

گروه مکانیک و فرآیند - معاونت مهندسی و طرحهای تولید

آقای کامران خدایرستی دارای درجه کارشناسی ارشد مهندسی مواد با گرایش شناسایی، انتخاب و روش ساخت مواد فلزی از دانشگاه شیراز می باشند. ایشان به مدت چهار سال مدیریت آزمایشگاه متالورژی و مواد پژوهشگاه نیرو را عهده دار بوده اند و از سال ۱۳۸۴ تا کنون با گروه مکانیک و فرآیند مشانیر همکاری دارند. از سوابق آموزشی ایشان می توان به برگزاری چندین دوره آموزشی و سمینار تخصصی در مراکز نظیر انجمن مهندسان مکانیک ایران، مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران، گروه آموزش پژوهشگاه نیرو، سازمان نظام مهندسی استان تهران و نیز تدریس در دانشگاه ها و مراکز آموزش عالی اشاره کرد. انتشار و ارائه چندین مقاله در نشریات و سمینارهای علمی، عضویت در انجمنهای تخصصی، عضویت در کمیته های تدوین ۱۱ استاندارد ملی موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و عضویت در کمیته ملی استاندارد ایزو در کارگروه تخصصی انتخاب مواد از جمله دیگر فعالیتهای ایشان است.



چگونه یک مدرک PQR را تهیه کنیم؟

مقدمه

WPS یک دستورالعمل نوشته شده است که مسیر را برای جوشکار در اجرای جوشکاری بر اساس کد یا استاندارد مورد نظر مشخص می کند. پس از تهیه WPS باید این مطلب ارزیابی شود که آیا با انجام جوشکاری بر اساس این WPS، جوش ایجاد شده مطابق با مشخصات جوش طراحی شده خواهد بود؟ به عبارت دیگر آیا می تواند اهداف مورد نظر را برآورده سازد؟ از این روی باید WPS به بوته آزمایش گذاشته شود و این کار توسط تهیه مدرک PQR به انجام می رسد. هدف از انجام آزمایشهای تایید دستورالعمل جوشکاری آن است که نشان دهیم دستورالعمل جوشکاری تدوین شده 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 می گویند.

مراحل تهیه PQR

برای این کار test plate (به آن 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^۱ 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 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 نمونه ها به نحوی مونتاژ و ساخته می شوند که درز اتصال در وسط نمونه قرار بگیرد. مواد، نحوه و جزئیات جوشکاری نمونه ها باید مطابق با WPS مربوط باشد، به عبارت دیگر متغیرهای اساسی باید یکسان باشند. شکل نمونه آزمون (ورق، لوله و ...) انتخابی است. تایید نهایی PQR بر اساس نمونه آزمون لوله باعث تایید جوشکاری بر روی ورق خواهد بود و برعکس.

نوع و تعداد نمونه ها برای جوش شیار باید با مقادیر ذکر شده در استاندارد (QW-451) مطابقت داشته باشد.

تذکر این نکته لازم است نمونه های خمش از نوع عرضی هستند. اگر یکی از فلزات پایه از دیگری نرمتر باشد یا فلز پایه و فلز جوش دارای داکتیلیتی متفاوتی باشند، از نمونه های خمش طولی استفاده می 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 آزمونهای تهیه شده

آزمایشهای مورد نیاز برای جوشهای شیار عبارتند از :

بازرسی چشمی، آزمایش کشش برای اندازه گیری استحکام کششی، آزمایش خمش ریشه برای سلامت جوش، آزمایش خمش جانبی برای سلامت جوش، آزمایش خمش رویه (گرده) برای سلامت جوش، آزمایش کشش از فلز جوش برای تعیین خواص مکانیکی فرآیندهای EGW و ESW. آزمایش ضربه برای تعیین چقرمگی و انرژی ضربه، آزمایش ماکرواج برای سلامت و نفوذ موثر ساق جوش، آزمایش رادیوگرافی یا اولتراسونیک

همچنین برای جوشهای گوشه ای^۲ آزمایشهای زیر مورد نیاز است :

بازرسی چشمی، آزمایش ماکرواج برای اطمینان از سلامت و ذوب کافی جوش، آزمایش خمش جانبی برای سلامت جوش، آزمایش کشش از فلز جوش برای تعیین خواص مکانیکی

تعداد، نوع و چگونگی انجام آزمایشها در استاندارد های گوناگون تفاوتها مختصری با هم دارند. تعداد و نوع نمونه ها به ضخامت ورق بستگی دارد . نکته قابل توجه آن است که بسته به ضخامت طرح جوش می توان از یک ورق نمونه آزمایشی، برای سنجش کیفیت محدوده ای از ضخامتها استفاده کرد. در مورد لوله نیز معیار آزمایش ها، قطر لوله و ضخامت لوله است. برای هر مورد خاص می توان به زیر بند مربوطه مطابق راهنمایی ها مراجعه کرد. یادآوری این نکته لازم است که در استاندارد ASME Sec.IX به صراحت مشخص نشده است که چه هنگام باید آزمون ضربه انجام شود و حتی از تعداد و چگونگی آماده سازی آزمون ها نیز سخنی به میان نیامده است؛ بلکه در همه جا ذکر شده است که این آزمون در هنگام الزام توسط بخشهای دیگر این کد(عبارت دیگر کد ساخت) باید انجام شود. در مورد تعداد و نحوه آماده سازی آزمون ها و نیز معیار پذیرش نتایج آزمون نیز مطلب مشابهی بیان شده است. برای روشن شدن مطلب می توان گفت بعنوان مثال اگر سیستم piping بر اساس استاندارد ASME B 31.3 طراحی و اجرا می گردد می توان بر اساس نمودار 323.2.2A این استاندارد در مورد آزمون ضربه تصمیم گیری کرد. برای مطالعه موارد مربوط به آزمون ضربه در استاندارد AWS D1.1 ، به Annex III آن رجوع کنید.

ارزیابی نتایج آزمونها

آزمون کشش

معیار پذیرش آزمایش فوق بصورت زیر است :

استحکام کششی حاصله، از حداقل استحکام کششی تعیین شده برای فلز پایه کمتر نباشد.

در اتصال دو فلز پایه با استحکام های کششی مختلف، استحکام کششی حاصله، از حداقل استحکام کششی فلز پایه ضعیف تر بیشتر باشد.

در صورتیکه استحکام فلز جوش در دمای اتاق کمتر از فلز پایه باشد، استحکام کششی حاصله، از استحکام کششی فلز جوش کمتر نباشد.

اگر نمونه آزمایش از فلز پایه، در محلی خارج از خط جوش گسیخته شود، آزمایش پذیرفته است. البته استحکام کششی نباید از 95٪ حداقل استحکام کششی تعیین شده فلز پایه کمتر باشد.

آزمون خمش

معیار پذیرش آزمایش فوق بصورت زیر است:

ناپوستگی سطحی بزرگتر از ۳/۲ میلی متر در هر جهتی روی سطح خارجی (محدب) نمونه پس از خمش در منطقه جوش یا منطقه متاثر از حرارت^۲ پذیرفته نیست.

ناپوستگیهای سطحی که در گوشه های نمونه در حین آزمایش به وجود می آید، قابل صرف نظر کردن هستند مگر اینکه ناپوستگیها ناشی از ذوب ناقص یا آخالهای سرباه محبوس شده در جوش یا دیگر عیوب داخلی باشند.

آزمون ضربه

معیار پذیرش نتایج آزمایش ضربه مطابق با استاندارد و بخش هایی است که انجام این آزمایش را ضروری دانسته اند .

آزمون ماکرواچ

برای تایید کیفیت نمونه ماکرواچ شده از طریق بازرسی چشمی نکات زیر را باید لحاظ کرد:
در ناحیه فلز جوش و HAZ، ذوب باید تا ریشه اتصالات انجام شده باشد و عاری از ترک باشد.
در جوشهای گوشه ای نباید اختلاف بیش از ۳ میلیمتر در اندازه های ساق وجود داشته باشد .

آزمون غیر مخرب (اولتراسونیک - رادیوگرافی)

نحوه انجام آزمایش رادیوگرافی مطابق با بند QW-191 خواهد بود . معیار پذیرش نیز مطابق با QW-191 است .

ثبت و تایید نتایج

نتایج آزمایشهای تعیین کیفیت باید در فرم PQR ثبت شوند. معمولاً فرم PQR دو صفحه ای است. در صفحه اول PQR، اطلاعات و پارامترهای لازم برای انجام فرآیند جوشکاری ذکر می شود که نحوه تنظیم آن همانند نحوه تنظیم فرم WPS است، به عبارت دیگر در صفحه اول اطلاعاتی نظیر: روش جوشکاری، طرح اتصال، فلز پایه، فلز پرکننده، وضعیت جوشکاری، پیشگرم و ذکر می گردد. در صفحه دوم فرم PQR نتایج آزمونهای کشش، خمش، ضربه و در صورت نیاز آزمایشهای دیگر نظیر سختی سنجی، آنالیز شیمیایی و ... درج می گردد.

الف) اطلاعات حاصل از آزمایش کشش بر اساس بند QW-150 درج می گردد.

برای تفکیک نمونه های آزمایش، نمونه ها شماره گذاری شده و در ستون اول جدول نوشته می شود.

پهنای نمونه های کشش تخت و یا قطر نمونه های کشش استوانه ای از روی نمونه ها اندازه گیری شده و در ستون دوم جدول درج می گردد.

ضخامت نمونه های تخت که مطابق استاندارد تهیه شده اند، به طور دقیق اندازه گیری و در ستون سوم جدول نوشته می شود.

بر اساس ضخامت و پهنای نمونه که در جدول ذکر شده، مساحت سطح مقطع نمونه کشش در ستون چهارم نوشته می شود.

در ستون پنجم جدول، حداکثر نیروی وارده قبل از شکست نمونه ذکر می گردد . درج واحد نیرو نیز الزامیست.

در ستون ششم، تنش کششی که از تقسیم نیروی وارد بر مساحت سطح مقطع (اطلاعات مندرج در ستونهای چهارم و پنجم جدول) نوشته می شود. ذکر واحد تنش نیز ضروریست .

در ستون هفتم به مشخصات نحوه شکست و محلی که شکست در نمونه رخ داده، اشاره می شود.

ب) اطلاعات حاصل از آزمایش خمش بر اساس QW-160 درج می گردد.

در ستون اول، نوع و شماره نمونه آزمایش خمش اعم از نوع ریشه ای، جانبی یا رویه ای (گرده ای) در این قسمت با توجه به QW-462 ذکر می شود. در ستون دوم، نتایج حاصل از آزمایش خمش به یکی از اشکال زیر درج می گردد:

Good - Satisfactory - No open defect - Acceptable

لازم به ذکر است که در بیشتر گزارشها از دو مورد اول استفاده می شود و Satisfactory و Good به ندرت به کار می روند.

پ) اطلاعات حاصل از آزمایش ضربه بر اساس QW-170 در این قسمت درج می گردد.

در ستون اول، شماره شناسایی نمونه آزمایش نوشته می شود.

محل قرار گرفتن شیار نمونه ضربه در ستون دوم درج می شود . شیار می تواند در فلز جوش، منطقه متاثر از حرارت و فلز پایه قرار داشته باشد که معمولاً با علائم اختصاری W.M.، H.A.Z.، B.M. نوشته می شود.

در ستون سوم جدول، نوع شیار نمونه ضربه ذکر می گردد. شیار ممکن است شارپی^۴، ایزود^۵، سوراخ کلیدی^۶ بوده و یا نمونه بدون شیار باشد.

دمای آزمایش در ستون چهارم جدول نوشته می شود.

در ستون پنجم جدول، مقدار انرژی ضربه عمدتاً بر حسب ژول درج می گردد.

سطح مقطع شکست نمونه ضربه از دو ناحیه ترد و نرم تشکیل شده است. معمولاً سطح مقطع شکست ترد، براق و سطح مقطع شکست نرم دارای پستی بلندی و کدر است. با اندازه گیری نسبی این دو سطح، درصد هر یک از مکانیزم های شکست (نرم یا ترد

) مشخص می شود. این مقادیر در ستونهای ششم و هفتم جدول نوشته می شود.



ت) اطلاعات حاصل از آزمایش جوش گوشه ای بر اساس کد QW-180 در این قسمت درج می گردد. در صورت رضایتبخش بودن نتیجه آزمایش جوش گلوبی در قسمت نتیجه Satisfactory علامت زده می شود. نتیجه مشاهده نمونه ماکرواچ شده در مورد نفوذ جوش به فلز پایه در قسمت Penetration into Parent Metal علامت زده شده و دیگر موارد مشاهده شده در قسمت Macro-result درج می شود. ج) در برخی موارد آزمایشهایی چون سختی سنجی در مناطق فلز جوش، فلز پایه یا منطقه متأثر از حرارت یا آزمایشهای غیر مخرب نیز باید انجام پذیرد. در قسمت نوع آزمایش، آزمایش انجام شده (سختی سنجی و ...) نوشته می شود. آنالیز شیمیایی فلز جوش ممکن است جزء موارد مورد نیاز باشد. در این صورت ترکیب شیمیایی فلز جوش در قسمت آنالیز فلز رسوب داده شده درج می گردد. هر گونه اطلاعات و آزمایشهای اضافه در قسمت دیگر موارد نوشته می شود.

چ) اطلاعات تکمیلی

ذکر نام جوشکار نمونه آزمایش در این قسمت الزامیست. مواردی چون شماره پرسنلی و درجه کیفیت کار جوشکار نیز در PQR نوشته می شود. نام تنظیم کننده آزمایش و شماره گزارش آزمایشها نیز در PQR درج می گردد. تنظیم کننده PQR نهایتاً با ذکر تاریخ، گزارش را امضاء می کند.

زیرنویس ها:

- ۱- specimen
- ۲- Fillet
- ۳- HAZ
- ۴- Charpy
- ۵- Izod
- ۶- Key hole

مراجع

- 1- ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX, Welding and Brazing Qualifications, 2007
- 2- AWS D1.1, Structural Welding Code-Steel, 2006

۳- مهندس خانیانی، جزوه دوره آموزشی آشنایی با تست جوشکاری و دستورالعمل جوشکاری، مرکز پژوهش و مهندسی

جوش ایران