و بصورت درصد بیان میشود.

در UW-12 قید شده که ضریب اتصال، بجز در مواردی که در UW-11(a) آمده، فقط به نوع اتصال و درجه آزمون غیر مخرب آن بستگی داشته و در محاسبات با حرف E نشان داده میشود.

جدول ۲- ضریب کارایی اتصال

Type of joint and radiography	Efficiency allowed, percent	Code reference
Double-welded butt joints (Type 1)		Par. UW-11
Fully radiographed	100	Pars. UW-51, UW-35
Spot-radiographed	85	Pars. UW-12, UW-52
No radiograph	70	Table UW-12
Single-welded butt joints (backing strip left in place) (Type 2)		Par. UW-52
Fully radiographed	90	Par. UCS-25
Spot-radiographed	80	Par. UW-51
No radiograph	65	Par. UW-52
Single-welded butt joints no backing strip (Type 3) limited to circumferential joints only, not over 1/8 in thick and not over 24-in outside diameter	60	Table UW-12
Fillet weld lap joints and single-welded butt circumferential joints		Table UW-12
Seamless vessel sections or heads (spot-radiographed)	100	Par. UW-12(d)
Seamless vessel sections or heads (no radiography)	85	Par. UW-12(d)

آماده سازی سرهم بندی:

تولید یک جوش سالم بدون سرهم بندی مناسب تقریبا غیر ممکن است. اهمیت بهسازی مناسب اتصالات جوشهای طولی، محیطی، عدسی ها، نازلها و لوله ها را نمی توان دست کم گرفت. همچنین در صورت وجود رنگ، زنگار، پوسته های اکسیدی، گریس و یا چربی در مجاورت خط جوش نمی توان به یک جوش خوب و سالم دست پیدا کرد. در کد قید شده است: در صورتیکه از برش شعله برای بریدن ورقها استفاده شود باید لبه ها یکنواخت، صاف و عاری از هرگونه پوسته های اکسیدی و سرباره باشد. قبل از شروع جوشکاری، تمام سطح مجاور تا فاصله $\frac{1}{2}$ " برای فلزات آهنی و تا 2" برای فلزات غیر آهنی باید از هرگونه رنگ، پوسته اکسیدی، زنگار، گریس یا چربی پاکسازی شود. در صورتیکه از اتصالات جوش سربه سر یک طرفه استفاده شود باید دقت خاصی در همترازی و ایجاد فاصله ریشه مناسب به منظور تامین نفوذ و ذوب کامل ریشه اعمال گردد. مقدار ناهمترازی مجاز در اتصالات جوش سربه سر براساس کد در جدول UM-33 (جدول ۳) مشخص شده است.

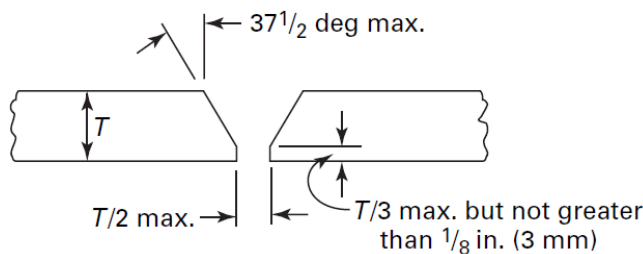
جدول ۳- میزان ناهمترازی (Hi-Lo or Misalignment) مجاز بر اساس UW-33

TABLE UW-33		
Customary Units		
Section Thickness, in.	Joint Categories	
	A	B, C, & D
Up to $\frac{1}{2}$, incl.	$\frac{1}{4}t$	$\frac{1}{4}t$
Over $\frac{1}{2}$ to $\frac{3}{4}$, incl.	$\frac{1}{8}$ in.	$\frac{1}{4}t$
Over $\frac{3}{4}$ to $1\frac{1}{2}$, incl.	$\frac{1}{8}$ in.	$\frac{3}{16}$ in.
Over $1\frac{1}{2}$ to 2, incl.	$\frac{1}{8}$ in.	$\frac{1}{8}t$
Over 2	Lesser of $\frac{1}{16}t$ or $\frac{3}{8}$ in.	Lesser of $\frac{1}{8}t$ or $\frac{3}{4}$ in.
SI Units		
Section Thickness, mm	Joint Categories	
	A	B, C, & D
Up to 13, incl.	$\frac{1}{4}t$	$\frac{1}{4}t$
Over 13 to 19, incl.	3 mm	$\frac{1}{4}t$
Over 19 to 38, incl.	3 mm	5 mm
Over 38 to 51, incl.	3 mm	$\frac{1}{8}t$
Over 51	Lesser of $\frac{1}{16}t$ or 10 mm	Lesser of $\frac{1}{8}t$ or 19 mm

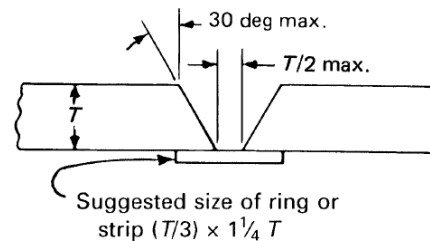
جدول ۴- مرجع کد میزان ناهمترازی

Tolerance	Plate thickness, in	Offset limits	Code reference
Longitudinal joints (category A)	Up to 1/2 in inclusive	1/4t	Par. UW-33
	Over 1/2 in to 3/4 in	1/8 in	Table UW-33
	Over 3/4 in to 1 1/2 in	1/8 in	
	Over 1 1/2 in to 2 in	1/8 in	
	Over 2 in	Lesser of 1/16t or 3/8 in	
Circumferential joints (categories B, C, D)	3/4 in or less	1/4t	Par. UW-33
	Over 3/4 in to 1 1/2 in	3/16 in	Table UW-33
	Over 1 1/2 in to 2 in	1/16 in	
	Over 2 in	Lesser of 1/8t or 3/4 in	
Offset type joint	3/8 in maximum; longitudinal weld within offset area shall be ground flush with parent metal prior to offset and examined by magnetic particle method after offset		Par. UW-13.(c) Fig. UW-13.1(k) plus note
Welding of plates of unequal thickness			Pars. UW-9, UW-42 Fig. UW-9
Spherical vessels and hemispherical heads	Offset must meet longitudinal joint requirements		Par. UW-33
	Offset must be faired at a 3 to 1 taper over width of finished weld		Pars. UW-42, UW-9 Fig. UW-9
	Additional weld metal maybe added to edge of weld if examined by liquid penetrant or magnetic particle method. If the weld buildup is in the area to be radiographed, the buildup shall also be radiographed		Pars. UW-42, UW-9

QW-469.2 ALTERNATIVE BUTT JOINT



QW-469.1 BUTT JOINT



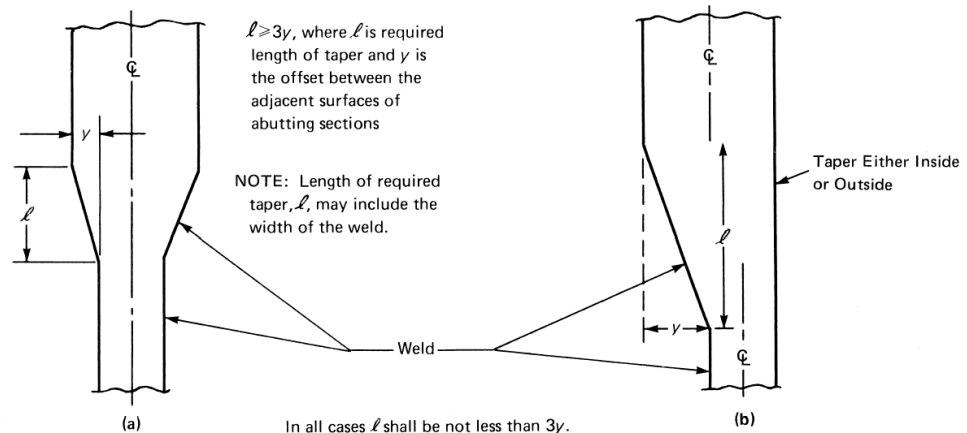
شکل ۶- حداکثر فاصله ریشه (Gap) در جوشهای لب به لب مطابق ASME Sec. IX 469.1 & 469.2

در مخازن با قطر کوچک یا لوله ها که دسترسی به داخل آنها میسر نیست باید در سرهم بندی قطعات همسان دقت ویژه ای به خرج داد. وقتی که ضخامت لوله ها یکسان نباشد، و ضخامت لوله به حد کافی باشد می توان با ماشینکاری لوله ی ضخیم تر سرهم بندی را تسهیل کرد. در صورتیکه قطر داخلی لوله ها یکسان نباشد دستیابی به نفوذ کامل جوش درون ریشه مشکل است. در این حالت برای جلوگیری از عیوب پاس ریشه و ترک باید همترازی قطر لوله ها به طور مناسبی صورت گیرد.

اتصال ضخامت‌های غیر یکسان بر اساس UW-9(c):

در صورت اتصال لب به لب دو قطعه که تفاوت ضخامت آنها بیشتر از یک چهارم ضخامت قطعه نازک تر یا $\frac{1}{8}$ (3mm)، هر کدام کمتر، باشد، مقدار اختلاف ضخامت بر اساس UW-9(c) باید به نسبت 1 به 3 شیب داده شود (Taper).

FIG. UW-9 BUTT WELDING OF PLATES OF UNEQUAL THICKNESS



شکل ۷- اتصال ضخامت‌های غیر یکسان بر اساس UW-9(c)

لبه سازی مناسب در مخازن تحت فشار از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بسیاری از عیوب جوش ناشی از اشکالات موجود در لبه سازی ها ایجاد می شوند. با توضیحاتی که داده شد اهمیت بازرسی از لبه سازی و سرهم بندی قبل از شروع جوشکاری مشخص می گردد. در صورتیکه لبه سازی بطور مناسب صورت نگرفته باشد میتوان از روش بازسازی (Build UP) برای اصلاح آن استفاده نمود.

شرایط انجام بازسازی (Build Up) مطابق UW-42:

سازه هایی که رسوب فلز جوش بر روی سطح فلز پایه به منظورهای:

الف) بازیابی ضخامت فلز به لحاظ استحکام

ب) اصلاح شکل طرح اتصال جوش برای فراهم آوردن الزامات UW-9(c) و UW-33(b)

اجرا میگردد باید مطابق با قوانین زیر انجام شود:

۱- قبل از شروع جوشکاری باید روش جوشکاری لب به لب بر طبق الزامات کد ASME Sec. IX برای ضخامت فلز

جوشی که رسوب داده میشود مورد ارزیابی و تایید قرار گیرد.

۲- تمامی فلز جوش رسوب داده شده باید در تمامی سطح یا بوسیله آزمون ذرات مغناطیسی (MT) مطابق الزامات ضمیمه

6 و یا آزمون مایع نافذ (PT) مطابق الزامات ضمیمه 8 مورد آزمایش قرار گیرد.

زمانیکه عملیات بازسازی بر روی اتصالی انجام شود که نیاز به آزمون پرتونگاری کامل یا نقطه ای دارد، فلز جوش رسوب داده شده نیز باید مشمول این آزمون قرار گیرد.

برخی از آرایشهای اتصالات مجاز در مخازن تحت فشار در شکلهای موجود در بخشهای UW-16، UW-20 و UW-21 آورده شده است.

عملیات حرارتی در جوشکاری :

عملیات جوشکاری ذوبی به طور طبیعی باعث حرارت دیدن نواحی اطراف خط جوش می گردد. دمای نواحی مجاور جوش می تواند از دمای ذوب در مرز ذوب تا دمای محیط درفاصله چند اینچی از خط جوش تغییر کند. تاثیر حرارت جوشکاری بر خصوصیات فلز پایه به دمایی که آن ناحیه به آن می رسد، مدت زمانی که در این دما قرار میگیرد و به سرعت سرمایش بعد از جوشکاری بستگی دارد بنابراین باید از تغییراتی که در نواحی گرم شده اتفاق می افتد اطلاعات کافی داشت.

غالباً ناحیه فلز جوش از فلز پایه مستحکم تر است اما انعطاف پذیری آن کمتر است. ناحیه متأثر از حرارت (HAZ) منطقه ای است که ریسک ترک خوردن در آن به دلیل ساختار درشت دانه در مجاورت مرز ذوب و انعطاف پذیری بسیار پایین بالاست. این کاهش انعطاف پذیری و همچنین کاهش چقرمگی باید با تمهیداتی به منظور کاهش تاثیر حرارت جوشکاری به حداقل رسانده شود.

برخی از موادی که می توان بدین منظور مد نظر قرار داد عبارتند از: انتخاب صحیح فلز پایه و الکتروود، پیشگرم قبل از جوشکاری، استفاده از دستورالعمل جوش مناسب و در نهایت پس گرم بعد از جوشکاری.

پیش گرم و درجه حرارت بین پسی

فولادهای فریتی وقتی که از دمای جوشکاری تا دمای محیط سرد می شوند تغییرات فازی متالورژیکی را از سر می گذرانند. فولادهای نرم حاوی بیشتر از ۰,۲ درصد کربن و ۱ درصد منگنز نیستند زمانی که ضخامت آنها ۲۵ میلیمتر و کمتر است می توانند بدون نیاز به پیش گرم جوشکاری شوند. با این حال چنانچه با زیاد شدن کربن، منگنز، سیلیسیم و یا افزودن کروم و سایر عناصر آلیاژی آنالیز شیمیایی فولاد تغییر کند، پیش گرم به طور فزاینده ای اهمیت می یابد زیرا فولادهای با کربن بالا و فولادهای کروم مولیدن زمانی که از درجه حرارت جوشکاری تا درجه حرارت محیط به سرعت سرد شوند می توانند باعث تشدید ساختارهای مارتنزیتی - باینیتی و سایر ساختارهای فازی دیگر که به ترک حساس هستند گردند. همچنین این توانایی برای هیدروژن فراهم است تا از پوشش الکتروودها در فرآیند جوشکاری (SMAW) یا از رطوبت موجود در سطح فلز درون فلز جوش نفوذ نماید. همچنین زمانی که جوش سرد میشود تششهای ناشی از انقباض به قطعات مورد جوشکاری تحمیل گشته باعث پیچیدگی در آنها می گردد و چنانچه ضخامت افزایش یابد شوک حرارتی ناشی از جوشکاری می تواند بطور آسانتری باعث ایجاد ترک گردد.

پیشگرم قبل از جوشکاری راه حلی برای این مشکلات است پیش گرم سرعت سرد شدن اتصال جوش را کاهش می دهد و باعث میشود که ساختارهای متالورژیکی فلز جوش و ناحیه متأثر از آن داکتیل تر (نرم) شود. پیش گرم اجازه می دهد اتمهای هیدروژن محلول در فلز راحت تر به سطح فلز نفوذ و از فلز خارج شوند همچنین کمک می نماید تا انقباض، پیچیدگی و ترک های احتمالی ناشی از تشش های پسماند کاهش یابند. پیش گرم همچنین درجه حرارت را در بیشتر فلزات به اندازه کافی بالا می برد تا از درجه حرارت انتقال شکست نرم به شکست ترد بیشتر باشد.

پیش گرم در مخازن تحت فشار ASME Sec. VIII Div.1 Appendix R

پیش گرم را در جوشکاری برای تکمیل عملیات جوشکاری می توان بکار برد. حرارت ناشی از جوشکاری می تواند به نگهداری دمای پیش گرم بعد از شروع جوشکاری کمک کند و برای مقاصد بازرسی از جمله کنترل درجه حرارت نزدیک جوش استفاده کرد.

لزوم پیش گرم و درجه حرارت پیش گرم به فاکتورهایی مانند آنالیز شیمیایی، درجه مهار قطعاتی که به هم متصل میشوند، خواص فیزیکی و ضخامت بالا بستگی دارد. روش و دامنه پیش گرم به طور مشخص ارائه نشده است. قوانین اجباری برای پیش گرم در این بخش از استاندارد ASME sec VIII Div.1 پیش بینی نشده مگر در مواردی که در زیر نویسهایی که به عنوان استثناء ها در جدول (UCS-56) و همین طور در (UHT -32) که مربوط به تنش زدایی هستند قید شده است.

پاره ای عملیات که برای پیش گرم کردن مورد استفاده قرار می گیرد به عنوان یک قاعده عمومی برای متریهایی که به وسیله (P No.) های بخش استاندارد (ASME SEC IX) فهرست شده اند در زیر آورده شده است.

لازم به ذکر است که درجه حرارت های پیش گرم که در زیر بر اساس (P No.) فهرست وار لیست شده اند لزوما موفقیت کامل اتصال جوشکاری شده را تضمین نمی نماید. و الزاماتی که برای موادی که به تنهایی در لیست (P No.) ها آمده ممکن است که پیش گرم با محدودیتهای بیشتر یا کمتر از آنچه در قاعده عمومی بیان شده داشته باشد. برای مثال: متریهال با مشخصه (P No. 6) در استاندارد [ASME SEC IX (APPendix. D)] به تعدا 17 متریهال وجود دارد که در (APPendix R) در همین استاندارد برای پیش گرم کردن این (P No. 6 Gr1,2,3) بصورت عمومی دمای [400°F (204°C)] پیشنهاد داده شده است که ممکن است عملا این دما برای بعضی از این متریهال ها تغییر کند حال ممکن است کم و یا زیاد شود. به طور معمول وقتی که دو فلز با مشخصه (P No.) های متفاوت به وسیله جوشکار به هم متصل می شوند دمای لازم برای پیش گرم، دمای متریهالی است که نیاز به دمای پیش گرم بیشتر داشته باشد.

مطابق استاندارد (ASME SEC IX) در (WPS) حداقل دمای پیش گرم برای متریهال هایی که شرایط لازم برای داشتن این دما را دارند باید تعیین گردد و این حداقل دما هم قبل از شروع عملیات جوشکاری و هم حین عملیات جوشکاری باید اعمال شود. البته باید توجه کرد که در بعضی از متریهال های خاص این حداقل دما حتی بعد از اتمام جوشکاری برای مدت مشخصی که در (WPS) مشخص میشود می بایست اعمال شود. دمای پیشنهادی پیش گرم در مورد جوش مخازن، به تفکیک متریهال در [ASME sec VIII Div.1 (APPendix R)] بیان شده است.

به عنوان مثال در پاراگراف (R-1) از App. R کد آمده که برای متریهال های دارای (P No. 1 Gr1,2,3) عوامل مهم در نیاز به پیش گرم عبارتند از:

۱- میزان درصد کربن (بیشتر از 0.3%) در صد باشد)

۲- ضخامت بیشتر از (1 in.) ۲۵ میلیمتر باشد.

با داشتن این شرایط نیاز به پیش گرم تا درجه حرارت 79°C در غیر اینصورت درجه 10°C کافی است.

برای سایر P No. ها هم در پاراگرافهای دیگر این ضمیمه توصیه های پیشگرم آورده شده است. محدوده درجه حرارت بین پاسی باید مورد ملاحظه قرار می گیرد تا از تاثیرات مخرب بر خواص میکانیکی متریال جلوگیری شود. ضمیمه (R) همچنین در بردارنده اطلاعات پیشگیرانه ای در مورد درجه حرارت بین پاسی می باشد. فلزات کوئنچ و تمپر شده با مشخصه (P No.10C Gr.3) و (P No.11 ALL Gr.) ممکن است در درجه حرارتهای بالا از نظر استحکام و چقرمگی (Toughness) دچار آسیب هایی گردند. در چنین حالتی حداکثر درجه حرارت بین پاسی باید تعیین گردد. این موضوع به خصوص در فلزات نازکتر مهم است. بطور کلی به استفاده کننده از کد باید توصیه گردد که درجه حرارت بین پاسی تا حد امکان به درجه حرارت پیش گرم نزدیک باشد و این درجه حرارت از ۳۱۵ درجه سانتی گراد تجاوز ننماید. در ضمیمه R برای فلزات کوئنچ و نمپر شده با مشخصه (P No. 10D Gr.P4) و (P No . 10 E Gr . P 5) حداکثر درجه حرارت بین پاسی ۲۳۰ درجه سانتی گراد پیشنهاد شده است.

بر اساس پاراگراف (UW-30) در استاندارد (ASME SecVIII Div .1) حداقل دمایی که میبایست جوشکاری انجام شود قید شده است.

پاراگراف (UW-30) - کمترین دمای مجاز برای جوشکاری

توصیه می شود که هیچ نوع عملیات جوشکاری در مواقعی که دمای فلز مینا کمتر از ۱۸- درجه سانتی گراد می باشد انجام نگردد. در دماهای ما بین صفر درجه سانتی گراد و ۱۸- درجه سانتی گراد تمام قسمت ها در حدود ۷۶ میلیمتر نسبت به نقطه جوش باید تا دمایی که حداقل گرمای آن قابل حس بوسیله دست باشد گرم شود. (بصورت تخمینی باید بیشتر از ۱۶ درجه سانتی گراد باشد.) و سپس جوشکاری شروع شود. همچنین توصیه می شود در مواردی که سطح مورد جوشکاری خیس یا پوشیده از یخ می باشد و یا زمانی که برف در حال بارش روی سطوح جوشکاری می باشد، یا در خلال مدتی که وزش شدید باد صورت می گیرد عملیات جوشکاری انجام نگردد مگر در مواردی که جوشکار یا اپراتور جوشکاری و محل جوشکاری بطور مناسب از موارد فوق حفاظت شود.

پسگرم (PWHT)

* پسگرم در استاندارد (ASME sec. VIII Div.1)

چندین عامل، تعیین کننده عملیات پسگرم در مخازن تحت فشار هستند که چند مورد از آنها در زیر آمده :

- ۱- سرویس مخزن مطابق (UW2) و (UCS-68)
- ۲- جنس متریال مخزن مطابق (Ucs-56PNo.3 Gr.3)
- ۳- ضخامت براساس جنس متریال مخزن مطابق (UCS-56,UHA-32,UNF-56)
- ۴- عملیات فرمینگ سرد مطابق (UCS-79)
- ۵- فرایند جوشکاری مطابق (USC 56)

۱- سرویس:

■ پاراگراف UW-2(a)

الف) طبق [UW-2(a)] در صورتیکه سرویس مخزن حاوی مواد کشنده باشد پسگرم (PWHT)، الزامی و اجباری (Mandatory) می شود.

تعریف سرویس کشنده طبق پاورقی (UW-2): مواد کشنده به گازها و مایعاتی اطلاق میشوند که مقدار بسیار ناچیزی از گاز بخار مایع چه مخلوط و چه غیر مخلوط با هوا، زمانیکه تنفس شوند برای زندگی خطرناک باشند. برای اهداف این بخش، این کلاس شامل موادی با این خواص می شود که تحت فشار نگه داشته می شوند یا ممکن است اگر در مخازن در بسته نگهداری شوند تولید فشار نمایند.

■ پاراگراف UCS-68(b)

ب) طبق (UCS-68) در صورتیکه سرویس دارای دمای منفی در حدود ۴۸- درجه سانتی گراد باشد با توجه به مندرجات (UCS-68) اتصالات جوشکاری شده می بایست پسگرم (PWHT) شوند.

پاراگراف [UCS-68(b)]

زمانیکه طبق سایر مقررات این بخش (Division) لازم باشد، اتصالات جوشکاری شده باید مطابق با الزامات (uw-40) پسگرم (PWHT) گردد. زمانیکه حداقل درجه حرارت طراحی فلز سردتر از ۴۸- درجه سانتی گراد باشد و نسبت انطباق تعیین شده در شکل ۲۵۲ (Fig. UCS-66.1) برابر ۰,۳۵ یا بیشتر است پسگرم (PWHT) لازم است با این استثناء که این الزامات در مورد اتصالات جوشکاری شده زیر در مخازن و اجزاء آنها که از متریال (P No.1) ساخته شده اند و این متریال در حداقل درجه حرارت طراحی یا سردتر از آن مطابق (UG-48) مورد تست ضربه قرار گرفته باشد به کار نمی رود. حداقل میانگین انرژی فلز مینا و اجزاء جوشکاری شده باید به جای اعداد نشان داده شده در شکل (UG-84.1) برابر با [25 ft-Ib(34J)] باشد.

(۱) اتصالات طبقه A&B (Category) نوع ۱ که در زمره اتصالات قیف به بدنه نیستند و بطور ۱۰۰ درصد پرتونگاری شده اند. در اتصالات طبقه A&B (Category) که مقطعی با ضخامتهای نامساوی را با هم وصل می کند، ضخامت ورق ضخیم تر باید باشی که بیشتر (3:1) نیست برابر با ضخامت ورق نازکتر گردد.

(۲) جوشهای گوشه ای (Fillet) که ابعاد ساق (leg) آنها از [9.5mm (3/8in)] تجاوز نماید و متعلقاتی را وصل می کند که بار چندانی را تحمل نمی کنند. مشروط بر اینکه متریال متعلقاتی و متریال جوش، الزامات (UCS-56) و (UCS-67) را برآورده نماید. منظور از متعلقاتی که بار چندانی را تحمل نمی کنند در اینجا آنهایی هستند که مقدار تنش در جوش محل اتصال از ۲۵ درصد مجاز تجاوز نماید.

تمامی چنین جوشهایی باید بر طبق ضمیمه ۶ یا ۸ مورد آزمایشات (PT) یا (MT) قرار گیرد.

۲) جنس متریال مخزن (مطابق UCS-56)

دلیل پسگرم (PWHT) بعضی از متریالهای آهنی صرفاً بخاطر نوع جنس آنهاست و میزان ضخامت در این امر تاثیری ندارد. این متریالها در هر ضخامتی می بایست پسگرم (PWHT) شوند. این متریالها می توانند به صورت دسته ای از متریالها باشند مثل کلیه متریالها با مشخصه (P No.3 Gr.3) و (P No.10B Gr.1) همچنین می توانند بصورت یک متریال خاص باشند مثل متریال (SA-487 CLASS 1Q) با مشخصه (P No.10A Gr.1) که در تمامی ضخامتها می بایست پسگرم شوند.

دلیل پسگرم (PWHT) بعضی از متریالهای غیر آهنی نیز صرفاً بخاطر نوع جنس آنهاست و میزان ضخامت بر این امر تاثیری ندارد. این متریالها در هر ضخامتی می بایست پسگرم (PWHT) شوند. مطابق پاراگراف [UMF-56(C)] متریال (SB-148) و آلیاژ (ALLOY CDA 954) از این دسته هستند و همینطور پاراگراف [UMF-56(D)] تمامی محصولات زیر کونیوم دار با

مشخصه (Grade R60705) را لازم دیده که در مدت چهارده روز پس از جوشکاری پسگرم (PWHT) باید برای آنها انجام شود. بعضی از متریهایی که دارای (Grade R60705) هستند عبارتند از (SB-493, SB523, SB550, SB658)

(۳) - ضخامت :

طبق (UCS 56) برای متریهال های مختلف ، ضخامتهایی که باید پسگرم (PWHT) شوند مشخص شده است . بطور مثال برای (P No.1 Gr . No.1,2&3) وقتی که ضخامت آنها بیشتر از ۳۸ میلیمتر باشد می بایست پسگرم انجام شود. و مطابق پارگراف (b) در زیر نویس جدول (UCS-56) برای متریهال های (P No.1 Gr . No.1,2&3) ضخامت بیشتر از ۳۲ میلیمتر و کمتر از ۳۸ میلیمتر چنانچه هنگام جوشکاری عملیات پیش گرم تا دمای ۹۳ درجه سانتی گراد اعمال شده باشد ، نیاز به پسگرم نیست . محدودده ضخامت برای متریهال های مختلف متفاوت است . محدودده ضخامت ، دما ، و مدت زمان نگهداری برای متریهال های مختلف در جدول UCS-56 (جدول ۵) بیان شده است.

■ - پاراگراف (UCS-56) الزامات عملیات حرارتی پس از عملیات جوشکاری (PWHT):

(a) - قبل از بکار بردن جزئیات الزامات و معافیهایی این پاراگراف ، روشهای جوشکاری آزمایشات، تایید کیفیت این روشها باید طبق متغیرات اساسی مندرج در (ASME Sec.IX) منجمله شرایط پسگرم (PWHT) یا عدم پسگرم (PWHT) و همچنین سایر محدودیت هایی که در زیر لیست شده است بطور موفقیت آمیزی انجام گردد. به جز مواردیکه بطور اخص در زیر نویس جدولهای (UCS-56) (UCS-56.1) قید گردیده تمامی جوشها در مخازن تحت فشار یا متعلقات آنها باید در درجه حرارتی که کمتر از مقدار مشخص شده در آن جداول نیستند مورد پسگرم قرار گیرد مشروط بر اینکه ضخامت اسمی همانگونه که در [UW-40(f)] تعریف شده منجمله مقدار مجاز خوردگی از محدودده مجاز مندرج در این جداول تجاوز نماید.

چنانچه مطابق (UCS-68) الزام به پسگرم بخاطر سرویس باشد یا زمانیکه فولادهای فریتی با ضخامت بیشتر از ۳ میلیمتر با فرآیند جوشکاری اشعه الکترونی جوشکاری گردند. یا زمانیکه فولادهای با (P No.3) ، (P No.4) ، (P No.5A,5B,5C) و (P No.10) با هر ضخامتی توسط فرایند جوشکاری اصطکاکی جوشکاری می شوند، معافیهایی مندرج در جداول (UCS-56) یا (UCS-56.1) را نمی توان اعمال نمود.

فولادهای فریتی که ضخامت آنها در محل اتصال بیشتر از ۳۸ میلیمتر است و توسط فرایند (ESW) جوشکاری شده اند باید تحت عملیات حرارتی ریز دانه شدن قرار گیرند. جوشهایی که در فولادهای فریتی که با فرایند (ESW) جوشکاری شده اند و ضخامت هر پاس به تنهایی بیشتر از ۳۸ میلیمتر می باشد باید تحت عملیات حرارتی ریز دانه شدن قرار گیرد. فقط در فولادهای با (P No.1) (زمانی که عملیات حرارت بعد از جوشکاری در محدوده ریزدانه شدن قرار دارد محدودیتهای قرار داده شده در (d)2 و (d)5) در زیر در مورد سرعت های سرد شدن و گرم شدن نباید به کار برده شود. موادی که در جدول (UCS-56) آورده شده اند بر طبق گروه بندی مواد بر طبق (QW-422) از (ASME Sec .IX) و همچنین جدول (UCS-23) لیست شده اند .

(b) - به جزء مواردی که در جدول (UCS-56) منع گردیده . درجه حرارت و زمان نگهداری می تواند بیشتر از حداقل تعیین شده در جدول (UCS-56) باشد. پسگرم های میانی نیازی نیست که با الزامات جدول (UCS-56) مطابقت داشته باشد زمان نگهداری در درجه حرارت پسگرم که در جدول (UCS-56) مشخص شده نیازی نیست که بطور پیوسته باشد این زمان می تواند جمع زمانهای نگهداری در این درجه حرارت طی چند عملیات پسگرم انجام شده باشد.

(c) چنانچه دو جزء از مخزن که تحت فشار قرار می گیرند ولی دارای (P No.) های متفاوتی هستند. توسط جوشکاری به هم متصل می گردند پسگرم (PWHT) باید مطابق با آنچه در (UCS-56) یا (UHA-32) و زیر نویس ها هست حرارت پسگرم آن بیشتر باشد. اگر اجزائی که تحت فشار قرار نمی گیرند به بخشهایی که تحت فشار قرار می گیرند جوشکاری شوند درجه حرارت پسگرم (PWHT) جزئی که تحت فشار قرار می گیرد باید کنترل گردد.

- (d) پسگرم (PWHT) باید بوسیله یکی از روشهای ارائه شده در (UW-40) و مطابق با الزاماتی که در زیر آورده می شود اجرا گردد.
- (1) درجه حرارت کوره در زمانی که مخزن یا بخشی از آن در کوره قرار می گیرند نباید بیشتر از ۴۲۵ درجه سانتی گراد باشد.
- (۲) در بالاتر از ۴۲۵ درجه سانتی گراد سرعت گرم کردن نباید بیشتر از ۲۲۲ درجه سانتی گراد بر ساعت تقسیم بر حداکثر ضخامت ورق بدنه یا کنگی بر حسب اینچ باشد. ولی به هیچ عنوان نباید از ۲۲۲ درجه سانتی گراد بر ساعت بیشتر باشد.
- در خلال گرم کردن تغییرات درجه حرارت در بخشی از مخزن که در گرم شدن است نباید بازای هر ۱۵ فوت یا ۴٫۶ متر بیشتر از ۱۲۰ درجه سانتیگراد باشد.
- زیر نویس نیازی نیست که سرعتهای گرم کرن و سرد کردن کمتر از ۵۶ درجه سانتی گراد بر ساعت باشد با این در تمامی موارد برای پرهیز از صدمات ناشی از شیب حرارتی بیش از حد به سازه های پیچیده و محفظه های بهم چسبیده سرعتهای گرم کردن و سرد کردن پایین بهتر است .
- (۳) مخزن یا بخشی از آن در درجه حرارت مشخص شده در جدول (UCS-56) یا (UCS-56.1) و یا بیشتر از آن و به مدت زمانی که در جدول مشخص شده نگاه داشته شود. در خلال زمان نگهداری نباید بین بالاترین و پایین ترین دمای آن بخش از مخزن که در حال گرم شدن است بیش از ۸۳ درجه سانتی گراد اختلاف دما وجود داشته باشد مگر اینکه محدوده دمایی ما بیشتر از محدوده های جدول (UCS-56) باشد.
- (۴) در خلال گرم کردن و سرد کردن اتمسفر کوره باید طوری کنترل شود که از اکسیداسیون اضافی سطح مخزن جلوگیری گردد. کوره باید طوری طراحی شده باشد تا شعله بطور مستقیم با سطح مخزن اصابت ننماید.
- (۵) در بالاتر از دمای ۴۲۵ درجه سانتی گراد سرد کردن باید در یک کوره در بسته یا محفظه سرد کن باشد و با سرعتی بیشتر از ۲۸۰ درجه سانتی گراد بر ساعت تقسیم بر حداکثر ضخامت فلز بدنه یا کنگی بر حسب اینچ نباشد، انجام شود ولی در هیچ شرایطی نباید از ۲۸۰ درجه سانتی گراد بر ساعت تجاوز نماید از دمای ۴۲۵ درجه سانتی گراد به بعد مخزن می تواند در هوای آزاد سرد شود.
- (e) به جزء در مواردی که در زیر (f) اجازه داده شده ، مخزن یا اجزائی از مخزن که طبق الزامات این پاراگراف پسگرم شده اند باید بعد از تعمیرات و جوشکاری مجدداً پسگرم شود .
- (f) تعمیرات جوشکاری فلزات با (P No. 1 Gr.No.1,2&3) و (P No. 3 Gr.No.1,2&3) همچنین جوشهای که این فلزات را به هم وصل می نماید می تواند بعد از پسگرم نهایی و قبل از هیدروتست نهایی بدون اینکه پسگرم اضافی داشته باشند انجام شود مشروط بر اینکه پسگرم جزء الزامات سرویس مندرج در [UW-2(a)] نباشد به استثناء معافیت های جدول (UCS-56) یا به مثابه یک الزام سرویسی بر طبق (UCS-68)
- تعمیرات جوشکاری باید (۱) تا (۶) باشند . این شرایط الزامات زمانی که تعمیرات جوشکاری بر روی سطح فلز مانند تعمیراتی که بعد از برداشتن فیکسچر ها انجام می گردد جزئی هستند و مشروط بر اینکه این سطح با محتویات داخل داخل مخزن تماس ندارند لازم الاجرا نیستند.
- (۱) - سازنده باید تعمیر را از قبل به اطلاع مشتری یا نماینده او برساند و نباید تا زمانی که موافقت او جلب نشده عمل تعمیر را شروع نماید . این تعمیر گزارش گردد.
- (۲) - مجموع عمق های تعمیر بر روی فلزات با (P No. 1 Gr.No.1,2&3) نباید از ۳۸ میلیمتر و بر روی فلزات (P No. 3 Gr.No.1,2&3) نباید از ۱۶ میلیمتر تجاوز نماید. مجموع عمق تعمیر باید از طریق جمع عمق های تعمیرات انجام شده در دو طرف جوش در یک موضع معین تعیین نمود.
- (۳) - بعد از برطرف نمودن عیب ، شیار باید توسط روشهای (MT) یا (PT) مطابق (APP.6) برای (MT) و (APP.8) برای (PT) مورد آزمایش قرار گیرد .
- (۴) - علاوه بر الزامات مندرج در (ASME Sec. IX) برای ارزیابی کیفی (WPSs) ها برای جوشها شیاری الزامات زیر بکار برده شود:

- (a) - فلز جوش باید توسط فرآیند (SMAW) و بطور دستی و با بکار بردن الکترودهای کم هیدروژن رسوب داده شود. الکترودها باید بطور مناسبی مطابق با (ASME Sec.II Part C SFA5.5) و (APP.A6.11) آماده گردند. پهنای مهره جوش باید حداکثر چهار برابر قطر مغزی الکتروود باشد.
- (b) - (P No.1 Gr.No.1,2&3) منطقه تعمیر باید در خلال جوشکاری تا حداقل ۹۵ درجه سانتی گراد پیش گرم شود و در این درجه حرارت نگهداشته شود.
- (c) - برای فلزات (P No.3 Gr.No.1,2&3) روش تعمیر جوش باید با تکنیک (Temper-Bead welding) انجام شود. بدین معنی که بعد از اجرا هر مهره جوش نیمه رویی آن توسط سنگ زنی برداشته شده و سپس مهره بعدی رسوب داده می شود تا در اثر حرارت آن نیمه باقی مانده مهره جوش قبلی (temper) گردد. این عملیات ادامه می یابد تا تعمیر جوش خاتمه پذیرد. ناحیه تعمیر باید در خلال جوشکاری تا حداقل ۹۵ درجه سانتی گراد پیش گرم شود. و این درجه حرارت باقی بماند. درجه حرارت بین پاسی باید حداکثر ۲۳۰ درجه سانتی گراد باشد لایه اول فلز جوش باید توسط الکتروودی با قطر حداکثر ۳ میلیمتر و بر روی تمامی سطح رسوب داده شود. تقریباً نیمی از ضخامت این لایه باید قبل از رسوب لایه بعدی توسط سنگ زدن برداشته شود لایه های بعدی باید با استفاده از الکترودهای با قطر ۴ میلیمتر و به شیوه ای رسوب داده شود که از تمپر شده مهره جوشهای قبلی و نواحی مجاور آن (haz) اطمینان حاصل گردد.
- یک مهره جوش تمپر کننده نهایی باید در سطحی بالاتر از سطحی که باید تعمیر گردد رسوب داده شود این مهره باید با فلز مینا تماس نداشته باشد ولی به اندازه کافی به لبه جوش زیری نزدیک باشد. تا از تمپر شدن ناحیه متأثر از جوش اطمینان حاصل گردد. بعد از خاتمه عملیات جوشکاری ناحیه تعمیر شده باید برای حداقل مدت چهار ساعت درجه حرارت ۲۰۵ تا ۲۶۰ درجه سانتی گراد نگهداشته شود. جوش لایه نهایی تا هم سطح فلز مینا توسط سنگ زدن برداشته شود.
- (۵) - بعد از اینکه فلز جوش تعمیر تا درجه حرارت محیط سرد شد باید توسط همان روشهای بکار رفته در بالا (3)(f) مورد بازرسی قرار گیرد بجز در مورد فلزاتی که آزمایش آنها باید ۴۸ ساعت پس از رسیدن فلز جوش تعمیری تا درجه حرارت محیط باید انجام گیرد. تا حضور ترکهای به تاخیر افتاده احتمالی جوش معین گردد. اگر آزمایش به روش (mt) انجام می شود فقط استفاده از یوک با جریان متناوب قابل قبول است. علاوه بر این تعمیرات جوشی که عمق آنها در فلز و جوش بیشتر از ۱۰ میلیمتر است مطابق مقررات این بخش باید پرتونگاری گردند. باید مطابق الزامات (UM-51) مورد آزمایش پرتونگاری قرار گیرند.
- (۶) - بعد از انجام تعمیرات جوشکاری مخزن باید تست تیدرواستاتیک گردد.

جدول ۵- شرایط پسگرم برای متریال با P No. 1

TABLE UCS-56
POSTWELD HEAT TREATMENT REQUIREMENTS FOR CARBON AND LOW ALLOY STEELS

Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 1 Gr. Nos. 1, 2, 3	1,100 (595)	1 hr/in. (25 mm), 15 min minimum	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)
Gr. No. 4	NA	None	None	None

NOTES:

- When it is impractical to postweld heat treat at the temperature specified in this Table, it is permissible to carry out the postweld heat treatment at lower temperatures for longer periods of time in accordance with Table UCS-56.1.
- Postweld heat treatment is mandatory under the following conditions:
 - for welded joints over 1½ in. (38 mm) nominal thickness;
 - for welded joints over 1¼ in. (32 mm) nominal thickness through 1½ in. (38 mm) nominal thickness unless preheat is applied at a minimum temperature of 200°F (95°C) during welding;
 - for welded joints of all thicknesses if required by UW-2, except postweld heat treatment is not mandatory under the conditions specified below:
 - for groove welds not over ½ in. (13 mm) size and fillet welds with a throat not over ½ in. (13 mm) that attach nozzle connections that have a finished inside diameter not greater than 2 in. (50 mm), provided the connections do not form ligaments that require an increase in shell or head thickness, and preheat to a minimum temperature of 200°F (95°C) is applied;
 - for groove welds not over ½ in. (13 mm) in size or fillet welds with a throat thickness of ½ in. (13 mm) or less that attach tubes to a tubesheet when the tube diameter does not exceed 2 in. (50 mm). A preheat of 200°F (95°C) minimum must be applied when the carbon content of the tubesheet exceeds 0.22%.
 - for groove welds not over ½ in. (13 mm) in size or fillet welds with a throat thickness of ½ in. (13 mm) or less used for attaching nonpressure parts to pressure parts provided preheat to a minimum temperature of 200°F (95°C) is applied when the thickness of the pressure part exceeds 1¼ in. (32 mm);
 - for studs welded to pressure parts provided preheat to a minimum temperature of 200°F (95°C) is applied when the thickness of the pressure part exceeds 1¼ in. (32 mm);
 - for corrosion resistant weld metal overlay cladding or for welds attaching corrosion resistant applied lining (see UCL-34) provided preheat to a minimum temperature of 200°F (95°C) is maintained during application of the first layer when the thickness of the pressure part exceeds 1¼ in. (32 mm).

NA = not applicable

■ - جداول (UCS-56) همراه با پاورقی های آنها

جدول پسگرم (PWHT) مربوط به متریال با مشخصه (P- No.1 Gr. 1,2&3)

یادداشت‌های مربوط به (P- No.1 Gr. 1,2,3&4)

(۱) - زمانیکه پسگرم (PWHT) در درجه حرارتی که در این جدول مشخص شده امکان پذیر نباشد این اجازه داده می شود که پسگرم (PWHT) در درجه حرارت کمتر و برای زمان طولانی تری مطابق با جدول (USC-56.1) انجام شود .

(۲) - پسگرم (PWHT) در درجه حرارت کمتر و برای زمان طولانی تر مطابق با جدول (USC-56.1) انجام شود .

(a) - برای فلز جوشها بی با ضخامت اسمی بین ۳۲ میلیمتر تا ۳۸ میلیمتر مگر اینکه در خلال جوشکاری تا دمای حداقل ۹۵ درجه سانتی گراد باید پیش گرم شده باشند.

(c) - برای اتصالات جوشکاری شده با هر ضخامتی که مطابق (UW-2) نیاز پسگرم (PWHT) داشته باشد.

* پسگرم (PWHT) تحت شرایط زیر الزامی و اجباری (Not Mandatory) . نیست

(۱) - برای جوشهای شیباری که اندازه آنها از ۱۳ میلیمتر بیشتر نباشد و همچنین جوشهای گوشه ای (fillet) که اندازه گلوئی آنها

(Throat) بیشتر از ۱۳ میلیمتر نیست و نازل‌هایی را متصل می کند که قطر داخلی تمام شده آنها بیشتر از ۲ اینچ نیست مشروط

براینکه فاصله مرکز به مرکز این نازلها آن چنان نباشد که از نظر طراحی لازم باشد که ضخامت بدنه یا کلگی مخزن افزایش یابد و همچنین تا حداقل درجه حرارت ۹۵ درجه سانتی گراد باید پیش گرم شده باشد .

(۲) - در اتصال تیوب های با قطر کمتر از ۲ اینچ به (Tubesheet) ها چنانچه ضخامت جوش شیباری از ۱۳ میلیمتر بیشتر نباشد نیاز به پسگرم (PWHT) نیست چنانچه مقدار کربن (Tubesheet) ها بیشتر از ۰,۲۲ درصد باشد تا حداقل درجه حرارت ۹۵ درجه سانتی گراد باید پیشگرم شده باشد.

(۳) - در اتصال اجزائی که تحت فشار نیستند به اجزائی که تحت فشار هستند برای جوشهای شیباری که ضخامت آنها بیشتر از ۱۳ میلیمتر نیست یا جوشهای (Fillet) که اندازه گلوئی آنها (Throat) بیشتر از ۱۳ میلیمتر نیست نیاز به پسگرم (PWHT) ندارند مشروط بر اینکه اگر ضخامت جزء تحت فشار بیشتر از ۳۲ میلیمتر باشد پیش گرمایش تا حداقل ۹۵ درجه سانتی گراد باید بکار برده شود.

(۵) - برای جوشهای مقاوم به خوردگی که بصورت لایه ای روی فلز قرار می گیرند (Cladding) یا جوشهایی که جوشهای لایه های مقاوم به خوردگی را به هم متصل می نمایند (به پاراگراف UCL-34 مراجعه کنید) نیاز به پسگرم (PWHT) ندارند مشروط بر اینکه اگر ضخامت جزء تحت فشار بیشتر از ۳۲ میلیمتر باشد پیش گرمایش تا حداقل درجه حرارت ۹۵ درجه سانتی گراد باید بکار برده شود.

(۴) - عملیات فرمینگ سرد (مطابق UCS-79)

■ پاراگراف (UCS-79)

شکل دادن کلگی ها و بدنه مخازن

- (a) علاوه بر مقررات برای شکل دادن که در (UG-79) آورده شده شرایط زیر باید بکار برده شود .
- (b) ورقهای فولاد کربنی و کم آلیاژی نباید توسط ضربه تغییر شکل سرد یابند.
- (c) ورقهای فولاد کربنی و کم آلیاژی می توانند در درجه حرارت آهنگری (Forging) بوسیله ضربه تغییر شکل یابند مشروط بر اینکه ضربه هابطور زیان آوری ورق تغییر شکل ندهد و متعاقب آن پسگرم (PWHT) انجام گیرد.
- (d) - بدنه مخازن ، کلگی ها و سایر (Pressure boundary parts) که از ورقهای فولاد کربنی و کم آلیاژی و به وسیله تغییر شکل سرد ساخته شده اند زمانیکه میزان کش آمدگی نهایی آن از ۵ درصد بیشتر شود باید پسگرم شود . برای متریکال (P No. 1 & 2) این کش آمدگی می تواند تا ۴۰ درصد باشد مشروط بر اینکه هیچ یک از مواد زیر موجود نباشد.
- (۱) - مخزن حاوی مواد سمی چه به صورت مایع و چه به صورت گاز باشد (پاراگراف UW-2)
- (۲) - متریکال طبق مقررات این بخش (Division) از تست ضربه معاف نباشد یا اینکه طبق مشخصات متریکال تست ضربه معاف نباشد یا اینکه طبق مشخصات متریکال تست ضربه الزامی باشد .
- (۳) - ضخامت قطعه قبل از تغییر شکل سرد از ۱۶ میلیمتر بیشتر باشد .
- (۴) - در حالی که میزان کش آمدگی نهایی بیشتر از ۵ درصد از کاهش ضخامت بوسیله تغییر شکل سرد در هر نقطه از ۱۰ درصد ضخامت ورق در حال رول شده بیشتر باشد .
- (۵) - درجه حرارت متریکال درخلال شکل دادن بین ۱۲۰ درجه سانتی گراد تا ۴۸۰ درجه سانتی گراد باشد .

(۵) - فرآیند عملیات جوشکاری (مطابق UCS-56)

چنانچه مطابق (UCS-68) الزام به پسگرم بخاطر سرویس باشد یا زمانیکه فولادهای فریتی با ضخامت بیشتر از ۳ میلیمتر با فرآیند جوشکاری اشعه الکترونی جوشکاری گردند. یا زمانیکه فولادهای با (P No.3) ، (P No.4) ، (P No.5A,5B,5C) و (P No.10) با هر ضخامتی توسط فرآیند جوشکاری اصطکاکی جوشکاری می شوند، معافیتهای مندرج در جداول (UCS-56) یا (UCS-56.1) را نمی توان اعمال نمود.

جدول ۶- مرجع کد برای عملیات حرارتی بعد از جوشکاری

Remarks	Code reference
All carbon- and low-alloy steel seams must be postweld heat-treated if nominal thickness exceeds 1¼ in or 1½ in if preheated to 200°F before welding	Par. UCS-56
Some materials must be postweld heat-treated at lower thickness	Table UCS-56
Vessels containing lethal substances must be postweld heat-treated	Par. UW-2
Unfired steam boilers	Par. UW-2
Carbon-steel vessels for service at lowered temperature must be postweld heat-treated unless exempted from impact test	Pars. UCS-66, UCS-67, UCS-68
Welded vessels	Pars. UW-10, UW-40
Carbon- and low-alloy steel vessels	Pars. UCS-56, UCS-66, UCS-67, UCS-79, UCS-85
High-alloy steel vessels	Par. UHA-32
Cast-iron vessels	Par. UCI-3
Clad-plate vessels	Par. UCL-34
Bolted flange connections	Appendix 2
Castings	Par. UG-24
Forgings	Par. UF-31
When only part of vessel is postweld heat-treated, extent of postweld heat treatment must be stated on Manufacturer's Data Report Form U-1	Par. UG-116
The letters HT must be stamped under the Code symbol when the entire vessel has been postweld heat-treated	Par. UG-116
The letters PHT must be stamped under the Code symbol when only part of the vessel has been postweld heat-treated	Par. UG-116
Low-temperature vessels	Par. ULT-56
Ferritic steel vessels	Pars. UHT-80, UHT-81
Nonferrous vessels	Par. UNF-56
Layered vessels	Par. ULW-26
Vessels or parts subject to direct firing, when thickness exceeds 5/8 in	Par. UW-2

تعمیرات جوش بعد از پسگرم (PWHT)

با توجه به اینکه برخی عیوب جوش ممکن است بعد از پسگرم از محدوده قابل قبول خارج شده و نیاز به تعمیر پیدا کنند، پرتونگاری باید بعد از عملیات پسگرم انجام شود. حال در صورتیکه تعمیرات جوش بعد از پسگرم انجام شود دو حالت محتمل است:

۱- پسگرم مجدد نیاز دارد. این حالت در شرایط زیر بوجود می آید:

- a. در صورتیکه پسگرم بر اساس نوع سرویس انجام شده باشد (سرویس کشنده).
- b. در صورتیکه پسگرم بر اساس ضخامت انجام شده باشد و مجموع عمق تعمیر بیشتر از ضخامت تعیین شده در پاراگراف UCS-56(f)(2) باشد.

۲- پسگرم مجدد نیاز ندارد. این حالت در شرایط زیر ایجاد میشود:

- a. در صورتیکه دو شرط حالت فوق صادق نباشد.
- b. عملیات تعمیر بر اساس روش Temper Bead Welding انجام شود.

یکی دیگر از روشهایی که میتوان از آن برای کاهش میزان تنشهای پسماند جوشکاری استفاده نمود چکش زنی (Peening) است.

چکش زنی (Peening) بر اساس UW-39 :

برای کنترل پیچیدگی و آزاد کردن تنشهای پسماند از چکش زنی استفاده میشود. که در واقع ضربات آهسته و قابل کنترل است که به سطح جوش وارد میشود. این ضربات میتواند دستی یا برقی یا بوسیله ابزارهای بادی انجام شود. که در واقع برای جدا کردن سرباره های جوش استفاده میشود. از این روش در پاس ریشه و پاس آخر استفاده نمیشود مگر اینکه آن جوش تحت عملیات حرارتی پس از جوش (PWHT) قرار گیرد. باید توجه داشت به هیچ عنوان چکش زنی جایگزین عملیات حرارتی پس از جوشکاری نمیشود.

بازرسی از مخازن تحت فشار

بازرسی مخازن تحت فشار یکی از مهمترین بخشهای کار بازرسی بشمار میرود. هر نیروگاه یا پالایشگاه یا کارخانه، مخازن زیادی برای کاربردهای گوناگون دارد که پاره ای از آنها مانند مخزنهایی که بخشی از تجهیزات نیروگاه های بخار یا برجهای بسیار بزرگ تقطیر را تشکیل میدهند، بسیار پیچیده و شماری از آنها مانند مخازن ذخیره هوای فشرده و مخازن کم فشار یا اتمسفریک طراحی و ساختار به نسبت ساده تری دارند. گوناگونی مخزنها بسیار زیاد است ولی نقش و کار بازرسی در این پهنه گسترده، یکسان است. در این بخش اصول کلی و زمینه های فنی بازرسی از مخازن تحت فشار مورد توجه و بررسی قرار خواهد گرفت.

بازرسی در کارگاه:

اولین قدم برای بازرسی مخازن در کارگاه، تایید طراحی می باشد. تهیه نقشه ها، محاسبات و اطلاعات از مسولیت های سازنده است. این اطلاعات شامل ابعاد، جنس و ضخامت ورقها، جزییات جوشها، حد خوردگی، فشار و دمای کاری، دستورالعمل اجرای تست فشار براساس حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP)، قسمتهایی از مخزن که محدودیت در فشار دارند، محاسبات تقویت دریچه ها و نوع و ابعاد فلنج ها می گردد. همچنین تعیین اینکه مخزن باید پستگرم، پرتونگاری کامل و یا پرتو نگاری مقطعی گردد از اهمیت بالایی برخوردار است چرا که براساس میزان پرتونگاری ضریب بازده اتصالات جوشی در کد مشخص شده است (بازده ۱۰۰٪ برای اتصالات جوشی نفوذی دو طرفه با پرتونگاری کامل، ۸۵٪ برای اتصالات با پرتونگاری مقطعی و ۷۰٪ برای اتصالاتی که پرتونگاری نمی شود).

حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) بر اساس *UG-98 (a)*:

حداکثر فشار کاری مجاز برای یک مخزن به حداکثر فشار مجازی که در دمای مشخص در قسمت فوقانی مخزن در حال کارکرد معمول خود گفته میشود.

مطابق پاورقی ۳۵ در صورتیکه حداکثر فشار کاری مجاز محاسبه نشده باشد، میتوان مقدار انرا برابر با فشار طراحی در نظر گرفت. هرگونه اظهار نظر بازرسی در مورد طراحی باید به سرعت در اختیار واحد مهندسی سازنده قرار گرفته و بررسی گردد چرا که انجام اصلاحات قبل از ساخت به سهولت صورت میگیرد در حالی که پس از آن یا بسیار هزینه بر است و یا به کلی غیر قابل اجرا خواهد بود.

اولین بازرسی روی کار، بررسی تطابق مواد با گواهینامه و مشخصات کد است. تمامی مواد باید قابل شناسایی بوده و مشخصات روی آنها به طور مناسب ثبت شده باشد. (Stamping) ضخامت ورق نیز در این مرحله می تواند به منظور تطابق با رواداری هایی کد اندازه گیری شود. همچنین در حین این آزمون میتواند مواد را از نظر وجود عیوبی مانند تورق، حفرات، خراشیدگی و شیارها بررسی نمود.

رواداری ضخامت در ورق اولیه بر اساس UG-16(c):

UG-16(c)

در صورتیکه ضخامت ورق تهیه شده کمتر از ضخامت درخواست شده باشد، این مقدار کاهش ضخامت نباید از 0.25mm یا 6% ضخامت، هر کدام کمتر باشد، تجاوز نماید.

تعمیر عیوب در متریال بر اساس UG-78:

UG-78

عیوب موجود در متریال مورد استفاده در مخازن تحت فشار را میتوان در صورتی که روش تعمیر و گستره آن مورد تایید بازرس باشد، تعمیر نمود. مواد معیوبی را که نمیتوان بروش مناسب تعمیر کرد باید از رده خارج نمود.

در صورت نیاز به برش و یا قیچی کردن مواد، کارگاه باید مشخصات اصلی را بر روی تمامی قطعات برش خورده منتقل نماید نیازی نیست که بازرس بر عملیات ثبت مشخصات (stamping) نظارت داشته باشد. اما باید صحت انتقال اطلاعات را بررسی نماید. به منظور جلوگیری از ایجاد ترک حین مارک کردن مشخصات روی ورق های فولادی با ضخامت کمتر از $1/4$ " و ورق های غیر آهنی با ضخامت های کمتر از $1/2$ "، روش مارک زنی باید مورد قبول بازرس باشد. رواداری های کد برای همترازی ورقهای مجاور در کورس های بدنه، کلگی ها و دریچه ها باید رعایت شده باشد.

میزان رواداری عدسی ها در مخازن تحت فشار (UG-81)

UG-81 (a)

سطوح داخلی انواع عدسی ها نباید بیشتر از $1\frac{1}{4}\%$ قطر مخزن به طرف خارج و یا بیشتر از 5% به طرف داخل انحراف داشته باشد. منظور از قطر مخزن در اینجا قطر داخلی مخزن در ناحیه اتصال عدسی به بدنه است. این انحراف باید عمود بر سطح عدسی اندازه گیره شود و بصورت مورب نباشد. شعاع (Knuckle) نباید کمتر از اندازه مشخص شده باشد.

شکل ۸ مقادیر رواداری برای ابعاد مختلف عدسی ها را نشان میدهد. در مخازن دارای چند پوست ممکن است نیاز باشد خطوط جوش طولی نسبت به هم اختلاف داشته باشند.

فاصله خطوط جوش طولی در مخازن تحت فشار بر اساس UW-9:

UW-9 (d)

در مخازنی که با بیشتر از یک کورس ساخته شده اند، در صورتیکه پرتونگاری نداشته باشد، فاصله دو خط جوش طولی باید حداقل پنج برابر ضخامت باشد. اما در صورتیکه پرتونگاری کامل شوند و یا مطابق با پاراگراف UW-9 پرتونگاری شوند (یعنی به میزان ۴ اینچ از هر سمت محل تقاطع با خطوط جوش محیطی پرتونگاری شوند)، این فاصله نیاز نیست رعایت گردد.

TOLERANCE FOR FORMED HEADS												
DESCRIPTION			REFERENCE									
CROWN RADIUS	+ 1-1/4% ID	- 5/8% ID	ASME SEC VIII DIV.1 UG.81 PART (a)									
KNUCKLE RADIUS	SHALL NOT BE LESS THAN SPECIFIED		ASME SEC VIII DIV.1 UG.81 PART (a)									
OUT OF ROUNDNESS	MAX 1% OF INSIDE DIAMETRE		ASME SEC VIII DIV.1 UG.81 PART (d)									
INSIDE DIAMETRE	0 - 1200 mm	± 3	TECNIMONT TM300-99 NO.2									
	1201 - 2000	± 5	TECNIMONT TM300-99 NO.2									
	2001 - 5000	± 7	TECNIMONT TM300-99 NO.2									
	5001 AND OVER	± 8	TECNIMONT TM300-99 NO.2									
HEIGHT	- 1-1/4% ID	+ 5/8% ID	ASME SEC VIII DIV.1 UG.81 PART (a)									
SKIRT SIDE (SF)	± 5		ASME SEC VIII DIV.1 UG.81									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>r/d</th> <th>α</th> <th>β</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 1000</td> <td>4°</td> <td>≤ 2°</td> </tr> <tr> <td>≥ 1000</td> <td>5°</td> <td>≤ 2°</td> </tr> </tbody> </table>			r/d	α	β	< 1000	4°	≤ 2°	≥ 1000	5°	≤ 2°	DIN -28013-3.7-TABLE 4
r/d	α	β										
< 1000	4°	≤ 2°										
≥ 1000	5°	≤ 2°										

شکل ۸- میزان رواداری عدسی ها در مخازن تحت فشار

فاصله خطوط جوش مخازن تحت فشار دمای پایین بر اساس (b) ULT-17 :

ULT-17 (b)

در مخازن تحت فشار، در صورتیکه آزمون ضربه نیاز باشد (معمولا در سرویسهای دمای پایین) طبق (b) ULT-17 فاصله دو خط جوش عرضی باید حداقل پنج برابر ضخامت باشد. در این حالت استثناء پرتونگاری قید نشده است و در هر حالتی باید این فاصله رعایت گردد.

به منظور جلوگیری از از مقاطع تخت در خطوط جوش طولی، لبه ورقهای نورد شده باید با انحنایی مناسب تهیه شوند. خارج از دایرگی باید در محدوده مشخص شده در کد بر اساس قطر مخزن و نوع فشار (داخلی یا بیرونی) باشد.

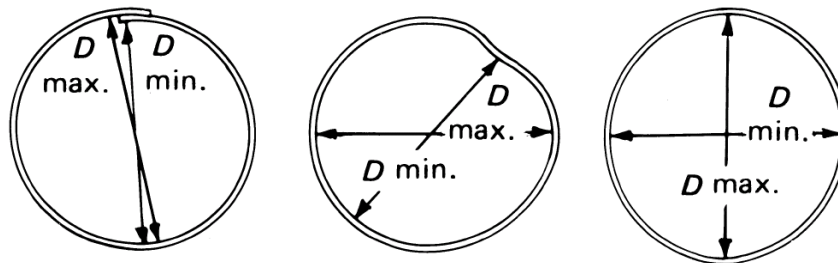
خارج از دایرگی (Out of Roundness) در بدنه مخازن تحت فشار:

UG-80 (a)

(۱) اختلاف بیشترین و کمترین مقدار قطر در هر مقطع برای مخازن با فشار داخلی، نباید از 1% قطر اسمی بیشتر باشد. میزان قطر را میتوان هم از داخل اندازه گیری کرد و هم از خارج مخزن. در صورتیکه قطر خارجی اندازه گیری شود باید مقادیر بدست آمده بر اساس ضخامت بدنه در همان مقطع تصحیح گردند (شکل UG-80.2 [شکل ۹] را ببینید).

(۲) در صورتیکه مقطع مورد اندازه گیری از ناحیه یک دریچه (Opening) و یا در فاصله ای برابر یک قطر داخلی از مرکز دریچه عبور نماید، برای حد مجاز اختلاف بزرگترین و کوچکترین قطر در آن ناحیه میتواند به اندازه 2% قطر داخلی دریچه به مقدار فوق الذکر (1% قطر اسمی در آن مقطع) افزوده گردد. در صورت عبور مقطع از هر منطقه دیگری که عمود بر محور مخزن باشد، مانند ناحیه اتصال عدسی به بدنه، این مقدار اختلاف نباید از 1% تجاوز نماید.

برای مخازنی که دارای خط جوش های طولی لب روی هم (Lap Joint) هستند، حد مجاز اختلاف قطر باندازه ضخامت اسمی ورق بدنه افزایش میابد.



شکل ۹- خارج از دایرگی در بدنه مخازن تحت فشار

جوشکاری مخازن باید براساس دستورالعملهای تایید شده انجام شود. شیار حاصل از برداشتن پشت ریشه در خطوط اصلی باید از لحاظ حذف کلیه عیوب و همچنین مناسب بود شیار (از نظر یکنواختی و زاویه) برای انجام جوشکاری بدون حبس سرباره بازرسی گردد. سرباره هر پاس جوشکاری باید قبل از اعمال پاس بعدی کاملاً پاکسازی شود. بسیاری از عیوب می توانند در اثر عدم تمیزکاری مناسب ایجاد گردند. در صورت استفاده از پشت بند، بررسی انطباق مناسب آن همچنین فاصله ریشه مناسب به منظور حصول اطمینان از نفوذ کافی، از اهمیت بالایی برخوردار است.

اولین پاس جوشکاری بدلیل نسبت بالای حجم فلز پایه به فلز جوش و همچنین سرد بودن فلز پایه، بسیار مستعد به ترک برداشتن است. همچنین بدلیل سریع سرد شدن جوش در پاس ریشه، احتمال حبس سرباره در آن بالاست از طرفی تنشهای حاصل از سرهم بندی قطعات در صورت عدم تنظیم مناسب می تواند منجر به ترک خوردن این پاس ضعیف گردند.

جوشهای نفوذی تکمیل شده باید عاری از شیارهای پای جوش و گردیها بوده و در عین حال باید از ایجاد گرده زیاد و همچنین گره های ضخیم اجتناب شود. جوشهای گوشه باید عاری از شیار پای جوش و سررفتگی باشند. گلیوه و ساق این جوشها باید مطابق نقشه یا کد باشد.

حد مجاز شیار پای جوش در مخازن تحت فشار:

بر اساس UW-35(b)(2) عمق شیار پای جوش نباید از 1 mm یا 10% ضخامت اسمی قطعه، هر کدام که کمتر باشد، تجاوز نماید. البته در هیچ حالتی نباید عمق شیار به حدی باشد که ضخامت فلز در آن ناحیه از حداقل ضخامت مورد نیاز کمتر گردد.

حد اکثر ارتفاع گرده جوش در مخازن تحت فشار:

حد مجاز ارتفاع گرده جوش بر اساس UW-35(d) مشخص شده است.
UW-35 (d)

برای تضمین جوش، شیارها باید بطور کامل پر شوند. بطوری که سطح فلز جوش در هر نقطه پایتتر از سطح اتصال فلز پایه نباشد.
فلز جوش ممکن است دارای گرده اضافی باشد. این گرده جوش در هر طرف نباشد از مقادیر داده شده در جدول زیر بیشتر شود.

جدول ۷ - حد اکثر ارتفاع گرده جوش در مخازن تحت فشار

Customary Units		
Material Nominal Thickness, in.	Maximum Reinforcement, in.	
	Category B & C Butt Welds	Other Welds
Less than $\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{1}{32}$
$\frac{3}{32}$ to $\frac{3}{16}$, incl.	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
Over $\frac{3}{16}$ to $\frac{1}{2}$, incl.	$\frac{5}{32}$	$\frac{3}{32}$
Over $\frac{1}{2}$ to 1, incl.	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
Over 1 to 2, incl.	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
Over 2 to 3, incl.	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{32}$
Over 3 to 4, incl.	$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{32}$
Over 4 to 5, incl.	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Over 5	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$

SI Units		
Material Nominal Thickness, mm	Maximum Reinforcement, mm.	
	Category B & C Butt Welds	Other Welds
Less than 2.4	2.4	0.8
2.4 to 4.8, incl.	3.2	1.6
Over 4.8 to 13, incl.	4.0	2.4
Over 13 to 25, incl.	4.8	2.4
Over 25 to 51, incl.	5	3.2
Over 51 to 76, incl.	6	4
Over 76 to 102, incl.	6	6
Over 102 to 127, incl.	6	6
Over 127	8	8

حداکثر پهناى یک پاس:

در UCS-56(f)(4)(a) مشخص شده است که هنگام تعمیر جوش، حداکثر پهناىی که یک پاس جوش میتواند داشته باشد به اندازه چهار برابر قطر مغزی الکتروود است.

ضخامت هر پاس جوش:

در کد ASME Sec. IX برای روشهای جوشکاری قوس دستی (SMAW) و جوشکاری زیرپودری (SAW) ضخامت هر پاس جوش مشخص شده است. مطابق پاراگراف QW-403.9 در دو روش ذکر شده ضخامت هر پاس نباید از ۱۳ میلیمتر بیشتر شود. چنانچه هنگام تهیه PQR ضخامت هر پاس از ۱۳ میلیمتر بیشتر شود، دیگر در چنین شرایطی این PQR شرایط محدوده ضخامت را در WPS مطابق جدول QW-451 رعایت نمیکند. در چنین شرایطی این PQR محدوده ضخامت برابر 1.1 برابر ضخامت قطعه جوش شده برای PQR خواهد بود.

در پاراگراف (3) KF-830(b) از کد ASME Sec. VIII Div.3 که مربوط به مخازن چند لایه است، حداکثر ضخامت هر لایه در جوشهای چند پاسه ۶ میلیمتر عنوان شده است.

جوشکاری اتوماتیک که پارامترهای آن بررسی و تنظیم شده باشند بر جوشکاری دستی ارجحیت دارد، اما به نظارت و بازرسی جدی تری نیاز دارد. بهترین روش پرتونگاری مقطعی است. در صورت عدم امکان اجرای پرتونگاری، می توان یک نمونه ورق را جوشکاری و سپس مقطع زد.

آزمونها :

جوشها ممکن است در ظاهر بدون عیب باشند در حالیکه هنگام پرتونگاری در لایه های زیرین دارای ترک، نقص نفوذ، تخلخل شدیدو یا شیار پای جوش در ورق پشت بند مشاهده گردد.

اگر قرار باشد مخزن پرتونگاری گردد، تمامی غیریکنواختی های سطحی جوش باید برداشته شوند تا از تداخل آنها با آثار عیوب لایه های زیرین هنگام تفسیر فیلمها جلوگیری شود. در صورتیکه مخزن فقط تحت آزمون پنوماتیک قرار گیرد تمامی جوشهای اتصالات (attachment) با گلیوه بیشتر از $1/4$ " باید قبل از آزمون پنوماتیک تحت آزمون ذرات مغناطیس و یا آزمون نفوذی قرار گیرند.

در صورتیکه مخزن از فولاد های آلیاژی کرم - نیکل آستینیتی با ضخامت بالاتر از $3/4$ " ساخته شده باشد، تمامی جوشها باید بعد از عملیات حرارتی (در صورت وجود این عملیات در فرآیند ساخت) توسط آزمون نفوذی بررسی گردند. اگر لازم باشد که یک مخزن بطور کامل پسگرم گردد، باید کوره از نظر توانایی اعمال یکنواخت حرارت و عدم برخورد مستقیم شعله با بدنه مخزن کنترل شود.

مخازن با جداره نازک و یا قطر بالا باید با نصب مهارهای داخلی نسبت به پیچیدگی محافظت گردند. مخزن باید بطور مناسبی در کوره مستقر و مهار گردد تا از ایجاد تغییر فرم در محل استقرار و همچنین جابجایی مخزن حین تنش زدایی جلوگیری شود. نمودار خروجی کوره باید به منظور تطابق سرعت گرم کردن، زمان نگهداری و سرعت سرد کردن مورد بررسی قرار گیرد. تمامی کارها باید قبل از آزمون نهایی مخزن انجام شوند مخصوصا اگر تنش زدایی لازم باشد. یک تعمیر جزئی ممکن است در اثر کمبود زمان برای اجرای تعمیر و تکرار تنش زدایی و آزمون قبل از ارسال به یک دردر بزرگ تبدیل شود.

مخزنی که تحت آزمون هیدرواستاتیک قرار میگیرد باید بطور مناسب مستقر گردد تا امکان بررسی تمامی مناطق مخزن هنگام آزمون وجود داشته باشد. در آزمون مخازن بزرگ جداره نازک ممکن است به منظور جلوگیری از تغییر فرم ناشی از وزن آب، به مهارهای بیشتری نیاز باشد. باید به تعداد لازم دریچه تخلیه هواگیری تعبیه گردد تا از پر شدن تمامی قسمتهای مخزن توسط آب اطمینان حاصل گردد. آب باید در دمای اتاق باشد. در صورتیکه دمای آب کمتر باشد رطوبت هوا می تواند روی سطح مخزن کندانس شده و مشکلاتی را برای آزمون ایجاد کند. باید از دو سنجه برای آزمون استفاده شود تا فشار دوبار کنترل گردد. اگر از یک سنجه استفاده شود در صورت صحیح نبودن آن ممکن است در اثر فشار بیش از حد به مخزن آسیب وارد شود.

آزمون هیدرو استاتیک باید در فشاری حداقل برابر با یک و نیم برابر ماکزیمم فشار طراحی ضرب در تنش در دمای تست تقسیم بر تنش در دمای طراحی انجام گیرد.

فشار آزمون = ۱,۵ * حداکثر فشار طراحی *

تنش ماده در دمای طراحی

بررسی مخزن تحت آزمون هیدرواستاتیک نباید در فشاری کمتر از دو سوم فشار آزمون اجرا گردد. پس از تخلیه مخزن باید سطوح داخلی و خارجی، همترازی و میزان دایرگی مخزن بررسی گردد. در صورتیکه همه موارد قبول واقع شد، مخزن می تواند بر اساس کد ویا قوانین و الزامات محلی پلاک زده شود سپس گزارشات بررسی می شود تا از تکمیل شدن مناسب آنها و امضاء آنها توسط سازنده و همچنین درج صحیح مواد و قطعات مخزن اطمینان حاصل گردد. در صورت صحت کلیه موارد، گزارش توسط بازرس امضاء شود.

The diagram shows a rectangular plate with several fields for technical specifications:

- نام سازنده (Manufacturer Name)
- نام مخزن (Vessel Name)
- شماره استاندارد (Standard Number)
- سال ساخت (Year of Construction)
- شماره سریال مخزن (Vessel Serial Number)
- دمای طراحی (Design Temperature)
- فشار آزمون (Test Pressure)
- سازمان گواهی کننده (Issuing Organization)
- مهر بازرسی شخص ثالث (Third Party Inspection Seal)

شکل ۱۰- نمونه پلاک شناسایی مخزن تحت فشار

بازرسی از مونتاژ در محل :

مونتاژ بسیاری از مخازن کد، قسمتی در کارگاه و قسمتی در محل نصب انجام میگیرد بخصوص دیگهای بخار.

مسئولیت مونتاژ در محل:

هنگامی که سازه یک مخزن در محل تکمیل میگردد، یک سازمان باید مسئولیت کل مخزن را شامل تهیه برگه های اطلاعات اجزاء مونتاژ شده در کارگاه و در محل و همچنین اعمال پلاک کد بر عهده گیرد. حالات مختلفی برای این موضوع وجود دارد بعنوان مثال چند حالت در ادامه آمده است:

- ۱-سازنده مخزن تمامی مسئولیت را بر عهده میگیرد و از کارکنان خودش برای تکمیل کار استفاده میکند.
- ۲-سازنده مخزن تمامی مسئولیت را بر عهده میگیرد ولی از نیروهای مستقر در محل نصب نظارت خودش برای تکمیل کار استفاده میکند.

۳- سازنده مخزن تمامی مسئولیت را بر عهده می گیرد. اما از یک شرکت دیگر برای نصب و مونتاژ مخزن بر اساس دستورالعمل کد تعیین شده توسط سازنده بهره میگیرد. در این حالت سازنده باید برای اطمینان از اجرای صحیح دستورالعمل ها، عملیات را بازرسی نماید.

۴- مخزن میتواند توسط یک نصاب دارای گواهینامه ASME و مهر که نشان دهنده آشنایی آن با کد و مورد تأیید بودن دستورالعمل ها و کارکنانش بر اساس کد میباشد نصب گردد. این نصاب میتواند مسئولیت کامل نصب را بر عهده گیرد. حالات دیگری نیز میتواند وجود داشته باشد. اگر بیش از یک سازمان در عملیات شرکت داشته باشد، بازرس باید در اولین بازدید خود از محل مشخص کند که مسئولیت نهایی مخزن بر عهده کیست اگر شرکتی غیر از سازنده مخزن و نصاب تأیید شده در عملیات شرکت داشته باشد باید گستره کاری آن مشخص گردد.

دستورالعمل بازرسی:

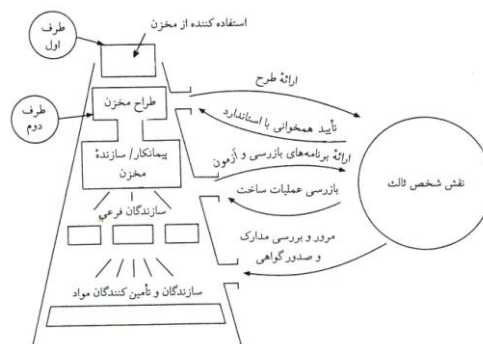
پس از تعیین شرکت مسئول مخزن، بازرس باید مستقیماً با شخص متولی نصب در ارتباط قرار گیرد تا نسبت به تهیه برنامه ای که بدون اختلال در روند نصب، امکان انجام بازرسی های مناسب را فراهم کند، به توافق برسند اولین مرحله بازرسی شامل دستورالعمل جوش و تاییدیه آنها (PQR&WPS) به منظور تطابق پارامترها با شرایط اجرایی می باشد.

همچنین گواهینامه تایید صلاحیت کلیه جوشکارانی که قرار است روی مخزن کار کنند باید بر اساس الزامات کد بررسی شوند. سازنده یا نصاب موظف است که کلیه مستندات شامل نقشه ها، محاسبات، نتایج آزمون ها و ... را به منظور بررسی و اظهار نظر بازرس قبل از شروع کار در اختیار بازرس قرار دهد تا عملیات بازرسی تسریع گردد.

مواد جدیدی که برای نصب در محل به سایت آورده میشوند باید از جنس مورد تایید کد بوده و علائم شناسایی مناسب برای تطبیق با گواهینامه روی آنها درج شده باشد. ممکن است به اندازه گیری ضخامت و بررسی وجود عیوبی مانند تورق، حفره ای شدن و خراشیدگی در این زمان نیاز باشد.

بازرسی از سرهم بندی ها، جوشها و بازرسی حین و بعد از آزمون هیدرواستاتیک یا پنوماتیک در محل همانند مواردی که در قسمت بازرسی در کارگاه گفته شد، اجرا میگردد.

در صورتیکه همه موارد مورد تایید بود، بازرس تمامی برگه های مشخصات را کنترل میکند تا از تکمیل شدن مناسب آنها و امضای آنها توسط سازنده و بازرس کارگاه و همچنین درج مواد و اجزایی که در محل نصب شده اند، اطمینان حاصل کنند. در صورت صحت کلیه موارد، گواهینامه نصب در محل توسط بازرس امضا می شود.



شکل ۱۱- نمای فعالیتهای ساخت مخزن

برنامه بازرسی و آزمون (ITP)

استفاده از برنامه های بازرسی و آزمون در تمام صنعت ساخت مخزن های تحت فشار به خوبی پذیرفته شده و جا افتاده است. این برنامه ها یکی از سودمندترین اسناد و مدارک کاری به حساب می آیند که اگر در نقش و جایگاه درست و کلیدی نظارت و بازرسی استفاده شوند ، چکیده تمام فعالیت های سازنده ، کارفرما و سازمان های قانونی را مشخص می کند. به دلیل ماهیت مخازن تحت فشار و شرایط قانونی حاکم بر آن ها می توان انتظار داشت که برنامه های بازرسی و آزمون ، مجموعه روشن و به دقت تعریف شده ای از مراحل فنی باشد. اما معمولاً مسئولیت های بازرسی حضوری به دقت روشن و مشخص نمی شود و تعداد و میزان نقاط حضور بازرسی در قراردادهای گوناگون بسیار متفاوت است. به طور کلی فعالیت هایی که هنگام ساخت نیازمند حضور بازرسی هستند در توافق های قراردادی میان طرف های گوناگون درگیر ، مشخص و تعریف می شوند. به یاد داشته باشید که میزان بازرسی های اجباری مورد نیاز برای تأییدیه های قانونی همیشه به روشنی و دقت تعریف و مشخص نشده اند، بلکه قوانین مربوطه تنها یکی از استانداردهای اصلی مخزن های تحت فشار را به عنوان نمونه ای از تجربه های فنی عملی و مناسب معرفی و پیشنهاد می کنند. و البته برخی از آن ها روشن تر و شفاف تر از دیگران هستند. به همین دلیل برنامه نمونه بازرسی و آزمون که در شکل ۶-۲۳ نشان داده شده است ، به جای پرداختن به مسئولیت های حضور و نظارت بر اجرای فعالیت ها ، مراحل فنی را که باید در یک برنامه خوب و دقیق بازرسی و آزمون گنجانده شود ، ارائه می کند. همچنین صورت مدارک و مستندات نمونه مربوط به هر یک از مراحل بازرسی و آزمون را در بر دارد.

هنگامی که با برنامه های بازرسی و آزمون برای مخزن های تحت فشار سر و کار دارید نکات عملی و راهگشای زیر را به یاد داشته باشید :

* همخوانی با استاندارد.

یک برنامه خوب بازرسی و آزمون مخزن های تحت فشار برای نکات و موارد مهم و اصلی مانند رویه های جوشکاری ، تهیه ورق نمونه آزمون و آزمون های غیرمخرب ، باید به بخش ها و مطالب مربوطه در استاندارد مورد استفاده اشاره و استناد کند.

* معیارهای پذیرش.

در برنامه بازرسی و آزمون باید به روشنی به معیارهای پذیرش عیوب که باید مورد استفاده قرار گیرند اشاره شود. اگر چنین نیست خیلی زود زمانی را برای بحث و بررسی این مورد با سازنده مشخص کنید. به یاد داشته باشید که به هر حال در عمل برای استفاده از معیارهای پذیرش عیوب ، که در استانداردهای مخازن تحت فشار نوشته شده اند ، به تعبیر و تفسیر و داوری شما نیاز است.

* نقاط توقف.

در استفاده از نقاط توقف یا نقاطی که سازنده باید عملیات ساخت را در اثنای تکمیل و اتمام کارهای بازرسی متوقف کند ، باید با کمال دقت برخورد کرد . تصور کنید که سازندگان چه معرکه ای برپا خواهند کرد که این نقاط توقف چگونه و تا چه اندازه برنامه ساخت را دچار تأثیر خواهند کرد ، و البته در عمل هم معمولاً چنین است . پس تلاش کنید که با توجه به دیدگاههای سازنده

نقاط توقف رسمی را تنها به مراحل مهم و حیاتی ساخت و بازرسیهای نهایی و آزمون فشار آب محدود کنید. البته این بدان معنی نیست که شما تسلیم خواسته های سازنده شوید و از حق خود برای حضور و نظارت بر مراحل مهم و حساس عملیات ساخت چشم پوشی کنید، بلکه به سادگی میتوانید این کار را به شکل غیر رسمی و بدون دردسر و ایجاد وقفه به انجام برسانید. یعنی بازدید و ملاقاتهای مکرر در میان مراحل کار لازم و ضروری است و نباید چنین بیندازید که همه ی سازندگان تمام کارها و وظایف شما را برایتان انجام خواهند داد.

*نقاط شاهد بازرسی.

در بسیار مراحل ساخت میتوان به منظور جلوگیری از طولانی شدن زمان ساخت و همچنین تاکید بر اهمیت بازرسی در آن مرحله بجای نقاط توقف از نقاط شاهد استفاده کرد. تفاوت ایندو در مدت زمان توقف کار است. در نقاط شاهد مهلتی را برای حضور بازرس مشخص میکنند و در صورتیکه تا زمان مشخص شده بازرس در محل حضور نیابد، سازنده مجاز است که عملیات ساخت را ادامه دهد. البته این موضوع چیزی از مسئولیت سازنده در قبال کیفیت ساخت کم نمیکند.

* بازرسی سرزده.

در مراحل ساخت مخزن عملیاتی وجود دارد که اجرای آنها بصورت پیوسته و طولانی مدت میباشد، مانند جوشکاری. برای اینگونه عملیات غالباً نمیتوان از نقاط توقف یا نقاط شاهد استفاده نمود. برای رفع این مشکل از حالت بازرسی سرزده استفاده میشود. در این حالت بازرس مجاز است که در طول مدت اجرای آن عملیات در هر زمان که تشخیص دهد بصورت سرزده از محل بازدید کرده و سازنده موظف است امکانات و تمهیدات لازم برای اجرای بازرسی را تامین نماید.

* مرور اسناد و مدارک .

برخی از سازندگان تنها هنگامی شروع به تهیه و تکمیل مجموعه اسناد و مدارک و شناسنامه ی مخزن می کنند که آزمون های بازرسی چشمی و آمون فشار آب آن با موفقیت به پایان رسیده باشد. برای نمونه شناسنامه ی مخزن پس از گذشت دو یا سه هفته پس از اجرای آزمون فشار آب و هنگامی که مخزن در حال زنگ زدایی، رنگ آمیزی و بسته بندی و آماده سازی برای حمل است تهیه می شود. چنین روشی اصلاً درست و مناسب نیست. هر نوع مشکل ناشی از اسناد و مدارک نادرست و یا فقدان مدارک لازم همواره بسیار دیر کشف می شود تقریباً همه ی بازرسان با چنین شرایطی آشنایی کامل دارند که پیش از تکمیل اسناد و مدارک نهایی و مرور و بررسی درست آنها، از هر سو تحت فشار قرار می گیرند تا مخزن را تأیید و اجازه ی آزادسازی و حمل آن را صادر کنند. بدون تردید این کار نادرست و عملی نامناسب است. اگر در مقام بازرس سازوکار قراردادی آزادسازی تجهیز را بدانید، هرگز گرفتار چنین شرایطی نخواهید. اطمینان پیدا کنید که تمام اسناد و مدارک مهم و حساس را به هنگام عملیات ساخت مرور و بررسی کرده اید. کار مرور و بررسی شما باید در واقع پیش از حضور در آزمون فشار آب و بازرسی چشمی و ابعادی مخزن به شکل کامل به پایان رسیده باشد. از پیش آماده باشید که چندین بار لزوم تکمیل و آماده سازی مجموعه ی مدارک و شناسنامه ی مخزن را به سازنده گوشزد کنید و از او بخواهید که آنها را به شما نشان دهد و تنها به بیان اهمیت آنها برای همه بسنده نکنید.

جدول ۸- آنچه باید در برنامه بازرسی و آزمون مخازن تحت فشار گنجانده شود

فعالیت	مدارک مربوطه
۱. واریسی طراحی	گواهی از سوی سازمان مستقل مبنی بر همخوانی طراحی مخزن با استاندارد مربوطه
۲. بازرسی مواد (آهنگری شده، ریختگی، ورق و لوله) در کارگاه	گزارش مشخصات و گواهی ذوب (شامل آنالیز شیمیایی) حضور هنگام مهرکوبی و نشانه گذاریها گزارش آزمون (به همراه کروکی ها) گواهی و گزارش آزمون نتایج آزمونهای مکانیکی (شامل آزمون ضربه)
۳. نشانه گذاری و انتقال نشانه ها	گزارش برش مواد و کارت برش (معمولاً کروکی و کارت برش برای ورقهای بدنه و عدسی و اجزای آهنگری شده)
۴. بررسی و آزمایش لبه های بریده شده	گزارش آزمون رنگ نافذ یا ذرات مغناطیسی روی لبه های برش خورده و ورقها
۵. رویه های جوشکاری	گزارش WPS و PQR گواهیهای تأیید صلاحیت جوشکاران گواهی و تأییدیه مشخصات مواد مصرفی کروکی موقعیت ورق نمونه آزمون
۶. جوشکاری	واریسی براساس WPS فرم گزارش فرم گزارش آزمون رنگ نافذ WPS و فرم بازرسی چشمی
۱-۶ واریسی آماده سازی اتصال ۲-۶ واریسی خال جوشها و همترازی درز جوشها و چگونگی نصب نازلها ۳-۶ برداشتن ریشه جوش از پشت و اجرای آزمون رنگ نافذ برای ترک یابی ۴-۶ بازرسی چشمی درز جوشها	
۷. آزمونهای غیر مخرب پیش از عملیات حرارتی	رویه های پرتونگاری و آزمون فراصوت فرم گزارش عیوب کروکی موقعیت آزمونهای غیرمخرب گزارش تعمیر (به همراه کروکی موقعیت تعمیر)
۱-۷ پرتونگاری یا آزمون فراصوت درز جوشهای طولی و محیطی ۲-۷ پرتونگاری یا آزمون فراصوت جوش نازلها ۳-۷ آزمون رنگ نافذ یا ذرات مغناطیسی درز جوشها ۴-۷ آزمون رنگ نافذ یا ذرات مغناطیسی جوش نازلها ۵-۷ برداشتن عیوب و تعمیر آنها	
۸. عملیات حرارتی / تنش زدایی	فرم گزارش واریسی چشمی و ابعادی نمودار زمان / دما برای عملیات حرارتی
۱-۸ واریسی چشمی و ابعادی پیش از عملیات حرارتی ۲-۸ واریسی فرایند عملیات حرارتی (به همراه ورق نمونه آزمون در صورت نیاز)	
۹. آزمونهای غیر مخرب پس از عملیات حرارتی	رویه های پرتونگاری و آزمون فراصوت فرم گزارش نتایج آزمون غیرمخرب فرم گزارش موقعیت آزمون غیرمخرب
۱-۹ پرتونگاری یا آزمون فراصوت درز جوشهای طولی و محیطی ۲-۹ پرتونگاری یا آزمون فراصوت جوش نازلها ۳-۹ آزمون رنگ نافذ یا ذرات مغناطیسی درز جوشها ۴-۹ آزمون رنگ نافذ یا ذرات مغناطیسی جوش نازلها ۵-۹ آزمون رنگ نافذ یا ذرات مغناطیسی جوشکاری اتصالات، گوشواره های بلند کردن و محل اتصال قید و بستها	
۱۰. بازرسی نهایی	گواهی آزمون فرم گزارش فرم گزارش فرم گزارش گزارش اندازه گیری ضخامت رنگ و نتیجه آزمون چسبندگی رنگ گزارش نوع روغن مورد استفاده تصویر پلاک هویت مخزن صورت بسته بندی شناسنامه کامل شامل فهرست فرم X یا مانند آن گزارش هر آنچه که تحویل شده است (به همراه اظهار نظر فنی)
۱-۱۰ آزمون فشار آب ۲-۱۰ بازرسی چشمی و ابعادی ۳-۱۰ واریسی تجهیزات درونی ۴-۱۰ زنگ زدایی و آماده سازی سطح ۵-۱۰ رنگ آمیزی ۶-۱۰ محافظت تجهیزات درونی ۷-۱۰ نشانه گذاری مخزن ۸-۱۰ بسته بندی ۹-۱۰ شناسنامه مخزن ۱۰-۱۰ گواهی مخزن ۱۱-۱۰ صورتجلسه تحویل	

پرتونگاری :

پرتونگاری روشی است برای بررسی لایه های درونی جوش که قابل رؤیت نیستند. کار با تجهیزات پرتونگاری باید توسط افراد ماهر و جابجایی آن باید بصورت دقیق و ایمن انجام گیرد. از ورود افراد غیر مجاز به محوطه پرتونگاری باید جلوگیری شود. پرتونگاری در صنعت ساخت مخازن تحت فشار کاربرد وسیعی داشته و از اهمیت بالایی برخوردار است. بخصوص اینکه با استفاده از آزمون پرتونگاری می توان ضریب بازده اتصالات جوش را بالاتر در نظر گرفت. نیاز یا عدم نیاز به پرتونگاری به عواملی همچون جنس ماده، ضخامت، ضریب اتصال و نوع سازه بستگی دارد. برای پرتونگاری می توان از امواج ایکس یا گاما استفاده کرد. تصاویر حاصل از امواج ایکس وضوح بالاتری دارند، اما استفاده از آن به دلیل نیاز به ولتاژ بالا که منجر به محدودیت در ضخامت قابل پرتونگاری می گردد و همچنین حجم زیاد دستگاه که قابلیت حمل و نقل آنرا می کاهد، محدودتر است. به هر حال براساس کد جوشها باید به روش مناسبی پرتونگاری شوند به طوری که عیوب با اندازه ۲٪ ضخامت فلز پایه و بیشتر قابل تشخیص باشد.

عوامل تعیین کننده انجام پرتونگاری در مخازن تحت فشار

پرتونگاری در مخازن تحت فشار به چند عامل بستگی دارد که در اینجا به شش عامل از آنها اشاره می شود. (سرویس - ضخامت - Joint Efficiency - جنس متریال - نوع مخزن - نوع فرآیند جوشکاری)

الف) تعیین کننده پرتونگاری ممکن است نوع سرویس باشد. مثل سرویسهای کشنده که مطابق پاراگراف (UW-2) مخازنی که دارای سرویسهای کشنده (Lethal) هستند می بایست بصورت (full) پرتونگاری شوند.

ب) تعیین کننده پرتونگاری ممکن است ضخامت باشد. مطابق جدول (UCS-57) برای P NO. های مختلف محدوده ای که نیاز اجباری (Mandatory) به پرتونگاری دارند مشخص شده است. مثلاً برای PNo.1, Gr.No. 1,2,3 ضخامت بالاتر از ۳۲ میلیمتر می بایست پرتونگاری شود.

پ) تعیین کننده پرتونگاری ممکن است مقدار ضریب اتصال (Joint Efficiency) باشد که بصورت درصد مشخص می شود. مطابق جدول (UW-12) در صفحات قبل درباره ی ضریب اتصال صحبت شده. باید توجه کرد انتخاب (Joint Efficiency) مناسب بعهدہ طراح است.

در مخازن تحت فشار چنانچه ضریب اتصال یک در نظر گرفته شود، مطابق (UW-12) پرتونگاری به صورت کامل انجام می شود.

در مخازن تحت فشار چنانچه (Joint Efficiency 0.85) در نظر گرفته شود مطابق (UW-12) پرتونگاری بصورت (Spot) انجام می شود.

در مخازن تحت فشار چنانچه (Joint Efficiency 0.70) در نظر گرفته شود مطابق (UW-12) پرتونگاری انجام نمی شود (None) است.

ت) تعیین کننده پرتونگاری ممکن است جنس متریال بکار رفته در ساخت مخزن باشد. مطابق پاراگراف (UNF-57) چنانچه متریال یک مخزن از فلز غیر آهنی باشد می بایست مطابق الزامات (UW-11) پرتونگاری شود. علاوه بر این مخازنی که از متریال تیتانیوم و یا زیرکونیم ساخته شوند می بایست به صورت (Full) پرتونگاری شوند.

ث) تعیین کننده پرتونگاری ممکن است نوع مخزن باشد مطابق پاراگراف (ULW-51, ULW-52(d), ULW-54) در مخازن چند لایه اتصالات (Category A&B) مربوط به بدنه های داخلی (Inner shell) و کلگی های داخلی (Inner heads) باید به صورت کامل پرتونگاری شود.

ج) تعیین کننده پرتونگاری ممکن است نوع فرآیند جوشکاری باشد مطابق پاراگراف [UW-11(6)] تمامی اتصالات جوشکاری به وسیله فرایند (ESW) می بایست به صورت (Full) پرتونگاری شوند. پس با توجه به توضیحات فوق پرتونگاری مخازن فوق به صورت (Full) یا به صورت (spot) انجام می شود بعضی مخازن هم پرتونگاری نیاز ندارند به اصطلاح پرتونگاری آنها (None) است. حال شرایط چگونگی انجام این دو حالت (full& spot):

مقررات وضعیت پرتونگاری (Full) مطابق پاراگراف [UW-11(a)]

اتصالاتی که بصورت (Full) پرتونگاری می شوند:

UW-11(a)

اتصالات جوشکاری شده زیر باید توسط پرتونگاری بصورت کامل و به شرحی که در (UW-51) آورده شده مورد آزمایش قرار گیرند.

۱- تمامی جوشهای لب به لب در بدنه و کلگی مخازنی که حاوی مواد سمی و کشنده هستند.
۲- تمامی جوشهای لب به لب در مخازنی که ضخامت اسمی آنها در محل اتصال جوشکاری شده از ۳۸ میلیمتر بیشتر باشد. یا از حداقل ضخامتهای شرح داده شده در (USC-57, UNF-57, UHA-33, UCL-35&36) بیشتر شود. با این حال به استثناء الزامات مندرج در [UHT-57(a)] جوشهای لب به لب گروه (Category B) گروه (Category C) در نازلها و محفظه های رابط که نه قطر (NPS) آنها از ۱۰ اینچ (DN-250) و نه ضخامت آنها از ۲۹ میلیمتر بیشتر باشد نیاز به آزمایشات پرتونگاری ندارند.

۳- تمامی جوشهای لب به لب در بدنه و کلگی دیگهای بخار که فشار طراحی آنها از (50psi) بیشتر باشد
۴- دربار نازلها ست که در پاراگراف ۲ بالا توضیح داده شده است.
۵- تمامی جوشهای لب به لب گروه (Category A) و گروه (Category D) در کلگی ها و مقاطعی از مخزن که طراحی اتصال جوشها و آن قسمت مقطع که بر اساس (Joint Efficiency) ها در پاراگراف [UW-12(a)] مجاز باشند، انجام شده باشد که در این صورت:

a) جوشهای گروه (Category A) و (Category C) که به کلگی ها و مقاطعی از مخزن متصل می گردند باید از نوع (1) و یا (2) از جدول (UW-12) باشد.

b) جوشهای لب به لب گروه های (Category A) و (Category C) (به جز نازلها و محفظه های ارتباطی) که جوشهای لب به لب (Category A) را در کلگی ها در مقاطعی از مخزن قطع می کنند یا مقاطع مخازن بدون درز یا کلگی ها را متصل می نماید باید حداقل مطابق با (UW-52) به صورت (SPOT) پرتونگاری شود. پرتونگاری انجام شده در این پاراگراف مستقل بوده و نمی توان آنها را جایگزین پرتونگاری (SPOT) انجام شده به علت الزامات دیگر انجام داد.

۶- تمامی اتصالات لب به لب انجام شده توسط فرآیند (ESW) که ضخامت هر پاس آن از ۳۸ میلیمتر تجاوز نماید و تمام اتصالات جوشکاری شده به وسیله فرآیند (ESW)

۷- چنانچه ساخت مخزن بگونه ای باشد که نتوان فیلم پرتونگاری درز جوش آخری مخزن را به طور قابل قبول تفسیر نمود می توان از تکنیک آلتراسونیک مطابق با (UW-53) استفاده نمود. در دسترس نبودن تجهیزات پرتونگاری مناسب نباید بهانه ای برای این جایگزینی باشد.

۸- معافیتهای پرتونگاری برای جوشهای معینی در نازلها و محفظه های ارتباطی آن گونه که در پاراگرافهای (۲)، (۴)، (۵) در بالا شرح داده شده بر الزامات پرتونگاری مندرج در قسمت (C) از این بخش ارجحیت دارد.

مقررات وضعیت پرتونگاری (SPOT) مطابق پاراگراف [ASME Sec. VIII Div.1 UW-11(b)]

UW-11(b)

به استثناء الزامات مندرج در [(a)(5)(b)] بالا اتصالات جوشکاری شده لب به لب از نوع شماره (۱) یا (۲) از جدول (UW-12) که نباید طبق بند (a) در بالا به طو کامل پرتونگاری شوند می توانند به صورت (spot) پرتونگاری شوند. پرتونگاری (spot) باید مطابق با (UW-52) انجام شود. اگر پرتونگاری (spot) برای تمامی مخزن منظور شده باشد، اتصالات لب به لب جوشکاری شده از گروه (Category B&C) در نازلها و محفظه های ارتباط دهنده که نه قطر اسمی آنها از ۱۰ اینچ یا (DN250) و نه ضخامت آنها از ۲۹ میلیمتر تجاوز نکند. نیاز به پرتونگاری ندارد.

معیار قبولی پذیرش عیوب براساس [UW-51(b)] برای پرتونگاری کامل

نشانه هایی که در فیلم های پرتونگاری شده از جوشها به عنوان عیوب مشخص شده اند مطابق شرایط زیر غیر قابل قبول بوده و باید مطابق پاراگراف (UW-38) تعمیر شوند و مجددا مطابق پاراگراف (UW-51) پرتونگاری شوند.

(۱) هرگونه ترک، عدم ذوب، عدم نفوذ

(۲) هرگونه نشانه های ممتد که طول آن بزرگتر از:

(a) ۶ میلیمتر برای (t) تا ضخامت ۱۹ میلیمتر

(b) یک سوم (t) برای (t) از ضخامت ۱۹ میایمتر تا ضخامت ۵۷ میلیمتر

(c) ۱۹ میلیمتر برای (t) بیشتر از ۵۷ میلیمتر

که در اینجا مقدار (t) عبارت است از مقدار جوش بدون احتساب لایه تقویتی مجاز آن برای اتصالاتی که از دو فلز با ضخامت های متفاوت تشکیل شده (t) عبارت است از ضخامت عضو نازک تر.

(۳) در صورتی که در محدوده ای به طول ۱۲ برابر (t) طول مجموعه ای از نشانه ها که بصورت خطی قرار گرفته اند از

یک (t) بیشتر باشد. به استثناء زمانیکه فاصله بین نشانه ها از ۶ برابر طول بزرگترین نشانه در گروه بیشتر باشد.

(۴) نشانه های مدوری که بزرگتر از اندازه های قابل قبول مشخص شده بوسیله استاندارد آورده شده در (Appendix)

معیار قبولی پذیرش عیوب براساس (UW-52) برای پرتونگاری نقطه ای (spot)

UW-52

یادداشت: پرتونگاری نقطه ای از اتصالات جوشکاری شده، ابزار مناسبی برای بازرسی تشخیص داده شده است. مقررات پرتونگاری نقطه ای همچنین به عنوان کمک به کنترل کیفیت مورد ملاحظه قرار گرفته است. پرتونگاری های نقطه ای انجام شده، از جوشهای یک جوشکار یا اپراتور جوشکاری ثابت می کند که عملیات طبق روش موفقیت آمیزی انجام شده است یا خیر؟ اگر عملیات موفقیت آمیزی نباشد تصمیمات تصحیحی باید انجام گردد تا عملیات جوشکاری در کارهای بعدی بهبود یابد.

پرتونگاری نقطه ای بر طبق این مقررات سطح کیفی کاملاً از پیش تعیین شده ای را تضمین نمی کند . باید درک شود که یک مخزن که تحت این مقررات پرتونگاری نقطه ای شده و پذیرفته شده است هنوز ممکن است دارای عیوبی باشد که در اثر آزمایشات بیشتر می تواند آشکار شود . اگر قرار باشد تمامی عیوب جوش که در نتیجه پرتونگاری از یک مخزن آشکار شده اند مرتفع گردند . بنابراین پرتونگاری به طور کامل ۱۰۰ درصد باید انجام گیرد .

(a) اتصالات لب به لب جوشکاری شده ای که باید بطور پرتونگاری نقطه ای پرتونگاری گردند باید طبق شرایط زیر بطور موضعی مورد آزمایش قرار گیرند .

(b) حداقل دامنه (تعداد) آزمایشات پرتونگاری نقطه ای .

۱- بر روی هر مخزن و به ازای هر ۱۵ متر یا کسری از آن از جوشهای که طبق جدول (UW-12) در ستون (b) که مربوط به (Joint Efficiency) است (اگر اعداد ۰.۸۵ یا ۰.۸ در نظر گرفته شده باشد) برای آن پرتونگاری منظور شده است و یک فیلم نقطه ای باید پرتونگاری گردد با این حال برای مخازن در قسمتهای مشابه که طول جوشهایی از آنها که باید طبق ستون (b) از جدول (UW-12) بطور نقطه ای پرتونگاری گردند کمتر از ۵۰ متر باشد به ازای هر ۵۰ متر از طول مجموع جوشهای این مخازن می توان یک فیلم نقطه ای پرتونگاری کرد.

۲- برای جوشهایی که باید آزمایش شوند تعداد کافی پرتونگاری نقطه ای باید گرفته شوند تا عملیات انجام شده توسط هر جوشکار یا اپراتور جوشکاری مورد سنجش قرار گیرد. تحت شرایط که ۲ یا بیشتر از ۲ جوشکار یا اپراتور جوشکاری لایه های مختلف یک اتصال یا دو طرف یک اتصال لب به لب دو طرفه را جوشکاری کنند یک فیلم نقطه ای عملیات انجام شده توسط این جوشکاران را پوشش دهند .

۳- هر پرتونگاری نقطه ای باید حتی الامکان به محض اینکه طول عملیات جوشکاری و حد لازم برای پرتونگاری مطابق پاراگراف (b-1) رسید یک فیلم نقطه ای باید پرتونگاری گردند باید محل پرتونگاری نقطه ای باید توسط بازرس تعیین گردد. مگر اینکه از قبل به بازرس اطلاع داده شده باشد و ایشان نتوانند حاضر شوند. تا بتواند انتخاب کند در این صورت سازنده می تواند به تشخیص خودش محل هایی را برای پرتونگاری نقطه ای تعیین کند.

۴- پرتونگاری هایی که مطابق الزامات سایر پاراگرافها مانند [UW-9(d)], [UW-11(a)(5)(b)], [UW-14(b)] برای محل هایی خاصی انجام شده است نباید جزو پرتونگاری ها ی نقطه ای منظور گردد.

(c) استاندارد های آزمایشات پرتونگاری نقطه ای

آزمایش پرتونگاری نقطه ای باید مطابق با تکنیکهای شرح داده شده در [UW-51(a)] انجام گیرد. حداقل طول فیلم پرتونگاری باید ۶ اینچ باشد سازنده می تواند بعد از مورد قبول قرار گرفتن مخزن توسط بازرس فیلم های پرتونگاری نقطه ای را نگه دارد یا آنها را دور بریزد قابلیت پذیرش جوشهای آزمایش شده توسط پرتونگاری نقطه ای باید توسط استاندارد های زیر ارزیابی گردد.

(۱) - جوشهایی که نشانه ها در فیلم های پرتونگاری آنها نشانگر وجود ترک یا ذوب و یا نفوذ ناقص می باشند قابل قبول نمی باشند.

(۲) - جوشهایی که نشانه ها و فیلم های پرتونگاری آنها بیانگر ناخالصی سرباره ای یا حفره (منظور CAVITY حالت تعریست که در پاس ریشه اتفاق می افتد) در صورتی که طول هر نشانه ای بیشتر از دوسوم (t) باشد قابل قبول نمی باشد .

(t) عبارت است از ضخامت جوش محل اتصال منهای ضخامت گرده جوش ، در اتصال لب به لب دو ورق با ضخامت متفاوت ، ضخامت گلوبی جوش گوشه ای باید به (t) اضافه شود . اگر نشانه های متعدد با محدوده های قابل قبول بالا در یک ردیف قرار داشته باشند باید آن جوش مورد پذیرش قرار گیرد مشروط بر آنکه مجموع طول بزرگترین نشانه هایی در طولی به اندازه ۶ برابر ضخامت فلز از یک ضخامت فلز تجاوز ننماید (برای طولهای کمتر از ۶ برابر ضخامت حد قبولی متناسب با آن می تواند کم شود) و همچنین مشروط بر آنکه بزرگترین نشانه های مورد بحث حداقل به اندازه (3L) از هم فاصله داشته باشند (فاصله بین دو نشانه باید فلز جوش سالم باشد) که در اینجا (L) عبارت است از طول بزرگترین نشانه.

حداکثر طول نشانه های قابل قبول باید ۱۹ میلیمتر باشد. چنین نشانه هایی با طول کمتر از ۶ میلیمتر باید برای هر ضخامتی قابل قبول باشد.

(۳) - در جوشهایی که لازم نیست به صورت صد در صد پرتونگاری گردند نشانه های مدور (منظور تخلیخهای داخل جوش هستند) فاکتوری در قابلیت پذیرش جوش به حساب نمی آید.

بحث اصطلاح "پنالتی" برای جوشهای تعمیری در مخازن تحت فشار

UW-52(d) ارزیابی و تستهای مجدد

۱) وقتی که طبق الزامات [(b)(1)] یا [(b)(2)] یک جوش پرتونگاری (spot) شد طبق [(c)(1)] یا [(c)(2)] در بالا پذیرفته شد تمامی جوشهایی که (۱۵ متر) این جوشها نماینده آنهاست باید مورد پذیرش قرار گیرند.

۲) وقتی که طبق الزامات [(b)(1)] یا [(b)(2)] یک جوش پرتونگاری (spot) شود و مشخص شود حداقل الزامات کیفی قید شده در [(c)(1)] یا [(c)(2)] در بالا تامین نشده است. دو فیلمی اضافی در تقاطعی دورتر از فیلم (spot) اولیه از همان جوشهایی که فیلم (spot) اولی نماینده آنهاست باید پرتونگاری گردد. محلهای این فیلم های اضافی مانند آنچه که در مورد فیلم (spot) اولیه مطابق پاراگراف [(b)(3)] آورده شده باید توسط بازرس یا سازنده تعیین گردد.

a) اگر این دو فیلم (spot) اضافی نشان بدهد که جوشها دارای حداقل الزامات کیفی قید شده در [(c)(1)] یا [(c)(2)] می باشند. تمامی جوشهایی که این سه فیلم (spot) نماینده آنها هستند قابل قبول می باشند مشروط بر آنکه عیوب آشکار شده توسط فیلم (spot) اول توسط جوشکار تعمیر شده باشد و جوش تعمیری باید طبق الزامات (UW-52) مورد آزمایشات پرتونگاری قرار گیرد

b) اگر هر یک از دو فیلم (spot) اضافی نشان بدهند که جوشها فاقد حداقل الزامات کیفی قید شده در [(c)(1)] یا [(c)(2)] می باشند تمامی جوشهایی که این سه (spot) نماینده آنها هستند باید مردود اعلام گردند. تمامی فلز جوشهای مردود باید برطرف گشته و مجددا جوشکاری گردند یا بصورت دلخواه سازنده تمامی جوشهای مردودی بطور کامل پرتونگاری شده و تنها عیوب تعمیر گردند.

c) جوشکاری تعمیریها باید مطابق روش تایید شده و قابل قبول برای بازرسی انجام شود. از اتصال دوباره جوشکاری شده یا نواحی تعمیر شده جوش، طبق الزامات (UW-52) باید یک فیلم (spot) پرتونگاری گردد.

مقطع زنی: (UW-41)

کد اجازه بررسی جوشها به روش مقطع زنی را در صورت توافق هر دو طرف خریدار و سازنده صادر کرده است، اما این مقطع زنی نمی تواند جایگزین پرتونگاری مقطعی گردد و همچنین در افزایش ضریب اتصال نقش ندارد. نمونه ها توسط اهر مناسب تهیه می گردد. ابعاد نمونه باید به حد کافی باشد تا امکان دسترسی به کل سطوح مقطع ناحیه اتصال وجود داشته باشد.

در صورت استفاده از برش اکسیژن برای تهیه نمونه مقطع، شکاف ایجاد شده نباید از $1\frac{1}{2}$ " یا پهنای جوش (هرکدام بیشتر باشد) بزرگتر شود. جوش نمونه تهیه شده بدین روش باید توسط اهر مقطع بخورد. این مقطع باید کل پهنای ناحیه جوش را در بر گیرد. سپس باید نمونه پرداخت شده و به روش مناسبی حکاکی شود (etch) شود. نمونه بشرطی مورد پذیرش واقع می شود که عاری از هرگونه ترک و عدم نفوذ باشد. وجود مقداری سرباره یا حفرات گازی مورد قبول است. مشروط به اینکه (۱) حفرات گازی از $1/16$ " تجاوز نکرده و بیشتر از شش عدد از این حفرات با حد اکثر اندازه در یک اینچ مربع از فلز جوش وجود نداشته باشد. (۲) مجموع مساحت حفرات گازی بزرگ از 0.02 اینچ مربع در هر یک اینچ مربع از فلز جوش تجاوز نکند.

پهنای هر ناخالصی سرباره مجزا که به موازات ورق قرار گرفته نباید بیشتر از نصف پهنای جوش سالم در همان نقطه باشد. مجموع ضخامت ناخالصی های سرباره در صفحه ای عمود به سطح ورق نباید از ۱۰٪ ضخامت نازکترین فلز پایه تجاوز نماید.

در صورتیکه نمونه مقطع الزامات کد را برآورده نکند باید دو نمونه دیگر از همان خط جوش هریک در یک سمت نمونه اولی و از محلی که توسط بازرسی تعیین می گردد. تهیه شود. (در صورتیکه هر یک از این نمونه ها مردود شد باید نمونه دیگری در نزدیکی آن تهیه و آزمایش شود تا محدوده ی جوش معیوب مشخص گردد.) علاوه بر این بازرسی باید نمونه های دیگری از تمامی خطوط جوش که توسط جوشکار خط جوش معیوب انجام شده ، تهیه و آزمایش نماید. (در صورتیکه هر یک از این نمونه ها مردود شد باید نمونه دیگری در نزدیکی آن تهیه و آزمایش شود تا محدوده ی جوش معیوب مشخص گردد.)

تمامی مناطقی که مجددا جوشکاری شده اند در صورت درخواست بازرسی باید مجددا تحت آزمون قرار گیرند. نمونه های مقطع باید با روش مناسبی مارک شده یا برچسب خورده و محل اصلی آنها روی قطعه اصلی، شماره شناسایی پروژه یا قطعه و کد جوشکار یا اپراتور جوشکاری ثبت گردد. پس از حکاکی نمونه ها باید چرب شده و در محفظه های قابل شناسایی نگهداری شوند. در پایان کار ساخت مخزن باید محل تمامی این نمونه ها به همراه شماره شناسایی آنها روی یک نقشه مشخص و ثبت گردد. نمونه ها ممکن است توسط خریدار نگهداری شده و یا دور انداخته شوند.

سوراخهای ایجاد شده در بدنه در اثر نمونه برداری با استفاده از اره گرد را می توان با هر روش جوشکاری که مورد تایید بازرسی باشد ترمیم نمود. بهترین روش اینست که یک قطعه گرد مشابه از ورقی مشابه برش داده شده و پس از پخ زنی لبه های آن و لبه های سوراخ، درون سوراخ قرار داده شده و جوش دوطرفه اعمال گردد. در صورتیکه جوشکاری فقط از یک سمت مقدور باشد باید ناحیه ریشه بگونه ای باشد که از نفوذ کامل جوش اطمینان حاصل گردد. هر لایه جوش باید چکش زنی شود تا از میزان تنشهای پسماند کاسته شود.

در صورتیکه ضخامت فلز پایه کمتر از یک سوم قطر سوراخ باشد، می توان از یک ورق پشت بند در سمت داخل مخزن استفاده کرد و کل سوراخ را توسط فلز جوش پر کرد. اگر ضخامت فلز پایه کمتر از یک سوم قطر سوراخ و یا بزرگتر از دوسوم قطر سوراخ نباشد می توان کل سوراخ را از یک سمت با فلز جوش پر کرد. و از سمت دیگر سطح جوش را پرداخت و تمیز نمود. روشهای دیگری نیز برای پر کردن سوراخ های نمونه برداری وجود دارد ولی روش توضیح داده شده در بالا رایجترین آنهاست.

آزمون فشار

در عمل همه مخازنی که برای کار در فشارهای بالاتر از فشار اتمسفر طراحی شده اند مورد آزمون فشار قرار میگیرند و معمولا این آزمون در کارخانه سازنده انجام میشود. بنابراین حضور و نظارت بر اجرای آزمون فشار از جمله وظایف متداول بازرسی بشمار میرود. حضور همه طرفهای درگیر هنگام اجرای این آزمون ضروری است و این نکته باید در برنامه بازرسی و آزمون به شکل نقطه توقف مشخص شود. البته این آزمون هم محدودیتهای ویژه خود را دارد. تنشهایی که به هنگام آزمون فشار به مخزن وارد میشود اساسا تنشهای ایستا (استاتیک) هستند و موجب اعمال تنشهای اصلی و در نتیجه کرنشهای اصلی ناشی از آن به مخزن میشوند. یعنی آنچه مورد آزمون قرار میگیرد مقاومت و ایستادگی مخزن تنها در دامنه تنشها و کرنشهای اصلی است و نشان دهنده مقاومت مخزن در برابر بارهای متناوب (خستگی)، خزش و یا دیگر فرآیندهایی که میتوانند موجب تخریب مخزن شوند، نیست. در نتیجه برای مخازنی که بدرستی مورد بازرسی و واریسی و عیب یابی (بویژه عیوب جوش) قرار نگرفته باشد، آزمون فشار یک آزمون اثباتی و تایید کننده نخواهد بود. آزمون فشار آزمونیست تنها برای بررسی نشتی در شرایط اعمال فشار. آزمون فشار بروشهای مختلفی در مخازن اجرا میگردد که دو روش بسیار پر کاربرد آن شامل آزمون هیدروستاتیک و آزمون پنوماتیک میباشد.

آزمون هیدروستاتیک:

این آزمون رایجترین آزمون فشاری است که در مورد مخازن تحت فشار اجرا میشود. در مواردی که ضخامت ورق مخزن و تنشهای مجاز به خوبی مشخص و شناخته شده باشند و هیچ عامل مهم ناشناخته ای در زمینه طراحی مکانیکی مخزن وجود نداشته باشد، این آزمون متداولترین آزمون است. برای مخازنی که تنها یک محفظه دارند، یک آزمون هیدروستاتیک به تنهایی کفایت، ولی برای مخازنی که دارای چند محفظه هستند، مانند مبدلهای حرارتی، برای هر کدام از محفظه های مخزن باید آزمون جداگانه ای اجرا شود. تمامی کدها/استانداردهای طراحی مخازن تحت فشار دستورات مشخصی برای الزامات و چگونگی اجرای آزمون هیدروستاتیک ارائه نموده اند.

فشار آزمون هیدروستاتیک بر اساس UG-99

پاراگراف UG-99(a)

آزمون هیدروستاتیک باید در مورد تمام مخازن بعد از مراحل زیر انجام شود:

- (1) - تمام شدن عملیات ساخت، به جز عملیاتی که قبل از تست نمیتوانند انجام شوند مانند آماده سازی جوشهای انتهایی کار [U-1(e)(1)(a)] و سنگ زنی برای بهبود ظاهر فلز مینا بطوریکه بر ضخامت مورد لزوم تاثیری نگذارد.
- (2) - تمام آزمایشات انجام شده باشد. به استثنا آنهایی که لازم است بعد از آزمون انجام شوند. مخازن کامل شده به جز آنهایی که مطابق با الزامات (UG-100) و (UG-101) آزمون شده اند باید آزمون هیدروستاتیک را به شرحی که قبلا در این پاراگراف آمده است با موفقیت از سر گذرانده باشند.

پاراگراف UG-99(b)

به جز مواردی که در بند a و ضمیمه 4-27 مجاز شمرده شده اند، مخازنی که برای فشار داخلی طراحی شده اند باید در معرض فشار آزمون هیدروستاتیک قرار گیرند که آن فشار در هر نقطه مخزن حداقل معادل 1.3 برابر حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) که بر روی مخزن نوشته شده ضربدر کمترین نسبت تنش در درجه حرارت تست به تنش در درجه حرارت طراحی (به UG-21 نگاه کنید). تمامی نیروهایی که ممکن است در این تست وجود داشته باشند باید در محاسبات در نظر گرفته شوند.

مطابق پاراگراف ضمیمه 3-27 فشار هیدروستاتیک در مخازن دارای پوشش شیشه (Glass Lined) حداقل برابر فشار MAWP باشد و نیازی نیست از فشار بالاتری استفاده گردد.

الزامات سنجه آزمون:

بر اساس پاراگراف UG-102، باید در حین آزمون هیدروستاتیک یک سنجه (نشانگر) مستقیما به مخزن متصل شود. در صورتی که این سنجه براحتی برای اپراتور کنترل کننده قابل دید نباشد، باید سنجه دیگری نیز در محل مناسب و قابل دید در کل مدت تست نصب گردد.

همچنین توصیه شده که علاوه بر سنجه هاس نشانگر، از یک سنجه ثبت کننده نیز در مخازن بزرگتر استفاده شود. همه کارگاه ها، بخصوص کارگاه های کوچک سنجه ثبت کننده ندارند اما استفاده از دوسنجه نشانگر به دلیل حساسیت بالای این سنجه ها وامکان آسیب دیدن آنها در تمامی تستها لازم بنظر می رسد.

هنگام نظارت بر اجرای آزمون استاندارد فشار آب برای هر مخزن این نکات مهم و راهگشا را به کار ببندید

آماده‌سازی مخزن

- آزمون باید پس از هر نوع عملیات حرارتی و تنش‌زدایی اجرا شود.
- آن دسته از اجزای مخزن مانند لوله‌های قابل انعطاف، غشاها و میان‌بندها (دیافراگم‌ها) و اتصالاتی که یارای تحمل فشار آزمون را ندارند باید پیش از آزمون برداشته شوند.
- دمای محیط باید بالاتر از صفر درجه (ترجیحاً میان ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتیگراد) و بالاتر از دمای انتقال شکست ترد برای ماده مخزن باشد (برای این منظور اطلاعات آزمون مکانیکی را واریسی کنید).

رویه آزمون

- تمام گشودگیها و حفره‌ها را با فلنج محکم ببندید.
- برای این کار از پیچ و مهره مناسب به جای قلاب G شکل استفاده کنید.
- دو فشارسنج، و ترجیحاً در دو نقطه جداگانه در بالای مخزن باید به کار رود.
- برای ایمنی بیشتر لازم است که همه هوای درون مخزن تخلیه شود. واریسی کنید که نازل هواگیری حتماً در بالاترین نقطه مخزن قرار داشته باشد و به هنگام شروع پمپ کردن فشار به تدریج بسته شود، به گونه‌ای که همه هوای مخزن تخلیه شود. بهترین کار این است که اگر می‌توانید خودتان حتماً بر انجام این کار نظارت کنید.
- پمپ کردن فشار باید به آهستگی (با پمپ رفت و برگشتی کم ظرفیت) انجام شود تا از وارد آمدن فشار ناگهانی دینامیکی به مخزن جلوگیری شود.
- میزان فشار آزمون در ASME VIII و BS 5500 و یا دیگر دستورالعملها و استانداردهای مربوطه مشخص شده است و این فشار به اندازه‌ای است که تنش بیش از اندازه به مخزن وارد نشود (مگر در موارد بسیار خاص). اگر در این باره دچار شک و تردید هستید ۱۵۰ درصد فشار طراحی را انتخاب کنید.
- پمپ را از مخزن جدا کنید و مخزن را دست‌کم به مدت ۳۰ دقیقه تحت فشار نگه دارید.

دنبال چه باید گشت

- نشنیها، برای پدیدار شدن نشنیها به زمان نیاز است. به ویژه پیرامون درز جوشها و جوشکاری نازل‌ها را واریسی کنید. هر نوع رطوبت و شبنم را با استفاده از هوای فشرده بزدا کنید و مخزن را خشک کنید، در غیر این صورت ممکن است نشنیهای ریز و کوچک از دید شما پنهان بمانند. معمولاً نشنیها از محل ترک یا حفره روی می‌دهد.
- مراقب افت فشار در فشارسنجها باشید. هیچ افت فشار قابل مشاهده پذیرفتنی نیست.
- انحراف و اعوجاج سطح فلنج‌ها را با اندازه‌گیری بسیار دقیق واریسی کنید. از آنجایی که کرنشهای اصلی بسیار کوچک هستند قادر نخواهید بود هیچ‌یک از کرنشهای اصلی مخزن را اندازه‌گیری کنید.
- اگر با هر مورد مشکوکی روبه‌رو شدید دستور تکرار آزمون را صادر کنید، هیچ ضرری به دنبال نخواهد داشت.

شکل ۱۲- نکات مهم و کارگشا در آزمون هیدروستاتیک

براساس الزامات کد باید در تمامی نقاط مرتفع مخزن دریچه‌های هواگیری وجود داشته باشد تا از محبوس شدن هوا هنگام پر کردن مخزن جلوگیری شود. حبس شدن هوا در حین تست می‌تواند منجر به ایجاد حادثه و خسارت گردد.

وضعیت سنجه (Gauge) فشار مطابق (c) & (b) UG-102

محدوده فشار سنجه میبایست از 1.5 برابر فشار تست کمتر نبوده و از ۴ برابر فشار تست بیشتر نباشد. تمامی سنجه‌ها باید براساس استاندارد کالیبره شده و هر زمان که احساس شود که سنجه دارای خطاست باید مجدداً کالیبره شوند.

کد الزام کرده است که قبل از اجرای آزمون، تجهیزات آزمون مورد بازرسی قرار گرفته و کلیه اتصالات کم فشار و تجهیزات جانبی که نباید تحت فشار قرار گیرد از مخزن جدا شوند.

جدول ۹- مرجع کد آزمون هیدروستاتیک

Hydrostatic Tests

Test must be at at least 1.3 times the maximum design pressure multiplied by the lowest ratio of the stress value for the test temperature to that for the design temperature

Par. UG-99, Fn. 35
Par. UG-21, Fn. 8

If the allowable stress at design temperature is less than the allowable stress at test temperature the hydrostatic test pressure must be increased proportionally. Thus

Par. UG-98

$$\text{Test pressure} = 1.3 \times \frac{\text{allowable stress at test temperature} \times \text{design pressure}}{\text{allowable stress at design temperature}}$$

Combination units must be so tested that hydrostatic pressure is on one chamber without pressure in the other parts

Pars. UG-21, UG-98

Include corrosion allowance in calculating test pressure

Inspection must be made at a pressure not less than $\frac{2}{3}$ of test pressure

Test cast ductile iron at 2 times maximum allowable working pressure

Par. UCD-99

Test cast-iron vessels at 2 times the design working pressure; for design pressure under 30 psi, test at $2\frac{1}{2}$ times design pressure but not to exceed 60 psi

Par. UCI-99

Test pressure shall be at least 1.4 times the design pressure at 100°F

Par. ULT-99

Test for clad-plate vessels

Par. UCL-52

آزمون پنوماتیک:

آزمون پنوماتیک تنها در شرایط ویژه ای که دلایل مناسبی برای برتری این آزمون نسبت به آزمون هیدروستاتیک وجود داشته باشد، برای مخازن تحت فشار اجرا میگردد. آزمون پنوماتیک بسیار خطرناک است چراکه در صورت بروز احتمالی شکست منجر به انفجارهای مخرب خواهد شد. به همین دلیل پاره ای اقدامات مشخص و تایید شده احتیاطی وجود دارد که باید پیش از اجرای آزمون روی مخزن بررسی شوند و افزون بر آن پاره ای نکات ایمنی است که حتما باید هنگام اجرای آزمون مورد توجه و دقت قرار گیرند.

پاراگراف UG-100

(a) عطف به مندرجات پاراگراف (1) & (2) UG-99(a) به جای آزمون هیدروستاتیک شرح داده شده در UG-99 میتوان از آزمون نیوماتیک که در اینجا شرح داده میشود برای مخازن زیر استفاده کرد:

(1) طوری طراحی شده اند یا تقویت و ساپورتگذاری آنها به گونه ای است که نمیتوان با اطمینان و ایمنی آن را از آب پر کرد.

(2) به آسانی خشک نمیشوند به این معنی که این مخازن باید در سرویسهای بکار روند که ذرات بقایای مایع آزمون برای آن سرویس قابل قبول نیستند و بخشهایی از آنها قبلا با فشاری که در UG-99 آورده شده آزمون هیدروستاتیک شده اند.

(b) به استثنا مخازن لعاب دار (Enameled) مه فشار آزمون نیوماتیک آنها حداقل برابر با حداکثر فشار کاری مجازی است که باید روی آن مارک شود (ولی از آن تجاوز ننماید). فشار آزمون نیوماتیک باید حداقل برابر با 1.1 برابر حداکثر فشار کاری مجاز ضربدر کوچکترین نسبت بین مقدار تنش در درجه حرارت آزمون به مقدار تنش در درجه حرارت طراحی باشد. تحت هیچ شرایطی فشار آزمون نیوماتیک نباید از 1.1 برابر مبنای بکار رفته در محاسبه فشار آزمون، آنطور که در ضمیمه 2-3 تعریف شده، تجاوز نماید.

(c) درجه حرارت فلز در خلال آزمون نیوماتیک باید حداقل 17°C بالاتر از حداقل درجه حرارت طراحی فلز باشد تا خطر شکست ترد را به حداقل برساند (نگاه کنید به UG-20 و یادداشت کلی (6) شکل 66.2 از بخش UCS).

(d) فشار در مخزن باید تا اندازه ای که بیشتر از نصف فشار آزمون نباشد به تدریج افزایش یابد. از آن پس باید طی مراحل به اندازه تقریبی $1/10$ فشار آزمون افزایش یابد تا به اندازه فشار آزمون برسد. سپس فشار باید تا مقداری که معادل فشار تقسیم بر 1.1 میباشد کاهش یابد و در این فشار به مدت زمان کافی نگه داشته شود تا بازرسی از مخزن انجام شود. به استثنا نشتی هایی که ممکن است در محلهایی رخ بدهد که آن محلها بطور موقتی نازلها را مسدود نموده اند که باید در آینده توسط جوشکاری به سیستم متصل گردند، در هنگام بازرسی چشمی هیچگونه نشتی مجاز نمیشد. نشتی درزهای موقتی باید به گونه ای کنترل گردند تا با سایر اتصالات تماس نداشته باشند.

از بازرسی چشمی مخزن در فشاری که برابر با فشار آزمون تقسیم بر 1.1 میباشد میتوان چشم پوشی کرد مشروط بر آنکه:

(1) از گاز مناسبی برای تست نشتی استفاده گردد.

(2) جایگزینی گاز تست نشتی با موافقت بین سازنده و کارفرما باشد.

(3) تمامی درزهای جوشکاری شده ای که بعد از مونتاژ از دید مخفی می مانند، قبل از مونتاژ مورد بازرسی چشمی قرار گیرند.

(4) مخزن محتوی مواد سمی نباشد.

(e) مخازن به استثنا آنهایی که حاوی مواد سمی هستند میتوانند قبل از آزمون فشار چه از داخل یا از بیرون رنگ یا پوشش شوند و یا میتوانند از داخل روکشکاری (lined) شوند. با این حال به استفاده کننده اخطار میگردد که این رنگ یا پوشش یا روکش میتوانند نشتی هایی را که میشد توسط آزمون فشار کشف نمود از دید مخفی نمایند.

پاورقی (35)

بعضی موارد پیش میآید که لازم میشود مخزنی که فقط بخشی از آن از مایع پر شده را تست نمود. برای چنین مخازنی، ترکیبی از آزمون نیوماتیک و هیدروستاتیک را میتوان بعنوان جایگزین آزمون نیوماتیک به کار برد. مشروط بر آنکه سطح مایع تا ارتفاعی از مخزن باشد که حداکثر تنش منجمع تنش ایجاد شده توسط فشار گاز یا هوا در هر نقطه از مخزن (معمولا نزدیک بدنه مخزن) یا در محل اتصال ساپورتها از 1.3 برابر مقدار تنش مجاز ماده ضربدر ضریب کارایی اتصال تجاوز ننماید.

بعد از آنکه سطح مایع در ارتفاعی قرار گرفت که این شرایط را برآورده نماید تست آنطور که قبلا در (b) یا (c) شرح داده شده انجام میشود. هوا یا گاز وقتی بعنوان سیال آزمون بکار برده شوند خطرناک هستند. بنابراین توصیه میشود که وقتی از هوا یا از گاز به منظور تست استفاده میگردد تمهیدات احتیاطی خاص پیش بینی گردد.

پاراگراف UW-50

- در مخازنی که تحت آزمون پنوماتیک قرار میگیرند، کل خطوط جوشی که در ادامه آمده باید از نظر وجود ترک تحت آزمون قرار گیرند:
- (a) کلیه جوشهای اطراف دریچه ها
- (b) کلیه جوشهای اتصالات (attachments) شامل جوش اتصالات غیر تحت فشار به اجزاء تحت فشاری که گلوبه ای بیشتر از 6 mm (1/4") دارند.

اقدامات احتیاطی پیش از آزمون فشار هوا

- بخش UW-50 از ASME VIII مقرر کرده است که همه جوشهای نزدیک به گشودگیها و حفرهها و جوشکاری همه اتصالات مخزن برای واریسهای سطحی به شکل 100٪ مورد آزمون ذرات مغناطیسی یا مایع نفوذی قرار گیرند.
- براساس BS 5500 لازم است که محاسبات و طراحی مرور شود تا ضریب ایمنی به کار رفته در طراحی مخزن بررسی و تأیید شود. آزمونهای غیرمخرب لازم همان است که برای کاربردهای رده 1 و 2 مشخص شدهاند به اضافه آزمون ترکبایی سطحی (به روش ذرات مغناطیسی یا مایع نفوذی) به شکل 100٪ بر روی تمام جوشهای دیگر.
- بهتر است پیش از اجرای آزمون فشار هوا - حتی اگر استاندارد مورد استفاده شرایطی برای آن تعیین نکرده باشد - آزمونهای غیرمخرب حجمی و ترکبایی سطحی به شکل 100٪ انجام شود.

رویه آزمون

- مخزن باید درون یک گودال یا میان دیوارهای محافظ قرار داشته باشد.
- دمای محیط باید به اندازه کافی بالاتر از دمای انتقال شکست ترد ماده باشد.
- از هوا هم می توان استفاده کرد، ولی گازهای خنثی (مانند نیتروژن) برتری دارند.
- فشار باید به آرامی و مرحله به مرحله به میزان 5 تا 10 درصد افزایش پیدا کند و در هر مرحله اجازه داد که هوای درون مخزن تثبیت شود.
- براساس ASME بیشترین فشار آزمون 125 درصد فشار طراحی تعیین شده است ولی بهتر است که شرایط مندرج در استاندارد را به دقت مطالعه و بررسی کنید.
- براساس BS 5500 بیشترین فشار آزمون 150 درصد فشار طراحی تعیین شده است.
- پس از رسیدن به فشار نهایی آزمون مخزن را جدا کنید و بروز هر نوع افت فشاری را واریس کنید. به یاد داشته باشید که افزایش دمای ناشی از تراکم هوا می تواند بر اندازه های خوانده شده فشار اثر بگذارد (قانون گازها).

شکل 13- نکات مهم و راهگشا در آزمون پنوماتیک

جدول 10- مرجع کد آزمون پنوماتیک

Pneumatic Tests	
<p>Pneumatic test may be used instead of hydrostatic test when:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vessels are so designed and supported that they cannot safely be filled with water 2. Vessels for service in which traces of testing liquid cannot be tolerated are not easily dried <p>Test pressure must not be less than 1¼ times maximum allowable pressure</p>	<p>Par. UG-100</p>
<p>All attachment welds of a throat thickness greater than ¼ in must be given a magnetic particle or liquid penetrant test before pneumatic test</p>	<p>Par. UW-50</p>
<p>Special precautions should be taken when using air or gas for testing</p>	<p>Par. UG-100, Fn. 36</p>

آزمونهای غیر مخرب :

برای سازنده مخزن تحت فشار، آزمونهای غیر مخرب به معنی تعیین جوشکار، ورقها، قطعات ریخته گری و آهنگری معیوب قبل، حین و بعد از ساخت می باشد. برای کاربر مخزن، آزمونهای غیر مخرب یک تکنیک نگهداری است که سبب افزایش اطمینان از ایمنی و سلامت مخزن تا دوره ی بعدی بازرسی میگردد.

گسیختگی های جدی در جوشها و یا کاهش ضخامت دیواره می تواند باعث توقفات پر هزینه و یا بدتر، حوادث خطرناک شود. برای اینکه اینگونه عیوب در اسرع وقت تشخیص داده شوند بازرسی چشمی به تنهایی کفایت نمی کند. شرایط داخلی ماده یا جوش فقط با استفاده از روش مناسب آزمون غیر مخرب قابل بررسی می باشد جدول ۱۱ برخی روشهای آزمون غیر مخرب که در ساخت مخازن تحت فشار رایج هستند را توصیف می کند.

جدول - مرجع کد آزمونهای غیر مخرب ذرات مغناطیس و مایع نافذ

Magnetic Particle and Liquid Penetrant Tests

When vessel is to be pneumatically tested, welds around openings and attachment welds of throat thickness greater than $\frac{1}{4}$ in must be given a magnetic particle or liquid penetrant examination for ferromagnetic materials (liquid penetrant for nonmagnetic materials)	Par. UW-50
Liquid penetrant examination must be made on all austenitic chromium-nickel alloy steel welds in which shell thickness is over $\frac{3}{4}$ in and on all thicknesses of 36 percent nickel steel welds. Examinations shall be made after heat treatment if heat treatment is given	Par. UHA-34
Heat-treated enhanced materials used for vessels; all welds must be given a magnetic particle examination after hydrostatic testing. Liquid penetrant is an acceptable alternative	Par. UHT-57
Pressure part welded to a plate thicker than $\frac{1}{2}$ in to form a corner joint must be examined by magnetic particle or liquid penetrant method	Pars. UG-93, UW-13 Fig. UW-13.2
Layered vessels	Par. ULW-56
Low-temperature vessel construction; all attachment welds and joints not radiographically examined shall be given a liquid penetrant examination	Par. ULT-57
Qualification of personnel: Magnetic particle Liquid penetrant	Code Appendix 6 Code Appendix 8

بازرسی چشمی و ابعادی

بازرسیهای چشمی و ابعادی بخشی از فعالیتهای بازرسی نهایی است که برای مخازن تحت فشار انجام می شود. بازرسی نهایی برای مخزنهایی که مشمول گواهیهای قانونی هستند اجباری است و هموار در قراردادها به عنوان نقطه ی بازرسی حضوری تعیین و مشخص می شود. اجرای این بازرسی چندان دشوار و پیچیده نیست، ولی بهتر است که برای آسانتر کردن تهیه ی گزارشهای مربوطه از رویه ای سازمان یافته و فهرست کارنمای (چک لیست) مشخص استفاده کرد. بازرسیهای چشمی و ابعادی را می توان پیش و پس از آزمون فشار آب انجام داد، ولی اجرای این بازرسیها پس از آزمون فشار آب متداولتر است و این امکان را فراهم می کند که بازرسیهای درونی و بیرونی مخزن در یک زمان انجام شود. در این شرایط مخزن آماده ی زنگ زدایی و ماسه پاشی (سند بلاست) و رنگ آمیزی است. هر چند بازرسیهای چشمی و ابعادی معمولاً همزمان با هم انجام می شوند ولی برای روشنتر شدن مفاهیم هر یک را به تنهایی بررسی خواهیم کرد.

بازرسی چشمی

هدف از بازرسی چشمی پیدا کردن عیوب و اشکالاتی است که یکپارچگی مخزن را خدشه دار می کند. برای یافتن آثار و مدارکی که نشان دهنده ی اشکال و ضعف در اجرای آن دسته از عملیات ساخت باشد که احتمالاً در طول زمان ساخت و در غیاب نظارت و بازرسی بازرس مستقل انجام شده است، این بازرسی بسیار مفید و کارساز است.

نمای بیرونی مخزن

اصول بازرسیهای اصلی و اساسی برای همه ی مخازن یکسان است. این موارد را واریسی کنید:

* آرایش ورقها .

ترتیب آرایش ورقها را با نقشه های تأیید شده ی اولیه مقایسه کنید (نه با نقشه ای که احتمالاً در سطح کارگاه و در کنار مخزن پیدا می کنید). چندان دور از ذهن نیست که سازنده برای منافع بیشتر ترکیب آرایش ورقها را تغییر دهد تا بتواند از ورقهای موجود در انبارش نهایت استفاده را ببرد. اگر با چنین مواردی روبه رو شدید، مطمئن شوید که آرایش جدید موجب تغییر در طراحی نشده باشد، برای نمونه محل گشودگی نازل ها از روی درز جوشها و یا خیلی نزدیک به آن گذر نکرده باشد.

* وضعیت ورق ها .

وجود حفره و خراش و سایر آسیبهای فیزیکی روی ورق را واریسی کنید و با دقت به دنبال آثار و نشانه های سنگ زدن عمیق و عمقی و شیارهای قابل مشاهده، که عمق آنها بیشتر از ۱۰ درصد ضخامت ورق باشد، بگردید. این آسیبها در اثر برخورد لبه ی صفحه سنگ دستی به وجود می آیند و عامل خطرناک و نگران کننده ای هستند.

* پرداخت سطح .

وجود پوسته های معمولی ناشی از ذوب و تولید روی سطح ورق تا پیش از زنگ زدایی و ماسه پاشی (سند بلاست) قابل قبول است. وجود هر گونه «تاییدگی و موج دارشدن» سطح ورق را که ناشی از خطا و اشتباه در عملیات نوردکاری باشد، به دقت بررسی کنید.

* کاهش ضخامت .

سنگ زدن بیش از اندازه پذیرفتنی نیست ، زیرا ضخامت مؤثر دیواره را کاهش می دهد . محل اتصال عدسی به بدنه را با دقت بسیار زیاد واریسی کنید ، زیرا معمولاً این قسمت را برای پوشاندن ناهمترای اتصال و تنظیم نادرست لبه ی اتصال و رسیدن به سطح صاف و همواره ، بیش از اندازه سنگ می زنند .

* آماس و شکم دادگی .

تمام سطح مخزن را برای یافتن برآمدگی و شکم دادگی احتمالی به دقت بررسی کنید . این آسیب معمولاً ناشی از وارد آمدن نیروی بیش از اندازه به بدنه یا عدسی هنگام تنظیم و همتراز کردن اتصال عدسی به بدنه و یا انحراف از گردونگی بیش از اندازه ی بدنه ی مخزن به وجود می آید .

* راستای فلنج ها .

بررسی کنید که فلنج ها هنگام ساخت و یا عملیات حرارتی مخزن دچار کشیدگی یا پیچش و انحراف نشده باشند . این امر می تواند موجب انحراف و ناهمترای فلنج نسبت به محور مخزن شود . کافی است با یک واریسی ساده و اندازه گیری با خط کش فولادی این مورد را بررسی کنید .

* جوشکاری .

تمام جوشکاریهای سطح بیرونی مخزن را مورد بازرسی چشمی قرار دهید . با مشاهده ی پهنای گرده ی جوش می توانید بفهمید که آیا آماده سازی لبه های اتصال جوش به درستی انجام شده است یا خیر؟ بررسی کنید که سازنده به هنگام ساخت و به دلیل سختی و دشواری دسترسی به درون مخزن و برای سهولت خود جوشهای یک طرفه را جایگزین جوشهای دو طرفه نکرده باشد . وجود جوشکاریهای زمخت و ناهموار پیرامون فلنج ها را ، به ویژه فلنج های کوچک با قطر کمتر از ۵۰ میلیمتر ، به دقت بررسی کنید زیرا انجام جوشکاری درست و مناسب در چنین موقعیتهایی سخت و دشوار است . پس با دقت به دنبال عیوب احتمالی مانند بن بریدگی ، نفوذ ناقص و یا برآمدگی بیش از اندازه ی گرده ی جوش بگردید .

درون مخزن

بازرسی کامل و دقیق درون مخزن بسیار مهم است و نمی توان این کار را تنها با نگاه کردن از دریچه ی آدم رو به انجام رساند ، بلکه باید با استفاده از روشی کامل وارد مخزن شد تا بتوان بازرسی کارساز و مؤثر انجام داد . این موارد را بررسی کنید :

* همترای اتصال عدسی به بدنه .

بیشتر سازندگان نهایت دقت و تلاش را می کنند که لبه ی درونی اتصال محیطی عدسی به بدنه را کاملاً دقیق و همتراز درآورند . درستی این کار را واریسی کنید و بررسی کنید که تمام درز جوش محیطی به شکل یکنواخت و مناسب جوشکاری شده باشد .

* « نشست » نازل .

طول «درون نشست» نازل هایی که باید درون مخزن وارد شوند را واریسی کنید . در اینجا هم باید به نقشه های تأیید شده ی اصلی استناد کنید .

* درز جوش ها .

همان بازرسی چشمی که برای جوشکاری های بیرونی مخزن انجام داده اید برای درز جوش های درون مخزن نیز انجام دهید و مطمئن شوید که همه جرقه های جوش از پیرامون درز جوش ها زدوده و برطرف شده باشد .

* خوردگی.

تمام سطوح درونی مخزن را از نظر خوردگی کلی واریسی کنید. ممکن است در اثر آزمون فشار آب زنگارها یا لکه های ناچیز و سطحی به وجود آید که چندان مهم و موجب نگرانی نیست. اگر در مشخصات فنی مخزن اشاره به زنگ زدایی و ماسه پاشی سطوح درونی مخزن نشده باشد این لکه ها و زنگارها باید با برس سیمی زدوده و از میان برداشته شود. به طور کلی نباید هیچ نشانه ای از پوسته های ناشی از ذوب و تولید ورق روی سطوح درونی مخزن به جا مانده باشد اگر چنین نباشد بدان معنی است که ورق پیش از شروع عملیات ساخت به خوبی زنگ زدایی و ماسه پاشی (سند بلاست) نشده است.

* اتصالات درونی.

درستی و همخوانی این اتصالات را با نقشه های تأیید شده بررسی کنید. در بسیاری از مخزن ها اتصالات درونی مانند جداکننده های بخار، موج گیر ها و ورق های ضربه گیر، پیچ و مهره ای و باز و بسته شونده هستند. به همین دلیل موقعیت اتصالات و تجهیزات درونی مخزن بسیار مهم است و باید اطمینان پیدا کنید که با توجه به موقعیت دسته ها و نگهدارنده های مخزن در جای درست قرار گرفته باشند. بهتر است جفت و جور بودن دریاچه آدم رو و یا سایر دریاچه های بازرسی را هم به دقت بررسی کنید. اگر درباره هر یک از نتایج بازرسی های درون مخزن دچاره شک و تردید بودید بهترین کار این است که پیش از اینکه سازنده عملیات پوشش کاری و بسته بندی را شروع کند بی درنگ این موارد را گزارش کنید. تمام مواضع مشکوک جوشکاری را برای پیدا کردن عیوب احتمالی مورد آزمون رنگ نافذ قرار دهید. عیوب کوچک را می توان سنگ زد و برطرف کرد. گزارش دقیقی از محل های مورد بازرسی تهیه کنید و هر نوع عیب و ایرادی را که پیدا می کنید به دقت شرح دهید و تهیه کروکی را نیز هرگز فراموش نکنید.

بازرسی ابعادی

معمولاً بازرسی های ابعادی را برای مخزن های تحت فشار انجام می دهند. هر چند که مخزن «قطعه ای ظریف و دقیق» نیست، ولی موقعیت تجهیزات و اتصالاتی که به مخزن وصل می شوند بسیار مهم است و بر همترازی اتصال شبکه لوله کشی اثر می گذارد، زیرا محاسبات تنش شبکه لوله کشی براساس راستا و مخوفعیت دقیق و مشخص نقطه ای ثابت، مانند فلنج مخزن، انجام می گیرد و به همین دلیل نباید هیچ انحراف و ناهمترازی وجود داشته باشد. در عمل می توان بازرسی های را پیش و یا پس از آزمون فشار آب انجام داد زیرا کرنش ها یا اعوجاج های ناشی از آن بسیار ناچیز و کوچک است و با روش های ساده اندازه گیری قابل ردیابی و محاسبه نیست. معمولاً سازندگان پیش از حضور بازرسی اقدام به تهیه و تکمیل گزارش بازرسی های ابعادی می کنند (این گزارش کروکی ساده ای از مخزن است که در آن اندازه های مهم و حساس مخزن مشخص شده است). این کار وظیفه شما را تا اندازه ای آسان تر می کنند و دیگر نیاز ندارید که اندازه های مختلف را در نقشه های گوناگون جستجو و بررسی کنید. بازرسی های ابعادی را می توان با استفاده از متر نواری فلزی، خط کش فولادی بلند و کولیس های بلند درونی و بیرونی انجام داد.

رواداشت ها (تلرانس های) ابعادی در مخزن های تحت فشار معمولاً دامنه وسیع و متنوعی دارند. رواداشت های کلی نشان داده شده در نقشه ها را مبنای کار قرار دهید و اگر رواداشت بزرگی دیده شد، برای نمونه $±0.5-6$ میلیمتر، آن ها را دوباره بررسی

کنید. به یاد داشته باشید که استاندارد فنی DIN 8570 نکات راهنمای کلی و عمومی رواداشت های ساخت تجهیزات را مشخص کرده است. هنگام بازرسی به نکات راهگشای زیر توجه کنید :

*** خطوط مبنا.**

نخست موقعیت خطوط مبنا را بر اساس نقشه مشخص کنید. هر مخزن باید دو خط مبنا داشته باشد: یک خط مبنای طولی (معمولاً خط محور مرکزی مخزن) و یک خط مبنای عرضی. خط مبنای عرضی معمولاً خط جوش محیطی مخزن انتخاب نمی شود، بلکه در فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر از درز جوش به سمت عدسی قرار می گیرد. این خط به سنبه کوبی روی بدنه ی مخزن مشخص و نشانه گذاری می شود.

*** موقعیت دریچه آدم رو .**

موقعیت دریچه آدم رو را نسبت به خط مبنای طولی مخزن واریسی کنید.

*** سطح فلنج دریچه آدم رو.**

بررسی کنید که سطح این فلنج تراز باشد. رواداشت ± 1 درجه قابل قبول است.

*** موقعیت نازل.**

یکی از مهم ترین اندازه ها در مخزن موقعیت نازل نسبت به خطوط مبناست. به جای اینکه تلاش کنید موقعیت تقریبی مرکز هر نازل را مشخص کنید، راه بهتر و ساده تر این است که فاصله میان خطوط مبنا تا لبه فلنج هر نازل را اندازه گیری کنید.

*** سطح فلنج.**

برای بررسی راستا و تراز بودن سطح فلنج، یک خط کش فولادی را روی سطح فلنج قرار دهید و سپس فاصله دو سر خط کش تا بدنه مخزن را اندازه گیری کنید. در برخی موارد می توان از تراز حباب دار مدرج برای این کار استفاده کرد. سطح فلنج ها باید با دقت $0/5$ درجه نسبت به سطح مبنا تراز باشند. همچنین فاصله سطح فلنج تا محور مخزن را واریسی کنید. رواداشت ± 3 میلیمتر برای این فاصله پذیرفتنی است.

*** سوراخ پیچ های فلنج.**

قطر سوراخ پیچ و قطر دایره پیچ های فلنج را به دقت بررسی کنید. براساس یک معیار جهانی سوراخ پیچ ها باید در دو سوی محورهای افقی و عمودی فلنج قرار گیرند، مگر اینکه خلاف آن به روشنی در نقشه ها درج شده باشد.

*** اندازه گیری «خمیدگی» مخزن.**

هم مخزن های افقی و هم مخزن های ایستاده ی عمودی گاهی حول محورشان دچار «خمیدگی» می شوند. این امر معمولاً ناشی از وارد آمدن تنش های ناخواسته به هنگام ساخت یا عملیات حرارتی است. اندازه خمش مجاز بستگی به طول (یا ارتفاع) و قطر مخزن دارد. اندازه ی خمیدگی در مخزنی کوچک به طول ۳ تا ۵ متر و قطر تا $1/5$ متر نباید بیشتر از ۴ میلیمتر باشد. یک مخزن بخار نمونه به طول تقریبی ۱۰ متر و قطر $2/5$ متر می تواند ۶ تا ۷ میلیمتر خمیدگی داشته باشد و هنوز مورد پذیرش قرار گیرد. خمیدگی های بیش از این اندازه های تقریبی معمولاً پذیرفتنی نیست. می توانید خمیدگی مخزن را با نگاه کردن به سطح بیرونی مخزن در امتداد محور آن واریسی کنید. اندازه این خمیدگی را می توان با استفاده از یک سیم محکم و شق (مانند سیم پیانو) اندازه گیری کرد. برای بررسی بهتر و دقیق تر خمیدگی مخزن باید واریسی خمیدگی در سه یا چهار موضع در پیرامون مخزن انجام گیرد.

* پایه های مخزن.

مخزن های افقی معمولاً پایه های زین شکل ساده دارند. بررسی کنید که این پایه ها درست و به گونه ای ساخته شده باشند که مخزن درست در موقعیت تراز قرار گیرد.

رواداشت ± 3 میلیمتر برای این منظور بسیار خوب است، ولی برای مخزن های بلندتر که به دلیل طول زیادشان اگر درست نصب نشوند دچار خمیدگی خواهند شد، بهتر است این رواداشت کمتر در نظر گرفته شود. مخزن های ایستاده عمودی ممکن است سه پایه ی نگهدارنده داشته باشند و یا روی یک پایه ستون گرد استوانه ای که روی لبه پایینی مخزن نصب می شود سوار شوند. دقت ساخت این پایه ها را باید خیلی دقیق واریسی کنید. مخزن باید با دقت یک درجه در راستای قائم قرار گیرد. بهترین زمان برای واریسی پایه ستون گرد استوانه ای، پیش از جوش دادن آن به بدنه مخزن است.

معمولاً هنگام بازرسی های ابعادی مخزن های تحت فشار با مواردی برخورد می کنید که اندازه های انحراف بیش از رواداشت مجاز است. این موارد الزاماً نمی تواند دلیل رد کردن و نپذیرفتن مخزن باشد. آنچه که لازم است داشتن کروکی درست و دقیق در گزارش بازرسی است تا موقعیت دقیق و اندازه این انحراف را نشان دهد. باید بررسی کنید که آیا چنین انحرافی هدف سازگاری مخزن را خدشه دار می کند (برای نمونه خمیدگی بیش از اندازه و یا ناهمترای فاحش در فلنج) و یا اینکه تنها بر زیبایی آن اثر دارد. وجود هر نوع انحراف را که ممکن است بر اجرای کارهای بعدی در محل نصب برای اتصال لوله کشی ها به مخزن اثر داشته باشد به دقت گزارش و یادآوری کنید.

گزارش ناسازگاری و اقدامات اصلاحی

اگر ناسازگاری در مخزن تحت فشار وجود داشته باشد، معمولاً یافتن و مشخص کردن آن چندان دشوار و پیچیده نیست. زیرا شرایط و الزامات بازرسی های قانونی موجب استفاده از برنامه های دقیق بازرسی و آزمون و بازرسی های موشکافانه ی بسیار دقیق می شود. در بیشتر موارد مشکل وجود تنها یک انتخاب برای اقدامات اصلاحی است، زیرا ناسازگاری ها معمولاً هنگامی کشف می شوند که سازنده مخزن کار خود را بسیار پیش برده و یا اینکه تمام و کامل کرده است و در چنین شرایطی انتخاب اقدامات اصلاحی محدود می شود. ممکن است با دو دسته ناسازگاری رو به رو شوید: دسته ای که می توان برای دستیابی به معیارهای هدف سازگاری یک اقدام اصلاحی عملی را در مورد آن ها اجرا کرد و دسته ی دیگر آن هایی هستند که تنها اقدام ممکن مرور و بررسی و استناد به اقدامات گذشته است. برای دسته دوم به ندرت راه حل کاملی وجود دارد و معمولاً منجر به به کار بستن امتیاز استانداردها در مورد مخزن می شود.

یکی از مهم ترین وظایف بازرسانی که درگیر کار بازرسی مخزن های تحت فشار هستند این است که در مورد راه حل رفع ناسازگاری ها به توافق برسند. برای این منظور روش های زیادی وجود دارد ولی باید انتظار داشته باشید که فشار زیادی از سوی سازندگان بر شما وارد شود تا مجبور به پذیرش راه حل «مرور و بررسی و استناد به اقدامات گذشته» شوید. معمولاً این راه تا حدودی با معیارهای هدف سازگاری تناقض و برخورد دارد. به همین دلیل کار بازرسی مخازن می تواند زمینه مناسبی برای برخوردها و تصمیم گیری های راهبردی و کاربردی باشد. هنگام بازرسی مخزن های تحت فشار باید همچنین مراقب آثار و نتیجه ی هزینه ها هم باشید. تلاش کنید موارد مهم و اساسی راه حل توافق شده را در مورد رفع ناسازگاری های موجود در مخزن گام به گام به همراه سازنده دنبال کنید تا جایی که از دید فنی از اجرای کاری که باید انجام می دادید احساس رضایت و اطمینان کنید.

این روش کارسازترین، مؤثرترین و باصرفه ترین راه انجام این کار است. البته رویه های دیگری را نیز، که توجه کمتری به نکات و نظرات کارشناسان فنی دارند، می توان پذیرفت ولی زمان و هزینه های ناشی از این رویه ها نیز به همان نسبت افزایش می یابد. پس پیش از اینکه تصمیم قطعی خود را در مورد اقدام عملی بگیرید از خودتان بپرسید که آیا این بازرسی کارساز و مؤثر بوده است؟

با به خاطر سپردن این اصول می توانیم به دنبال یازده مورد ناسازگاری که معمولاً در مخزن های تحت فشار دیده می شوند بگردیم. در اینجا تلاش کرده ام این موارد را به ترتیبی که معمولاً باید به دنبال آن ها بگردید شرح دهم و از رایج ترین آن ها شروع خواهیم کرد:

کسری مدارک

این مورد همواره رخ می دهد. گاهی کسری مدارک ناشی از اجرا نکردن بعضی از مراحل برنامه های بازرسی و آزمون است و یا ممکن است نتیجه ارتباط ضعیف و نادرست با پیمانکاران فرعی در رده های پایینی زنجیره ی ساخت باشد. شما باید خیلی سریع تصمیم بگیرید که آیا کسری این مدارک خاص به راستی تناقضی با هدف سازگاری مخزن دارد یا خیر؟ در بیش از ۹۰ درصد از موارد احتمالاً چنین نخواهد بود و اقدامات و فعالیت ها به درستی انجام شده اند ولی اسناد، مدارک و گزارش های مربوطه تهیه نشده است. در ۱۰ درصد بقیه ی موارد کسری مدارک (معمولاً مربوط به آزمون های غیرمخرب) موجب خدشه دار شدن هدف سازگاری مخزن و بروز ابهام و تردید در مورد سلامت و یکپارچگی جوشکاری ها می شود. بهترین اقداماتی که باید دنبال کرد عبارتند از:

- ببینید آیا هدف سازگاری مخزن در خطر است یا خیر؟
- با پرسش و تحقیق بررسی کنید که آیا مدرک و سندی که نشان دهد همه ی اقدامات لازم و ضروری انجام گرفته وجود دارد (به جای اسناد و مدارک کسری).
- تلاش کنید که مسئله را خیلی سریع حل کنید و در صورت نیاز با پیمانکاران فرعی تماس بگیرید.
- گزارش ناسازگاری را تهیه کنید و در آن به روشنی مشخص کنید که چه مدرکی کسر است. تصمیم خود را در گزارش بیاورید و بگوئید که آیا به باور شما کسری این مدارک بر هدف سازگاری مخزن اثر دارد یا خیر؟

گواهی ها و تأییدیه های قانونی ناقص

شرایط زیادی وجود دارند که موجب نقص گواهی ها و تأییدیه های قانونی می شوند. برای نمونه پرسش های بیش از اندازه برای ارزیابی طراحی، کسری مدارک و یا مشاهدات صورت گرفته به هنگام عملیات ساخت همگی می توانند دلیلی برای تردید و یا ابهام سازمان صادر کننده گواهی باشند. برای همه بازرسان، به جز آنهایی که نماینده نهادها و سازمان های صادرکننده ی این گواهی های قانونی هستند، بهتر است که این موضوع را کاملاً مکتوب کنند. هدف گرفتن گواهی یا تأییدیه کامل و بدون شرط مبنی بر همخوانی با استاندارد است، پس مسئولیت این کار را بر عهده سازمان صادرکننده گواهی و تأییدیه های قانونی بگذارید تا به روشنی بیان کند که چرا چنین کاری ممکن نیست. از آن ها دلایل روشن و دقیق بخواهید و به اظهارات کلی و بیان شکایات و گله گذاری ها بسنده نکنید. به دقت بررسی کنید که گواهی ها و تأییدیه هایی که پس از آن برای مخزن صادر شده است کامل

و بدون شرط و محدودیت باشد. این گواهی ها باید کاملاً با «فرم x» از BS 5500 یا فرم های مشابه در ASME همخوانی داشته باشند. باید یاد بگیرید که مراقب گواهی هایی که دارای عبارات و جملات مبهم و دوپهلوی یا توضیحات اضافی هستند باشید. اگر دچار شک و تردید شدید با این فرض به بررسی این گواهی ها بپردازید که یک اشتباه فاحش و جدی رخ داده است و شما در شرایطی قرار گرفته اید که باید ثابت کنید به چه دلیل این گواهی را به عنوان دلیلی برای همخوانی کامل مخزن با استاندارد مربوطه پذیرفته اید.

در آغاز این فصل گفتیم که در اسناد و مدارک قانونی، استانداردها و دستورالعمل های مربوط به مخزن های تحت فشار به عنوان نمونه های قابل قبول تجربه های عملی شناخته می شوند. یعنی پذیرش گواهی های ناقص و مشروط کار چندان مطمئن و قابل قبولی نیست. در این مورد هم بهترین راه این است که بی درنگ و پیش از اینکه پیشرفت کار سازنده کار را به جایی برساند که چاره ای جز صدور تأییدیه دائمی ناسازگاری مخزن با استاندارد باقی نماند، راه حلی فنی برای آن بیابید. سازمان های صادرکننده ی گواهی های قانونی که مسئولیت پذیرند معمولاً در چنین شرایطی گواهی های ناقص و یا مشروط صادر نمی کنند.

ردیابی نواقص مواد

این موضوع را با مسئله خواص نادرست مواد که مسئله دیگر (و بسیار مهمتر) است اشتباه نکنید. به مواردی که مدارک و شواهد محکم و متقنی در دست دارید که نشان می دهند هدف سازگاری مخزن خدشه دار شده است (که در این موارد مخزن باید رد و از نو ساخته شود) مشکل ردیابی نواقص مواد معمولاً از جمله مواردی است که با مرور و بررسی و استناد به اقدامات گذشته قابل حل است. در مورد اجزای تحت فشار بدنه بهترین کار این است که درخواست کنید نمونه مواد مورد استفاده و نمونه ورق های تهیه شده بار دیگر مورد آزمایش قرار گیرند. با این کار مشکل اسناد و مدارک به یک فعالیت مهندسی تغییر شکل می دهد. این کار همچنین راه حل هدفمندتری است. زیرا اگر بخواهید به دنبال گواهی مواد سراغ فروشنده های فرعی مواد بروید، جدای از وقت و هزینه ای که صرف می کنید، نخواهید توانست حلقه مفقود شده ی زنجیره ی ردیابی مواد را با اطمینان کامل پیدا کنید. نتایج تکرار آزمایش ها را بگیرید و به دقت در گزارشتان شرح دهید که چه کاری انجام شده است و به چه دلیل. درباره اجزای غیر فشاری مانند پایه های مخزن و قابها می توانید با نرمش و گذشت بیشتری برخورد کنید، زیرا این قطعات تاثیر بسیار کمتری بر هدف سازگاری مخزن دارند.

ابعاد نادرست

معمولاً در مورد مخزن های بزرگ، ابعاد و اندازه هایی یافت می شوند که خارج از دامنه رواداشت مجاز مندرج در نقشه قرار دارند. مادامی که این انحراف ناشی از خمیدگی و اعوجاج فاحش و جدی نباشد، اثر این انحراف معمولاً چندان مهم و جدی نخواهد بود. بهتر است کمی محتاط تر با قضیه برخورد کنید-گزارش ناسازگاری در این باره تنها هنگامی مورد توجه و قضاوت درست قرار می گیرد که ابعاد و اندازه مخزن به کلی نادرست باشد برای تکمیل گزارش باید ابعاد و اندازه هایی را که خارج از دامنه رواداشت مجاز قرار دارند (باکروکی) بویژه اندازه های مربوط به موقعیت نازل ها را مشخص کنید. در نتیجه تمام نشانه های لازم برای نصبشبهکه لوله کشی در کارگاه نصب مشخص و ارائه می شود.

ناهمترازی اتصال عدسی به بدنه

ناهمترازی در دسته بندی متفاوتی نسبت به دیگر ابعاد مخزن تحت فشار قرار دارد. بیشترین اندازه مجاز ناهمترازی به دقت محاسبه می شود تا ناپیوستگی و گسست در تنش (ناشی از پاسخ متفاوت بدنه و عدسی نسبت به فشار درونی) در یک دامنه مشخص و محدود حفظ شود. اگر اندازه ی ناهمترازی از اندازه ی مجاز تجاوز کند ، این ناپیوستگی و گسست تنش به اندازه بسیار زیادی افزایش خواهد یافت. اگر با چنین موردی از ناهمترازی رو به رو شدید باید گزارش ناسازگاری تهیه کنید. اقدامات بسیار اندکی می توان برای اصلاح این شرایط و جلوگیری از بازسازی مخزن انجام داد. در چنین شرایطی به هیچ وجه پیشنهاد نمی شود که از امتیازهای انحصاری دستورالعمل ها و استانداردهای مخازن پیروی کرد ، زیرا مخاطرات فنی این کار بسیار زیاد است.

آماده سازی نادرست درز جوش

اشکالات رایج و متداولی که می توانید پیدا کنید عبارتند از :

- زاویه نادرست لبه درز جوش.
- لبه های نامتقارن درز جوش ناشی از انحراف و خطا هنگام ماشینکاری و آماده سازی لبه ورق.
- فاصله نادرست ریشه جوش (پیش از خال جوش زدن).

اظهار نظر کلی در مورد چگونگی پذیرش خطای ناشی از آماده سازی نادرست درز جوش بسیار دشوار است. طراحی چگونگی آماده سازی درز جوش بخشی از ویژگی های رویه ی جوشکاری (WPS) برای یک اتصال جوش ویژه است که پس از آن با استناد به گزارش تأیید رویه جوشکاری (PQR) که نتایج آزمایش های اجرا شده برای آن شرایط را نشان می دهد ، مورد تأیید و پذیرش قرار می گیرد. هر گاه حلقه ارتباطی میان WPS و PQR در نتیجه آماده سازی نادرست درز جوش گسسته شود ، درست بدان معنی است که استحکام و یکپارچگی درز جوش خدشه دار شده است. به عنوان قاعده ای کلی بهترین راه این است که لبه های درز جوش بار دیگر به شکل درست ماشینکاری و آماده سازی شوند و در آرایش درست و مناسب تأیید شده قرار گیرند. این کار هنگامی ممکن است که لازم نباشد اندازه زیادی از لبه ورق برداشته شود ، چون در این صورت تنظیم سایر اتصالات در مخزن دستخوش تغییر خواهد شد.

اگر امکان ماشینکاری دوباره نباشد بهتر است که درخواست کنید این اتصال نادرست پس از تهیه نمونه ی آزمون مورد آزمون های مخرب و غیر مخرب لازم قرار گیرد (یعنی تهیه PQR جدید) و سلامت آن بررسی شود. این کار به ویژه برای جوشکاری نازل به بدنه مخزن اهمیت بسیار زیادی دارد ، زیرا رفتار و ویژگی های استحکام این گونه جوش ها در مقایسه با جوش های ساده لب به لب یک طرفه یا دو طرفه کمتر قابل پیش بینی است.

رویه های (WPS) نادرست جوشکاری

با این موضوع نیز مانند آماده سازی نادرست درز جوش برخورد کنید ، ولی با اهمیت و جدیت بسیار بیشتر. نادرستی WPS معمولاً هنگامی کشف می شود که جوشکاری بر اساس آن انجام شده است، بنابراین در عمل هیچ امکانی برای اصلاح آن بدون پرهیز از بریدن مخزن و جوشکاری دوباره آن وجود ندارد. تنها راه دیگری که وجود دارد تلاش برای بررسی و تأیید WPS اجرا

شده است و همان گونه که پیش تر گفته شد برای این کار باید اقدامات لازم برای تهیه PQR دنبال شود. مراقب باشید برای اقدام به این عمل زیاد دستپاچه نشوید و پیش از هر چیز WPS نادرست را به دقت بررسی کنید. اگر تغییرات اعمال شده شامل تغییرات عمده و اساسی در جوش ریشه (برای نمونه حذف جوش ارگون برای ریشه، در جایی که پیش تر چنین مقرر شده باشد) و یا در مواد پرکن (یا مصرفی) باشد، امکان ندارد که تلاش برای تأیید WPS جدید به نتایج قابل قبول و رضایت بخش برسد و به احتمال زیاد نتایج آزمون منفی خواهد بود. مخاطرات فنی ناشی از اشتباه و انحراف در سایر عوامل جوشکاری کمتر از این است. در گزارش خود به روشنی نشان دهید که پیش از تصمیم گیری، به عوامل و متغیرهای اساسی جوشکاری دقت کرده اید.

خواص نادرست مواد

این شرایط ب همواردی برمیگردد که بفهمید خواص و ویژگی های مواد تا اندازه ای خارج از دامنه ی مجاز مشخص شده در مشخصات فنی قرار دارند، نه مواردی که از مواد نادرست استفاده شده است. به طور کلی ویژگی ها و مشخصات مکانیکی مواد مخازن تحت فشار از اهمیت بیشتری نسبت به خواص شیمیایی آن ها برخوردارند، به این دلیل که ویژگی های مکانیکی تابعی از آنالیز شیمیایی مواد هستند و در اثر عملیات حرارتی دستخوش تغییر می شوند، در حالی که آنالیز شیمیایی مواد معمولاً بدون تغییر باقی می ماند. دو دسته اصلی ناسازگاری در ویژگی های مکانیکی مواد وجود دارد که ممکن است با آن ها رو به رو شوید. ساده ترین حالت این است که خواص کششی خارج از دامنه رواداشت های مجاز قرار داشته باشد. در متداول ترین حالت استحکام حد تسلیم بسیار پایین است. به کار بردن ضرایب اطمینان در طراحی مخزن های تحت فشار معمولاً به گونه ای است که بروز اختلاف و انحراف های کوچک و ناچیز در استحکام کششی را جبران می کند. همچنین اندازه خوردگی مجاز را نیز باید در نظر گرفت، هر چند که در بسیاری از استانداردهای مخازن تحت فشار هنگام محاسبه تنش نباید اندازه ی خوردگی مجاز را به ضخامت ماده اضافه کرد. اختلاف های ناچیز در خواص کششی ماده به تنهایی نباید عاملی باشد که مخزن را برای اهداف و شرایط خوانده شده نامناسب اعلام کنید. گزارش ناسازگاری در گام نخست باید نشان دهد که محاسبات با استفاده از خواص کششی واقعی ماده دوباره بررسی شده است و نتایج بدست آمده از آن برای ضریب اطمینان با شرایط و الزامات استاندارد مورد اشاره همخوانی دارد. نتایج محاسبات را به دقت و همراه سازمان صادرکننده ی گواهی مورد بررسی و ارزیابی قرار دهید.

اگر نتایج آزمون های ضربه یا سختی خارج از دامنه ی مجاز مشخصات فنی باشد، اثرات آن بسیار مهم و جدی خواهد بود. مقادیر کوچک ضربه و یا مقادیر بزرگ سختی نشان دهنده افزایش تردی و شکنندگی ماده است. شکنندگی بر چگونگی رشد و انتشار ترک در ماده اثر می گذارد و ساز و کار گسترش ترک از جمله مواردی است که در عمل نقش بسیار مؤثری بر ساز و کار شکست و گسیختگی دارد. راهکار درست و مناسب مشخص کردن برنامه ای برای تکرار آزمون است، حتی در مواردی که انحراف و اختلاف اندک و ناچیزی نسبت به دامنه مجاز مشخصات فنی وجود دارد. به یاد داشته باشید که به دلیل مشکلات ذاتی موجود برای دستیابی به نتایج تکرار پذیر در آزمون ضربه، دست کم به سه نمونه نیاز دارید. اگر نتایج تکرار آزمون بار دیگر تأیید کند که خواص ضربه بسیار پایین است، هدف سازگاری مخزن بسیار جدی مورد ابهام و تردید قرار خواهد گرفت. نمی توان به سادگی و روشنی اثر استحکام ضعیف ضربه را نشان داد و هیچ کدام از استانداردهای مخازن تحت فشار هم در این زمینه دستورالعمل صریح و روشنی ندارند. بنابراین برای طراحان مخزن کاری دشوار است که چگونگی شرایط پذیرش و تأیید مخزن را در مواردی که خواص ضربه کاهش می یابد به روشنی مشخص و تعریف کنند.

شما می توانید پیشاپیش از هدر رفتن وقت و انرژی خود هنگام رو به رو شدن با چنین مواردی پرهیز کنید. به باور من درست ترین و مناسب ترین تصمیم رد کردن مخزنی است که مشخصات و ویژگی های ضربه مواد آن خارج از دامنه مجاز مشخصات فنی قرار دارد. اگر بتوانید دلایل و مدارک محکمی مبنی بر افزایش شکنندگی ارائه کنید، بدون تردید پشتمانه فنی محکم و قابل دفاعی برای تصمیم خود خواهید داشت. بعید است که سازمان های صادرکننده گواهی های قانونی نیز چنین تصمیمی را تأیید نکنند. پیشنهاد هایی را که برای پایین آوردن دامنه کاری مخزن و استفاده از آن در فشارهای پایین تر ارائه می شود با دقت بسیار بررسی کنید. معمولاً در چنین مباحثی نکات فنی بسیار ریز و ظریفی وجود دارد.

اجرا نکردن آزمون های غیر مخرب

اجرا نکردن آزمون های غیر مخرب یکی از موارد کسری بسیار مهم است، ولی نه به اندازه ای که مشکلات زیادی به بار آورد. راه حل این است که خیلی ساده دستور دهید در شرایط موجود آزمون های غیر مخرب روی مخزن اجرا شود. جستجوی ترک های سطحی با استفاده از آزمون رنگ نافذ یا ذرات مغناطیسی بسیار ساده و قابل اجراست و آزمون فراصوت می تواند جایگزین پرتو نگاری شود و این جایگزینی در بسیاری از استانداردها نیز پذیرفته شده است. در گزارش ناسازگاری روشی را که باید استفاده شود و معیارهای پذیرش را به دقت مشخص کنید. دلایل معتبر و قابل استنادی وجود دارد که نشان می دهد می توان آزمون فراصوت را روی مخزن ساخته شده انجام داد. تمام سطوح ناهموار و زبر را می توان با سنگ زدن آماده کرد و افراد فنی ماهر و باتجربه می توانند به سادگی به مواضع حساس جوش های لب به لب و جوش نازل ها دسترسی پیدا کنند. باید مطمئن شوید که تمام آزمون های غیر مخرب خواسته شده درست اجرا شوند. نتایج آزمون های غیر مخرب اسناد و مدارک مهمی هستند که نشان می دهند ارزیابی و بررسی سلامت و یکپارچگی اجزای جوشی درست انجام شده است و مرور و بررسی این نتایج یکی از وظایف مهم و حساس بازرسی است.

همواره به یاد داشته باشید که تصور اینکه اجرای آزمون فشار آب در فشاری بالاتر می تواند جایگزینی برای آزمون های غیر مخرب انجام نشده باشد، از اساس پنداری نادرست و بی ارزش است. این نکته نیز ارزش تکرار دارد که گرچه «بحث های سطحی» برای چنین پیشنهادی می تواند قانع کننده به نظر بیاید، ولی مبانی و زیربنای فنی ضعیف و بی اساسی دارد. توجه داشته باشید که آزمون فشار آب برای مشخص کردن نشتی انجام می شود و نمی تواند عیوبی را که در بروز شکست نقش و اثر دارند آشکار و مشخص کند. اجرای آزمون های درست و مناسب غیر مخرب برای نشان دادن سلامت و یکپارچگی مخزن و تحقیق هدف سازگاری آن لازم و ضروری است.

تعمیرات گزارش نشده

گهگاه هنگام بازرسی های چشمی مخزن ممکن است نشانه و شواهدی بیابید که نشان می دهند تعمیراتی بدون اینکه گزارش شوند روی مخزن انجام گرفته است. این تعمیرات بیشتر در مورد جوشکاری ها دیده می شود تا روی «بدنه» قطعات و اجزایی مانند فلنج ها. تعمیر پذیرفتنی و مجاز است ولی باید گزارش شود و همراه آن جزئیات رویه تعمیر نیز ثبت شود. در چنین مواردی نخست تحقیق کنید که آیا گزارش تعمیر و رویه اجرای آن واقعاً وجود ندارد و یا در دسترس نیست، زیرا ممکن است وجود داشته باشند ولی آن ها را در مجموعه اسناد نهایی مخزن قرار نداده باشند. اگر به این نتیجه رسیدید که واقعاً تعمیر بدون گزارش انجام شده است آن گاه باید ببینید که آیا موارد مشابه دیگری هم وجود دارد یا نه و سپس درستی و سلامت همه مواضع تعمیر

شده را به دقت بررسی کنید. این کار را با اجرای آزمون های غیر مخرب سطحی برای ۱۰۰ درصد سطح مخزن آغاز کنید و پس از آن با چند درصد آزمون های حجمی در مواضع حساس (نقاط برخورد درز جوش های لب به لب (T) و ...) ادامه دهید. دقت کنید که نوع و میزان آزمون های غیر مخرب که فکر می کنید لازم است انجام شود، به روشنی در گزارش ناسازگاری شرح داده شود.

نشستی هنگام آزمون فشار آب

در صورت بروز هر نوع نشستی - حتی از فلنج های مؤقت یا اتصال لوله ها - حتماً گزارش ناسازگاری تهیه کنید. نشستی از درز جوش ها معمولاً نشانه وجود ترک و یا حفره و تخلخل بیش از اندازه است. پرسشی که باید بپرسید این است که : «چرا این عیب در آزمون های غیر مخرب شناسایی نشده است؟» و پاسخ آن را به دقت ارزیابی و بررسی کنید. شما باید تصمیم بگیرید که آیا به جز این عیوبی که موجب نشستی قابل مشاهده شده اند هیچ عیب پنهان و نادیده ی دیگری ، که سلامت و یکپارچگی مخزن را به خطر اندازد، وجود دارد یا خیر؟ محل حفره و تخلخل و ترک را می توان گود و دوباره جوشکاری کرد. مطمئن شوید که روش تعمیر به درستی انجام شود و مورد بررسی قرار گیرد. در برخی موارد برای از بین بردن تنش های ناشی از تعمیر و جوشکاری دوباره لازم است که تمام مخزن بار دیگر مورد عملیات حرارتی قرار گیرد. تمام اقدامات تعمیری را در صورت نیاز با رسم کروکی به دقت گزارش کنید.

مراجع

- 1- Robert Chuse, Unfired Pressure Vessels, ASME Code Simplified.
- ۲- بهرام سرپوشانی، بازرسی تجهیزات مکانیکی
- ۳- منوچهر تقوی، نکات کاربردی از استانداردهای API، ASME، AWS، ASTM و IPS
- 4- ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Sec. VIII, Div. 1, Rules for Construction of Pressure Vessels.
- ۵- کامران خدایپرستی، جزوه آموزشی "دستورالعمل جوشکاری، گزارش تائید آن و تائید صلاحیت جوشکار"
- 6- J. Philip Ellenberger, Pressure Vessels.
- ۷- شرح ساخت عدسی در مخازن و بازرسی ابعادی بر اساس کد ASME Sec. VIII Div. 1.
www.weldingcode.com