پودمان ۵

بازرسی جوش

در شکل بالا شخصی را در حال بازرسی خط جوش لوله با دستگاه تست التراسونیک نمایش می دهد.

.

پودمان ۵
بازرسی جوش

نوع درس: نظری- عملی
کل ساعت: ۴۰ ساعت
ساعت نظری: ۱۵ ساعت
ساعت عملی: ۲۵ ساعت

اهداف کلی

هنرجو باید پس از پایان این پودمان قادر باشد:
- عیوب ظاهری و داخلی جوش را بشناسند.
- پیچیدگی در اتصالات جوشکاری را تشخیص دهد و روش‌های پیش‌گیری آن را فرا گیرد.
- تست چشمی و مایع نافذ را فرا گیرد و بتواند انجام دهد.
- تست ذرات مغناطیسی، التراسونیک و رادیوگرافی را بشناسد.

روش تدریس پودمان

۱-عموما در ابتدای درس ودرجلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می شودتا دانش آموز با موضوعات درسی درگیر شود.
۲-سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن در کارگاه بررسی شده و از هنرجویان خواسته شود درمباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کرده تا بتوانندا ین نکات را به خوبی فرا گرفته و برای همیشه به خاطر بسپارند.
۳-توصیه می گردد برای تدریس بهتر این پودمان هنرآموز از روش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند. یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با عیوب جوش و تست‌های جوشکاری، مطالعه و یاد گرفته و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهد.

۴- پیشنهاد می‌گردد هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب پودمان، موارد ذکر شده در بخش‌های **دانش افزایی** را مورد توجه قرار داده و هنگام آموزش آنها را به کار گیرد.
۵-توصیه می‌گردد با هدف **تقویت مهارت‌های خوانداری و نوشتاری هنرجویان** و نیز **درک بهتر مطالب**، ازآنان خواسته شود تحقیق و گزارشات خود را بصورت دست نویس درروی کاغذ نوشته و ارائه دهند. و تا جای ممکن از کپی کردن مطالب اینترنت بصورت تایپ شده، آماده و خام خودداری شود.
۶-فعالیت های از قبیل "فکر کنید"، "بحث کنید"، و ... برای فعال کردن هنرجویان و به کار گیری اطلاعات، دانسته ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.
۷-از هنرجویان خواسته شود تمامی فعالیت های کارگاهی را انجام دهد.

سؤال‌های پیشنهادی

۱- ساختار منطقه جوش را شرح دهید؟
۲- عیوب ابعادی جوش کدامند؟
۳- عیوب ظاهری جوش کدامند؟
۴- عیوب داخلی جوش کدامند؟
۵- انواع پیچیدگی در جوشکاری را نام ببرید و شرح دهید چگونه بوجود می آیند.
۶- پیش گرمایش و پس گرمایش در جوشکاری را شرح دهید؟
۷- برای جلوگیری از پیچیدگی فلزات در اثر جوشکاری چه اقداماتی را باید انجام داد؟
۸- رفع پیچیدگی فلزات در اثر جوشکاری چگونه انجام می گیرد؟
۹- آزمایش کشش و خمش را توضیح دهید؟
۱۰- آزمایش چشمی چه نکات و عیوب جوشی را مد نظر قرار می دهد؟
۱۱-روش انجام آزمایش مایع نافذ را توضیح دهید دهید؟
۱۲-آزمایش ذرات مغناطیسی و التراسنیک را شرح دهید ؟
۱۳- مزایا و معایب آزمایش رادیوگرافی نسبت به بقیه آزمایش‌های غیر مخرب را برشمرید.

واحد یادگیری۱: شناسایی عیوب جوش

زمان آموزش	جمع: ۱۰ ساعت

اهداف جزئی واحدیادگیری:

شایستگی های غیر فنی:

۱- با ساختار منطقه جوش آشنا شوند.
۲- با عیوب ابعادی جوش آشنا شوند و آنها را تشخیص دهند.
۳- با عیوب ظاهری و داخلی جوش آشنا شوند و آنهارا تشخیص دهند.

شایستگی های غیر فنی:

۱- در محیط کارگاه وکلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه وتوسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

دانش افزایی

عیوب نقطه‌ای(Point Defects)

به دسته‌ای از ناکاملی‌های بلوری گفته می‌شود که بسته به ماهیتشان منجر به وجود آمدن نقص در تعداد متناهی و کوچک اتم در شبکه بلوری می‌شوند. این تعداد مستقل از اندازه بلور و ریزساختار ماده است.

عیب جای خالی یا تهی جایی(Vacancy)

تهی جایی زمانی اتفاق می‌افتد که اتمی در جای خود در شبکه بلوری وجود نداشته باشد. به طور مثال فقط در ۷ گوشه از ۸ گوشه یک مکعب، اتم وجود داشته باشد و جای یکی از آنها در گوشه مکعب خالی باشد به این ترتیب این مکعب یک جای خالی دارد. این عیب ساده‌ترین و در عین حال رایج‌ترین عیوب سطحی است. چنین عیوبی می تواند در موقع انجماد تغییر شکل دادن، اشعه دادن با انرژی زیاد ویا در درجه حرارت های بالا بوجود بیاید، وجود نقص جای خالی منجر به نزدیک شدن اتم های اطراف جای خالی می شود که این امر تنش کششی را میان اتم‌های مجاور جای خالی بوجود می‌آورد و لذا نظم اتمی به هم می ریزد.

در یک جسم در حالت تعادل همیشه تعدادی جای خالی وجود دارد که تعداد آنها رابطه مستقیمی با درجه حرارت دارد. بنا براین با افزایش یا کاهش دما می‌توان تعداد جاهای خالی را در ساختار کریستال تغییر داد. لزوم حضور جاهای خالی را نیز با استفاده از اصول ترمودینامیک می توان اثبات نمود و تنها این عیوب هستند که در حالت حرارتی به وجود می آیند و بقیه عیوب کریستالی از نظر ترمودینامیکی در تعادل نیست و در اثر عوامل خارجی به وجود می آیند.

عیب بین نشینی (interstitial)

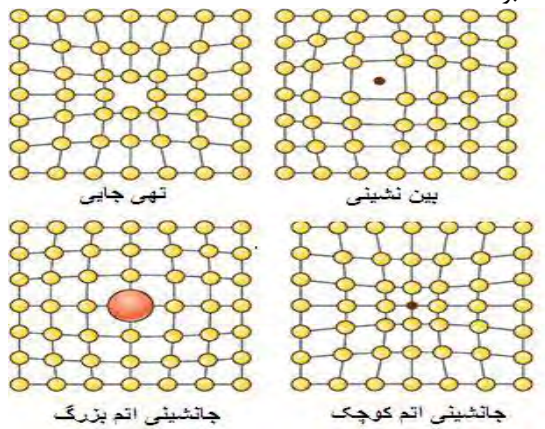
بین نشینی قرار گرفتن اتمی اضافی در فضای خالی بین اتم های دیگر از ساختار کریستالی است که معمولا باعث اعوجاج و بی نظمی در ساختار کریستالی می‌شود. این اتم‌ها می‌توانند از جنس اتم‌های ساختار کریستالی باشند که به‌صورت اتمی اضافی در ساختار نمود پیدا کرده است و یا به صورت ناخالصی حل شده باشند. اتم ها بین نشین معمولا در حفراتی که در ساختار کریستالی وجود دارند قرار می‌گیرند و برای این منظور اغلب شعاع اتمی کمتری از اتم‌های اصلی موجود در ساختار دارند.

این اتم اضافی موجب ایجاد تنش فشاری در ساختار اتم می‌گردد و در نتیجه موجب افزایش انرژی در آن نقطه می‌شود.

عیب جانشینی (Substitutional)

عیب جا نشینی زمانی رخ می دهد که اتم حل شونده جایگزین یکی از اتم‌های شبکه بلور گردد. چون اندازه شعاع اتمی اتم حل شونده با اتم شبکه بلور متفاوت است، جانشینی موجب بی نظمی و خمیدگی در ساختار شبکه بلور می شود. اگر اندازه شعاع اتمی اتم جانشین شده کوچکتر از اتم های موجود در ساختار بلور باشد

تنش کششی و در صورت بزرگتر بودن اندازه شعاع اتمی اتم جانشین شده، تنش فشاری خواهد بود.

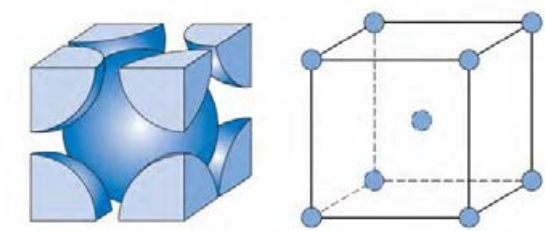


شکل ۱

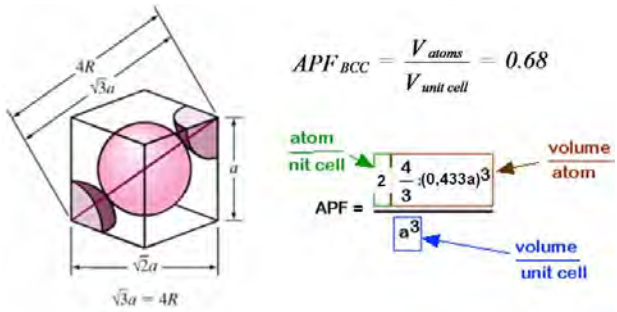
دانش افزایی

ساختار مکعبی مرکزپر(Body Centered Cubic یا BCC)

در این ساختار اتم‌ها در گوشه‌ها و مرکز مکعب قرار دارند بنابراین عدد همسایگی این ساختار هشت است. به همین دلیل نیز در هر واحد شبکه دو اتم؛ یک اتم در مرکز مکعب و یک اتم در گوشه‌ها؛ موجود است. این موضوع در شکل ۲ به خوبی به نمایش در آمده است. فاکتور فشردگی اتم‌ها در این ساختار ۰. ۶۸ است. محاسبات مربوط به فاکتور فشردگی اتم‌ها نیز در شکل ۳ آمده است. تماس هر اتم با همسایه‌هایش از مسیر قطر مکعب واحد شبکه است، و بر این اساس محاسبات صورت می‌پذیرد. بسیاری از فلزات شامل فلزات قلیایی، مانند سدیم، و بسیاری از عناصر واسطه، مانند آهن در دمای محیط، ساختار . . . را انتخاب می کنند.



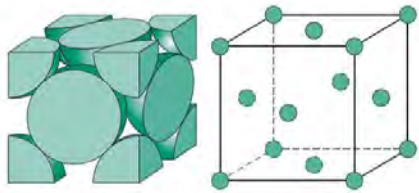
شکل ۲- ساختار شبکه‌ای مکعبی مرکزپر



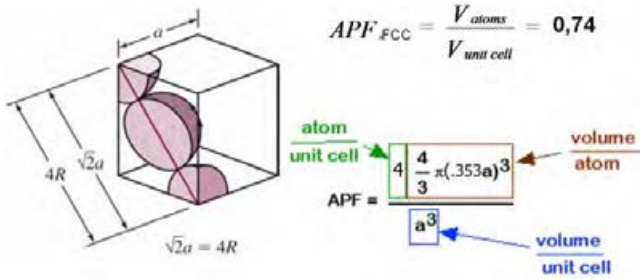
شکل ۳- محاسبات مربوط به فاکتور فشردگی اتمها در ساختار مکعبی مرکزپر

ساختار مکعبی با وجوه پر(Face Centered Cubic یا FCC)

در این ساختار اتم‌ها در گوشه‌ها و مرکز وجوه قرار دارند بنابراین عدد همسایگی این ساختار دوازده است. به همین دلیل نیز در هر واحد شبکه چهار اتم؛ سه اتم در مرکز وجوه و یک اتم در گوشه‌ها؛ موجود است. این موضوع در شکل ۴ به خوبی به نمایش در آمده است. فاکتور فشردگی اتمها در این ساختار ۰٫۷۴ است. محاسبات مربوط به فاکتور فشردگی اتمها نیز در شکل ۵ آمده است. تماس هر اتم با همسایه هایش از مسیر قطر وجوه واحد شبکه است، و بر این اساس محاسبات صورت می‌پذیرد. بسیاری از فلزات معمول مانند مس، نیکل، سرب در ساختار . .. شکل می گیرند.



شکل ۴- ساختار شبکه‌ای مکعبی با وجوه پر



شکل ۵- محاسبات مربوط به فاکتور فشردگی اتمها در ساختار مکعبی با وجوه پر

کار در کلاس

جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی
۱	منطقه ذوب شده	. . ..
۲	منطقه تحت تاثیر حرارت	. . . .
۳	فلز مبنا	. .. .

تحقیق کنید

درباره جانشینی مستقیم و بین نشینی در فلزات تحقیق کنید.

دانش افزایی

عیوب جوشکاری

یک ناپیوستگی در حقیقت یک انقطاع در ساختار فلز جوش می باشد مثل وجود ناهمگنی در خواص مکانیکی و متالوژیکی ماده یا فلز جوش اما باید بدانیم که یک ناپیوستگی لزوماً عیب محسوس نمی شود. در حقیقت عیب یک ناپیوستگی است که به واسطه ویژگی خاصش و یا در اثر تجمع آن در قطعه یا محصول نمی تواند حداقل استانداردهای کاری مورد نیاز را برآورده کند عیوب جوش را می توان به طور کلی به عیوب ظاهری و داخلی تقسیم بندی کرد.

* ترکها (. . ... .): در میان عیوب جوش، ترکها به عنوان خطرناکترین نوع عیب تقسیم بندی می شوند و دارای پتانسیل زیادی برای رشد در فشار سرویس هستند. ترک‌ها را می توان به عنوان پارگی خطی زیر فشار کاری تعریف کرد. برای پیش بینی و به حداقل رسانیدن میزان ترک و برطرف کردن آنها نیاز به دقت ویژه ای است. ترک‌ها در یک رنج دمایی وسیع در خیلی از مناطق جوش و به انواع مختلف به وجود می آیند. از نظر اندازه ترک‌ها از سایزهای خیلی بزرگ تا سایزهای خیلی کوچک که برای پیدا کردن آنها نیاز به میکروسکوپ است طبقه‌بندی می شوند. اولین خصوصیتی که در مورد ترکها باید مورد توجه قرار گیرد محل ترک در جوش می باشد. عامل ایجاد ترک بر حسب محل ترک و با توجه به شکل اتصال جوش مورد بررسی قرار می گیرد.

انواع ترک که در مناطق مختلف قطعه جوش داده شده به وجود می‌آید.

۱- ترک در حوضچه جوش یا دهانه انتهای . . . .

۲- ترک عرضی در جوش . . . .

۳- ترک عرضی در منطقهٔ مجاور جوش . . . .

۴- ترک طولی در فلز جوش . . . .

۵- ترک زبانه یا گوشه‌ای . .. .
۶- ترک زیر فلز جوش . . ..
۷- ترک در خط ذوب . .. .
۸- ترک ریشه فلز جوش . . ..
- ترک‌های گرم (. . .. .): ترکهایی هستند که در هنگام انجماد جوش و یا قبل از اینکه حرارت جوش به طور کامل برطرف شود، به وجود می آیند.
عوامل به وجود آورنده ترک گرم
۱- بیش‌از حد بودن مقدار گوگرد، فسفر و قلع در فلز مبنا .
۲- علت به وجود آمدن ترک در فلزات غیر آهنی می‌تواند وجود عناصر گوگرد یا روی باشد .
۳- روش نامناسب قطع قوس .
۴- کوچک بودن سطح مقطع گرده جوش در مقایسه با سطح فلز مبنا در پاس ریشه .
۵- ترک گرم معمولاً در جوش‌های با نفوذ و عمیق زیاد رخ دهد و در صورت عدم اصلاح می‌تواند از لایه‌های بعدی هم گذر کند.
- ترک‌های سرد (. . .. .): ترکهایی که بعد از انجماد کامل جوش به وجود می آیند ترکهای سرد نامیده می شوند. اینگونه ترکها در دماهای زیر (. . ... .) بعد از انجماد به وجود می آیند. در واقع بعد از گذشت ساعت‌ها و روزها از اتمام جوشکاری، این‌گونه ترک‌ها به وجود می آیند. ترکهای سرد در طبیعت به صورت ترکهای درون دانه ای می باشند.
عوامل به وجود آورنده ترک سرد .
۱- ترد و سخت شدن منطقه مجاور جوش مثلاً با سریع سرد کردن .
۲- ایجاد و پیشرفت تنش‌های واکنشی و پسماند .
۳- وجود هیدروژن در جوش .
۴- مهار اضافی اتصال .
- ترک ستاره ای (. .. ..): اینگونه ترک‌ها در اثر انقباضات حجمی فلز مذاب در هنگام انجماد به وجود می آیند و معولاً در اثر قطع ناگهانی قوس الکتریکی ظاهر می‌گردند. به علت اینکه در انتهای جوش(منطقه آتشفشانی شکل) (. . . . . .) سرعت سرد شدن بیشتر از سایر نقاط جوش می باشد و در اثر انجماد در تمام جهات تنشهای انقباضی باعث تولید ترک ستاره ای می شود. در صورت وجود عناصر مستعد به تجزیه در فلز پایه مثل کربن، سولفور و نیوبیوم، حساسیت به ترک ستاره ای افزایش می یابد.
علل اصلی بروز ترک‌ها در جوش
۱- عدم مهارت جوشکار .
۲- ناخالصی‌هایی نظیر گوگرد و فسفر، روی، مس و قلع در فلز پایه و فلز جوش .
۳- نامناسب بودن فلز پرکننده از لحاظ ساختار متالورژیکی .

۴- ترک ناشی از شکل گرده جوش (هنگامی‌که پهنای جوش زیاد و عمق نفوذ آن کم باشد). .
۵- تنش‌های انقباضی ناشی از اجرای جوش با سطح مقعر .
۶- کمتر بودن چقرمگی جوش در مقایسه با چقرمگی فلز پایه که باعث بروز ترک‌های عرضی می‌شود. قابل ذکر است که اگر چقرمگی شکست یک ماده کم باشد، آن ماده به‌صورت ترد می‌شکند و هر چه چقرمگی شکست بالاتر رود احتمال شکست نرم افزایش می‌یابد.
۷- عدم انجام پیش‌گرمایش و نفوذ هیدروژن زیاد در منطقه جوش .
۸- افزایش تنش‌های پسماند .
۹- وجود کربن زیاد در فلز پایه و ترد شدن منطقه جوش .
۱۰- سرد شدن سریع جوش.

تخلخل (..... .): تخلخل در حقیقت مقداری گاز می باشند (معمولاً به صورت کروی) که در هنگام منجمد شدن در فلز باقی می ماند.
- انواع تخلخل شامل: تخلخل خطی، یکنواخت، پراکنده ولوله ای می باشند.
به طور کلی علت اصلی انواع تخلخل
۱- کثیفی درز اتصال و یا سطح فلز پایه، مثلاً آلودگی‌های روغن، غبار، لکه یا زنگ .
۲- شدت جریان کم .
۳- عدم مهارت جوشکار .
۴- حبس سرباره .
۵- وجود مقادیر بالای گوگرد و فسفر در فلز پایه .
۶- استفاده از الکترود نامناسب برای فلز پایه، مثلاً استفاده از الکترود با روکش شکسته یا ترک خورده و یا استفاده از الکترود مرطوب .
۷- عدم محافظت گازی مناسب از جوش .
۸- زمان ناکافی برای فعل و انفعالات متالورژیکی در حوضچه جوش.
۹- کثیفی درز اتصال و یا سطح فلز پایه، مثلاً آلودگی‌های روغن، غبار، لکه یا زنگ .
۱۰- شدت جریان کم .
۱۱-عدم مهارت جوشکار .
۱۲-حبس سرباره .
۱۳-وجود مقادیر بالای گوگرد و فسفر در فلز پایه .
۱۴-استفاده از الکترود نامناسب برای فلز پایه، مثلاً استفاده از الکترود با روکش شکسته یا ترک خورده و یا استفاده از الکترود مرطوب .
۱۵-عدم محافظت گازی مناسب از جوش .
۱۶-زمان ناکافی برای فعل و انفعالات متالورژیکی در حوضچه جوش.

ناخالصی‌های سرباره (. ...): به اکسیدها و سایر جامدهای غیرفلزی که در داخل مذاب گیر افتاده اند و یا بین فلز جوش و فلز پایه هستند ناخالصی‌های سرباره گفته می شود. این ناخالصی ها می توانند در بیشتر روشهای جوشکاری مشاهده شوند.
عوامل ایجاد سرباره در جوش .
۱. روش نامناسب جوشکاری
۲. طراحی نامناسب اتصالات.
۳. تمیزکاری نامناسب جوش بین پاس‌ها .

عدم نفوذ در ریشه (. ....)(... ... .): به عدم نفوذ کامل جوش در تمام ضخامت اتصال وعدم نفوذ در ریشه گفته می شود. این عیب باعث کاهش مقدار سطح مقطعی می شود که نیرو را تحمل می کند. . نفوذ ناقص می تواند براثر حرارت ناکافی جوش، طراحی نامناسب اتصال (مثلا ضخامت زیاد و عدم توانایی نفوذ قوس جوشکاری)، یا کنترل نامناسب قوس جوش بوجود آید. جوش‌هایی که نیازمند نفوذ کامل هستند، معمولا توسط روشهای غیرمخرب مورد بازرسی قرار می گیرند.
عوامل ایجاد نفوذ ناقص در پاس ریشه .
۱- پائین بودن شدت جریان .
۲- زاویه نامناسب دست .
۳- کثیفی درز .
۴- کم بودن زاویه پخ.

عدم نفوذ(. ... ...) (... ... .): عدم پیوستگی در سطح تماس فلز جوش و فلز پایه برای نفوذ در یکدیگر را عدم نفوذ می نامند.
عوامل ایجاد ذوب ناقص
۱- کافی نبودن انرژی ورودی(حرارت ناکافی جوشکاری)
۲- عدم انتخاب صحیح اندازه و نوع الکترود .
۳- مناسب نبودن طرح اتصال(عدم دسترسی کافی به تمام وجوه همجوش) .
۴- کافی نبودن گاز محافظ در فرایندها با پوشش گاز .
عدم تمیزکاری در بین پاس‌ها.
* سوختگی لبه جوش(. .. ..): دو حالت زیر به عنوان سوختگی لبه جوش شناخته می شود:
۱-پس رفت مذاب در فلز پایه و نزدیک به گوشه جوش که توسط فلز جوش(مذاب) پر نشده است
۲- ذوب دیواره کناری شیار جوش در گوشه بستر جوش.
سوختگی لبه جوش از لحاظ اندازه به بزرگ، قابل رؤیت، شیار پیوسته و ناپیوستگی‌های خیلی کوچک که بیشتر از چند میکرون عمق ندارند طبقه بندی

می شوند. سوختگی لبه جوش با تولید شیار در لبه جوش بیشترین آمار را برای تولید شکست‌های مکانیکی در جوش دارد و به عنوان یکی از عیوب جوشکاری محسوب می شود.

عوامل ایجاد بریدگی لبه جوش .. ..

۱- بالا بودن شدت جریان .

۲- زاویه نامناسب و سرعت زیاد .

۳- کالیبره نبودن دستگاه جوشکاری .

۴- زیاد بودن طول قوس

تقعر (... . .. .): در اثر نیروهای جاذبه بر فلز مذاب یا در اثر کشش سطحی لبه جوش برای نگه داشتن مذاب در دیواره پخ، این عیب به وجود می آید نام دیگر این عیب را می توان « . .. . » یا مکش فلز مذاب به طرف داخل گذاشت.

عدم همترازی (. ... .): عدم تطابق نشاندهنده غیر هم تراز بودن دو سطح جوشکاری در سطح مقطع اتصال است.

سوختگی در ریشه جوش (. . . . .): این عیب مربوط به مذاب جوش در قسمت زیر ریشه است.

روی هم رفتگی(.... .. ..): مقدار اضافی مذاب که از مرز جوش در سطح بیرونی فلز پایه هم گذشته باشد به نام روی هم افتادگی شناخته می شود. روی هم افتادگی فلز جوش(مذاب) بیشتر در جوش‌های . شکل اتفاق می‌افتد. این عیب در اثر جریان نادرست یا روش غلط جوشکاری به وجود می آید.

عوامل ایجاد روی هم رفتگی فلز جوش . ...

۱. تکنیک نامناسب جوشکاری .
۲. اضافه کردن سیم جوش بدون رعایت زاویه مناسب دست.

عوامل ایجاد انقباض ریشه جوش .. . .

۱. مهارت ناکافی جوشکار در اضافه نمودن سیم جوش .
۲. حرکت نامناسب دست.

عوامل ایجاد فلز جوش اضافی ....

۱. حرکت آرام دست جوشکار یا اضافه شدن بیش از اندازه سیم جوش .
۲. استفاده از تکنیک نامناسب جوشکاری .

عامل ایجاد نفوذ اضافی . . ..

۱. آماده سازی نامناسب لبه (ناشی از فاصله زیاد بین دو قطعه و همچنین زاویه زیاد پخ) .
۲. عدم مهارت جوشکار در حرکت دست .
۳. تنظیم نبودن شدت جریان جوشکاری .
۴. تمرکز حرارت بیش از حد.

عامل ایجاد ساق‌های نامساوی در جوش گوشه . ...

. ...

۱. رعایت نکردن زاویه مناسب الکترود نسبت به قطعه کار.
عوامل ایجاد تقعر ریشه جوش . ...
۱. استفاده از الکترود با قطر بالا .
۲. شدت جریان بیش از اندازه .
۳. زاویه پخ زیاد در آماده سازی قطعات.
عوامل مل ایجاد گلویی جوش ناکافی . ...
۱. استفاده از الکترود با قطر نامناسب .
۲. سرعت زیاد جوشکاری .
۳. شدت جریان پائین .
۴. عدم مهارت جوشکار.
عوامل ایجاد لکه قوس . . ..
۱. عدم مهارت جوشکار .
۲. عادت نادرست برخی جوشکارها هنگام شروع کار با الکترود جدید .
۳. تشکیل لکه قوس اتفاقی در فاصله‌ای دورتر از محل جوشکاری به دلیل اتصال کابل‌ها با قطعات فلزی.
عوامل پاشش جوش . ...
۱. تنظیم نبودن متغیرهای مهم جوشکاری نظیر آمپراژ، ولتاژ و فاصله نوک الکترود از سطح کار .
۲. بالا بودن بیش از حد شدت‌جریان جوشکاری به عنوان یکی از عوامل اصلی .
۳. زاویه بیش از حد الکترود نسبت به سطح کار (معمولاً زوایای بیش از ۱۵ درجه نسبت به قائم در پاشش جوش موثر است) .
۴. تنظیم نبودن جریان گاز محافظ.
عدم تقارن زوایه‌ای .. . .
۱. عدم مونتاژ صحیح قطعات مورد نظر .
۲. اعوجاج بیش از حد صفحات یا پروفیل نورد شده.

عامل بازشدگی ناصحیح ریشه (Incorrect root gap of Fillet Weld)

۱. عدم مونتاژ صحیح قطعات مورد نظر.
* تغییر شکل (. ....): سطوح نزدیک حوضچه مذاب در هنگام جوشکاری ذوب می شوند و به حالت مایع در می‌آیند و در هنگام سرد شدن مناطق مذاب، منقبض شده و به سمت منبع اصلی مصرف حرارت حرکت می‌کنند. این پدیده سبب تغییر در موقعیت نسبی اجزاء جوش می‌گردد که پدیده تغییر شکل نامیده می شود.
در میان عیوب خطی ترک‌ها مخصوصاً وقتی که در روی سطح قرار می‌گیرند خطرناک‌ترین نوع عیب محسوب می‌شوند بنابراین هیچ استانداردی در زمینه کیفیت جوش وجود ترک را در جوش مورد قبول نمی داند.

گزارش کیفیت روش جوشکاری PQR (Procedure Qualification Record)

ساخت و نصب سازه‌های جوشکاری مستلزم این است که نشان دهیم کیفیت مواد اولیه، روش جوشکاری و فلز حاصل از جوش، مطابق با خواسته‌های استاندارد می‌باشد.
این کار به کمک یکسری آزمایشات مخرب و غیرمخرب تحت عنوان گزارش کیفیت روش جوشکاری .. . انجام می شود.
هدف از انجام آزمایشات تعیین کیفیت روش جوشکاری آن است که نشان دهیم، روش جوشکاری تدوین شده (. . .) با اتصالی سالم و با خواص مکانیکی مطلوب و قابل پذیرش در محدوده استاندارد مربوطه، بوجود می‌آورد. نتیجه آزمایشات در فرم خاصی ثبت شده که به آن گزارش کیفیت روش جوشکاری .. . می‌گویند.

مراحل تهیه PQR

برای تهیه یک .. . چهار مرحله زیر طی می شود:
مرحله اول - آماده سازی و جوشکاری نمونه های مناسب
مرحله دوم - آزمایش نمونه های تهیه شده
مرحله سوم - ارزیابی نتایج و نتیجه‌گیری راجع به آماده‌سازی، جوشکاری و آزمایشات
مرحله چهارم - ثبت و تأئید نتایج (در صورت قابل قبول بودن آنها)

مرحله اول: آماده سازی و جوشکاری نمونه های مناسب

معمولا" نمونه‌ها به نحوی مونتاژ و ساخته می‌شوند که درز اتصال در وسط نمونه قرار بگیرد. اندازه، نوع و ضخامت نمونه باید متناسب با نوع و ضخامت موادی که در تولید جوشکاری می‌شوند و نیز تعداد، نوع و اندازه نمونه‌های آزمایشی لازم برای آزمایشات باشد. مواد، نحوه و جزئیات جوشکاری نمونه‌ها باید مطابق با . . . مربوطه باشد، به عبارت دیگر متغیرهای ضروری باید یکسان باشد.
ابعاد و اندازه نمونه ها باید حداقل با مقادیر ذکر شده در استاندارد مطابقت داشته باشد. مطابق با همین استاندارد اندازه و محل نمونه‌های آزمایش که از نمونه‌های جوشکاری شده بدست می‌آیند، مشخص شده است.

مرحله دوم: آزمایش نمونه های تهیه شده

آزمایشات مشخصی بر روی نمونه‌های جوشکاری شده باید انجام شود. نوع و تعداد نمونه‌هائی که برای تست‌های مخرب لازم است، بستگی به استاندارد مورد استفاده و مشخصات کاربردی ویژه سازه دارد. اغلب تست‌های غیرمخرب نیز انجام می شوند.
آزمایش‌های مورد نیاز برای جوش‌های شیاری عبارتند از:
۱) بازرسی چشمی (. ... .)

۲) آزمایش رادیوگرافی یا اولتراسونیک (.... .... ،.. ..)
۳) آزمایش خمش – ریشه برای سلامت جوش (..... . .. .)
۴) آزمایش خمش – گرده برای سلامت جوش (..... . .. .)
۵) آزمایش کشش از فلز جوش برای خصوصیات مکانیکی فرآیندهای (.–... . .. . ،. .. .
۶) آزمایش ضربه برای تعیین چقرمگی و انرژی ضربه (. ....)
۷) آزمایش ماکرواچ برای سلامت و نفوذ موثر ساق جوش (..... ....)
۸) آزمایش کشش با مقطع کاهش یافته برای اندازه گیری استحکام کششی (..... ... .. .)

همچنین برای جوشهای گلوئی (... ...) آزمایشهای زیر مورد نیاز است:
۱) بازرسی چشمی (. ... .)
۲) آزمایش ماکرواچ برای سلامت و ذوب کافی جوش (..... ....)
۳) آزمایش خمش- جانبی برای سلامت جوش (..... . .. .)
۴) آزمایش کششی از فلز جوش برای خصوصیات مکانیکی (. ... ...)

آزمایش کششی با مقاطع کاهش یافته

قبل از انجام آزمایش تمام اندازه های نمونه کنترل می شوند. سپس نمونه در فک‌های دستگاه قرار گرفته و بار اعمال می شود. آزمایش تاحد پارگی نمونه ادامه می‌یابد. اگر حداکثر بار وارده را بر مساحت مسطح مقطع نمونه تقسیم کنیم. استحکام کششی بدست خواهد آمد. همچنین از روی تفاوت طول نمونه، قبل و بعد از آزمایش (اندازه ثانویه با کنار هم قراردادن نمونه های شکسته اندازه‌گیری می‌شود) امکان محاسبه درصد ازدیاد طول وجود دارد.
قبل از انجام آزمایش تمام اندازه‌های نمونه کنترل می شوند. سپس نمونه در فک‌های دستگاه قرار گرفته و بار اعمال می شود. آزمایش تا حد پارگی نمونه ادامه می‌یابد.

آزمایش ماکرواچ

ابتدا مقطعی از نمونه بریده شده و توسط سنگ صاف می‌شود. سپس با سنباده‌زنی متوای با کاغذ سنباده های مختلف – از زبر به نرم – سطح نمونه صیقلی می‌شود. برای اچ کردن محلول‌های مختلفی وجود دارد که در استانداردها ذکر شده است.

آزمایش خمش

نمونه‌ها در سه شکل ریشه، سطحی و جانبی تهیه می‌شوند. نمونه‌ها مطابق استاندارد در نگهدارنده قرار گرفته و بوسیله یک سنبه سرگرد، خمیده می‌شوند. نمونه باید بر روی قالب قرار گرفته و سپس سنبه سرگرد پائین آمده و موجب خمیدگی نمونه شود. به هنگام قرار دادن نمونه‌ها باید به نکات زیر توجه کرد:

الف) نمونه‌های خمشی جانبی از پهلوی جوش بر روی قسمت خالی قالب قرار می‌گیرند.
ب) نمونه‌های خمشی ریشه و نمونه های تعیین سلامت جوش گلوئی از قسمت زیر جوش روی قالب قرار می‌گیرند.
ج) نمونه‌های خمشی سطحی از قسمت روی جوش بر روی قسمت خالی قالب قرار می‌گیرند.
نمونه‌ها پس از اعمال فشار باید کاملا" به شکل . در آمده باشند. ضمن اینکه فلز جوش و ناحیه متأثر از حرارت باید کاملا" در مرکز قالب قرار گرفته و پس از انجام آزمایش خمش میان قسمت خمیده قرار بگیرند.

آزمایش کشش نمونه فلز جوش

آزمایش کشش بر اساس . . . . انجام می شود.

آزمایشات غیرمخرب

۱- بازرسی چشمی
۲- آزمایش ذرات مغناطیسی برای تشخیص ترک
۳- آزمایش مایعات نافذ برای تشخیص ترک‌های سطحی
۴- آزمایش رادیوگرافی
۵- اولتراسونیک

مرحله سوم: ارزیابی نتایج

نتایج قابل قبول آزمایشات

نتایج حاصل از آزمایشات با معیار پذیرش مربوطه در استاندارد مقایسه شده و در صورت تأئید و قابل قبول بودن، نتایج قابل درج در .. . می باشند.

مرحله چهارم: ثبت و تأئید نتایج

پس از تعیین نتایج آزمایشات، مشخصات فرآیند تهیه نمونه و نتایج آزمایش‌های تعیین کیفیت باید در فرم خاصی با عنوان گزارش کیفیت روش جوشکاری .. . ثبت شده و پس از مطالعه نتایج آزمایشات، مورد تأئید قرار گیرد.
فرم .. . عموماً دو صفحه ای است. در صفحه اول .. .، اطلاعات و پارامترهای لازم برای انجام فرآیند جوشکاری ذکر می شود که نحوه تنظیم آن همانند نحوه تنظیم فرم . . . است. به عبارت دیگر در صفحه اول اطلاعاتی نظیر: روش جوشکاری، طرح اتصال، فلز پایه پرکننده، وضعیت جوشکاری، پیشگرم و ... ذکر می گردد.
در صفحه دوم فرم .. . نتایج آزمایشات کشش، خمش، ضربه و در صورت نیاز دیگر آزمایشات نظیر سختی سنجی، آنالیز شیمیائی و ... درج و تأئید می گردد.
ذکر نام جوشکار نمونه آزمایش در این قسمت الزامیست. مواردی چون شماره پرسنلی و درجه کیفیت کار جوشکار نیز در .. . نوشته می شود. نام تنظیم کننده

آزمایش و شماره گزاش آزمایشات نیز در .. . درج می گردد. تنظیم کننده .. . نهایتا" با ذکر تاریخ گزارش کیفیت روش جوشکاری را امضاء می‌کند.

نکات لازم در نوشتن PQR (در محدودیت متغیرها)

جهت کاهش هزینه و زمان ناشی از آزمایشات تعیین کیفیت لازمست تا محدوده‌ای برای متغیرهای .. . در نظر گرفته شود. بدیهی است تغییر هر یک از متغیرها در خارج از محدوده تعریف شده، منجر به نوشتن .. ،. . . جدید می شود.
بر اساس استاندارد هر تولید کننده موظف به ارائه . . . جهت مشخص کردن روش جوشکاری (. . .) است و هر . . . باید به کمک آزمایش‌های کنترل کیفی (.. .)، تأئیدیه کیفیت دریافت کند. پس هر . . . به یک .. . نیاز دارد. اما با توجه به نکات کد امکان تنظیم یک .. . برای تضمین کیفیت چندین . . . وجود دارد.
در صفحه بعد یک نمونه .. . را مشاهده می نمایید.

Sample of **PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)**

1. Procedure Qualification ☐ or 2. Procedure Verification ☐

COMPANY NAME _____ BY _____

PQR No. _____ DATE _____

PQR REV. No. _____ REV. DATE _____

SUPPORTING WPS Nos. _____

WELDING PROCESS(ES) _____ TYPE _____

Manual, Semi-Automatic, Automatic, Robotic

JOINTS

JOINT TYPE _____

BACKING _____

BACKING MATERIAL (TYPE) _____

GROOVE ANGLE _____

ROOT OPENING RADIUS (U or J) _____

ROOT FACE _____

BACKGOUGING (YES or NO) _____

BACKGOUGING METHOD _____

Sketches, production drawings, welding symbols, or written description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing details of the weld groove may be specified.

Joint Details

BASE METAL(S)

M-No. _____ GROUP No. _____ OR TO M-No. _____ GROUP No. _____

SPECIFICATION TYPE AND GRADE _____

TO SPECIFICATION TYPE AND GRADE _____

THICKNESS RANGE

OF BASE METAL GROOVE _____ FILLET _____

PIPE DIA. RANGE GROOVE _____ FILLET _____

OTHER _____

FILLER METALS

FILLER METAL F-No. _____ OTHER _____

AWS CLASSIFICATION _____ AWS SPECIFICATION _____

WELD METAL ANALYSIS A-No. _____ OTHER _____

FILLER METAL SIZE _____

ELECTRODE-FLUX (CLASS) _____

FLUX TRADE NAME _____

CONSUMABLE INSERT _____

OTHER _____

POSITIONS

POSITION(S) OF GROOVE _____ WELD PROGRESSION _____

POSITION(S) OF FILLET _____

PREHEAT

PREHEAT TEMPERATURE _____ INTERPASS TEMPERATURE _____

POSTWELD HEAT TREATMENT

TEMPERATURE _____ TIME _____

شکل۶-صفحه اول PQR

Sample PQR Form (continued) PQR NUMBER (Page 2) _____

SHIELDING

	SHIELDING	BACKING	TRAILING
GAS(ES)			
COMPOSITION			
FLOW RATE			

FLUX Yes ☐ No ☐ FLUX TYPE / TRADE NAME _____

ELECTRICAL CHARACTERISTICS & WELDING PARAMETERS

CURRENT TYPE AND POLARITY _____ PULSING (YES OR NO) _____
CURRENT (RANGE) _____ VOLTAGE (RANGE) _____
WIRE FEED SPEED (RANGE) _____ TRAVEL SPEED (RANGE) _____
TUNGSTEN ELECTRODE SIZE AND TYPE _____
PULSING PARAMETERS _____
OTHER _____

OTHER VARIABLES

CUP OR NOZZLE SIZE _____ COLLET BODY ☐ or GAS LENS ☐
CLEANING METHOD _____ TECHNIQUE Stringer ☐ or Weave ☐
NUMBER OF ELECTRODES _____ NUMBER OF PASSES PER SIDE _____
OTHER _____

TEST RESULTS

VISUAL TEST RESULTS _____

TENSILE TESTS

Specimen No.	Width	Thickness	Area	Results				Failure Type and Location
				Yield Load	Yield Strength	Tensile Load	Tensile Strength	

GUIDED BEND TESTS

Type and Figure Number	Results

WELDER'S NAME: _____ ID or SS No. _____

TESTS CONDUCTED BY: _____ LAB TEST No. _____

We the undersigned certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of AWS D18.3.

MANUFACTURER OR CONTRACTOR _____

DATE _____ BY _____ _____
Please Print Signature

شکل۷-صفحه دوم PQR

روش جوشکاری تایید شده(WPS)(Welding Procedure Specification)

بر اساس تعریف استاندارد انجمن جوش آمریکا . . . مستند نگارش شده ای است که روش انجام جوشکاری را به جوشکار یا اپراتور دستگاه‌های جوشکاری، براساس ملزومات استاندارد معرفی می کند. تمامی رویه های جوشکاری باید با استفاده از انجام آزمایشات مکانیکی مطابق با استاندارد، مورد تایید قرار گرفته باشند. در برخی استانداردها مانند ... . تعدادی از رویه های جوشکاری بنام . . ..

(. . ..) معرفی گردیده است که در صورت استفاده از این رویه ها نیازی به انجام آزمایشات خواص مکانیکی نبوده و استاندارد، خود تطابق مکانیکی خواص جوش را با فلزات پایه ذکر شده را تضمین کرده است. در خصوص آزمایشات خواص مکانیکی در قسمت بعد توضیحاتی را ارائه خواهم کرد.

در خصوص تهیه . . .، باید توجه داشت که تنها مهندسان جوش صلاحیت تهیه این مدرک را دارا می باشند. جدای از تصریحاتی که در استانداردهای مرجع در این خصوص ذکر شده، توجه به مواردی چند مشخص می کند که شخصی که اقدام به نگارش این مستند می نماید باید اطلاعات لازم را در خصوص موارد زیر داشته باشد تا توانمندی ارائه دستورالعملی مناسب، جهت جوشکاری را داشته باشد.

۱- اولین مطلبی که نگارنده . . . باید با آن آشنایی کامل داشته باشد مواد و خواص آنها می باشد. در صورتی که شخص نگارنده با متریال مورد نظر، شرایط کاربری و خطرات محتمل در هنگام استفاده آن آشنایی نداشته باشد، امکان تجویز دستورالعمل مناسب جهت جوشکاری را نخواهد داشت.

۲- آشنایی با روش‌های مختلف جوشکاری از دیگر مواردی است که دانستن آن جهت تهیه . . . الزامی است. ممکن است دوستانی در خصوص یک روش جوشکاری اطلاعات مناسبی را دارا باشند ولی عملا تهیه این مستند توسط این نفرات مشکلات خاص خود را خواهد داشت. مشکل بسیار ابتدایی و قابل لمس برای همه ما این است که این فرد عملا بخاطر عدم آشنایی با روشهای مختلف جوشکاری قادر به مکانیزه نمودن عملیات تولید نخواهد بود. در بسیاری از موارد می توان بجای استفاده از روشهای قدیمی، با استفاده از روشهای جدید و مکانیزه سرعت و کیفیت بالاتری را در عمل بدست آورد. در برخی موارد نیز بخاطر حساسیت بالای قطعه و عدم امکان آزمایشات غیر مخرب، باید از روشی استفاده کرد که در خصوص جوش حاصل، درصد اطمینان بالایی را حاصل نماییم.

۳- مطلب بسار حساس و مهم در خصوص طراحی جوش سازه، محاسبه تنش وارد بر جوش و تحمل خستگی می باشد که باید توسط نگارنده این مستند مد نظر قرار گرفته شود و طرح اتصال طوری محاسبه گردد تا کمترین تنش به جوش وارد گردد.

هدف از تنظیم یک . . . مشخص کردن جزئیات فرآیند جوشکاری یک قطعه یا ماده مورد نظر است.

مشخصات سربرگ فرم WPS:

بسته به شرایط کاری هر شرکت این فورمت قابل تغییر است. مطابق با کد . ...، در فرآیندهای مختلف جوشکاری، متغیرهای جوشکاری به صورت زیر طبقه بندی می شوند:

الف) متغیرهای اساسی (.... .... .)

پارامترهائی هستند که در صورت تغییر آنها در یک . . .، یک .. . جدید باید تدوین و تهیه شود.

ب) متغیرهای غیراساسی (.... .. . .)

پارامترهائی هستند که صرفاً برای اطلاع در . . . قرار می گیرند و در صورت تغییر آنها، احتیاج به انجام آزمایش مجدد و تهیه .. . جدید نمی باشد.

ج) متغیرهای مشروط (.... . . . .)

پارامترهائی هستند که در صورتی باعث تغییر .. . مربوط به یک .. . می شوند که در مشخصات فنی نسبت به انجام تست ضربه جهت تعیین کیفیت، .. .، اشاره شده باشند.

بعنوان مثال می توان به جدول .... .. در استاندارد .... اشاره کرد. در این جدول متغییر های اساسی. غیر اساسی و مشروط برای روش جوشکاری دستی ذکر شده است.

مشخصات اولیه یک . . . عبارتست از:

۱- شماره سری مشخصات روش جوشکاری . . . .)

۲- تاریخ تنظیم

۳- شماره بازبینی ها (. . .. .)

۴- تاریخ بازبینی

۵- شماره سری گزارش کیفیت روش جوشکاری (... .. ..)

۶- روش یا روشهای مورد استفاده جهت جوشکاری

نحوه انجام فرآیند جوشکاری (Type)

بعنوان مثال: دستی (. .. . ..)، اتوماتیک، نیمه اتوماتیک، ماشینی می توانند طرق مختلف اعمال یک فرآیند باشند. جوشکاری قوس با الکترود روپوش دار در صورت استفاده از الکترودهائی با طول محدود و به صورت دستی .. . . .. تلقی می‌شود. روش‌هائی مانند . . .. در صورت جوشکـــاری دستی، نیمه خودکار به حساب می‌آیند و اگر پیک آنها بر روی ماشین قرار گیرد و بطور خودکار حرکت کند، از آنجائیکه انتقال مفتول نیز خودکار بوده فرآیندی ماشینی (. .. .. ..) یا تمام اتوماتیک به حساب می آید.

لازم به تذکر است که ذکر مطالبی چون: نام شرکت یا کارخانه تولیدی، نام مشاور یا ناظر بر جوشکاری، نام قطعه یا عنوان پروژه و نظائر آن نیز باید در همین قسمت از فرم . .. بیایند.

طرح اتصال (Joints)

مشخصات طرح اتصالی که روش جوشکاری برای آن نوشته می شود بر اساس کد (.... ..) می بایست در قسمتی از فرم . . . درج شود. در صورت تمایل و نیاز، فرآیند پخ سازی مورد نظر نیز قابل ذکر است. معمولاً آماده‌سازی شیار یا پخ جوشکاری به یکی از روش‌های برش اکسیژن، استفاده از الکترودهای کربنی، برش قوس پلاسما یا روش‌های مختلف ماشین کاری انجام می شود. بهتر است ماشین‌کاری و سنگ زنی پس از آماده سازی به روشهای دیگر نیز اعمال شوند. در نهایت تمیزکاری شیار یا پخ جوش باعث بهبود کیفیت کار می شود و اشاره بدان در این قسمت از . . . امکان پذیر است.

بهتر است که مشخصات شیار چه بصورت کامل و چه اختصاری نشانگر پارامترهای ذیل باشد:

الف – نوع اتصال جوشکاری

ب – نفوذ جوش و ضخامت قطعه مورد جوشکاری

پ – شکل شیار جوشکاری

پشت بند (Backing)

بنا به صلاحدید طراحی و به منظور مواردی چون جلوگیری از اکسید شدن مذاب شیار جوش، عدم ریزش مذاب از پشت شیار، افزایش یا کاهش سرعت انجماد در پشت جوش، اطمینان از خالی نماندن یا ایجاد زیر برش در قسمت پشتی جوش و غیره از تسمه ای فلزی، جریان گاز یا فلاکس به عنوان پشت بند استفاده می شود. در این قسمت از . . . با تأئید یا عدم تأئید در مورد استفاده از پشت بند اشاره می شود.

فلزات پایه (Base Metals)

ذکر نوع و ترکیب شیمیائی فلز مورد جوشکاری از جمله مهمترین مطالب قابل ذکر در . . . است. عنوان نمودن شماره استاندارد تقسیم بندی، ترکیب شیمیائی یا عملیات حرارتی خاص که قبل از جوشکاری باید روی ورق انجام شود در انتخاب سایر مشخصات فرآیند جوشکاری منجمله پیشگرم، پس گرم، انتخاب الکترود و تکنیک کار دخیل است.

مشخصات فلز پایه معمولا" بر اساس کد .... انتخاب می شود.

عدد مشخصه. Pno

جهت کاهش تعداد فرم‌های .. . و .. . فلزات پایه تحت عددی بنام . تقسیم‌بندی می‌شوند. در صورتی که برای آزمایش کیفیت فولاد تست ضربه لازم باشد تقسیم‌بندی جزئی‌تر شده و .. . . نیز مطرح می‌شود اساس تقسیم‌بندی‌های فوق الذکر ترکیب آلیاژ، جوش‌پذیری و خصوصیات مکانیکی است. لیکن با استناد به عدد . یا ... مشابه نمی توان ادعا کرد که دو آلیاژ از نظر خواص متالورژیکی، عملیات حرارتی پس از جوشکاری، طراحی و برخی خواص مکانیکی

قابل جایگزینی می‌باشند. در صورت نیاز به آزمایش ضربه فلز پایه می‌بایست خصوصیات ویژه‌ای داشته باشد.
در کدهای فوق الذکر ... ... نیز آمده است. در .... .. ذکر شده، در صورتیکه آلیاژ در جداول .... .. موجود نباشد بجای ... .. می توان مشخصات (. ....)، نوع و درجه (. . . . & . .. ..) ترکیب شیمیائی (. ....) یا خصوصیات مکانیکی (.... .. . .) آلیاژ مورد جوشکاری را در . . . قید کرد.

محدودیت ضخامت (Thickness Range)

ضخامـــت مقطـــع مورد جوشکاری در این قسمت ذکر می شود.

سیم جوشها (Filler Metals)

الکترودها می بایست قبل از مصرف خشک شوند. الکترودهای کلاس . . .. نیز به منظور عدم جذب هیدروژن توسط روکش باید کاملا" عایق بسته بندی شوند. درصورت باز شدن روکش عایق این الکترودها لازمست تا قبل از مصرف ۲ ساعت در دمای ۲۳۰-۲۶۰ درجه سلسیوس پیشگرم و خشک شوند.
تمامی الکترودها بهتر است به محض باز شدن بسته بندی و قبل از مصرف در خشک کنی با حداقل ۱۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شوند.
پس از باز شدن درب بسته بندی یا خروج الکترودها از خشک کن الکترودها نباید بیش از زمان مندرج در ستون . از جدول زیر در معرض اتمسفر قرارگیرند.
در صورتیکه الکترودی در محدوده زمانی ستون . در اتمسفر قرار گرفت لازمست تا از نظر جوشکاری، بازبینی ظاهری و خواص دیگری که در .... آمده آزمایش شود.

جدول۱- زمان مجاز در اتمسفر قرار گرفتن الکترودهای کم هیدروژن

. .. .	. .. .	. .. .
. .. ...	. . .. . .	. ...
. .. . ..		
. .. ...	.	.
. .. . ..	. . .. . .	. .. .
. .. . ..	. . .. . .	. .. .
. .. . ..	. . .. . .	. .. .
. .. .	. . ....	. .. .
. .. .	. . ....	. .. .

عدد Fno

. . .. در حقیقت یک تقسیم بندی برای الکترودهاست در کد .... .. از .... طی جداولی بدان اشاره شده که البته در ضمیمه این جزوه آمده است. اساس این تقسیم بندی موارد استفاده، کاهش تعداد . . ، .. . های یک پروژه و مشابهت خصوصیات جوشکاری سیم جوش بوده است.
در جدول زیر چگونگی تقسیم بندی ... .. آلیاژهای مختلف آمده است.

جدول۲- F-No. آلیاژهای مختلف

نوع آلیاژ سیم جوش	.F-No	QW
آلیاژهای فولادی .	۱-۶ .	۱ .۴۳۲ .
آلومینیوم و آلیاژهای پایه .. .	۲۱-۲۴ .	۲ .۴۳۲ .
مس و آلیاژهای پایه .. .	۳۱-۳۷ .	۳ .۴۳۲ .
نیکل و آلیاژهای پایه .. .	۴۱-۴۵ .	۴ .۴۳۲ .
تیتانیوم و آلیاژهای پایه .. .	۵۱ .	۵ .۴۳۲ .
زیرکونیم و آلیاژهای پایه .. .	۶۱ .	۶ .۴۳۲ .
آلیاژهای روکش کاری و سخت کاری سطحی .	۷۱-۷۲ .	۷ .۴۳۲ .

آنالیز فلز جوش یا عدد Ano.

. . .. تنها در مورد آلیاژهای آهنی کاربرد دارد. بر اساس کد .. .. .ابتدا آنالیز جوش در هر فرآیند به روش زیر باید محاسبه شده و سپس بر اساس ... . تشخیص داده شده و در قسمت مربوطه . . . درج گردد.
الف – برای . . ، . . .. ، . . .. یا آزمایشی برای تشخیص آنالیز جوش انجام می شود و یا بر اساس مدرک کیفیت جوش سازنده آنالیز ارائه شده مورد قبول قرار می گیرد. در صورت انجام آزمایش، نمونه باید مشابه آزمایش آنالیز استاندارد سیم جوش صورت پذیرد.
ب – برای .. ، . . .. یا از مشخصات ارائه شده توسط سازنده استفاده می شود. یا اینکه با شرایطی مشابه استاندارد نمونه آنالیز تهیه می شود. در هر دو صورت گاز محافظ باید گاز مورد استفاده در فرآیند باشد.
پ – بـرای . .. نیـز یا از مشخصات سـازنده تحت شرایط استفاده از فلاکس مشابه فرآیند اجرائی استفاده می شود و یا تحت شرایط کاری نمونه آنالیز تهیه می شود.

شماره مشخصات (SFA)

بیش از بیست شماره مشخصات سیم جوش توسط .... تعیین شده است. این تقسیم‌بندی در ... . با یک پیشوند .. همراه است. در جدول زیرشماره مشخصات اقسام سیم جوش‌ها بر اساس کد بندی . . . آمده است:

جدول۳- شماره مشخصات خانواده‌های مختلف سیم جوش

شماره مشخصات	نوع سیم جوش
... .. .	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوس فولاد معمولی .
... .. .	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوس آلومینیوم و آلیاژهای آلومینیومی
... .. .	مشخصات الکترودهای روکش دار فولاد زنگ نزن کرومدار و کروم نیکل .
... .. .	مشخصات الکترودهای روکش دار فولاد کم آلیاژ ویژه جوشکاری قوس .
... .. .	مشخصات الکترودهای روپوشدار مس و آلیاژهای آن .
... .. .	مشخصات سیم جوش و الکترودهای سخت مس و آلیاژهای آن .
... .. .	مشخصات سیم جوش لحیم کاری (. ... ...) .
... .. .	مشخصات سیم جوش لخت فولاد زنگ نزن کرومدار و کرومی نیکلی همچنین سیم جوش‌ها و الکترودهای لایه لایه، کامپوزیت و توپر .
....	مشخصات سیم جوش و الکترود لخت برای جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آن .
....	مشخصات الکترودهای روکش دار نیکل و آلیاژهای آن .
....	مشخصات الکترودها و سیم جوش لخت جوشکاری .. . .
....	مشخصات الکترودهای روکش دادن سطحی .
....	مشخصات سیم جوش و الکترودهای لخت نیکل و آلیاژهای آن .
....	مشخصات سیم جوشها و الکترودهای روکش دار جوشکاری چدن .
....	مشخصات سیم جوش و الکترودهای تیتانیوم و آلیاژهای آن .
....	مشخصات الکترودهای لخت فولاد کربنی و فلاکس برای .. . .
....	مشخصات الکترودهای فولاد معمولی ویژه . . . . .
....	مشخصات سیم جوش و الکترودهای لخت آلیاژهای منیزیم .
....	مشخصات الکترودهای توپودری فولاد معمولی ویژه جوشکاری قوس .
....	مشخصات الکترودها و سیم جوش‌های روکش کردن کامپوزیت .
....	مشخصات الکترودهای توپودری فولاد زنگ نزن کرومدار و کروم نیکل .
....	مشخصات الکترودهای لخت فولاد کم آلیاژی و فلاکس برای .. . .
....	مشخصات الکترودها و سیم جوش لخت جوشکاری زیرکونیم و آلیاژهای آن .

معمولا" سازندگان الکترودهای جوشکاری شماره مشخصات (.... . ...) ارائه می‌کنند در غیر اینصورت با استفاده از جدول ۳ این قسمت تکمیل می شود. در صورت عدم وجود ... می توان نام تجاری الکترود را در این قسمت ذکر کرد.

شماره کلاس و استاندارد ASM الکترود ([AWS No. Class]):

استانداردهای گوناگونی برای نام گذاری الکترودها وجود دارد مانند: . ..، ..، ...، . . .، ...، ... برای الکترودهای روکش دار کلاس ... .. جوشکاری با قوس الکتریکی نامگذاری به روش . . . ابتدا باحرف . به معنای الکترود آغاز می شود، دو عدد اول پس از . نشان دهنده استحکام کششی فلزجوش الکترود بر حسب ... می باشد. .. . . .، . . . ..، . . . ..، . . . ..، . . . ..، .. . . . .، .. . . . .، اولین عددی که پس از دو رقم استحکام می آید نشان دهنده وضعیت جوشکاری قابل اجرا با این نوع الکترود است:

الف – . ... :. جوشکاری در چهار وضعیت (..، .، .، .) امکان پذیر است.

ب – . ... :. جوشکاری در وضعیتهای تخت واقعی (.، .) امکان پذیر است.

پ – . ... :. جوشکاری فقط در حالت تخت (.) امکان پذیر است.

آخرین عددی که در نامگذاری الکترود به روش . . . می آید از ۸ -۰ متغیر است و نشان دهنده کلاس روپوش الکترود، نوع برق و سایر خصوصیات گروه جوش می‌باشد.

در مورد الکترود یا سیم جوش کلاس ... .. فولادهای زنگ نزن نام استاندارد آمریکائی (. .. .) فولاد زنگ نزنی که آنالیز مشابه با ترکیب سیم جوش یا الکترود دارد. پس از حرف (.) (در مورد جوشکاری قوس) آورده می شود. به عنوان مثال ... . یا . . . . یا . . . . سیم جوش‌های ویژه جوشکاری با فرآیندهای ... بجای حرف . با . آغاز می‌شوند مانند . . .. که سیم جوش فولاد زنگ‌نزن باترکیب آلیاژ فولاد . . .. است.

به منظور فراگیری نحوه نامگذاری سایر کلاس‌های الکترودهای فرآیند . . .، . . ..، . . .، ... لازمست تا به استاندارد ... . مراجعه شود.

سایز الکترود (Size of Electrode):

برای انجام با صرفه‌ترین جوش انتخاب اندازه الکترود قطر میله مغزی) باندازه انتخاب نوع الکترود اهمیت دارد. در انتخاب اندازه الکترود موارد زیر مورد توجه قرار می گیرند: طرح اتصال، ضخامت لایه های جوش، حالت جوشکاری، حرارت قابل تحمل توسط قطعه و مهارت جوشکار.

تعداد لایه ها یا پاس‌هائی که جوش احتیاج دارد بطور عمده بستگی به طرح اتصال، اندازه الکترود، ضخامت فلز پایه، حالت جوشکاری دارد. اندازه مناسب الکترود برای مصرف در جوش‌های مختلف برای اتصالات و حالات جوشکاری مختلف ذیلا" بیان شده است:

الف – برای جوش لوله یا سایر اتصالاتی که احتیاج به ذوب خوب در ریشه دارد و امکان جوشکاری از پشت جوش نیست، حداکثر الکترود به قطر ۳. ۲۵ تا ۴ میلی‌متر برای پاس اول پیشنهاد می‌شود. برای جوشکاری پاس‌های دیگر در تمام حالات الکترودهای قطر ۴ تا ۵ میلی‌متر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. برای جوشکاری در حالت تخت از الکترودهای با قطر بالای ۵ میلی‌متر نیز استفاده

می‌شود. در لوله های قطر کم پاس اول با الکترود قطر ۲. ۵ و سایر پاس‌ها با الکترودهای قطر ۴، ۳. ۲۵ قابل جوشکاری است.
ب – در جوشکاری اتصالات . شکل یا جناغی یک طرفه که دارای تسمه های در پشت اتصال می باشند در حالت تخت برای پاس اول می توان از الکترود قطر ۵ و برای پاس‌های دیگر از الکترود بزرگتر استفاده کرد.
پ – برای جوشکاری گوشه‌ای در حالت تخت و سربه سر غیر تخت الکترود ۵ میلی‌متری حداکثر قطری است که عملا" مصـــرف مـــی شود و در این حالت نیز اغلب پاس اول با الکترود قطر ۴ میلی‌متر جوشکاری می شود.
ت – در مورد الکترودهائی که با روکش کم هیدروژن اندازه معمول برای جوشکاری عمودی و بالا سر قطرهای ۴، ۳. ۲۵ میلی‌متر و برای جوشکاری تخت و افقی قطر ۵ یا بزرگتر می باشد.

وضعیت جوشکاری (Position)

بر اساس کد .... قطعات مورد جوشکاری در یکی از چهار وضعیت زیر قرار دارند.
الف: تخت (....)
ب: افقی (... . ...)
پ: عمودی (..... ...)
ت: بالای سر (. .. ..)

جدول۴- کد اختصاری وضعیت‌های جوشکاری

جوشکاری شیاری ورق .		جوشکاری شیاری لوله		جوشکاری گوشه‌ای ورق .		جوشکاری گوشه ای لوله	
وضعیت .	علامت	وضعیت .	علامت	وضعیت	علامت	وضعیت .	علامت
تخت .	۱ . .	چرخش افقی لوله .	۱ . .	تخت .	۱ . .	لوله مورب با چرخش .	۱ . .
افقی .	۲ . .	لوله در حالت عمودی .	۲ . .	افقی .	۲ . .	لوله ثابت عمودی .	۲ . .
عمودی .	۳ . .	لوله افقی ثابت .	۵ . .	عمودی	۳ . .	لوله افقی با چرخش .	۲ .. .
بالای سر	۴ . .	لوله مورب ثابت .	۶ . .	بالای سر .	۴ . .	لوله عمودی جوش بالای سر	۴ . .
.	.	.	.	.	.	لوله افقی ثابت (تمامی حالات) .	۵ . .

وضعیت شیار (Position of Groove)

با استفاده از علامت های اختصاری دو ستون سمت راست جدولبالاوضعیت شیار مشخص می شود. در مورد جوشکاری ورق و لوله علامت‌ها متفاوتند.

پیشگرم (Preheat):

معمولا" برای جلوگیری از ترکیدگی، پیچیدگی و پیدایش فازهای ناخواسته و ... قبل از جوشکاری، قطعه پیشگرم می شود. همچنین در حین عملیات جوشکاری، کنترل دمای بین پاسی از نظر بالاتر نرفتن از یک حد مجاز و عدم تنزل به کمتر از دمای پیشگرم باید انجام پذیرد. این عمل معمولا" بوسیله گچ های حرارتی صورت می پذیرد. بنا به تغییر رنگ یا ذوب شدن گچ های حرارتی در درجه حرارت خاص دمای قطعه قابل کنترل خواهد بود.

بجز فرآیندهای جوشکاری، (. .. ..) .. ، .. . حداقل دمای پیشگرم و حداکثر درجه حرارت بین پاسی می بایست بر اساس .... .. و با توجه به ضخامت ورق مربوطه تعیین شوند.

عملیات حرارتی پس از جوشکاری (تنش زدائی) (Postweld Heat Treatment):

از آنجائیکه رایج ترین حالت عملیات حرارتی تنش زدائی پس از جوشکاری است معمولا" درجه حرارت مربوط به تنش زدائی جوش نوشته می شود.

زمان نگهداری (Time Renge)

زمان لازم جهت تنش زدائی بسته به هر اینچ ضخامت قطعه تغییر می کند. معمولا" در مورد فولادهای کونچ تمپر، درجه حرارت کمتر از دیگر فولادها اختیار می شود لذا باید زمان تنش زدائی افزایش یابد.

نوع گاز محافظ (Shielding Gases)

به عنوان مثال گازهای .... ، .. . یا مخلوط این دو (.. .. ..)، نیتروژن و در صورتیکه برای محافظت حوضچه مذاب از اتمسفر استفاده شوند در این قسمت قید می شود. ممکن است در فرآیندهای جوشکاری با الکترود توپودری یا حتی الکترود روپوش دار نیز از گازی خنثی استفاده شود. مانند دمیدن گاز در پشت شیار جوش، در چنین مواردی نیز قید نام گاز مورد نظر در این قسمت لازمست.

در فرآیندهای جوشکاری با سوخت گازی (...) یا ... ... در این قسمت سوخت مورد مصرف قید می شودف بعنوان مثال: اکسیژن، اکسی استیلن، بوتان یا مخلوط اکسیژن و اکسی استیلن.

(* مشخصات الکتریکی (Electrical Characteristic)

تغییر در نوع و قطبیت جریان الکتریکی، افزایش در گرمای ورودی و یا افزایش حجم و میزان فلز جوش رسوب داده شـــده بر واحد طول جوش باعث تغییر کیفیت جوش می شوند و میزان گرمای وارده از رابطه محاسبه می شود:

... ...

همچنین میزان فلز جوش با افزایش اندازه گرده جوش و یا کاهش طول خط جوش به ازای هر الکترود، متناسب است. در قسمت‌های ۴۴ تا ۴۸ از . . نمونه (۱) مشخصات الکتریکی بر اساس کد (. ... ..) آمده است.

نوع جریان مستقیم یا متناوب (Current AC or DC)

برخی الکترودها با جریان ..، .. بهتر کار می کنند. در صورت استفاده از جریان .. نشان دادن قطبیت جریان نیز لازمست.

برای انتخاب جریان .. یا .. در برگه مشخصات سازنده الکترود توصیه هائی آمده است. شروع قوس با .. مشکل تر است و معمولا" در فرآیندهائی که شروع قوس مشکلی ندارد (مانند . .) استفاده می شود.

قطبیت (Polarity)

در صورت انتخاب جریان .. اتصال الکترود به قطب مثبت یا منفی می تواند بر درجه حرارت ایجاد شده در قوس و عمق نفوذ جوش تأثیر بگذارد. معمولا" با اتصال الکترود به قطب مثبت عمق نفوذ افزایش می یابد. قطبیت با علامتهای اختصاری زیر نشان داده می شود.

الف – اتصال الکترود به قطب مثبت در جریان مستقیم .. ..

ب - اتصال الکترود به قطب منفی در جریان مستقیم . . ..=.. ....

بر اساس قرارداد . . .. پلاریته مستقیم و . . .. پلارتیه معکوس قلمداد می‌شوند.

تکنیک و روش کار: (Technique)

نکات تکنیکی روش جوشکاری باتوجه به کد .... بیان می شوند.

گرده زنجیری یا موجی (String or Weave Bead)

در این قسمت شکل گرده موردنظر ذکر می شود. در مواردی که گرده های نازک کافی بوده و یا کمترین حرارت وارد به قطعه لازمست، از گرده های زنجیر استفاده می شود زیرا سرعت حرکت دست در این تکنیک بیشتر است. گرده های موجی به اشکال گردشی و هلالی اجرا می شوند.

سایر کلاهک، نازل یا سوراخ عبور گاز (Orifice or Gas Cup Size)

در فرآیندهای جوشکاری با گاز محافظ اشاره به موارد فوق لازم است.

تمیزکاری اولیه و بین پاسی (برس زدن، سنگ زدن و غیره)

((..... & . . ..، . . ..، ...)

تمیز کردن سطح قبل از انجام جوشکاری مانند زدودن زنگارها، چربی‌ها و کثیفی‌های قطعه باعث افزایش کاهش کیفیت جوش می شود. همچنین در حین

عملیات جوشکاری چند پاسی و در اتمام کار. تمیزکردن سطح اعم از پاک کردن سرباره حاصله و غیره باعث کاهش و حذف عیوب جوش نظیر سرباره محفوظ در مذاب و آخال و غیره خواهد شد.
روش‌های اعمالی معمولا" برس زدن، استفاده از اسکنه و چکش، سنگ زدن، استفاده از فرز انگشتی و ... است.

روش برداشتن پشت جوش (Method of Back Gouging)

در صورت نیاز به جوشکاری از پشت جوش لازمست تا ابتدا پشت اولین پاس توسط یکی از روش‌های زیر برداشته شود:
الف – قوس حاصل از الکترود کربنی (. .. . .)
ب - برداشتن بوسیله شعله اکسی استیلن (. .. . .)
پ - سنگ زدن یا تراشکاری . .. .

جوش تک پاسی یا چند پاسی در هر طرف (Multiple or Single Pass (Per Side

در صورتیکه هر طرف از طرح پخ نیاز به یک یا چند پاس جوش داشته باشد در این قسمت مطرح می شود. عنوان تک یا پند پاس در این قسمت کافیست.

سرعت حرکت (Travel Speed)

این فاکتور مخصوصا" درجوشکاریهای اتوماتیک اهمیت فراوان دارد و عامل تعیین کننده میزان حرارت وارد به قطعه است. در فرآیندهای دستی ذکر سرعت کم، متوسط یا زیاد کافیست. اما در مورد دستگاه ههای خودکار سرعت حرکت با دیمانسیون (.. .) بیان می شود.

مسائل دیگر (Other)

در این قسمت بسته به فرآیند جوشکاری به مسائل مختلفی از این قرار می توان اشاره کرد که ممکن است بعضا" در مورد یک فرآیند ذکر آن الزامی و در مورد فرآیند دیگر نادیدنی باشد.
الف – ماهیت شعله از نظر خنثی یا اکسید یا قلیائی بودن در فرآیندهای ...
ب - روش حرکت شعله در فرآیندهای ... به صورت ....
پ - تغییر در زاویه گان در فرآیند . . .
ت - فاصله مابین الکترودها در فرآیند . . . .
ث - نیاز به تناوب عملیات جوشکاری از یک سمت به پخ سمت دیگر برای جلوگیری از پیچیدگی
ج - لزوم استفاده از روش‌های دستی و خودکار به طور متناوب و نحوه تغییرات در استفاده
چ - لزوم استفاده از کوبش یا چکش کاری جوش به منظور تنش زدائی
در صفحه بعد یک نونه . . .را مشاهده می کنید.

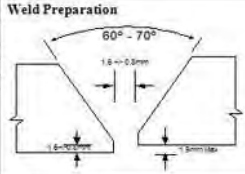
Welding Procedure Specification

Client:	Mobil	Project:	221010Goatee	REF No.	WPS 6 R1
Procedure Description:	12" Heavy Wall Offshore Tie-in				0290/1/WPS5
Material:	AS3679.1 Grade 250API 5L X65	Diameter:	168.3	Thickness:	18.3
Position:	6G	Clamp Type:	Internal		
Preheat °C (Min):	100	Interpass °C (Max):	300		

	ROOT	HOT PASS	FILL & CAP
Welding Process	SMAW	SMAW	SMAW
Welding Direction	Vertical Down	Vertical Down	Vertical Down
Filler	Lincoln SA70+	Lincoln SA70+	Bohler BVD90M
Polarity	DC +ve	DC +ve	DC +ve
Shielding Gas	N/A	N/A	N/A
Purge Gas	N/A	N/A	N/A

Pass No	Filler Size (mm)	Amps	Volts	Speed (mm/sec)	Heat Input (kJ/mm)
1	3.2mm	70-130	18-33	3.3-6.6	0.4-0.8
2	4.0mm	110-210	18-35	2.9-6.8	0.6-1.3
FILL	4.0mm	145-260	16-27	1.6-7.0	0.6-2.2
CAP	4.0mm	130-230	16-26	1.8-5.3	0.6-1.7

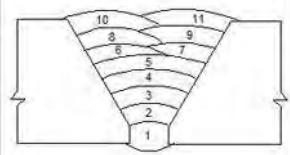
Weld Preparation



NOTES

1. API Std 1104BP3094-SP-PL-3010R1
2. Clamp removal stage : **100% completion of root (external clamp may be used in the event of a breakdown – removed after 50% minimum completion of the root.)**
3. Time lapse between root and second pass : **16 Minutes**
4. Time lapse between second pass and 1st fill : **12 Minutes**
5. Minimum number of passes before pipe movement : **2 passes**
6. Minimum number of passes before break in welding : **3 passes**
7. Minimum Number of welders- **Root & second pass: 2 , Fill & Cap : 1**
8. Method of cleaning : **Grinder / Wire brush**
9. Method of Preheat : **Gas Torch**
10. Qualification reference number : **48280/PP/WP6 R1**

Pass Location



Company Welding Engineer Approved ..... **Approved for Client** .....

شکل ۸-**WPS**

تحقیق کنید

WPSچیست و چه کاربردی در جوشکاری دارد؟

کار عملی

قطعه کار که جوش شیاری (سر به سر)داده اید را بررسی کنید چه عیوبی ابعادی در آن قابل مشاهده است

پس از بررسی جوش عیوبی چون تحدب گرده جوش، تقعر گرده جوش تحدب ریشه جوش، تقعر ریشه جوش و عدم همترازی را در صورت وجود می توان مشاهده نمود.

بحث کلاسی

جهت رفع عیب کناره چه کاری باید انجام داد. ؟
جواب: می توان یکخط نازک جوش بروی عیب کناره ایجاد کرد تا آن را بپوشاند.

کار در کلاس

قطعه کار هایی که جوش شیاری (سر به سر) و سپری داده شده است را بررسی کنید چه عیوب ناپیوستگی ظاهری در آنها قابل مشاهده است.

قطعه کاری را ازقبل آماده کنید و در اختیار هنرجویان قرار دهید پس از بررسی جوش، عیوبی چون سر رفتگی جوش، نفوذ ناقص، عدم ذوب، لکه قوس، چاله جوش و پاشش و جرقه را در صورت وجود می توان مشاهده نمود.

فکر کنید

به نظر شما برای جلوگیری ار ایجاد تخلخل در جوش چه کاری باید انجام داد؟
جواب: تمیز کردن سطح جوش کاری از چربی و رطوبت و انجام جوشکاری بطوری که کمترین قطع جریان جوشکاری را داشته باشیم.

فکر کنید

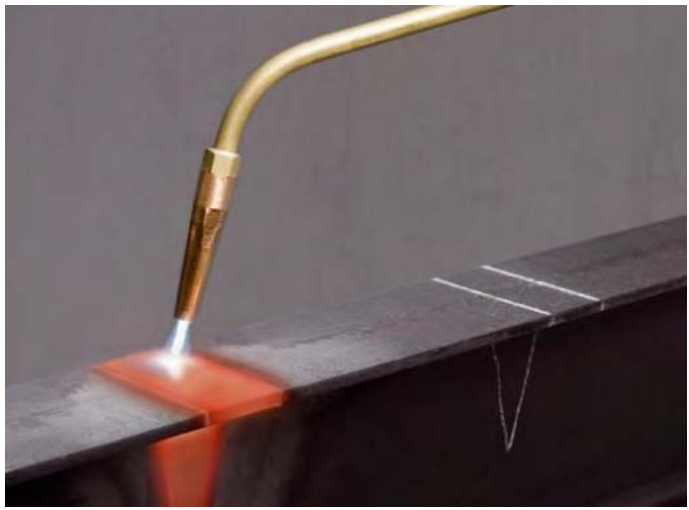
به نظر شما برای جلوگیری ار ایجاد آخل سرباره در جوش چه کاری باید انجام داد؟
جواب: تمیز کردن سطح جوشکاری از هر جسم خارجی و زدودن تمامی سرباره ها قبل از شروع هر پاس جوش.

تحقیق کنید

درباره دلیل ایجاد ترک در جوش تحقیق کنید.

هرگاه تنش های انقباضی ناشی از سرد شدن جوش بیشتر از تنش تحمل قطعه در آن درجه حرارت باشد، شکست اتفاق می افتد. این موضوع در تمام دماها (از لحظه انجماد تا پایان سرد شدن و حتی مدتی پس از سرد شدن) در هنگام بارگذاری امکان پذیر است.

واحد یادگیری ۲: روش‌های پیش‌گیری از عیوب جوش



زمان آموزش	جمع: ۳۰ ساعت

اهداف جزئی واحدیادگیری:

-شایستگی های فنی:

۱- روش های پیش گیری از ترک گرم و سرد را بیاموزند.
۲- روش های عملیات حرارتی پیش گرمایش پس گرمایش را بیاموزد.
۳-روش های جلوگیری از پیچیدگی در جوش کاری را بیاموزد.
۴-روش های رفع پیچیدگی پس از جوش کاری را بیاموزد.

-شایستگی های غیر فنی:

۱-در محیط کارگاه وکلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲-رعایت تمام نکات ایمنی قبل و در حین انجام فعالیت کارگاهی باید سرلوحه قرار گیرد.

دانش افزایی

روش‌های پیشگیری از عیوب جوش:

روش‌های پیشگیری از ترک گرم

۱. پیش گرم کردن به منظور کاهش تنش‌های انقباضی جوش .
۲. به کار بردن گاز محافظ پاکیزه و غیر آلوده در جوشکاری با گاز .
۳. افزایش مساحت سطح مقطع گرده جوش .
۴. تغییر طرح و شکل گرده جوش .
۵. استفاده از فلز مبنایی که دارای حداقل عناصر ایجاد ترک گرم هستند .
۶. در جوشکاری فولادها، استفاده از فلزات پرکربن که دارای مقدار منگنز بالا نیز هستند.

روش‌های پیشگیری از به وجود آمدن ترک سرد .

۱. استفاده از پیش گرم کردن که باعث کاهش نرخ سرد شدن می‌شود.
۲. استفاده از پس گرم که این مورد هم باعث کاهش نرخ سرد شدن می‌شود و هم فرصت لازم را برای خروج گاز هیدروژن فراهم می‌آورد.
۳. انتخاب فولاد مناسب که قابلیت سختی‌پذیری کمتری داشته باشد.
۴. برطرف کردن موارد و عناصری که باعث تولید هیدروژن می‌شوند مثلاً رطوبت و روغن.
۵. استفاده کردن از الکترودهای کم هیدروژن.

عملیات حرارتی

عملیات حرارتی در جوش به دو گروه عمده تقسیم میشود:

۱- عملیات حرارتی پیشگرم .. ..

۲- عملیات حرارتی پسگرم . . . . . .

عملیات پیشگرم

عملیات پیشگرم عبارتست از حرارت دادن قطعه به منظور بالا بردن دمای قطعه قبل از عملیات جوشکاری. به معنای دیگر قطعات را قبل از جوشکاری تا درجه حرارت معینی حرارت می‌دهند و بلا فاصله بعد از رسیدن قطعه کار به آن درجه حرارت، جوشکاری را آغاز می‌کنیم. به طور کلی به هر عملیاتی که قبل از جوشکاری به منظور بهبود خواص جوش صورت پذیرد پیش گرمایش گویند. این عامل ممکن است به دو صورت حرارت به کل فلز پایه و یا قسمتی از آن انجام گیرد تا آنکه منطقه مورد نظر به دمای مناسب جهت شروع عملیات حرارتی برسد به این دما دمای پیش گرمایش گفته می شود.

حرارت دادن فلز تا لحظه شروع جوشکاری ادامه می یابد اما بعد از آن دیگر نیازی به ادامه کار نیست چراکه حرارت ایجاد شده برای نگهداری فلز در فرایند جوش کافی است.

پیش گرمایش به منظور جلوگیری از اختلاف دما وسرد شدن فلز جوش قبل از جوشکاری است و در فلز پایه ایجاد یک فاز متعادل را به همراه دارد این امر یکی از مهمترین عامل ها در پیشگرم کردن فلز پایه است، پیش گرمایش برای رسیدن به اهداف زیر صورت می گیرد:

۱. کنترل گرم شدن و تغییر دمای سریع در فلز پایه
۲. جلوگیری از تشکیل و تمرکز تنش درمنطقه جوش .
۳. جلوگیری از تمرکز و ترک های ناشی از وجود هیدروژن
۴. امکان دادن به خروج هیدروژن جذب شده در فلز پایه .
۵. پاکسازی رطوبت موجود در فلز پایه .
۶. کنترل ساختار ... .

کنترل گرم شدن و تغییر دمای سریع در فلز پایه

خیلی اوقات ما عملیات پیش گرمایش را انجام می دهیم و پس از اینکه یک پاس جوشکاری کردیم ممکن است که قطعه دمایش بیافتد، باید برای جلوگیری از این موضوع همواره درجه حرارت بین پاسی را کنترل کنیم. برای جوش‌های چند پاسه جهت یکسان بودن خواص مکانیکی و شرایط برای کلیه پاس‌ها درجه حرارت بین پاسی باید کنترل شود.

درجه حرارت بین پاسی و درجه حرارت پیش گرم معمولا یکسان بوده و به جنس و ضخامت قطعه و حرارت داده شده بوسیله پروسه جوشکاری بستگی دارد. افزایش درصد کربن و عناصر آلیاژی و ضخامت قطعه باعث افزایش درجه حرارت بین پاسی می شود.

جلوگیری از تشکیل و تمرکز تنش درمنطقه جوش

تشکیل و تجمع تنش ها چه در فلز پایه و چه در منطقه جوش زیان بار است چرا که با تغییر فاز فلز شدت بار های مکانیکی و بار های خستگی زیاد می شود این امر سبب تشکیل فاز های شکننده می شود، علت اصلی این اشکال نیز تغییر دما و ورود ناگهانی آن به منطقه جوش یا فلز است.

جلوگیری از تمرکز و ترک های ناشی از وجود هیدروژن

هیدروژن موجود در ترکیب منطقه جوش در اثر رطوبت گاها ممکن است در سطح یا داخل فلز پایه، در روکش الکترود و یا محیط وجود داشته باشد، رطوبت در اثر دمای ایجاد شده عانی و بسیار زیاد در منطقه جوش در منطقه جوش گیر افتاده و موجب ایجاد ترک های سرد هیدروژنی یا تنش های ناشی از آن میشود این عوامل ممکن است در زمانی کوتاه (دو روزه) یا بلند مدت (یک ماه یا بیشتر) نمایان شوند که در هر صورت اثرات مخربی را به جا خواهند گذاشت با عملیات پیش گرم میتوان فرصت کافی برای خروج هیدروژن موجود را در اختیار آن نهاد. یا از الکترودهای با پوشش کم و یا بدون هیدروژن استفاده نمود که این فاکتور به شرایط و نوع استفاده سازه بستگی دارد.

امکان دادن به خروج هیدروژن جذب شده در فلز پایه

با فرصتی که در ابتدای پیش گرم به هیدروژن داده میشود کم کم به سطح قطعه نزدیک شده و ازآن خارج می شود.

.

پاکسازی رطوبت موجود در فلز پایه

این فاکتور هم همانند عوامل قبل با ایجاد فضا برای هیدروژن موجود به دست می‌آید.

.

کنترل ساختار منطقه متاثر از جوش (HAZ)

هرچند منطقه ... ذوب نمی شود اما درجه حرارت آن به حدی بالا می رود که ساختار آن وارد محدوده آستنیت شده و پس از سرد شدن در اثر استحاله ناگهانی به مارتزیت ترد و شکننده تبدیل می شود این عامل باعث ایجاد آسیب‌های جدی در جوش می شود از طرف دیگر باعث تغییر شکل ظاهری در ضخامت های پایین می شود. برای مهار این مشکل از عملیات پیشگرم و نیز عملیات حرارتی بین پاسی و پس گرم به منظور تنش زدایی و آنیل کردن استفاده می شود.

پیشگرم موجب کاهش شیب حرارتی و در نتیجه باعث کاهش سرد شدن جوش می گردد. از طرفی دیگر تنش های انبساطی و انقباضی، عدم انطاف پذیری کافی و ترک ها نیز از این طریق بر طرف می شوند.

در پیش گرم کردن علاوه بر جلوگیری از نامتعادل شدن فاز فلز جوش در لحظه ابتدایی شروع فرایند به دنبال اهدافی دیگر از جمله حذف رطوبت و تنش‌های متمرکز ناشی از وجود هیدروژن نیز هستیم که دست یابی به این عوامل بر کیفیت و عمر جوش نیز تاثر مثبت می گذارند وجود هیدروژن ممکن است فاز مارتنزیت شکننده‌ای را به وجود آورد که در اثر تنش ها و بارهای خستگی و بارهای مکانیکی پدید می‌آید اما دستیابی به فاز پرلیت با دانه بندی ریز در صورت حذف هیدروژن و رطوبت میسر خواهد شد. وجود تنش ها موجب ایجاد گسستگی در جوش و در پی آن حوادث مخربی در سازه ها را پدید می آورد حذف این عامل به نحوه کارکرد صحیح سازه و منطقه جوش تاثیری شایان می نهد حساسیت در این فرایند به دلیل ان است که عموما در صنعت از این عملیات استفاده می شود. .

می توان به منظور حصول اطمینان در ساختار منطقه جوش بعد از عملیات پیش گرم و بعد از هر پاس عملیات حرارتی بین پاسی را اعمال نمود چرا که گاها ما پیشگرم را انجام داده ایم اما دمای جوش افت پیدا می کند که همین امر ضرورت استفاده از دمای بین پاسی را بیشتر میکند.

دمای پیش گرم و دمای بین پاسی عمدتا با هم در ارتباط هستند یعنی هرچه قدر دمای یش گرم افزایش یابد دمای بین پاسی نیز زیاد میشود و بالعکس هرچه قدر دمای پیش گرم کاهش یابد این دما نیز کم می شود.

.

میزان حداقل پیش گرم و دمای بین پاسی برای اجتناب از ترک خوردگی در یک فولاد مشخص بستگی به موارد زیر دارد:

- میزان کربن و عناصر آلیاژی فلز پایه .
- شرایط عملیات حرارتی قبل از جوشکاری .
- ضخامت مقطع قطعه و میزان کرنش در اتصال .
- میزان هیدروژن موجود در حین جوشکاری .

.

عملیات پس گرمایش

عملیات پس گرم عبارتست از حرارت دادن یکنواخت قطعه پس از عملیات جوشکاری. عملیات پس گرم به منظور آزاد کردن تنش‌های پس مانده‌ای که در اثر شیب های حرارتی و دماهای ناشی از جوشکاری بوجود می آید انجام می شود. با کاهش سریع دما در منطقه جوش ممکن است مقداری هیدروژن در بین فلز جوش گیر بیافتد، عملیات پس گرم موجب ادامه عملیات پیشگرم شده و با افزایش دمای قطعه بعد از جوشکاری موجب سهولت نفوذ هیدروژن به خارج قطعه شده و احتمال بوجود آوردن ترکهای سرد یا هیدروژنی را کاهش می دهد.

عملیات حرارتی پس گرم نیز به نوبه خود نقش موثری در جریان جوشکاری و بعد از آن ایفا می کنند که با در نظر گرفتنش می توان به اهمیت آن در چرخه عملیات حرارتی پی برد چرا که کاستی در انجام آن ممکن است خطر آفرین باشد. .

به منظور رسیدن به اهداف زیر عملیات حرارتی پس گرم را اجرا می کنیم:

۱-کنترل سرد شدن قطعه .
۲- کنترل میزان نفوذ هیدروژن در قطعه جوشکاری شده .
۳- کاهش تنش های حرارتی .
۴- تقلیل حرارت فروکش برای قطعات ضخیم و فلزات با هدایت حرارتی بالا .
۵- جلوگیری از تشکیل ترک سرد .
۶- افزایش تافنس فلز جوش .
۷-کاهش تنش پسماند .
۸- تولید ساختار میکروسکپی خاص .
۹- بهبود مقاومت در مقابل خوردگی .
۱۰-امکان دادن به خروج هیدروژن جذب شده در جوش .
۱۱- کاهش حرارت ورودی به قطعه .
۱۲-کاهش نرخ سرد شدن .
۱۴-پاکسازی رطوبت موجود در سطح قطعه کار .

پس گرمایش و حذف ترک ناشی از هیدروژن

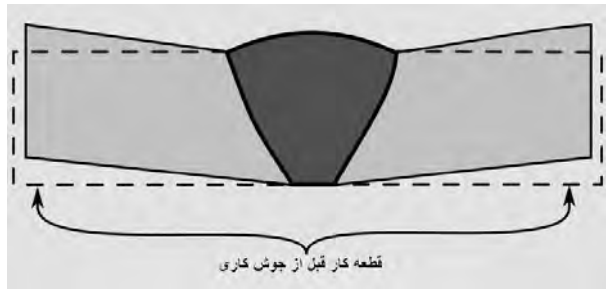
یکی از اهداف مهم پس گرمایش به حداقل رساندن پتانسیل ترک ناشی از هیدروژن می باشد.

در فولادهای فریتی، شکست هیدروژنی فقط در دماهای نزدیک به دمای محیط اتفاق می افتد از این رو این امکان وجود دارد که برای پیشگیری از ترک خوردن در ریز ساختارهای حساس از نفوذ هیدروژن در منطقه جوش قبل از سرد شدن استفاده کنیم، بعد از آنکه جوشکاری انجام شد نباید اجازه داد تا فولاد به اندازه دمای محیط سرد شود. در عوض باید آنرا بلافاصله بعد از دمای بین پاسی به دمای پس گرمی حرارت و ارتقاء داده و در این حالت برای زمان مشخص شده نگه داشت.

.

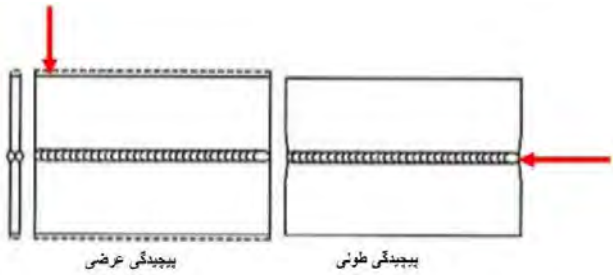
پیچیدگی(Distortion)

پیچیدگی و تغییر ابعاد یکی ازمشکلاتی است که بوسیله طراحی اشتباه و تکنیک نامناسب عملیات جوشکاری ایجاد میشود. در حین عملیات جوشکاری به دلیل عدم فرصت کافی برای توزیع یکنواخت بار حرارتی داده شده به موضع جوش و سرد شدن سریع محل جوش انقباضی که میبایست در تمام قطعه پخش میشد به ناچار در همان محدوده خلاصه میشود و این انقباض اگر در محلی باشد که از نظر هندسی قطعه زاویه دار باشد منجر به اعوجاج زاویه‌ای .. .. میشود. در نظر بگیرید تغییر زاویه ای هرچند کوچک در قطعات بزرگ و طویل چه ایراد اساسی در قطعه نهایی ایجاد می کند.



شکل۹-پیچیدگی زاویه ای

حال اگر خط جوش در راستای طولی و یا عرضی قطعه باشد اعوجاج طولی و عرضی .. . . نمایان می‌شود. اعوجاج طولی و عرضی همان کاهش طول قطعه نهایی قطعه می‌باشد. این موارد هم بسیار حساس و مهم هستند.



شکل ۱۰-پیچیدگی طولی وعرضی

نوع دیگری از اعوجاج تاول زدن یا طبله کردن و یا قپه . . . .) میباشد. ذکر یکی از تجربیات در این زمینه شاید مفید باشد. قطعه‌ای به طول ۲۰ متر آماده ارسال برای نصب بود که بنا به خواسته ناظر می‌بایست چند پاس دیگر در تمام طول قطعه جوش داده می‌شد. تا ساق جوش ۲-۳میلی‌متر بیشتر شود. بعد از انجام اینکارکاهش ۲۷میلی‌متری در قطعه بوجود آمد. واین یعنی فاجعه. چون اصلاح کاهش طول معمولا امکان پذیر نیست و اگر هم با روش‌های کارگاهی کلکی سوار کنیم تنها هندسه شکل رااصلاح کرده ایم و چه بسا حین استفاده از قطعه آن وصله‌کاری توان تحمل بارهای وارده را نداشته باشد و ایرادات بعدی نمایان شود. بهترین راه برای رفع این ایراد جلوگیری ازبروز . ... است. و (طراح یا سرپرست جوشکاری خوب) کسی که بتواند پیچیدگی قطعه را قبل از جوش حدس بزند و راه جلوگیری از آن راهم پیشنهاد بدهد.

بعضی راهکارهای مقابله با اعوجاج:

۱- اندازه ابعاد را کمی بزرگتر انتخاب کرده و بگذاریم هر چقدر که می‌خواهد در ضمن عملیات تغییر ابعاد و پیچیدگی در آن ایجاد شود. پس از خاتمه جوشکاری عملیات خاص نظیر ماشین‌کاری ... حرارت دادن موضعی و یا پرسکاری برای برطرف کردن تاب برداشتن و تصحیح ابعاد انجام می‌گیرد.
۲- حین طراحی و ساخت قطعه با تدابیر خاصی اعوجاج را خنثی کنیم.
۳- از تعداد جوش کمتر با اندازه کوچکتر برای بدست آوردن استحکام مورد نیاز استفاده شود.
۴- تشدید حرارت و تمرکز آن بر حوزه جوش در این‌صورت نفوذ بهتری داریم و نیازی به جوش اضافه نیست.
۵- ازدیاد سرعت جوشکاری که باعث کمتر حرارت دیدن قطعه می‌شود.
۶- در صورت امکان بالا بردن ضخامت چرا که در قطعات با ضخامت کم اعوجاج بیشتری ایجاد می شود.

۷- تا حد امکان انجام جوش در دو طرف کار حول محور خنثی انجام گیرد.
۸- طرح مناسب لبه مورد اتصال که اگر صحیح طراحی شده باشد می‌تواند مصالح جوش را در اطراف محور خنثی پخش کند و تاحد زیادی از میزان اعوجاج بکاهد.
۹- بکار بردن گیره و بست و نگهدارنده باری مهار کردن انبساط و انقباض ناخواسته در قطعه .

.

عوامل مهم بوجود آمدن اعوجاج:

۱- حرارت داده شده موضعی و شدت منبع حرارتی و روشی که این حرارت به کار رفته و همچنین نحوه سرد شدن
۲- درجه آزادی یا ممانعت بکار رفته برای جلوگیری از تغییرات انبساطی و انقباظی. این ممانعت ممکن است در طرح قطعه وجود داشته باشد و یا از طریق مکانیکی (گیره یا بست یا نگهدارنده و خال‌جوش)اعمال شود.
۳- تنش های پسماند قبلی در قطعات و اجزا مورد جوش گاهی اوقات موجب تشدید تنش‌های ناشی از جوشکاری شود.
۴- خواص فلز قطعه کار: واضح است که در شرایط مساوی طرح اتصال(هندسه جوش) و جوشکاری مواردی مانندمیزان حرارت جذب شده در منطقه جوش و چگونگی نرخ انتقال حرارت و ضریب انبساط حرارتی و قابلیت تغییر فرم پذیری و استحکام و بعضی خواص دیگر فلز مورد جوش تاثیر قابل توجهی در میزان تاب برداشتن دارد. مثلا در قطعات فولاد آستنیتی زنگ نزن مشکل پیچیدگی به مراتب بیشتر از فولاد کم کربن معمولی میباشد .

تحقیق کنید

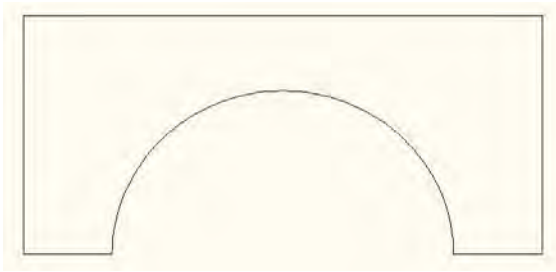
در صنعت کشتی سازی پیش گرما و پس گرما در چه زمانی انجام و به چه دلیلی انجام می شود؟

برای جوشکاری ورق‌های ضخیم (بالای ۲۵ میلی‌متر) در دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد نیاز به پیش گرما یش ورق های فلزی است و پس از اتمام جوشکاری قبل از سرد شدن ناگهانی پس گرمایش انجام می دهند.

تحقیق کنید

معمولا مهار در جوش شیاری به چه شکل است و ضخامت آنها چقدر در نظر گرفته می شود؟

مهارها معمولا به شکل زیر است و ضخامت آنها به اندازه ضخامت ورق در نظر می‌گیرند و در فواصل ۱ متری از هم قرار می گیرند.



شکل ۱۱

تحقیق کنید

در جوشکاری شیاری ورق های فلزی بزرگ در صنعت در صورت ایجاد پیچیدگی زاویه‌ای برای رفع آن چه کار باید انجام داد؟

اگر در جوشکاری ورق‌های بزرگ پیچیدگی زاویه ای ایجاد شود برای رفع آن فلز جوش را از ریشه به اندازه کافی توسط دستگاه سنگ زنی یا الکترود گوج برداشته و دوباره جوشکاری می‌کنند.

واحد یادگیری۳: آزمایش های جوش

زمان آموزش	جمع: ۲۵ ساعت

اهداف جزئی واحدیادگیری:

-شایستگی های فنی:

۱- روش‌های آزمایش مخرب جوش را فرا گیرد.
۲- آزمایش چشمی جوش را انجام دهد و کار با دستگاه‌های آزمایش چشمی را فرا گیرد.
۳-آزمایش مایع نافذ را انجام دهد.
۴- آزمایش‌های ذرات مغناطیسی، التراسونیک و رادیوگرافی فرا گیرد.

-شایستگی های غیر فنی:

۱-در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲-رعایت تمام نکات ایمنی قبل و در حین انجام فعالیت کارگاهی باید سرلوحه قرار گیرد.

دانش افزایی

تست چشمی(VT)

در بسیاری از برنامه های تدوین شده توسط سازنده جهت کنترل کیفیت جوش ازتست چشمی(..) نیز گفته می شود به عنوان اولین تست و یا در بعضی موارد به عنوان تنها متد ارزیابی بازرسی فنی جوش، استفاده می شود. اگر آزمون چشمی در جوشکاری و اتصالات جوشی بطور مناسب اعمال شود، ابزار ارزشمندی می تواند واقع گردد. بعلاوه یافتن محل عیوب سطحی جوش، بازرسی چشمی می‌تواند بعنوان تکنیک فوق العاده کنترل پروسه برای کمک در شناسایی مسائل و مشکلات ما بعد از ساخت بکار گرفته شود. آزمون چشمی روشی برای شناسایی نواقص و معایب سطحی جوش در سازه می باشد. نتیجه حاصل شده، هر برنامه کنترل کیفیت که شامل بازرسی چشمی می باشد، باید محتوی یک سری آزمایشات متوالی انجام شده در طول تمام مراحل کاری جوش در ساخت سازه باشد.

بدین‌گونه بازرسی چشمی سطوح معیوب جوشکاری شده که در مراحل ساخت اتفاق می افتد، میسر می شود.

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 روش های تست های پیشرفته تری کشف می شوند، با برنامه بازرسی چشمی قبل، حین و بعد از عملیات جوشکاری به راحتی قابل کشف می باشند. سازندگان فواید یک سیستم کیفیتی که بازرسی چشمی منظمی داشته است را بخوبی درک کرده اند. میزان تاثیر بازرسی چشمی جوش هنگامی بهتر می شود که یک سیستمی تمام مراحل پروسه جوشکاری (قبل، حین و بعد از جوشکاری) را بپوشاند و نهادینه شود.

.

قبل از عملیات جوشکاری .

مواردی که قبل از جوشکاری نیاز به توجه بازرسی فنی به روش چشمی دارد بصورت زیر است:

- مرور طراحی ها و مشخصات . . .
- چک کردن تاییدیه پروسیجرها و پرسنل مورد استفاده .. .
- بنانهادن نقاط تست .
- نصب نقشه ای برای ثبت نتایج .
- مرور مواد مورد استفاده .
- چک کردن ناپیوستگی های فلز پایه .
- چک کردن لبه سازی و تراز بندی اتصالات جوش .
- چک کردن پیش گرمایی در صورت نیاز .

.

اگر بازرس جوش توجه بسیار دقیقی به این موارد مقدماتی داشته باشد، به طور یقین می‌تواند از بسیاری مسائل که بعدها ممکن است اتفاق بیافتد، جلوگیری

نماید. مساله بسیار مهم این است که بازرس فنی باید بداند چه چیزهایی کاملا مورد نیاز می باشد. این اطلاعات را می توان از مرور مستندات مربوطه بدست آورد. پس بازرس علاوه بر دانش بازرسی فنی نیز می‌بایست در مورد هدف جوش و محل‌های استفاده دانش لازم و کافی نیز داشته باشد.

.

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 صنعتی سازی، پروژه‌های 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 صلاحیت‌های جوشکاران هر کدام بطور جداگانه باید مرور شود. طراحی‌ها 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 می‌کنند 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 و ابزار ذخیره آن باید بوسیله سازنده در نظر گرفته شود.

.

موادپایه .

قبل از جوشکاری، شناسایی نوع ماده و یک تست کامل از فلزات پایه ای مربوطه باید انجام گیرد. اگر یک ناپیوستگی همچون جدالایگی صفحه‌ای وجود داشته باشد و کشف نشده باقی بماند روی صحت ساختاری کل جوش 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.

.

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:

- زاویه شیار ... .
- دهانه ریشه . . ..
- ترازبندی اتصال .. ..
- پشت بند . . ..
- الکترودهای مصرفی .. ..
- تمیز بودن اتصال . . . .
- خال جوش ها . . ..
- پیش گرم کردن .. ..

.

هر کدام از این فاکتورها رفتار مستقیم روی کیفیت جوش بوجود آمده، دارند. اگر مونتاژ ضعیف باشد، کیفیت جوش احتمالا 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، محل هایی می باشند که در طول مراحل بعدی بدقت می توان آنها را بررسی کرد.

.

حین عملیات جوشکاری .

در حین جوشکاری، چندین آیتم وجود دارد که نیاز به کنترل دارد تا نتیجتا جوش رضایت بخشی حاصل شود. آزمون چشمی جوش اولین متد برای کنترل این جنبه از ساخت سازه 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 . .. .
۲- آماده سازی ریشه اتصال قبل از جوشکاری طرف دوم .
۳- پیش گرمی و دماهای میان پاسی .
۴- توالی پاس های جوش .
۵- لایه های بعدی جهت کیفیت جوش معلوم .
۶- تمیز نمودن بین پاس ها .
۷- پیروی از برنامه کاری همچون ولتاژ، آمپر، ورود حرارت، سرعت.

هر کدام از این موارد اگر نادیده گرفته شود سبب بوجود آمدن ناپیوستگی‌هایی می‌شود که می‌تواند کاهش جدی کیفیت را در برداشته باشد.

پاس ریشه جوش .
شاید بتوان گفت بحرانی‌ترین 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 باشد، 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 معمولا شامل جداسازی سرباره . ..... و دیگر بی نظمی‌ها توسط تراشه برداری . . . .، رویه برداری حرارتی. . . . . یا سنگ زنی. . . . . می باشد. وقتی که عملیات جداسازی کاملا انجام گرفت آزمایش منطقه گودبرداری شده قبل از جوشکاری طرف دوم لازم است. این کار به خاطر این است که از جداشدن تمام ناپیوستگی ها اطمینان حاصل شود. اندازه یا شکل شیار برای دسترسی راحت تر به تمام سطوح امکان تغییر دارد.

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

آزمایش بین لایه ای (بین مرحله 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 می‌توان دریافت که آیا بین پاس‌ها بخوبی تمیز شده‌اند یا نه؟ با این عمل می‌توان امکان روی دادن ناخالصی سرباره در جوش پایانی را کاهش داد. بسیاری از این گونه موارد احتمالا در دستورالعمل جوشکاری اعمالی، آورده شده‌اند.
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 مراحلی که 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 جوش نسبت به مراحلی 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:

- ظاهر جوش بوجود آمده .
- اندازه جوش بوجود آمده .
- طول جوش .
- صحت ابعادی .
- میزان تغییر شکل .
- 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.

.

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.

.

آزمایش ابعاد پایانی .

اندازه‌گیری 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 موردنظر مورد نیاز واقع شود.

آشنایی با انواع گیج‌های جوشکاری و نحوه کار با آنها در بازرسی ابعادی جوش‌ها

وظیفه گیج‌های جوشکاری عبارتند از:

۱- کنترل ابعادی قطعات و اتصالات مورد جوشکاری آماده شده
۲- کنترل سطوح شیب دار پخ خورده ار نظر زاویه سطح شیب دار پخ خورده
۳- کنترل فواصل لازم بین قطعات جهت مونتاژکاری آنها
۴- کنترل هم سطح بودن یا نبودن قطعات قبل از مونتاژ وجوشکاری
۵- کنترل و.اندازه گیری عیوب احتمالی برروی سطح جوش‌ها از نظر طول، عرض و عمق آنها

البته گیج‌های مورد استفاده بسیار متنوع می باشد. گاهی گیجی را برای یک منظور بکار می‌برند و گاهی نیز گیج‌هایی که چندین کار می توانند انجام دهند استفاده می شود. آنچه که مهم است دسترسی به اهداف فوق می باشد و باید در این راستا ابزار مناسب مربوطه را تهیه نمود.

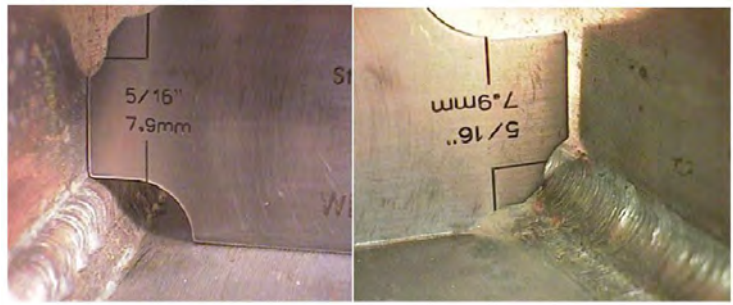
انواع گیج‌های جوشکاری

گیج Fillet

این گیج بیشتر برای اندازه‌گیری گرده‌های جوش با اندازه ۸/۱ تا ۱ اینچ (۳، ۲-۲۵ میلی‌متر) به کار می رود. این گیج‌ها همچنین تحدب و تقعر گرده‌های جوش را نیز اندازه‌گیری می کند.

شکل۱۲- گیج Fillet

در شکل ۱۲ روش اندازه‌گیری مشخصات جوش با گیج . . . ... را نمایش می‌دهد.



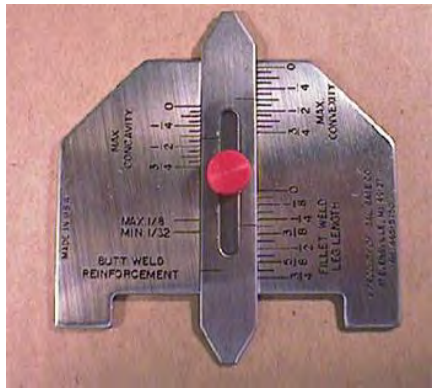
شکل ۱۳

گیج‌های چند منظوره .

یک گیج چند منظوره قادر به انجام چندین اندازه‌گیری مانند اندازه‌گیری تحدب و تقعر جوش، گرده جوش واندازه ریشه می باشد. از انواع آن می توان به گیج‌های . . . و . . . . . اشاره نمود.

گیج AWS

این گیج برای تعیین مشخصات جوش‌های گوشه ای ولبه ای کاربرد دارد. این گیج قادر به اندازه‌گیری تولرانس تحدب وتقعر جوش‌ها که از قبل برای آن تعیین شده است، می‌باشد. این گیج همچنین قادر به اندازه‌گیری گرده های جوش نیز می‌باشد.



شکل ۱۴

در شکل ۱۴ روش‌های مختلف انجام کار با گیج . . . نشان داده شده است.

شکل۱۵

گیج کمبریج (Cambridge)

شکل ۱۶-گیج کمبریج

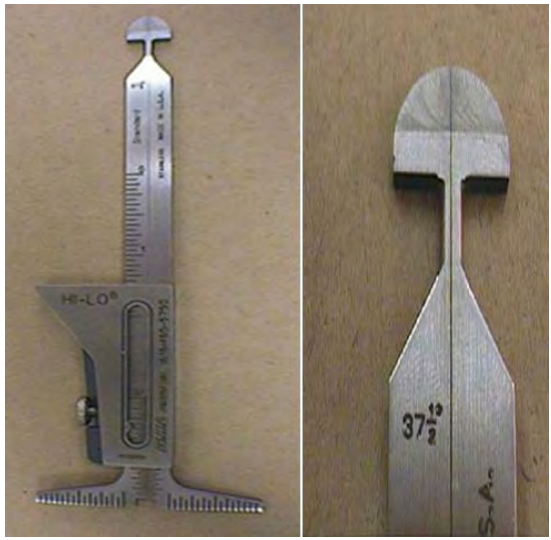
گیج . . .. چند منظوره قادر به اندازه گیری موارد زیر در واحدهای اینچ و میلی‌متر می باشد:

- زاویه آماده سازی ۰ تا ۶۰ درجه
- اضافه فلز جوش
- عمق بریدگی لبه ها(. .. ..)
- عمق(. . ...)
- اندازه ریشه
- ارتفاع گرده جوش
- عدم همطرازی
- اندازه گلویی جوش گوشه ای
- طول گرده جوش

شکل ۱۷-گیج کمبریج

گیج HI-LO

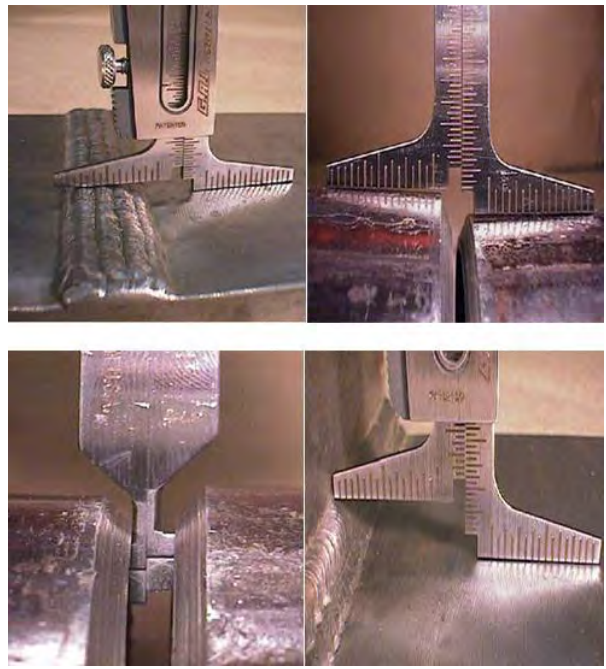
این گیج که گیج(. ... .) نیز نامیده می شود برای اندازه گیری همطرازی داخلی اتصالات لوله به کار می رود. بعداز وارد کردن وقرار دادن گیج، پیچ انگشتی رابسته و گیج در آورده می شود تا عدم همطرازی معلوم می شود.



شکل ۱۸- گیج HI-LO

این گیج می تواند برای اندازه گیری‌های زیر نیز به کاررود:

- ارتفاع گرده جوش
- فاصله اتصال (.....)
- زاویه آماده سازی
- عدم همطرازی داخلی
- مسیر جوش، جوش‌های مدور
- ضخامت دیواره جوش



شکل ۱۹-کاربردهای گیج HI-LO

تحقیق کنید

درباره تست کشش و خمش تحقیق کنید

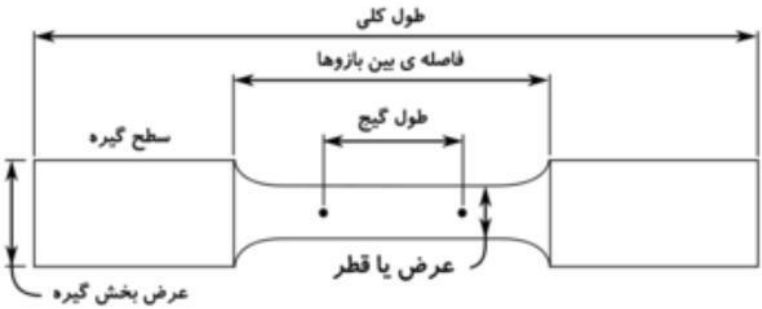
تست کشش

تست کشش، یکی از آزمون‌های مخرب علم مواد است که در آن یک نمونه تحت اثر کشش تک محوری تا حد شکست مورد مطالعه قرار می گیرد. نتایج حاصل از آزمون به طور معمول برای انتخاب یک ماده به منظور کنترل کیفیت و پیش بینی اینکه چگونه یک ماده تحت انواع دیگری از نیروها واکنش نشان می دهد به کار می رود. خواصی که به طور مستقیم از طریق آزمون کشش اندازه گیری می شوند عبارتند از: مقاومت کششی نهایی، بیشترین افزایش طول و کمترین کاهش در مساحت نمونه. همچنین از این اندازه گیری ها خواص زیر نیز می تواند تعیین شود: مدول یانگ، نسبت پواسون، استحکام تسلیم و کرنش سختی ماده.

نمونه کششی

نمونه کششی، یک نمونه با سطح مقطع استاندارد است که دو بازو و یک گیج (مقطع) در میانه دارد. بازو ها بزرگ بوده تا بتوانند به راحتی و به صورت محکم

توسط گیره‌ها گرفته شوند، در حالیکه که بخش گیج سطح مقطع کمتری دارد طوری‌که تغییر شکل و شکست در این ناحیه رخ می دهد.



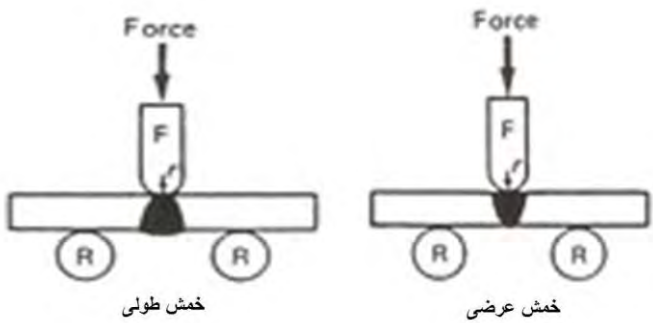
شکل ۲۰

تست خمش

برای پیدا کردن عیوب در فلز جوش منطقه متأثر از حرارت و فلز پایه انجام می‌شود این تست ممکن است برای پیدا کردن تورق در منطقه جوش مورد استفاده قرار گیرد. اینگونه تست به دو روش خمش طولی و خمش عرضی.. ... . مورد استفاده قرار می‌گیرد.

توضیح استفاده از دو نوع تست طولی و عرضی برای یک قطعه ثابت معمول نمی‌باشد.

روش کار: قطعه کار توسط یک فرم دهنده با قطر مشخص خم می‌شود می‌بایست طرف مناسبی از قطعه کار برای انجام تست آماده شود قطر سمبه و زاویه خمش می‌بایست مطابق استاندارد انتخاب شود.



شکل۲۱

مطالبی که می‌بایست گزارش داده شود:
۱-ضمانت قطعه کار
۲-جهت خمش
۳-.زاویه خمش
۴-.قطر سمبه
۵-مشخصات قطعه کار پس از انجام تست خمش(شامل نوع و محل عیوب) .

فعالیت کارگاهی

دو قطعه کاری که برای جوشکاری شیاری لبه سازی شده و دوقطعه که قبلا بصورت شیاری و سپری جوش داده شده اند را توسط ابزار بازرسی چشمی کنترل نمایید.

قطعه کارهایی را که قبلا اماده کرده اید را در اختیار هنرجویان قرار دهید تا بوسیله ابزار بازرسی چشمی کنترل کنند.

بحث کلاسی

تست مایع نافذ و ذرات مغناطیسی برای تشخیص چه عیب جوشی کاربرد زیاد دارد؟
جواب: ترک‌های سطحی

ارزشیابی شایستگی بازرسی جوش

شرح کار:
شناسایی عیوب جوش
روش های جلوگیری از عیوب جوش
آزمایش های جوش

استاندارد عملکرد:
عیوب جوش را شناسایی کنند، راه‌های پیش‌گیری از بعضی عیوب جوش را بطور عملی انجام داده و پس از جوشکاری تست چشمی و تست مایع نافذ را انجام دهند و با روش انجام دیگر تست‌های جوش آشنا شوند.

شاخص‌ها:
- سطح قطعه کار تمیز و بدون گرد و غبار، زنگ زدگی و چربی باشد
-کنترل لبه سازی و مهار قطعه کار قبل از جوشکاری و در حین جوشکاری با ابزار تست چشمی
-کنترل جوش پس از جوشکاری و شناسایی عیوب جوش
-انجام تست مایع نافذ

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کارگاه جوشکاری با شرایط تهویه مناسب و نور کافی.
ابزار و تجهیزات: گپ سنج-.هایلو گیج- گیج چند منظوره- اسپری مایع نافذ- اسپری ظاهر کننده.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی عیوب جوش	۲	
۲	روش‌های جلوگیری از عیوب جوش	۲	
۳	آزمایش‌های جوش .	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و ... ۱-رعایت نکات ریست محیطی ۲-تمیزکاری محیط پس از انجام تست مایع نافذ ۳-رعایت نکات ایمنی ۴- رعایت اخلاق حرفه ای	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۳ است.

منابع

۱- برنامه درسی رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش. .

۲- استاندارد شایستگی حرفه رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۳- استاندارد ارزشیابی حرفه رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۴- کتاب درسی جوشکاری برق و گاز .

۵- شیوه نامه نحوه ارزشیابی دروس شایستگی‌های فنی و غیرفنی شاخه‌های فنی و حرفه‌ای و.کاردانش شماره ۴۰۰/۲۱۱۴۸۲ مورخ ۳۰/۱۱/۹۵ .

۶- کوکبی، امیرحسین. (۱۳۸۴). تکنولوژی جوش‌کاری. موسسسه انتشارات علمی.

۷- اسکندری، حسین و زارعی، عبدالخالد. (۱۳۹۰). مقدمه‌ای بر جوشکاری در صنعت کشتی‌سازی. انتشارات دانشگاه خلیج فارس.

۸- شاهدی، علی و استاد رحیمی، محمد مهدی. (۱۳۸۴). تکنولوژی و کارگاه جوشکاری، تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۹- شاهدی، علی و دلیخون، بهرام. (۱۳۹۵). تکنولوژی و کارگاه جوش برق. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۱۰- تقی پور ارمکی، حمید؛ زارعی، بهرام؛ سلطان محمدی، محمدرضا و شادی، حمیدرضا. (۱۳۹۵). ساخت مصنوعات فلزی سبک. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۱۱- فردی، مهدی. (۱۳۹۵). تکنولوژی و کارگاه تغییر شکل نیم‌ساخته. انتشارات سازمان فنی و حرفه‌ای، دفتر تألیف و برنامه‌ریزی درسی. .

.. .H.Tschaetch. (2005).” Metal Forming Practice”, Translated by:

.. .T. Vadomphol. (2007).” Fundamentals of Metalworking”,

هنرآموزان محترم، می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را دربارهٔ مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام‌نگار tvoced@roshd.ir ارسال نمایند.

وب‌گاه: www.tvoced.medu.ir

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش