

## آموزش بازرسی فنی و کنترل کیفیت



۱-۱ کاربرد. اطلاعاتی که در این راهنما آمده است برای مسئولیتها و وظایف عمومی بازرسان چشمی جوش و همچنین کسانی که مسئولیتها و وظایف دقیقی که در کد و استانداردهای خاصی تعریف شده، قابل اجرا می باشد. در این راهنما اطلاعات مربوط به روشهای آزمون چشمی (Vt) قابل اعمال به جوش تهیه شده است. بازرس باید دانش هر یک از اصول و روشهای آزمون مورد نیاز جهت یک جوش مشخص را داشته باشد. مدیریت و نظارت بر بازرسی باید از اصول و روشهای اعمال شده، درک کافی داشته باشند و این جزئی از مسئولیتهای آنان می باشد. این مسئولیت همچنین شامل تاییدیه (certificate) بازرسان می شود. در این رابطه تاییدیه های موجود در استاندارد موسسه جوشکاری آمریکا (Society American Welding) که تایید شده برنامه بازرسی جوشکاری است، مورد استفاده قرار می گیرد.

طراحی و ذکر خصوصیات مناسب مربوط به بازرسی چشمی باید به عنوان قسمتی از قرارداد در نظر گرفته شود. در غیاب چنین ملزوماتی از سازنده باید خواسته شود که بصورت کتبی، جزئیات روشهای مورد استفاده شامل روشهای آزمون را تهیه کند.

استانداردهای پذیرفته شده باید از طریق سازنده و خریدار ، قبل از هر گونه شروع جوشکاری ، دقیقاً درک و تفهیم شود. این مساله فقط به خاطر استفاده موثرتر از روشهای آزمون نمی باشد بلکه برای جلوگیری از بوجود آمدن هر گونه اشکال در جوشکاری انجام گرفته است که ایا جوشکاری ، رضایت بخش و بر طبق خصوصیات ذکر شده در قرارداد بوده یا نه.

**۱-۲ هدف .** این راهنما شامل پیش زمینه ای از اصول ضروری برای پرسنلی که بازرسی چشمی جوش را انجام می دهند، همچون توانایی ها و محدودیت های فیزیکی ، مثل دانش فنی ، آموزش ، تجربه ، قضاوت و تاییدیه می شود. این راهنما اصولاً یک معرفی از آزمونهای چشمی مربوط به جوشکاری را در برمی گیرد. این بازرسی ها بر حسب زمانی که انجام می گیرند در سه بخش طبقه بندی می شوند:

### (۱) قبل از جوشکاری

### (۲) در حین جوشکاری

### (۳) بعد از جوشکاری

بازرسی چشمی ممکن است بوسیله افراد یا سازمانهای مختلفی انجام گیرد. افرادی که بازرسی چشمی را در مراحل جوشکاری انجام می دهند شامل جوشکاران ، ناظران جوش ، بازرس جوش کارفرما، بازرس خریدار یا بازرس هماهنگ کننده ، می شوند. همچنین در این جزوه در مورد وسایل و تجهیزات بازرسی چشمی که مکرراً استفاده می شود همچون وسایل اندازه گیری و دستگاههای نشان دهنده مروری شده است. یک بخش نیز در مورد رکوردهای ثبت شده است و اباعادی را که در یک سند رسمی نتایج بازرسی چشمی باید در نظر گرفته شود را بیان می کند. بالاخره این راهنما مرجع یا مطالب بیشتری را در بر میگیرد که ضرورت هایی با جزئیات بیشتر را برای برنامه های بازرسی چشمی ویژه در اختیار قرار می دهد.

۱-۲ **اطلاعات عمومی.** همانند روشهای دیگر بازرسی غیر مخرب، پیش نیازهای مختلفی وجود دارد که باید قبل از انجام آزمون چشمی در نظر گرفته شود. بعضی از مشخصات بسیار رایج که باید در نظر گرفته شود در پایین بحث شده است.

۲-۲ **تیزبینی.** یکی از پیش نیازهای بسیار واضح این است که بازرس چشمی تیزبینی و دقت چشم کافی برای انجام بازرسی داشته باشد. در این مورد باید بینایی کافی در دور و نزدیک با استفاده از عینک یا بدون آن در نظر گرفته شود. تست چشم (بینایی) بوسیله یک شخص صلاحیت دار، یکی از پیش نیازهای تاییدیه AWS به عنوان بازرس جوش تایید شده (CWI) و یا کمک بازرس جوش صلاحیت دار (CAWI) می باشد.

۳-۲ **تجهیزات.** آزمون های چشمی که به استفاده از ابزار و تجهیزات ویژه ای نیاز دارند، به کاربرد و میزان دقت مورد نیاز برای بازرسی بستگی دارد. بعضی از ابزار ممکن است به خصوصیات خاصی قبل از استفاده نیاز داشته باشند مانند کالیبراسیون. اگر چه در این راهنما بطور اجمالی درباره آزمون چشمی بحث شده است ولی مفاهیم مختلف و تنوع زیادی در تجهیزات وجود دارد. بعنوان یک قانون عمومی آن ابزاری که با یک کد و مشخصات ویژه ای مطابقت می کند، و برای اندازه گیری با دقتی که قابل پذیرش باشد یا با نیاز بازرسی همخوانی داشته باشد، می تواند استفاده شود.

۴-۲ **تجربه و کارآموزی.** از دیگر پیش نیازها این است که بازرس چشمی باید دانش و مهارت کافی بر انجام دقیق آزمون داشته باشد. دانش و مهارت از طریق تحصیل و یا کارآموزی بدست می آیند. هر دو روش بصورت (کلاسهای آموزشی) و یا در کار می توانند حاصل شوند. تنوع روشها و پروسه های کسب کردن دانش و مهارت بسیارند ولی هنر خوب قضاوت کردن به راحتی و آسانی بدست نمی آید. باید به افراد مختلف فرصت کافی برای درک نکات کلیدی راجع به آماده سازی

اتصالات ، پیش حرارت جوشکاری، دمای بین پاس (Interpass) ، تغییر شکل جوش (Distortion) ، مواد مصرفی جوش و دیگر مواد داده شود. بعلاوه زمان داده شود تا با بسیاری از انواع گوناگون ساخت آشنا شوند.

**۲-۵ پروسیجرها .** دستورالعمل های بازرسی بطور معمول بوسیله کارفرما تهیه می شوند و نوعا شامل دستورات جزء به جزئی که به پروسه های مختلف ساخت مربوط می شود، ملزومات جزء به جزء مشتری و میزان بازرسی می شود. مواردی مثل چه کسی بازرسی را انجام می دهد، چه وقت بازرسی انجام می گیرد، چگونه آزمون انجام گیرد، و کجا آزمون انجام گیرد؛ نوعا در روش کار شامل شده است.

فاکتورهای جزء به جزء آزمون شامل مواردی همچون طرز کار، تصاویر، فهرستهای کنترل خواص، نیاز به تجهیزات و دیگر موارد می شود. هنگامی که پروسیجرهای نوشته شده در دسترس نمی باشد، ممکن است از بازرس خواسته شود تا مستقیما با کدها و استانداردها کار کند.

**۲-۶ برنامه های تاییدیه .** برای مطمئن شدن از اینکه بازرسان چشمی با صلاحیت می باشند( یعنی پیش نیازهای کافی برقرار می باشد) باید پرسنل بازرسی چشمی بطور رسمی تایید شوند. گواهینامه (Certification) مدرک تایید می باشد. موسسه جوشکاری آمریکا برنامه های CWI (بازرس جوش با صلاحیت) و (CAWI) کمک بازرس جوش را ارائه داده است. برنامه های دیگری برای بازرسان چشمی جوش ممکن است استفاده شود.

**۲-۷ ایمنی .** بازرسان چشمی باید تعلیمات کافی در تمارین ایمنی جوشکاری را دریافت نمایند. خطرهای ایمنی بالقوه بسیاری وجود دارد (الکتریسیته، گازها، فوم ها، اشعه UV (ماورابنفش)، گرما... ) هر کسی که برای کار یا رفت و آمد به محیط جوشکاری می آید باید در مورد ایمنی جوشکاری یک دوره کارآموزی بگذراند.

۱-۳ اطلاعات عمومی. در بسیاری از برنامه های تدوین شده توسط سازنده جهت کنترل کیفیت محصولات، از آزمون چشمی به عنوان اولین تست و یا در بعضی موارد به عنوان تنها متد ارزیابی بازرسی، استفاده می شود. اگر آزمون چشمی بطور مناسب اعمال شود، ابزار ارزشمندی می تواند واقع گردد.

بعلاوه یافتن محل عیوب سطحی، بازرسی چشمی می تواند بعنوان تکنیک فوق العاده کنترل پروسه برای کمک در شناسایی مسائل و مشکلات مابعد ساخت بکار گرفته شود.

آزمون چشمی روشی برای شناسایی نواقص و معایب سطحی می باشد. نتیجتاً هر برنامه کنترل کیفیت که شامل بازرسی چشمی می باشد، باید محتوی یک سری آزمایشات متوالی انجام شده در طول تمام مراحل کاری در ساخت باشد. بدین گونه بازرسی چشمی سطوح معیوب که در مراحل ساخت اتفاق می افتد، میسر میشود.

کشف و تعمیر این عیوب در زمان فوق، کاهش هزینه قابل توجهی را در بر خواهد داشت. بطوری که نشان داده شده است بسیاری از عیوبی که بعداً با روشهای تست پیشرفته تری کشف می شوند، با برنامه بازرسی چشمی قبل، حین و بعد از جوشکاری به راحتی قابل کشف می باشند. سازندگان فایده یک سیستم کیفیتی که بازرسی چشمی منظمی داشته است را بخوبی درک کرده اند.

میزان تاثیر بازرسی چشمی هنگامی بهتر می شود که یک سیستمی که تمام مراحل پروسه جوشکاری (قبل، حین و بعد از جوشکاری) را بیوشاند، نهادینه شود.

۲-۳ قبل از جوشکاری. قبل از جوشکاری، یک سری موارد نیاز به توجه بازرسی چشمی دارد که شامل زیر است:

۱. مرور طراحی ها و مشخصات
۲. چک کردن تاییدیه پروسیجرها و پرسنل مورد استفاده
۳. بنانهادن نقاط تست

۴. نصب نقشه ای برای ثبت نتایج
۵. مرور مواد مورد استفاده
۶. چک کردن ناپیوستگی های فلز پایه
۷. چک کردن فیت آپ و تراز بندی اتصالات جوش
۸. چک کردن پیش گرمایی در صورت نیاز

اگر بازرس توجه بسیار دقیقی به این آیتم های مقدماتی بکند، می تواند از بسیاری مسائل که بعدها ممکن است اتفاق بیافتد، جلوگیری نماید. مساله بسیار مهم این است که بازرس باید بداند چه چیزهایی کاملا مورد نیاز می باشد. این اطلاعات را می توان از مرور مستندات مربوطه بدست آورد. با مرور این اطلاعات، سیستمی باید بنا نهاده شود که تضمین کند رکوردهای کامل و دقیقی را می توان بطور عملی ایجاد کرد.

### ۱-۲-۳ نقاط نگهداری.

باید بنا نهادن نقاط تست یا نقاط نگهداری جایی که آزمون باید قبل از تکمیل هر گونه مراحل بعدی ساخت انجام شود، در نظر گرفته شود. این موضوع در پروژه های بزرگ ساخت یا تولیدات جوشکاری انبوه، بیشترین اهمیت را دارد.

۲-۲-۳ روشهای جوشکاری. مرحله دیگر مقدماتی این است که اطمینان حاصل کنیم آیا روشهای قابل اعمال جوشکاری، ملزومات کار را برآورده می سازند یا نه؟ مستندات مربوط به تایید یا صلاحیت های جوشکاران هر کدام بطور جداگانه باید مرور شود. طراحی ها و مشخصات معین می کند که چه فلزهای پایه ای باید به یکدیگر متصل شوند و چه فلز پرکننده باید مورد استفاده قرار گیرد. برای جوشکاری سازه و دیگر کاربردهای بحرانی، جوشکاری بطور معمول بر طبق روشهای تایید شده ای که متغیرهای اساسی پروسه را ثبت می کنند و بوسیله جوشکارانی که برای پروسه، ماده و موقعیتی که قرار است جوشکاری شود، تایید شده اند، انجام می گیرد. در بعضی موارد مراحل

اضافی برای آماده سازی مواد مورد نیاز می باشد. بطور مثال در جاهایی که الکترودهای از نوع کم-هیدروژن مورد نیاز باشد، وسایل ذخیره آن باید بوسیله سازنده در نظر گرفته شود.

**۳-۲-۳ مواد پایه.** قبل از جوشکاری، شناسایی نوع ماده و یک تست کامل از فلزات پایه ای مربوطه باید انجام گیرد. اگر یک ناپیوستگی همچون جدالایگی صفحه ای وجود داشته باشد و کشف نشده باقی بماند روی صحت ساختاری کل جوش احتمال تاثیر دارد. در بسیاری از اوقات جدالایگی در طول لبه ورقه قابل رویت می باشد بخصوص در لبه هایی که با گاز اکسیژن برش داده شده است.

**۳-۳ حین جوشکاری.** در حین جوشکاری، چندین آیتم وجود دارد که نیاز به کنترل دارد تا نتیجتاً جوش رضایتبخشی حاصل شود. آزمون چشمی اولین متد برای کنترل این جنبه از ساخت می باشد. این می تواند ابزار ارزشمندی در کنترل پروسه باشد. بعضی از این جنبه های ساخت که باید کنترل شوند شامل موارد زیر می باشد:

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

(۱) کیفیت پاس ریشه جوش (weld root bead)

(۲) آماده سازی ریشه اتصال قبل از جوشکاری طرف دوم

(۳) پیش گرمی و دماهای میان پاسی

(۴) توالی پاسهای جوش

(۵) لایه های بعدی جهت کیفیت جوش معلوم

(۶) تمیز نمودن بین پاسها

(۷) پیروی از پروسیجر کاری همچون ولتاژ، آمپر، ورود حرارت، سرعت.

هر کدام از این فاکتورها اگر نادیده گرفته شود سبب بوجود آمدن ناپیوستگی هایی می شود که می تواند کاهش جدی کیفیت را در بر داشته باشد.

**۱-۳-۳ پاس ریشه جوش.** شاید بتوان گفت بحرانی ترین قسمت هر جوشی پاس ریشه جوش می باشد. مشکلاتی که در این نقطه وجود دارد...

در نتیجه بسیاری از عیوب که بعدها در یک جوش کشف می شوند مربوط به پاس ریشه جوش می باشند. بازرسی چشمی خوب روی پاس ریشه جوش می تواند بسیار موثر باشد. وضعیت بحرانی دیگر ریشه اتصال در درزهای جوش دو طرفه هنگام اعمال جوش طرف دوم بوجود می آید. این مساله معمولاً شامل جداسازی سرباره (slag) و دیگر بی نظمی ها توسط تراشه برداری (chipping)، رویه برداری حرارتی (thermal gouging) یا سنگ زنی (grinding) می باشد. وقتی که عملیات جداسازی کاملاً انجام گرفت آزمایش منطقه گودبرداری شده قبل از جوشکاری طرف دوم لازم است. این کار به خاطر این است که از جدا شدن تمام ناپیوستگی ها اطمینان حاصل شود. اندازه یا شکل شیار برای دسترسی راحت تر به تمام سطوح امکان تغییر دارد.

**۲-۳-۳ پیش گرمی و دماهای بین پاس.** پیش گرمی و دماهای بین پاس می توانند بحرانی باشند و اگر تخصیص یابند قابل اندازه گیری می باشند. محدودیت ها اغلب بعنوان می نیمم، ماکزیمم و یا هر دو بیان می شوند. همچنین برای مساعدت در کنترل مقدار گرما در منطقه جوش، توالی و جای تک تک پاسها اهمیت دارد. بازرسی باید از اندازه و محل هر تغییر شکل یا چروکیدگی (shrinkage) سبب شده بوسیله حرارت جوشکاری آگاه باشد. بسیاری از اوقات همزمان با پیشرفت گرمای جوشکاری اندازه گیری های تصحیحی گرفته می شود تا مسائل کمتری بوجود آید.

**۳-۳-۳ آزمایش بین لایه ای.** برای ارزیابی کیفیت جوش هنگام پیشروی عملیات



جوشکاری، بهتر است که هر لایه بصورت چشمی آزمایش شود تا از صحت آن اطمینان حاصل شود. همچنین با این کار می توان دریافت که آیا بین پاسها بخوبی تمیز شده اند یا نه؟ با این عمل می توان امکان روی دادن ناخالصی سرباره در جوش پایانی را کاهش داد. بسیاری از این گونه موارد احتمالا در دستورالعمل جوشکاری اعمالی، آورده شده اند.

در این گونه موارد، بازرسی چشمی که در طول جوشکاری انجام می گیرد اساسا برای کنترل این است که ملزومات روش جوشکاری رعایت شده باشد.

۳-۴ بعد از جوشکاری. بسیاری از افراد فکر می کنند که بازرسی چشمی درست بعد از تکمیل جوشکاری شروع می شود. به هر حال اگر همه مراحل که قبلا شرح داده شد، قبل و حین جوشکاری رعایت شده باشد، آخرین مرحله بازرسی چشمی به راحتی تکمیل خواهد شد. از طریق این مرحله از بازرسی نسبت به مراحل که قبلا طی شده و نتیجتا جوش رضایت بخشی را بوجود آورده اطمینان حاصل خواهد شد. بعضی از مواردی که نیاز به توجه خاصی بعد از تکمیل جوشکاری دارند عبارتند از:

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

(۱) ظاهر جوش بوجود آمده

(۲) اندازه جوش بوجود آمده

(۳) طول جوش

(۴) صحت ابعادی

(۵) میزان تغییر شکل

(۶) عملیات حرارتی بعد از جوشکاری

هدف اساسی از بازرسی جوش بوجود آمده در آخرین مرحله این است که از کیفیت جوش اطمینان حاصل شود. بنابراین آزمون چشمی چندین چیز مورد نیاز می باشد. بسیاری از کدها و

استانداردها میزان ناپیوستگی هایی که قابل قبول هستند را شرح می دهد و بسیاری از این ناپیوستگی ها ممکن است در سطح جوش تکمیل شده بوجود آیند.

۱-۴-۳ ناپیوستگی ها . بعضی از انواع ناپیوستگی هایی که در جوشها یافت می شوند عبارتند از:

- (۱) تخلخل
- (۲) ذوب ناقص
- (۳) نفوذ ناقص در درز
- (۴) بریدگی (سوختگی) کناره جوش
- (۵) رویهم افتادگی
- (۶) ترکها
- (۷) ناخالصی های سرباره
- (۸) گرده جوش اضافی (بیش از حد)

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

در حالی که ملزومات کد امکان دارد مقادیر محدودی از بعضی از این ناپیوستگی ها را تایید نماید ولی عیوب ترک و ذوب ناقص هرگز پذیرفته نمی شود.

برای سازه هایی که تحت بار خستگی و یا سیکلی (Cyclic) می باشند، خطر این ناپیوستگی های سطحی افزایش می یابد. در اینگونه شرایط، بازرسی چشمی سطوح، پر اهمیت ترین بازرسی است که می توان انجام داد.

وجود سوختگی کناره (Undercut)، رویهم افتادگی (Overlap) و کنتور نامناسب سبب افزایش تنش می شود؛ بار خستگی می تواند سبب شکستهای ناگهانی شود که از این تغییر حالتی که بطور طبیعی روی می دهد، زیاد می شود. به همین خاطر است که بسیاری اوقات کنتور مناسب یک جوش می تواند بسیار با اهمیت تر از اندازه واقعی جوش باشد، زیرا جوشی که مقداری از اندازه واقعی کمتر باشد، بدون ناخالصی ها و نامنظمی های درشت، می تواند بسیار رضایت بخش تر از جوشی باشد که اندازه کافی ولی کنتور ضعیفی داشته باشد.

برای تعیین اینکه مطابق استاندارد بوده است، بازرس باید کنترل کند که آیا همه جوشها طبق ملزومات طراحی از لحاظ اندازه و محل (موقعیت) صحیح می باشند یا نه؟ اندازه جوش گوشه ای (Fillet) بوسیله یکی از چندین نوع سنجه های جوش برای تعیین بسیار دقیق و صحیح اندازه تعیین می شود.

در مورد جوشهای شیاری (Groove) باید از لحاظ گرده جوش مناسب دو طرف درز را اندازه گیری کرد. بعضی از شرایط ممکن است نیاز به ساخت سنجه های جوش خاص داشته باشند.

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

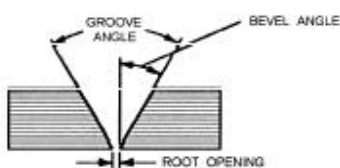
## ۲-۴-۳ عملیات حرارتی بعد از جوشکاری. به لحاظ اندازه، شکل، یا نوع فلز پایه ممکن است

عملیات حرارتی بعد از جوش در روش جوشکاری اعمال شود. این کار فقط از طریق اعمال حرارت (گرما) در محدوده دمایی بین پاس یا نزدیک به دمای آن، صورت می گیرد تا از لحاظ متالورژیکی خواص جوش بوجود آمده را کنترل نمود. حرارت دادن در درجه حرارت دمای بین پاس، ساختار بلوری را به استثناء موارد خاص تحت تاثیر قرار نمی دهد. بعضی از حالات ممکن است نیاز به عملیات تنش زدایی حرارتی داشته باشند. بطوری که قطعات جوش خورده بتدریج در یک سرعت مشخص تا محدوده تنش زدایی تقریباً  $1100^{\circ}\text{F}$  تا  $1200^{\circ}\text{F}$  (۵۹۰ تا ۶۵۰ درجه سانتی گراد) برای اکثر فولادهای کربنی گرما داده می شود.

بعد از نگهداری در این دما به مدت یک ساعت برای هر اینچ از ضخامت فلز پایه، قطعات جوش خورده تا دمای حدود  $600^{\circ}\text{F}$  (۳۱۵ درجه سانتی گراد) در یک سرعت کنترل شده سرد می شود. بازرس در تمام این مدت مسئولیت نظارت بر انجام کار را دارد تا از صحت کار انجام شده و تطابق با ملزومات روش کار اطمینان حاصل نماید.

۳-۴-۳ آزمایش ابعاد پایانی. اندازه گیری دیگری که کیفیت یک قطعه جوشکاری شده را تحت تاثیر قرار می دهد صحت ابعادی آن می باشد. اگر یک قسمت جوشکاری شده بخوبی جفت و جور نشود، ممکن است غیر قابل استفاده شود اگرچه جوش دارای کیفیت کافی باشد. حرارت جوشکاری ، فلز پایه را تغییر شکل داده و می تواند ابعاد کلی اجزاء را تغییر دهد. بنابراین، آزمایش ابعادی بعد از جوشکاری ممکن است برای تعیین متناسب بودن قطعات جوشکاری شده برای استفاده مورد نظر مورد نیاز واقع شود.

۳-۲-۴ مونتاژ اتصالات. برای یک جوش، بحرانی ترین قسمت ماده پایه، ناحیه ای است که برای پذیرش فلز جوشکاری به شکل اتصال، آماده سازی می شود. اهمیت مونتاژ اتصالات قبل از جوشکاری را نمی توان به اندازه کافی تاکید کرد. بنابراین آزمون چشمی مونتاژ اتصالات از تقدم بالایی برخوردار است. مواردی که قبل از جوشکاری باید در نظر گرفته شود شامل زیر است:



۱. زاویه شیار (Groove angle)
۲. دهانه ریشه (Root opening)
۳. ترازبندی اتصال (alignment Joint)
۴. پشت بند (Backing)
۵. الکترودهای مصرفی (insert Consumable)
۶. تمیز بودن اتصال (cleanliness Joint)
۷. خال جوش ها (Tack welds)
۸. پیش گرم کردن (Preheat)

هر کدام از این فاکتورها رفتار مستقیم روی کیفیت جوش بوجود آمده، دارند. اگر مونتاژ ضعیف باشد، کیفیت جوش احتمالاً زیر حد استاندارد خواهد بود. دقت زیاد در طول اسمبل کردن یا سوار

کردن اتصال می تواند تاثیر زیادی در بهبود جوشکاری داشته باشد. اغلب آزمایش اتصال قبل از جوشکاری عیوبی را که در استاندارد محدود شده اند را آشکار می سازد، البته این اشکالات، محللهایی می باشند که در طول مراحل بعدی بدقت می توان آنها را بررسی کرد. برای مثال، اگر اتصالی از نوع T (T-joint) برای جوشهای گوشه ای (Fillet welds)، شکاف وسیعی از ریشه نشان دهد، اندازه جوش گوشه ای مورد نیاز باید به نسبت مقدار شکاف ریشه افزوده شود. بنابراین اگر بازرسی بداند چنین وضعیتی وجود دارد، مطابق به آن، نقشه یا اتصال جوش باید علامت گذاری شود، و آخرین تعیین اندازه جوش به درستی شرح داده شود.

|+| نوشته شده توسط روح اله سیاهپوش در سه شنبه چهاردهم اسفند ۱۳۸۶ |

موضوع: بازرسی جوش

اصطلاحات جوش

**Alignment** هم محوری درز

**Ammeter** آمپرسنج

**Arc strikes** لکه قوس

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

**Backing strip** تسمه پشت بند، تسمه پشتی تسمه فولادی، مسی یا از سایر مواد که در پشت درز جوشکاری برای تسهیل در امر جوشکاری اتصال داده می شود.

**Backings weld** جوش پشتی

**Butt joint** اتصال شکافی، اتصال لب به لب، اتصال سر به سر اتصال دو قطعه تقریباً واقع در یک سطح است، برخلاف اتصال رویهم که یکی دیگری را می پوشاند.

**Chipping** ۱- صفحه تراشی ۲- پلیسه برداری، پلیسه زنی ۳- تراشه برداری: برداشتن معایب سطحی از محصولات نیمه ساخته با وسایل بادی را گویند.

**Chipping hammer** چکش لبه باریک، چکش تقه کاری جوشکاری، چکش گلزنی

جوشکاری، چکش تفاله زنی چکشی است برای برداشتن سرباره و برآمدگیها و معایب سطحی ریختگی ها ، که سخت شده اند و از جنس فولاد آلیاژی یا فولاد تندبر است.  
**Cluster** خوشه (ریختگی) ، آویز چند شاخه ای

**Corner joint** اتصال گوشه ای

**Crayons** مدادهای رنگی

**Distortion** کج شکلی، واپیچش، اعوجاج

**Double Weld** جوش دو طرفه

**Excavated** گود برداری شده

**Excavation** گودبرداری

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

**weld Fillet** گرده جوش، جوش ماهیچه ای، جوش کنجی، جوش نبشی داخلی و خارجی، جوش گوشه ای، جوش نواری یکی از انواع جوشکاری است که در مورد دو صفحه یا دو جسم که رویهم قرار گرفته اند به کار برده می شود.

**Fit-up** مونتاژ

**gouging Flame** شیارزنی شعله ای در این گدازش، شعله نه فقط برای برش بلکه برای ذوب تا عمقی معین، برای ایجاد شیار نیز بکار برده می شود.

**Flaw:** مو(ترک)، سوسه، ترک ریز

**welding Fusion** جوشکاری ذوبی، جوشکاری گدازی فرآیند جوشکاری که در آن، اتصال بین

دو فلز در حالت گداز فلز اصلی، بدون پتک کاری یا فشار، صورت می گیرد.

**Gage** اندازه گیر، پیمانہ، گز

**Gouging** شیار زنی شعله ای، گداختن، گدازش ۲- رویه برداری: ذوب کردن جوش جهت تجدید یا تعمیر آن است.

**Grinding** سنگ زنی زدودن مقادیر کم فلزی از سطوح فلزی معمولاً با سنگ های فیبری سایا و نیز بریدن راهگاہها و نفس کشها از قطعات ریختگی است.

**Groove** شیار، شکاف  
شکافی است که برای جوش شکاف دار فراهم می کنند.

**Groove angle** زاویه شیار

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

**zone affected Heat** منطقه تفتیده (HAZ)

منطقه متاثر از جوش قسمتی در فلز اصلی جوشکاری شده (کنار جوش) که در آن، بر اثر حرارت، بدون ذوب شدن، تغییرات ساختمانی بوجود آمده.

**sink Heat** حرارت فروکشی، حرارت رسوخ

**Homogeneity** همگنی، تجانس، ی  
کنواختی تشابه ترکیب و خواص فیزیکی در سراسر جسم است.

**Imperfections** نقص های بلوری با کاربرد در مورد شبکه های فلزی، عبارت از هر نوع انقطاع در تقارن منظم سه بعدی

به عنوان مثال، جابجایی ها، تهی جاها، اتمهای بین نشینی یا جانشینی، ساختارهای موزاییکی، یا الکترون ها یا حفره های اضافی در نیم رساناها

### **Inclusion** آخال، انکلوژن، میان بار، درون بار

۱- ناخالصی های غیر فلزی و بیگانه که در جریان انجماد، وارد فلز شده اند. ناخالصی ها در فلزات کار شده، پس از کار گرم، دراز شده و برای همیشه در فلز باقی می مانند. آخالها در فولاد، بیشتر عبارتند از سولفور و سیلیکات منگنز، سرباره و آلومین. در برنجها بیشتر ریم ها و زغال چوب هستند.

ناخالصی ها ممکن است از آستری های نسوز کوره یا سرباره، ولی معمولاً در نتیجه واکنشهای خود فلز در جریان تکمیل کاری یا فرآیندهای اکسایش یا در جریان ریخته گری و انجماد هستند.

### **Interface** سیمابین، وجه مشترک، سطح مشترک، سطح میانی

۱- سطح جداسازی بین دو مولفه و شامل مایعات یا جامدات غیر قابل حل در یکدیگر است

۲- سطح تماس اندود فلزی و فلز اصلی است.

۳- سطح جدایش دو فاز است.

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

### **Interpass temperature** درجه حرارت بین پاسی

دمای بستر جوش کمترین درجه حرارت فلز جوش رسوب داده شده در جوشکاری چند پاسی، قبل از شروع پاس بعدی شده است.

این گرما، برای به حداقل رساندن احتمال ترک خوردن در بعضی اجسام بکار برده می شود.



## Joint Preparation آماده‌گی اتصال، آماده کردن اتصال

### Joints اتصالات

- ۱- مانند اتصالات جوشکاری، پرچ، لحیم کاری و دانه های بلوری
- ۲- خط جدایش
- ۳- پیوند دو یا تعدادی بیشتر قسمت ها

### Lamination جدالایگی، بافت ورقه، تورق، ناخالصی لایه ای

نقصی است در مواد نورد شده که در آن، ناخالصی های غیر فلزی، حین نورد و در جهت نورد، به صورت لایه هایی در می آیند.

### Lap joint اتصال لب رو لب، اتصال رویهم

روش اتصال دو صفحه فلزی با قرار دادن قسمتی از آن روی صفحه دیگر و جوشکاری یا پرچکاری یا چسباندن آنها است.

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

### Localized جایگزیده

### Low-Hydrogen electrode الکترود کم هیدروژن

### Overlap رویپوشی، رویهم افتادگی (جوشکاری) سر رفتن

بیرون افتادگی فلز جوش از شکاف یا دهانه اتصال یا جاری شدن مذاب به اطراف لبه اتصال است.

### cutting Oxygen برش اکسیژنی

### Plate صفحه

- ۱- محصول نورد شمش یا تختال در دستگاه نورد صفحه و مقطع آن مربع مستطیل به ضخامت بیش از ۳ میلیمتر و عرضی به مراتب بیشتر از ضخامت آن است.

### **pore** خلل و فرج، مُک سوراخ

حفره های ریز در اندوده یا روزنه و شکاف و منفذ در جسم متراکم در متالورژی گرد است.

### **Porosity** تخلخل، پوکی، منفذ

در جوش در ریخته گری، مک های گازی ریز زیر پوسته قطعات ریختگی و در متالورژی گرد، درصد منافذ گرد متراکم به حجم آن و نیز نسبت منافذ و فضای خالی بین ذرات ماسه به تمام ماسه است که بر حسب درصد بیان می شود.

### **Preheat** پیش گرمایش

### **Preheating** پیش گرم کردن

اصطلاح کلی است در مورد گرم کردن مقدماتی در عملیات حرارتی یا مکانیکی، به منظور تقلیل خطر ضربه حرارتی در گرم کردن بعدی

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

### **Remelted metal** فلز ثانوی، فلز ذوب ثانوی

### **Root** ریشه

۱- پایین ترین قسمت اشغال شده توسط جوش گدازی است. ۲- کف یک فاق یا ترک

### **Root bead** پاس ریشه

### **Root Opening** شکاف ریشه ای باز، بازی ریشه

فاصله دو لبه قطعات مورد جوشکاری است.

### **Scattered** پراکنده

### **Shrinkage** اقباض، ترنجش

۱- کاهش حجم، به علت انقباض حرارتی هنگام انجماد ماده مذاب است.

**Shrinkage Cavity** مک انقباضی، حفره انقباضی، نایچه حفره ای در ریختگی ها به علت کاهش در حجم فلز ریختگی بر اثر انقباض حرارتی است.

**Slag** تفاله جوش، سرباره، روباره، ریماهن، داش، شلاکه مخلوط اکسیدی مواد گدازآور و ناخالصی ها و گاه مواد نسوز است که روی سطح فلز مذاب در جریان فرآیندهای متالورژیکی جمع و شناور می شود. سرباره نقش مخزنی را برای ناخالصی ها و حفظ فلز از آلودگی جوی و اکسایش بیشتر ایفا می کند و به دو نوع اسیدی و بازی تقسیم می شود.

**Slag inclusions** آخالهای سرباره مواد جامد غیر فلزی (سرباره) که وارد فولاد جامد می شود. -دخول سرباره: دخول سرباره در جوش است.

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

**Spatter** جرقه، قطره جوش، پاشیدگی فلز مذاب در جوشکاری برقی ترشح قوس باعث پاشیدگی قطرات فلز مذاب از حوضچه مذاب می شود که ناشی از الکتروود بوده و روی فلز اصلی در اطراف جوش منجمد می شوند.

**Specifications** مشخصات بیان نیازهای شیمیایی، مکانیکی یا فیزیکی در مورد مواد است، که قبل از مورد قبول واقع شدن جهت منظوری خاص، باید حائز باشند.

**Strike** چال حفره ای موضعی که بر اثر برخورد تصادفی الکتروود جوشکاری به قطعه فلز ایجاد می شود و ممکن است باعث سختی موضعی و ترک خوردن و خستگی یا شکست ترد در فولادهای آلیاژی گردد.

**T joint** اتصال سپری اتصالی بین دو عضو که با زاویه قائمه نسبت به یکدیگر، به شکل T واقع

شده.

**Tack weld** خال جوش، جوش موقتی جوشهای کوچک پراکنده، برای نگاه داشتن درز و کمک به نصب قطعات است.

**Tee joint** اتصال سپری اتصالی بین دو عضو که با زاویه قائمه نسبت به یکدیگر، به شکل T واقع شده است.

**Undercut** سوختگی کناره، بریدگی کناره، گود افتادگی، سوختگی گوشه ای، بریدگی گوشه ای (بریدگی کناره جوش)  
نقصی در جوشکاری که در آن، مقدار زیادی از فلز ذوب و باعث ایجاد فرورفتگی گردیده، فرو رفتگی ای که با جوشکاری جانشین و پر نشده. پیشرفتگی خط جوش در داخل کار است.

**Weld** جوش، جوش دادن  
جوش خوردن پیوستگی موضعی فلز است که با گرم کردن آن تا حرارت مناسب و ذوب موضع، با فشار یا بدون فشار، با فلز پرکننده یا بدون آن، ایجاد می شود.

**bead Weld** طناب جوش، مهره جوش، خط جوش  
پاس جوش درز پر شده جوشکاری ذوبی است که با فلز پرکننده یا فلز اصلی جسم پر شده

**Welding** جوشکاری فرآیند اتصال فلزات به یکدیگر است به طوری که انجماد مداوم در امتداد درز اتصال صورت گیرد.

**Weldment** قطعه جوش، قطعات بهم جوش خورده مواد جوشکاری

**Wormhole** سوراخ کرمی

نوشته شده توسط روح اله سیاهپوش در سه شنبه پانزدهم آبان ۱۳۸۶ |

موضوع: بازرسی جوش

## بازرسی جوش

توسط سازنده جهت کنترل کیفیت محصولات، از آزمون در بسیاری از برنامه های تدوین شده بعضی موارد به عنوان تنها متد ارزیابی بازرسی، استفاده می چشمی به عنوان اولین تست و یا در مناسب اعمال شود، ابزار ارزشمندی می تواند واقع گردد شود. اگر آزمون چشمی بطور

بعلاوه یافتن محل عیوب سطحی، بازرسی چشمی می تواند بعنوان تکنیک فوق العاده کنترل پروسه برای کمک در شناسایی مسائل و مشکلات مابعد ساخت بکار گرفته شود. آزمون چشمی روشی برای شناسایی نواقص و معایب سطحی می باشد. نتیجتاً هر برنامه کنترل کیفیت که شامل بازرسی چشمی می باشد، باید محتوی یک سری آزمایشات متوالی انجام شده در طول تمام مراحل کاری در ساخت باشد. بدین گونه بازرسی چشمی سطوح معیوب که در مراحل ساخت اتفاق می افتد، میسر میشود.

کشف و تعمیر این عیوب در زمان فوق، کاهش هزینه قابل توجهی را در بر خواهد داشت. بطوری که نشان داده شده است بسیاری از عیوبی که بعدها با روشهای تست پیشرفته تری کشف می شوند، با برنامه بازرسی چشمی قبل، حین و بعد از جوشکاری به راحتی قابل کشف می باشند. سازندگان فایده یک سیستم کیفیتی که بازرسی چشمی منظمی داشته است را بخوبی درک کرده اند. میزان تاثیر بازرسی چشمی هنگامی بهتر می شود که یک سیستمی که تمام مراحل پروسه جوشکاری (قبل، حین و بعد از جوشکاری) را پیوشاند، نهادینه شود.

## قبل از جوشکاری:

قبل از جوشکاری، یک سری موارد نیاز به توجه بازرسی چشمی دارد که شامل زیر است:

۱. مرور طراحی ها و مشخصات WPS
۲. چک کردن تاییدیه پروسیجرها و پرسنل مورد استفاده PQR
۳. بنانهادن نقاط تست

۴. نصب نقشه ای برای ثبت نتایج
۵. مرور مواد مورد استفاده
۶. چک کردن ناپیوستگی های فلز پایه
۷. چک کردن فیت آپ و تراز بندی اتصالات جوش
۸. چک کردن پیش گرمایی در صورت نیاز

اگر بازرس توجه بسیار دقیقی به این آیتم های مقدماتی بکند، می تواند از بسیاری مسائل که بعدها ممکن است اتفاق بیافتد، جلوگیری نماید. مساله بسیار مهم این است که بازرس باید بداند چه چیزهایی کاملا مورد نیاز می باشد. این اطلاعات را می توان از مرور مستندات مربوطه بدست آورد. با مرور این اطلاعات، سیستمی باید بنا نهاده شود که تضمین کند رکوردهای کامل و دقیقی را می توان بطور عملی ایجاد کرد.

### نقاط نگهداری:

باید بنا نهادن نقاط تست یا نقاط نگهداری جایی که [www.naftir.com](http://www.naftir.com) آزمون باید قبل از تکمیل هر گونه مراحل بعدی ساخت انجام شود، در نظر گرفته شود. این موضوع در پروژه های بزرگ ساخت یا تولیدات جوشکاری انبوه، بیشترین اهمیت را دارد.

### روشهای جوشکاری:

مرحله دیگر مقدماتی این است که اطمینان حاصل کنیم آیا روشهای قابل اعمال جوشکاری، ملزومات کار را برآورده می سازند یا نه؟ مستندات مربوط به تایید یا صلاحیت های جوشکاران هر کدام بطور جداگانه باید مرور شود. طراحی ها و مشخصات معین می کند که چه فلزهای پایه ای باید به یکدیگر متصل شوند و چه فلز پرکننده باید مورد استفاده قرار گیرد. برای جوشکاری سازه و دیگر کاربردهای بحرانی، جوشکاری بطور معمول بر طبق روشهای تایید شده ای که متغیرهای اساسی پروسه را ثبت می کنند و بوسیله جوشکارانی که برای پروسه، ماده و موقعیتی که قرار

است جوشکاری شود، تایید شده اند، انجام می گیرد. در بعضی موارد مراحل اضافی برای آماده سازی مواد مورد نیاز می باشد. بطور مثال در جاهایی که الکترودهای از نوع کم-هیدروژن مورد نیاز باشد، وسایل ذخیره آن باید بوسیله سازنده در نظر گرفته شود.

### مواد پایه:

قبل از جوشکاری، شناسایی نوع ماده و یک تست کامل از فلزات پایه ای مربوطه باید انجام گیرد. اگر یک ناپیوستگی همچون جدالایگی صفحه ای وجود داشته باشد و کشف نشده باقی بماند روی صحت ساختاری کل جوش احتمال تاثیر دارد. در بسیاری از اوقات جدالایگی در طول لبه ورقه قابل رویت می باشد بخصوص در لبه هایی که با گاز اکسیژن برش داده شده است.

### مونتاز اتصالات:

برای یک جوش، بحرانی ترین قسمت ماده پایه، ناحیه ای است که برای پذیرش فلز جوشکاری به شکل اتصال، آماده سازی می شود. اهمیت مونتاز اتصالات قبل از جوشکاری را نمی توان به اندازه کافی تاکید کرد. بنابراین آزمون چشمی مونتاز اتصالات از تقدم بالایی برخوردار است. مواردی که قبل از جوشکاری باید در نظر گرفته شود شامل زیر است:

1. زاویه شیار Groove angle
2. دهانه ریشه Root opening
3. ترازبندی اتصال Joint alignment
4. پشت بند Backing
5. الکترودهای مصرفی Consumable insert
6. تمیز بودن اتصال Joint cleanliness
7. خال جوش ها Tack welds
8. پیش گرم کردن Preheat

هر کدام از این فاکتورها رفتار مستقیم روی کیفیت جوش بوجود آمده، دارند. اگر مونتاژ ضعیف باشد، کیفیت جوش احتمالاً زیر حد استاندارد خواهد بود. دقت زیاد در طول اسمبل کردن یا سوار کردن اتصال می تواند تاثیر زیادی در بهبود جوشکاری داشته باشد. اغلب آزمایش اتصال قبل از جوشکاری عیوبی را که در استاندارد محدود شده اند را آشکار می سازد، البته این اشکالات، محل‌هایی می باشند که در طول مراحل بعدی بدقت می توان آنها را بررسی کرد. برای مثال، اگر اتصالی از نوع T (T-joint) برای جوشهای گوشه ای (Fillet welds)، شکاف وسیعی از ریشه نشان دهد، اندازه جوش گوشه ای مورد نیاز باید به نسبت مقدار شکاف ریشه افزوده شود. بنابراین اگر بازرسی بداند چنین وضعیتی وجود دارد، مطابق به آن، نقشه یا اتصال جوش باید علامت گذاری شود، و آخرین تعیین اندازه جوش به درستی شرح داده شود.

### حین جوشکاری:

شود. آزمون چشمی اولین متد برای کنترل این جنبه از ساخت می باشد. این می تواند ابزار ارزشمندی در کنترل پروسه باشد. بعضی از این جنبه های ساخت که باید کنترل شوند شامل موارد زیر می باشد:

(۱) کیفیت پاس ریشه جوش (bead weld root)

(۲) آماده سازی ریشه اتصال قبل از جوشکاری طرف دوم

(۳) پیش گرمی و دماهای میان پاسی

(۴) توالی پاسهای جوش

(۵) لایه های بعدی جهت کیفیت جوش معلوم



(۶) تمیز نمودن بین پاسها

(۷) پیروی از پروسیجر کاری همچون ولتاژ، آمپر، ورود حرارت، سرعت.

هر کدام از این فاکتورها اگر نادیده گرفته شود سبب بوجود آمدن ناپیوستگی هایی می شود که می تواند کاهش جدی کیفیت را در بر داشته باشد.

### پاس ریشه جوش:

شاید بتوان گفت بحرانی ترین قسمت هر جوشی پاس ریشه جوش می باشد. مشکلاتی که در این نقطه وجود دارد...

در نتیجه بسیاری از عیوب که بعدها در یک جوش کشف می شوند مربوط به پاس ریشه جوش می باشند. بازرسی چشمی خوب روی پاس ریشه جوش می تواند بسیار موثر باشد. وضعیت بحرانی دیگر ریشه اتصال در درزهای جوش دو طرفه هنگام اعمال جوش طرف دوم بوجود می آید. این مساله معمولاً شامل جداسازی سربار (slag) و دیگر بی نظمی ها توسط تراشه برداری (chipping)، رویه برداری حرارتی (thermal gouging) یا سنگ زنی (grinding) می باشد. وقتی که عملیات جداسازی کاملاً انجام گرفت آزمایش منطقه گودبرداری شده قبل از جوشکاری طرف دوم لازم است. این کار به خاطر این است که از جداسدن تمام ناپیوستگی ها اطمینان حاصل شود. اندازه یا شکل شیار برای دسترسی راحت تر به تمام سطوح امکان تغییر دارد.

### پیش گرمی و دماهای بین پاس:

پیش گرمی و دماهای بین پاس می توانند بحرانی باشند و اگر تخصیص یابند قابل اندازه گیری می باشند. محدودیت ها اغلب بعنوان می نیمم، ماکزیمم و یا هر دو بیان می شوند. همچنین برای

مساعدت در کنترل مقدار گرما در منطقه جوش، توالی و جای تک تک پاسها اهمیت دارد. بازرسی باید از اندازه و محل هر تغییر شکل یا چروکیدگی (shrinkage) سبب شده بوسیله حرارت جوشکاری آگاه باشد. بسیاری از اوقات همزمان با پیشرفت گرمای جوشکاری اندازه گیری های تصحیحی گرفته می شود تا مسائل کمتری بوجود آید.

### آزمایش بین لایه ای:

برای ارزیابی کیفیت جوش هنگام پیشروی عملیات جوشکاری، بهتر است که هر لایه بصورت چشمی آزمایش شود تا از صحت آن اطمینان حاصل شود. همچنین با این کار می توان دریافت که آیا بین پاسها بخوبی تمیز شده اند یا نه؟ با این عمل می توان امکان روی دادن ناخالصی سرباره در جوش پایانی را کاهش داد. بسیاری از این گونه موارد احتمالا در دستورالعمل جوشکاری اعمالی، آورده شده اند.

در این گونه موارد، بازرسی چشمی که در طول جوشکاری انجام می گیرد اساسا برای کنترل این است که ملزومات روش جوشکاری رعایت شده باشد.

### بعد از جوشکاری:

بسیاری از افراد فکر می کنند که بازرسی چشمی درست بعد از تکمیل جوشکاری شروع می شود. به هر حال اگر همه مراحل که قبلا شرح داده شد، قبل و حین جوشکاری رعایت شده باشد، آخرین مرحله بازرسی چشمی به راحتی تکمیل خواهد شد. از طریق این مرحله از بازرسی نسبت به مراحل که قبلا طی شده و نتیجتا جوش رضایت بخشی را بوجود آورده اطمینان حاصل خواهد شد. بعضی از مواردی که نیاز به توجه خاصی بعد از تکمیل جوشکاری دارند عبارتند از:

(۱) ظاهر جوش بوجود آمده

(۲) اندازه جوش بوجود آمده

(۳) طول جوش

(۴) صحت ابعادی

(۵) میزان تغییر شکل

(۶) عملیات حرارتی بعد از جوشکاری

هدف اساسی از بازرسی جوش بوجود آمده در آخرین مرحله این است که از کیفیت جوش اطمینان حاصل شود. بنابراین آزمون چشمی چندین چیز مورد نیاز می باشد. بسیاری از کدها و استانداردها میزان ناپیوستگی هایی که قابل قبول هستند را شرح می دهد و بسیاری از این ناپیوستگی ها ممکن است در سطح جوش تکمیل شده بوجود آیند.

### ناپیوستگی ها:

بعضی از انواع ناپیوستگی هایی که در جوشها یافت می شوند عبارتند از:

۱- تخلخل

۲- ذوب ناقص

۳- نفوذ ناقص در درز

۴- بریدگی ( سوختگی ) کناره جوش

۵- روی هم افتادگی

۶- ترکها

۷- ناخالصی های سرباره

۸- گرده جوش اضافی

در حالی که ملزومات کد امکان دارد مقادیر محدودی از بعضی از این ناپیوستگی ها را تایید نماید ولی عیوب ترک و ذوب ناقص هرگز پذیرفته نمی شود.

برای سازه هایی که تحت بار خستگی و یا سیکلی (cyclic) می باشند، خطر این ناپیوستگی های سطحی افزایش می یابد. در اینگونه شرایط، بازرسی چشمی سطوح، پر اهمیت ترین بازرسی است که می توان انجام داد.

وجود سوختگی کناره (undercut)، رویهم افتادگی (overlap) و کنترل نامناسب سبب افزایش تنش می شود؛ بار خستگی می تواند سبب شکستهای ناگهانی شود که از این تغییر حالتی که بطور طبیعی روی می دهد، زیاد می شود. به همین خاطر است که بسیاری اوقات کنترل مناسب یک جوش می تواند بسیار با اهمیت تر از اندازه واقعی جوش باشد، زیرا جوشی که مقداری از اندازه واقعی کمتر باشد، بدون ناخالصی ها و نامنظمی های درشت، می تواند بسیار رضایت بخش تر از جوشی باشد که اندازه کافی ولی کنترل ضعیفی داشته باشد.

برای تعیین اینکه مطابق استاندارد بوده است، بازرسی باید کنترل کند که آیا همه جوشها طبق ملزومات طراحی از لحاظ اندازه و محل (موقعیت) صحیح می باشند یا نه؟ اندازه جوش گوشه ای (Fillet) بوسیله یکی از چندین نوع سنجه های جوش برای تعیین بسیار دقیق و صحیح اندازه تعیین می شود.

در مورد جوشهای شیاری (Groove) باید از لحاظ گرده جوش مناسب دو طرف درز را اندازه گیری کرد. بعضی از شرایط ممکن است نیاز به ساخت سنجه های جوش خاص داشته باشند.

## عملیات حرارتی بعد از جوشکاری:

به لحاظ اندازه، شکل، یا نوع فلز پایه ممکن است عملیات حرارتی بعد از جوش در روش جوشکاری اعمال شود. این کار فقط از طریق اعمال حرارت (گرما) در محدوده دمایی بین پاس یا نزدیک به دمای آن، صورت می گیرد تا از لحاظ متالورژیکی خواص جوش بوجود آمده را کنترل نمود. حرارت دادن در درجه حرارت دمای بین پاس، ساختار بلوری را به استثناء موارد خاص تحت تاثیر قرار نمی دهد. بعضی از حالات ممکن است نیاز به عملیات تنش زدایی حرارتی داشته باشند. بطوری که قطعات جوش خورده بتدریج در یک سرعت مشخص تا محدوده تنش زدایی تقریباً  $1100^{\circ}\text{F}$  تا  $1200^{\circ}\text{F}$  ( $590$  تا  $650$  درجه سانتی گراد) برای اکثر فولادهای کربنی گرما داده می شود.

بعد از نگهداری در این دما به مدت یک ساعت برای هر اینچ از ضخامت فلز پایه، قطعات جوش خورده تا دمای حدود  $600^{\circ}\text{F}$  ( $315$  درجه سانتی گراد) در یک سرعت کنترل شده سرد می شود. بازرسی در تمام این مدت مسئولیت نظارت بر انجام کار را دارد تا از صحت کار انجام شده و تطابق با ملزومات روش کار اطمینان حاصل نماید.

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

## آزمایش ابعاد پایانی:

اندازه گیری دیگری که کیفیت یک قطعه جوشکاری شده را تحت تاثیر قرار می دهد صحت ابعادی آن می باشد. اگر یک قسمت جوشکاری شده بخوبی جفت و جور نشود، ممکن است غیر قابل استفاده شود اگرچه جوش دارای کیفیت کافی باشد.

حرارت جوشکاری، فلز پایه را تغییر شکل داده و می تواند ابعاد کلی اجزاء را تغییر دهد. بنابراین، آزمایش ابعادی بعد از جوشکاری ممکن است برای تعیین متناسب بودن قطعات جوشکاری شده برای استفاده مورد نظر مورد نیاز واقع شود.

## Procedure Qualification Record

هدف از انجام آزمایش تعیین کیفیت روش جوشکاری براساس WPS مورد نظر می باشد.

مراحل PQR عبارتند از :

- الف: آماده سازی و جوشکاری نمونه
- ب: انجام آزمایشهای مورد نظر طبق استاندارد
- ج: تأییدیه WPS یا روش جوشکاری ارائه شده
- د: ثبت نتایج آزمایشات

تذکر: در صورت نیاز جهت رسیدن به نتایج مثبت تغییراتی در مراحل مختلف صورت می پذیرد. معمولاً طبق استانداردهای ASME یا AWS برای اتصال جوش لب به لب (Butt) آزمایشهای کشش، خمش، رادیوگرافی و برای جوش گوشه (Fillet) آزمایش ماکرواچ صورت می پذیرد.

برای ضخامت کمتر از ۱۰ mm آزمایشهای ذیل جهت PQR انجام می پذیرد:

الف: جوش لب به لب (Joint Butt)

ASME-IX: دو عدد آزمایش کشش عرض، دو عدد خمش ریشه، دو عدد خمش سطحی  
AWS D1.1: آزمایش غیر مخرب، دو عدد کشش عرض، دو عدد خمش ریشه، دو عدد خمش سطحی

ب: جوش گوشه (Joint Fillet)

ASME-IX: ۵ عدد ماکرواچ جهت بررسی ذوب کافی جوش و مطالعه ساق جوش  
AWS D1.1: ۳ عدد ماکرواچ  
روشهای انجام آزمایشهای ارائه شده در بالا بطور خلاصه به شرح ذیل می باشند:

- آزمایش کشش عرضی ( ارزیابی استحکام کششی اتصال)

- آزمایش خمش ریشه، خمش رویه و خمش جانبی (ارزیابی سلامت جوش)
- آزمایش حک یا (ETCH) برای تعیین سلامت و اندازه جوش در جوش شیاری با نفوذ نسبی و جوش گوشه
- آزمایش های پرتونگاری و فراصوتی (ارزیابی سلامت جوش)
- آزمایش ضربه برای تعیین toughness یا مقاومت جوش در برابر ضربه
- آزمایش نمونه کششی فلز جوش خالص

شرایط پذیرش نتایج آزمایش ها:

[www.nafis.com](http://www.nafis.com) معیار های پذیرش بازرسی چشمی عبارتند از:

- عدم وجود ترک در داخل جوش
- همه چاله جوش ها پر شده باشند.
- سطح جوش همتراز با سطح فلز پایه بوده و با شییبی ملایم بر روی آن نشسته باشد.
- حداکثر عمق بریدگی مجاز کناره معادل یک میلیمتر و حداکثر تحدب مجاز ۳ میلیمتر
- ذوب کامل و نفوذ مناسب
- در صورتیکه ضخامت جوش مساوی و یا بزرگتر از ضخامت فلز پایه باشد تا ۳ میلیمتر
- تقعر در ریشه پذیرفته است.
- در این شرایط حداکثر ذوب به داخل معادل ۳ میلیمتر است.

آزمایش کشش مواد فلزی :

در این قسمت ابتدا روش انجام آزمون کشش مواد فلزی و سپس دستگاه و نتایج حاصله را بررسی می کنیم.

منحنی تنش - کرنش مهندسی:

تنش کرنش مهندسی بر اساس مقادیر بار وارد شده - ازدیاد طول بنا شده است. این تنش از تقسیم بار (P) بر سطح مقطع اولیه  $A_0$  بدست می آید و کرنش نیز از تقسیم ازدیاد طول گیج بر طول اولیه آن بدست می آید. از روی منحنی تنش - کرنش حاصل از آزمون کشش می توان به موارد ذیل دست پیدا کرد :

**۱- استحکام کششی:** استحکام کششی یا استحکام نهایی کششی (UTS) برابر بار حداکثر تقسیم بر سطح مقطع اولیه نمونه است.

**۲- تنش تسلیم:** تنشی که در آن تسلیم یا شروع تغییر شکل مومسان رخ می دهد.

**۳- نرمی:** یک خاصیت ذاتی و کیفی ماده است که شامل درصد ازدیاد طول و کاهش سطح مقطع می باشد.

**۴- مدول کشسانی:** شیب قسمت خطی منحنی تنش - کرنش، مدول کشسان یا مدول یانگ (E) است. چون مدل کشسان برای محاسبه خمیدگی تیرها و سایر اجزاء لازم است لذا در طراحی اندازه مهم است. مدول کشسانی توسط نیروهای اتصال بین اتمهای معین می شود و چون این نیروها نمی توانند بدون تغییر ماهیت اصلی ماده تغییر کنند، جزء خواص مکانیکی حساس به ساختار محسوب می شوند.

**۵- چقرمگی:** چقرمگی قابلیت ماده برای جذب انرژی در ناحیه مومسان است. قابلیت در برابر تنشهای بیش از تنش تسلیم بدون ایجاد شکست میباشد. چقرمگی معادل سطح زیر منحنی تنش - کرنش میباشد. آزمون سختی سنجی مواد فلزی:



سختی حاکی از مقاومت در برابر تغییر شکل است. بسته به نحوه اجرای آزمایش سه نوع مقیاس عمومی سختی وجود دارد: سختی خراشی، سختی فرو رفتگی و سختی برگشت. در مورد فلزات تنها سختی فرو رفتگی اهمیت مهندسی عمده ای دارد که انواع مهم آن روشهای برینل، راکول و میکرو سختی است.

**۱- آزمایش سختی برینل:** عبارت است از ایجاد فرو رفتگی در سطح فلز بوسیله یک گلوله فولادی (HBS) یا تنگستن (HBW) به قطر ۱-۱۵ mm با نیروی ۱-۳۰۰۰ kg برای فلزات نرم مانند آلیاژهای مس و آلومینیوم بار تا ۵۰۰ kg کاهش می یابد و برای فلزات خیلی سخت (HB < ۶۵۰) مانند فولادها و چدن‌ها از گلوله هایی با جنس کاربید تنگستن استفاده می شود. عدد سختی برینل بر حسب بار تقسیم بر مساحت داخلی فرورفتگی بدست می آید. بهترین کاربرد برینل برای چدن‌ها می باشد. زمان اعمال بار معمولاً ۱۰-۱۵ ثانیه، حداقل ضخامت نمونه بایستی ده برابر عمق فرورفتگی، اندازه گیری ۵ بار سختی برای هر نمونه و فاصله بین آثار سنبه حداقل ۳ برابر قطر از نکات روش است.

**۲- آزمایش سختی به روش ویکرز:** از یک هرم مربع القاعده بعنوان سنبه استفاده می شود. زاویه بین وجوه مقابل هرم ۱۲۶ درجه است. بدلیل شکل سنبه این آزمایش اغلب آزمایش سختی، هرم الماسی نامیده می شود. معمولاً بار ۱-۱۲۰ Kg می باشد. زمان اعمال بار معمولاً ۱۰-۱۵ Sec و ضخامت نمونه حداقل ۶ mm می باشد. سطح نمونه می بایست عاری از هر گونه اکسید و روغن بوده و سطح پرداخت گردد. ۳- آزمایش سختی به روش راکول: متداولترین آزمون سختی بوده که سرعت بالا و خطای کمی دارد. بدلیل عمق کم فرورفتگی قطعات عملیات حرارتی شده نهایی می توانند بدون صدمه دیدن آزمایش شوند. از مخروط الماسی ۱۲۰ درجه که راس آن کمی گرد است یا گلوله های فولادی به عنوان سنبه استفاده می شود. فولاد سخت شده در مقیاس C با سنبه الماسی و بار اصلی ۱۵۰ kg آزمایش می شود. دامنه مفید این مقیاس در حدود ۲۰-۷۰ HRC می باشد. مواد نرمتر در مقیاس B با گلوله فولادی به قطر ۱،۱۶ in و بار اصلی ۱۰۰ kg با دامنه کاربرد ۰-۱۰۰ HRB می باشند. مقیاس A با فرورونده الماسی و بار اصلی ۶۰ kg گسترده ترین مقیاس سختی راکول

است و برای موادی از برنج تا کاربیدهایی سمانته شده بکار می‌رود. زمان اعمال بار اولیه در راکول کمتر از ۳ ثانیه و بار اصلی ۲-۶ ثانیه می‌باشد.

### آزمایش ماکرواچ:

این آزمایش جهت بررسی میزان ذوب و نفوذ جوش و بررسی ساق جوش صورت می‌پذیرد. مقاطع عرضی از قطعه جوشکاری شده بریده شده و سپس از سنگ زدن توسط سمباده های ۲۰۰ و ۴۰۰ و ۶۰۰ بصورت متوالی صیقلی می‌گردد، سپس توسط محلول نایتال ۲٪ ( اسید نیتریک + الکل ) اچ می‌گردد، سپس از محل اچ شده تصاویر میکروسکوپی تهیه و بررسی می‌گردند.

### آزمایش خمش مواد فلزی:

خمش نمونه مورد نظر توسط سمبه که سر آن گرد می‌باشد انجام می‌پذیرد. خمش ریشه، خمش سطحی و خمش جانبی سه نوع خمش مورد نظر می‌باشند. پس از خمش و لاشکل شدن نمونه بررسی روی آن صورت می‌پذیرد

### آزمایش مایعات نافذ: (Penetrant Test) [www.naf.ir](http://www.naf.ir)

طی این آزمایش عیوب سطحی جوش همچون ترکهای سطحی، تخلخل و ... مشخص می‌گردد. در این روش ابتدا سطح فلز توسط مواد پاک کننده عاری از هرگونه چربی و یا اکسید آهن و ... می‌گردند. سپس با اعمال مایعات نافذ عمل نفوذ مایع داخل عیوب سطحی صورت می‌پذیرد. با پاک کردن مایعات نافذی که به داخل عیوب سطحی نشده اند به مرحله بعد وارد می‌شویم. در مرحله بعدی با استفاده از پاشش مواد آشکار ساز روی سطح جوش در مقاطعی که مایعات نافذ داخل عیوب نفوذ کرده بودند توسط ماده آشکار ساز جذب و به سطح می‌آیند در نتیجه در زمینه سفید رنگ ماده آشکار ساز، عیوب بصورت رنگ قرمز که ناشی از مایع نافذ می‌باشد، مشاهده می‌گردد.

انواع مایعات نافذ عبارتند از:

- 1- Post Emusifiable flouresent Dye penetrant
- 2- Solvent Removable flouresent Dye penetrant
- 3- Water Washable flouresent Dye penetrant
- 4- post Emusifiable Visible Dye penetrant

## 5- Solvent Removable Visible Dye penetrant

## 6- Water Washable Visible Dye penetrant

انواع آشکار سازها عبارتند از : آبی و خشک

### مزایای این روش عبارتند از:

ساده بودن، ارزان بودن، قابل کاربرد برای اندازه های مختلف و امکان بازرسی در محل کار

### معایب این روش عبارتند از:

محدودیت استفاده برای عیب های سطحی و عدم کاربرد برای سطوح خشن

## آزمایش ذرات مغناطیسی: (Magnetic Particle Test)

در این روش پس از حذف آلودگی های سطحی، میدان مغناطیسی در حول مقطع مورد نظر ایجاد می گردد. پس ذرات مغناطیسی آهن در محل مورد نظر پاشش شده و تحت میدان مغناطیسی قرار می گیرند. در صورت وجود هر گونه عیب در مسیر میدان مغناطیسی، ذرات مغناطیسی ذرات مغناطیسی تجمع کرده و محل عیب را نشان می دهند. این روش نیز تا چند میلیمتر (۷ میلیمتر) از زیر سطح را بازرسی می کند، لذا جزء بازرسی های غیر مخرب سطحی می باشد.

### مزایای این روش عبارتند از:

عدم نیاز به تمیز کاری دقیق سطحی

امکان تشخیص پهنای عیب

ارزان بودن

امکان تشخیص عیوب تا عمق ۷ میلیتری

### معایب این روش عبارتند از:

قابل کاربرد برای مواد فرومانیتیک

استفاده از میدان های عمود بر عیوب

لزوم مغناطیسی کردن متناوب قطعات در بعضی موارد

لزوم مغناطیس زدایی  
نیاز به تجربه و مهارت بالا

### آزمایش ماوراء صوت: (Ultra Sonic Test)

در این روش با استفاده از امواج ماوراء صوت ناشی از یک ماده پیزوالکتریک توسط پرابهای زاویه دار یا مستقیم می توان از سلامت نمونه اطمینان حاصل نمود. امواج ماوراء صوت در طول قطعه حرکت کرده و رفت و برگشت صوت را پراب بررسی می نماید. در صورت وجود هرگونه عیب از قبیل تورق، ترک، تخلخل و... مدت زمان و مسافت طی شده توسط امواج ماوراء صوت تغییر خواهد کرد. لذا تعیین محل و عمق عیب یکی از پارامترهای مثبت این روش می باشد. از یک مایع کوپلنت جهت حرکت آسان پراب بر روی سطح استفاده می گردد.

### مزایای این روش عبارتند از

امکان تشخیص عیوب سطحی و عمقی تا ریشه جوش  
قابلیت به کارگیری در موقعیت های مختلف سازه

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

دقت کار بالا

امکان شناسایی نوع، ابعاد و موقعیت عیب

### معایب این روش عبارتند از:

گران بودن تجهیزات و دستگاه  
مهارت بالای اپراتور و نیاز به گذراندن دوره های خاص  
تمیزی و صافی سطح کار

### آزمون رادیوگرافی: (Radiography Test)

بر اساس اشعه ایکس یا گاما این روش بنا شده است. معمولاً اشعه ایکس از طریق فیلامنهای تنگستن و اشعه گاما توسط مواد رادیواکتیو با نیمه عمرهای مشخص تولید می شوند. با تغییر دانسیته و فشردگی مواد در محل عیب، این تغییر بصورت نقاط شفاف یا تیره بر روی فیلم

راديوگرافي مشخص مي گردند. ميزان اختلاف پتانسيل در X-Ray بر اساس جنس و ضخامت نمونه مي باشد.

### مزايای این روش عبارتند از

مؤثر بودن برای عيوب عمقی  
راديوگرافي مواد فلزی آهنی و غير آهنی  
امکان تشخيص محل و شکل ظاهري عيب

### معایب این روش عبارتند از:

گران بودن تجهيزات و دستگاه  
نیاز به فضای مناسب برای ظهور و ثبوت فيلم  
وقت گیر بودن تنظيم دستگاه  
امکان راديوگرافي تا عمق ۷۵ ميليتر  
خطرات زياد برای سلامتی

[www.naftir.com](http://www.naftir.com)

### آزمون ضربه پذیری:

انجام آزمون ضربه به دو روش ایزود یا شارپی صورت می گیرد. شیار نمونه ضربه می تواند در فلز جوش منطقه متأثر از حرارت مرز بین فلز جوش و فلز پایه باشد. نوع شیار ممکن است شارپی، ایزود و سوراخ کلیدی (key Hole) یا اصلاً بدون شیار باشد. درجه حرارت آزمایش ضربه می بایست ذکر گردد. سطح مقطع شکست نمونه ضربه از دو ناحیه شکست نرم و ترد تشکیل شده است. سطح شکست ترد معمولاً صاف و براق و شکست نرم دارای پستی، بلندی و کدر است. درصد هر یک از این انواع سطح مکانیزم شکست را مشخص می کند.

نتایج قابل قبول در آزمایشهای PQR

الف: نتایج قابل قبول آزمون کشش: استحکام کشش می بایست از حداقل میزان استحکام کشش فلز پایه، بیشتر باشد.

ب: نتایج قابل قبول آزمون خمش: سطح محدب نمونه تحت خمش می‌بایست عاری از هرگونه ناپیوستگی سطحی، خارج از محدوده زیر باشد:

- ۱- گسستگی با ابعاد حداکثر  $3,2\text{ mm}$  در هر جهت
- ۲- جمع اندازه ناپیوستگیها ( حداقل  $0,8\text{ mm}$  و حداکثر  $3,2\text{ mm}$  ) نباید از  $9,5\text{ mm}$  تجاوز نماید.
- ۳- در صورتیکه ترک از گوشه ناشی از وجود سرباره یا ناخالصی نباشد حداکثر ترک مجاز  $6,4\text{ mm}$  می‌باشد. در غیر این صورت حداکثر مقدار ترک مجاز  $3$  میلیمتر است.

ج: نتایج قابل قبول ماکروچ: موارد ذیل بصورت چشمی حائز اهمیت هستند:

- ۱- ساق جوش موثر برقرار باشد و جوش گوشه تا ریشه اتصال نفوذ کرده باشد.
- ۲- ذوب کافی در جوش گوشه در ریشه مشاهده شود.
- ۳- بین لایه های مختلف جوش، ذوب کافی انجام شده باشد. [www.naftir.com](http://www.naftir.com)
- ۴- در جوش شیاری با نفوذ نسبی بعد واقعی جوش مساوی یا بزرگتر از مقدار مورد نیاز باشد.
- ۵- حداکثر عمق بریدگی کنار جوش یک میلیمتر باشد.

#### آزمایش مجدد:

در صورت پاسخگو نبودن نتایج نمونه های تهیه شده در یک آزمایش باید دو سری دیگر از نمونه‌های آزمایش با همان مواد، PQR تهیه شود