از طرفی باید در نظر داشت در مواردی که پوشش الکترود نازک است باید الکترود به قطب منفی متصل شود. در مواردی که از برق متناوب استفاده می‌شود. مقدار حرارت ایجاد شده بین دو الکترود و قطعه کار مساوی است، زیرا قطعه کار و الکترود خود را مناسب با فرکانس تنظیم می‌کنند. در جوشکاری قوسی الکتریکی با للکترود بدون روکش، کنترل قوس مشکل‌تر است، زیرا سبب حرکت قوس به اطراف می‌شود. حرارت ناشی از قوس سبب جدا شدن ذرات مذاب از الکترود در اطراف قطعه می‌شود. در تماس با اتمسفر، ذرات مذاب و هوا را جذب می‌کند و با آن واکنش می‌دهد. مثلاً در جوشکاری فولادها اکسیژن محیط با آهن واکنش تولید اکسید آهن می‌دهد که اکسیدها در حین انجماد در حوضچه مذاب تجمع و موجب کاهش خواص مکانیکی و خوردگی محل جوش می‌شود.

پایداری قوس: یکی از پارامترهای مهم حین جوشکاری، پایداری قوس است. جوشکارها به آرامی و نرم بودن وزش قوس در انتهای الکترود پایداری قوس می‌گویند. اگر قوس ناپایدار باشد در اصطلاح گفته می‌شود قوس سوسو می‌زند. پایداری قوس بر روی پارامترهایی مانند: محافظت کامل حوضچه جوش، یکنواختی عمق نفوذ، ظاهر مناسب گرده جوش، عدم پاشش جرقه، سر و صدای کم قوس و ... مؤثر است. عواملی مانند: نوع جریان الکتریکی، نوع قطبیت جریان، فاصله الکترود تا قطعه کار، میزان شدت جریان، جنس پوشش الکترود، سلامت پوشش الکترود، تمیزی سطح قطعه کار و مهارت جوشکار بر پایداری قوس مؤثراست.

نرخ ذوب: میزان ذوب الکترود

$$M.R = \frac{L_2 - L_1}{t}.d$$

L_2 طول نهایی الکترود؛ L_1 طول اولیه الکترود؛ d وزن الکترود بدون روکش، t زمان روشن بودن قوس.

نرخ رسوب: مقدار فلز رسوب داده شده در واحد زمان.

$$D.R = \frac{M_2 - M_1}{t}$$

M_2 وزن قطعه قبل از جوشکاری، M_1 وزن قطعه بعد از جوشکاری.

راندمان الکترود: نسبت نرخ رسوب به نرخ ذوب

$$\eta = \frac{D.R}{M.R}$$

نرخ اتصال: مقدار اتصالی است که در واحد زمان تکمیل می‌شود. نرخ اتصال به عمق و طول جوش بستگی دارد.

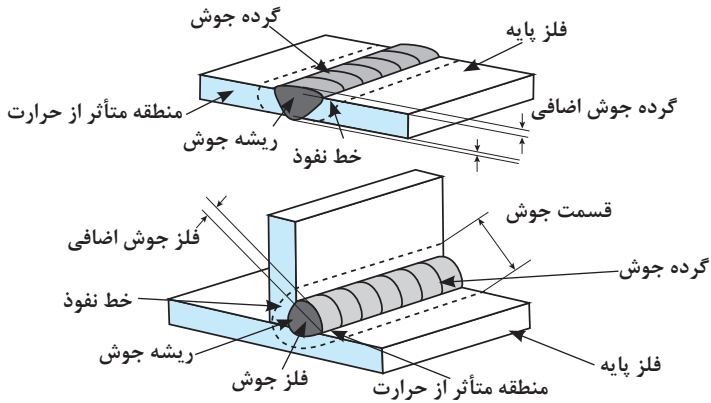
$$J.R = \frac{x.y}{t}$$

x عمق جوش، y طول جوش و t زمان جوش.

عمق جوش: برای قطعاتی که پخ زده نشده‌اند، عمق جوش برابر فاصله سطح قطعه تا انتهای جوش می‌باشد. در قطعات پخ زده شده عمق جوش کمتر از سطح جوش است.

پهنای جوش: فاصله طولی پنجه جوش در اطراف گرده جوش؛

شکل سطح مقطع جوش: شکل سطح مقطع جوش یا پروفیل جوش عمق برجستگی‌های پهنای جوش می‌باشد.



کارعملی

آماده سازی تجهیزات جوشکاری

هنرجویان را به کارگاه ببرید و برای هریک از فعالیت‌های زیر اقدامات لازم را انجام دهید:

فعالیت

در این فعالیت هدف آماده سازی تجهیزات جوشکاری است. لذا قطعه کار با ابعاد ۵×۱۰۰×۱۵۰ و الکترود E۶۰۱۳ با قطر ۳/۵ میلی‌متر تهیه کنید. سپس شروع به جوشکاری کنید، در هنگام جوشکاری تغییرات شدت جریان را در هنگام مدار باز است و در قسمت‌های مختلف ابتدا خال زدن در طول جوشکاری و در اتمام جوشکاری ثبت و با یکدیگر مقایسه کنید و نتایج را در پایان در کلاس با استناد به مطالب علمی بیان و ارائه کنید.

فعالیت

در این فعالیت هدف بررسی تأثیر پوشش الکترود بر کنترل قوس و خواص ظاهری جوش است. لذا قطعه کار با ابعاد ۵×۱۰۰×۱۵۰ و الکترود E۶۰۱۳ با قطر ۳/۵ میلی‌متر تهیه یکبار پوشش الکترود می‌شود، سپس جوشکاری انجام می‌گیرد. در بار دیگر الکترود روکش دار جوشکاری می‌شود و نتایج هر دو بار جوشکاری با یکدیگر مقایسه می‌شود.

فعالیت

در این فعالیت هدف بررسی شدت جریان، قطر الکترود و نوع الکترود بر پارامترهایی مانند: سرعت رسوب، سرعت ذوب و راندمان الکترود است. لذا قطعه کار با ابعاد ۵×۱۰۰×۱۵۰ و الکترودE۷۰۱۸ و E۶۰۱۳ با قطر ۴و ۳/۵ میلیمتر تهیه و مطابق خواسته جدول نتایج اندازه‌گیری و ثبت می‌شوند سپس نتایج در کلاس ارائه می‌شوند. لازم است ارائه نتایج با مستندات علمی مطابقت داده شوند تا برای هر کدام از نتایج دلیل منطقی و علمی آورده شود.

جلسه بیست و پنجم

تجهیزات جوشکاری گاز

تدریس با استفاده از ویدئوپروژکتور و نرم افزار پاورپوینت انجام می‌گیرد.
در ابتدا در مورد جوشکاری با گاز و با استفاده از گاز اکسی استیلن و دلایل استفاده از این روش بیان کنید. لازم است به تاریخچه این روش که در دانش‌افزائی بخش‌های قبل اشاره شد نیز اشاره شود. در ادامه اطلاعات کافی در مورد واکنش شیمیایی بین اکسیژن و استیلن را ارائه کنید. سپس فیلم را با محتوای ابزار و تجهیزات و واکنش‌های فرایند و ... پخش کنید. سپس دستگاه را معرفی کنید و اجزای آن را بیان کرده و مزایا و معایب آن را مطرح کنید. در ادامه هریک از ابزارها را معرفی کنید و در پایان هر قسمت فعالیتی مطرح شده که نکات ایمنی کار و راه‌اندازی هر یک از تجهیزات را به عهده هنرجو قرار داده تا بتواند با تحقیق در مورد کپسول و شرایط نگهداری آن را جستجو کرده و به سایر هنرجویان ارائه دهد. سپس رگلاتور و اجزای آن را بیان کنید و در ادامه فعالیتی مطرح شده که راه‌اندازی و نگهداری آن را مورد تحقیق قرار داده است. سپس سر مشعل را معرفی کنید و انواع آن در برشکاری و جوشکاری تقسیم بندی کنید و در ادامه ذکر کنید که از چه اجزائی تشکیل شده است. در ادامه انواع شعله را توضیح دهید و انواع شعله و کاربرد آن را برای هنرجو بیان کنید. سپس شلنگ و نحوه نگهداری و نکات ایمنی در کاربرد و نگهداری آن برای هنرجویان بیان کنید.

طرز تهیه اکسیژن و اکسی استیلن(دانش افزایی)

اکسیژن: گازی است بی‌رنگ و بو که نمی‌سوزد ولی موجب سوختن می‌گردد.
طرز تهیه اکسیژن : در صنعت اکسیژن را به دو طریق تهیه می‌کنند: یکی از طریق هوا و دیگری از تجزیه آب.
روش تقطیر هوا: در روش تقطیر هوا، اکسیژن می‌گیرند. برای این کار نخست تصفیه هوا انجام می‌گیرد تا حتی‌الامکان اکسیژن خالص به‌دست آید و سپس هوا را به‌وسیله فشرده ساختن و سرد نمودن تبدیل به مایع می‌کنند. مجدداً هوای مایع را به اکسیژن و ازت تجزیه می‌نمایند. بعد اکسیژن مایع را تبخیر نموده و در مخازن گاز انبار می‌کنند و بالاخره گاز را به‌وسیله کمپرسورها متراکم ساخته و تصفیه مجدد صورت می‌گیرد و نتیجتاً در کپسول‌های فولادی پر می‌کنند.
گاز استیلن: یکی از گازهای مورد استفاده در جوشکاری است، که دارای خواصی مانند: تولید حرارت زیاد در حین سوختن(ارزش حرارتی)، واکنش سریع با اکسیژن،

عدم واکنش با فلز ذوب شده، عدم باقی گذاشتن محصولات واکنش بر روی جوش و دسترسی آسان و ارزان می‌باشد. برای تولید گاز استیلن از واکنش کاربید کلسیم استفاده می‌شود. روش تهیه گاز استیلن از کلسیم کاربید :

اکسید دو کربن + کاربید کلسیم ⟶ زغال کک + آهک پخته

$$CaO + 3C \rightarrow C_2Ca + CO$$

گاز استیلن + رسوب آهک ⟶ آب + کلسیم کاربید

$$C_2Ca + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

برای تهیه استیلن یا از ژنراتورهای کوچک استفاده می‌کنند و یا توسط ژنراتورهای بزرگ استیلن تولید نموده و در کپسول‌های فولادی پر کرده و به مصرف می‌رسانند.

کارعملی

آماده سازی تجهیزات جوشکاری

هنرجویان را به کارگاه ببرید و برای هریک از فعالیت‌های زیر اقدامات زیر را انجام دهید:

در ابتدا باید هنرآموز نکات و وسایل ایمنی فردی مورد نیاز را به هنرجو معرفی کند و نحوه استفاده از هریک را به ایشان آموزش دهد. قبل از انجام کار هنرجو باید با مخاطرات احتمالی، سوانح و حوادث آشنا شود و برای مقابله با هریک آموزش‌های مناسب را ببیند. همچنین در صورت مواجهه با هرکدام بتواند راهکار مناسبی را برای مقابله انجام دهد.

قطعه کاری به ضخامت ۵ و ابعاد ۱۰۰ در ۱۵۰ میلیمتر تهیه کرده و به روش مناسب با استفاده از سنگ‌زنی آن را پخ و شیارزنی کند. با استفاده از برس سیمی سطح قطعه را تمیز کاری کنید. در حین انجام تمیزکاری علت و اهمیت تمیزکاری را به هنرجو یادآور شوید. سپس با استفاده از فندک و تنظیم شعله گاز سوختنی را روشن کنید. در حین کار در مورد کارکرد و نحوه کنترل و تنظیم شعله گاز و اکسیژن به هنرجو توضیحات لازم را بدهید. به هنرجو فرصت بدهید این کار را چندین مرتبه تمرین کند تا به‌مهارت کافی در روشن کردن مشعل و تنظیم شعله دست یابد. سپس از نحوه تنظیم انواع شعله خنثی، اکسیدی و احیایی از هنرجو بخواهید چندین مرتبه اینکار را انجام دهد و نتایج مشاهدات خود را به‌صورت گزارش ارائه دهد. سپس سطح قطعه با شعله پیش‌گرم شود درحین پیش‌گرم کردن طرح قطعه باید به اهمیت پیش‌گرم اشاره شود. سپس با استفاده از سیم جوش مناسب اقدام به جوشکاری سطح قطعه کار با روش پیش‌دستی و پس‌دستی انجام گیرد. در پایان، نتایج مشاهدات هنرجویان در قالب گزارش کار کارگاهی جمع‌آوری شود و ایرادات وارد بر هریک را به آن فرد اطلاع دهید.

تنظیم شعله (دانش افزایی)

گاز اکسیژن و استیلن برحسب خروج گاز مخلوط به سه طریق امکان‌پذیر است. الف) ممکن است استیلن اضافی باشد. ب) مخلوط دو گاز به‌طور مساوی خارج شود. ج) اکسیژن بیشتر از استیلن باشد. از سه طریق مذکور اختلاط گاز پس از روشن‌شدن شعله در نوک مشعل قابل تشخیص است و حرارت ایجاده شده حاصل از اشتعال هم، بستگی به نوع مخلوط گاز دارد. حرارت کمتر در هسته مخروطی بیانگر کربن اضافی در مخلوط (استیلن در مخلوط اضافی است) و بالاترین درجه حرارت در هسته مخروطی نشان‌دهنده اکسیژن اضافی در مخلوط است.

جلسه بیست و ششم

آماده سازی قطعه کار

تدریس به وسیله ویدئو پروژکتور و نرم افزار پاورپوینت انجام گیرد.
ابتدا مقدمه‌ای در مورد روش جوشکاری ارائه شود. سپس به اهمیت جوشکاری و عوامل بروز عیب در جوشکاری اشاره شود. سپس فعالیتی مطرح می‌شود که درآن از هنرجو خواسته شده است هر یک از روش‌های تمیزکاری سطوحی که از مراحل کار قبلی فراگرفته است، را درنظر گرفته و بگویید که کدام روش‌ها را می‌توان برای قطعات جوشکاری شده مورد استفاده قرار داد. در ادامه پرسشی مطرح می‌شود که در آن هدف، انتخاب یک روش مناسب و کارآمد تمیزکاری و آماده‌سازی سطوح جوشکاری توسط هنرجوست.
سپس روش‌های مختلف تمیزکاری سطوح که در جوشکاری فلزات مورد استفاده قرار می‌گیرد را معرفی کنید.

عملیات پس گرم و پیش گرم

تدریس به وسیله ویدئو پروژکتور و نرم‌افزار پاورپوینت انجام گیرد.
ابتدا جوشکاری را تعریف کنید و در ادامه با استفاده از جوشکاری تغییرات فازی، دانه و ترکیب شیمیایی ناشی از حرارت‌دهی در حین جوشکاری را توضیح دهید. سپس در مورد عدم توزیع یکنواخت حرارت و تأثیرات آن بر تغییر شکل قطعه مثال‌های عملی را توضیح دهید. در ادامه، عملیات‌های حرارتی پیش‌گرم و پس‌گرم را توضیح دهید. سپس عوامل مختلف هر یک را شرح دهید. سپس اهداف عملیات پیش‌گرم را معرفی کنید. لازم است هر یک از اهداف را به تفصیل شرح دهید تا هنرجو با اهمیت هر یک از عوامل و علل آشنا شود.

انجام جوشکاری

فعالیت

هدف بررسی اثر تمیزکاری سطوح جوشکاری بر کیفیت جوش، شدت جریان، طول قوس، وزش قوس و عیوب جوشکاری می‌باشد. لذا قطعات از جنس فولاد ساختمانی st۳۷ با ضخامت ۵ و ابعاد ۱۰۰ در ۱۵۰ تهیه شود، سپس با استفاده از الکترود E۶۰۱۳ به قطر ۴ میلیمتر جوشکاری را بر دو قطعه یکی تمیزکاری شده با استفاده از برس سیمی و سنگ سنباده و قطعه

بدون تمیزکاری انجام دهید. در ادامه نتایج حاصل از مشاهدات حین جوشکاری و پارامترهای جوشکاری را مانند کیفیت جوش، شدت جریان، طول قوس، وزش قوس و عیوب جوشکاری مورد بررسی قرار دهید سپس نتایج را در پس از تحلیل در قالب فایل پاورپوینت ارائه کنید.

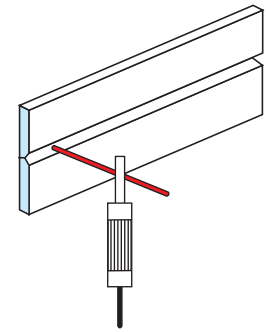
فعالیت

هدف مقایسه دمای پیش‌گرم بر روی خواص و مقاومت جوش و پارامترهای مؤثر بر آن است.ابتدا قطعه ای به ابعاد ۱۰۰در۱۵۰در ۵ میلیمتر تهیه کنید. سپس سطوح قطعه را با استفاده از برس سیمی و سنگ سنباده تمیزکاری کنید. سپس با استفاده از مشعل در دماهای ۲۰۰،۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه سانتیگراد پیش‌گرم سطح قطعه را انجام دهید. دمای سطح قطعه کار را دائماً با استفاده از ترمومتر لحظه‌ای اندازه‌گیری کنید سپس اقدام به جوشکاری طبق نقشه کنید. نتایج حاصل از شدت جریان، سرعت جوشکاری، سرعت وزش و عیوب جوشکاری ناشی از دماهای متفاوت جوشکاری را مورد بررسی قرار داده و از هنرجو بخواهید با توجه به آنچه برداشت کرده است و مطالعه منابع تکمیلی گزارش کاملی از تأثیر پیش‌گرم در کنترل پارامترهای جوش تهیه و ارائه کند.

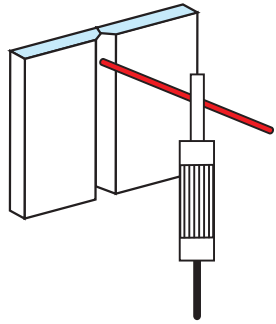
دانش افزایی

وضعیت جوشکاری

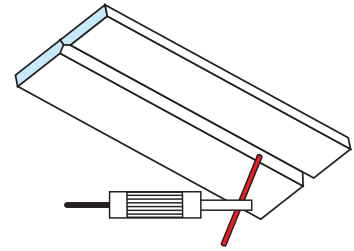
وضعیت جوشکاری به‌طور غیرمستقیم و از طریق تأثیر روی مهارت جوشکار و کنترل مذاب فلز جوش روی اجرای فرایند جوشکاری تأثیر می‌گذارد. لذا سعی می‌شود اجرای جوشکاری در وضعیت‌های ساده‌تر صورت پذیرد تا احتمال به‌دست آوردن جوشِ با کیفیت افزایش یابد.



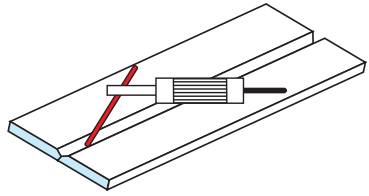
وضعیت افقی



وضعیت سربالا یا سرپایین

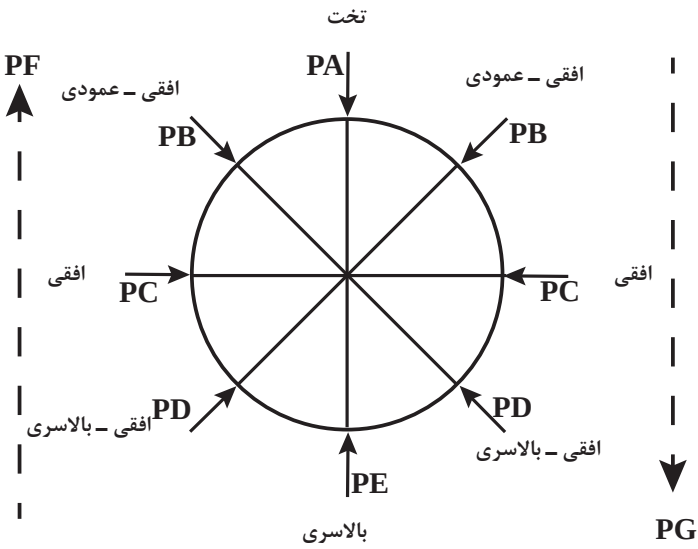


وضعیت بالاسری



وضعیت تخت

مطابق استانداردهای ISO یا استانداردهای اروپایی مثل EN, DIN وضعیت‌های مختلف جوشکاری را مطابق شکل‌های زیر با حروف لاتین معرفی می‌کنند.



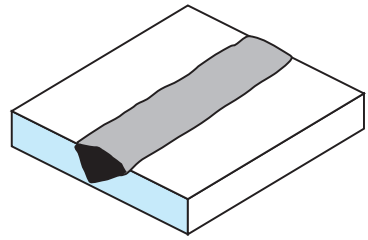
به طور معمول در جوشکاری سعی بر این است که اجرای جوشکاری در وضعیت سطحی انجام شود. به‌همین منظور از وسایلی استفاده می‌شود که قطعات کار را سطحی گرفته و حول محور افقی بگرداند. به این وسایل که در شکل‌ها و فرم‌های مختلف ساخته می‌شوند، وضعیت‌دهنده (جیگ و فیکسچر) می‌گویند.

نوع جوش و اتصال

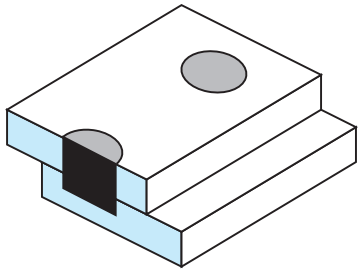
با توجه به تنوع نوع اتصال قطعات جوشکاری و انواع مختلف جوش، انتخاب هر کدام از انواع مذکور در اجرای جوشکاری و احتمال به‌وجود آمدن عیوب در جوش تأثیرگذار است، لذا متغیرها باید متناسب با نوع جنس قطعات، ضخامت آنها، شرایط اجرای جوش، نوع فرایند جوشکاری و ... انتخاب شوند.

انواع جوش

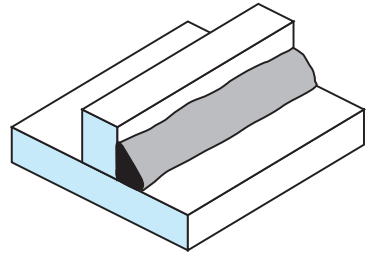
انواع مختلف جوش را می‌توان به‌طور کلی چهار دسته تقسیم کرد:



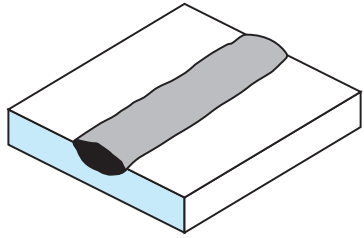
جوش شیاری



جوش کام یا انگشتانه



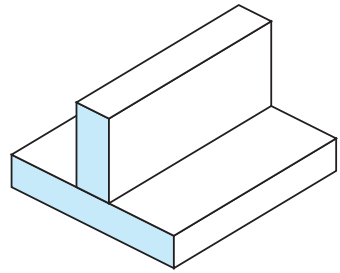
جوش ماهیچه‌ای



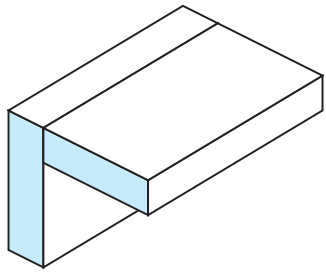
جوش گرده

اتصالات اصلی در جوشکاری

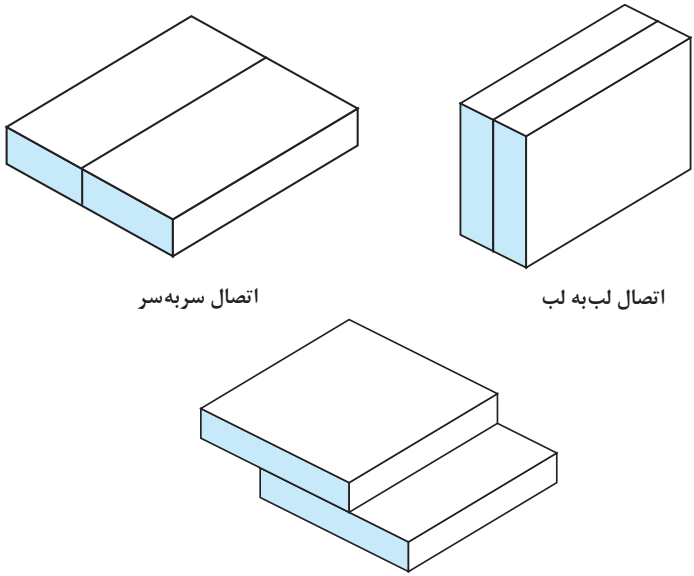
در حالت کلی ۵ نوع طرح اتصال درسازه‌های جوشکاری وجود دارد:



اتصال T



اتصال گوشه



اتصال لب‌به لب

اتصال سربه‌سر

اتصال لب روی هم

حالت‌هایی که دو یا چند جزء برای اتصال می‌توانند در کنار یکدیگر قرار گیرند عبارت‌اند از :

۱ **حالت لب به لب یا سر به سر:** در این حالت لبه‌ها می‌توانند صاف و یا پخ شده باشند و همان‌طور که قبلاً اشاره شد نوع، زاویه و شعاع انحنای پخ، بسته به شرایط کار متفاوت می‌باشد.

۲ **حالت نبشی داخلی و خارجی:** در این حالت دو قطعهٔ با زاویه، در کنار هم قرار داشته و در صورت لزوم می‌تواند لبه‌ها پخ یا صاف باشد.

۳ **حالت سپری:** این حالت تقریباً شبیه جوش در حالت نبشی داخلی است.

۴ **حالت لب روی هم:** در این حالت مقداری از ورق‌ها بر روی هم قرار می‌گیرند و تا حدودی شبیه جوش نبشی داخلی است.

۵ **حالت جوش لبه‌ای:** در این حالت ورق‌ها بر روی‌هم قرار گرفته و بر روی لبه‌ها که در یک سطح قرار دارند عملیات جوشکاری انجام می‌شود و یا اینکه ورق‌ها مانند حالت اول در یک سطح کنار یکدیگر قرار گرفته، اما لبه‌ها با زاویه ۹۰ درجه با عرض مساوی خم شده و سپس بر روی لبه‌های خم شده جوش داده می‌شود.

اتصالات جوشکاری در نقشه‌های ساخت دارای نشانه‌های استانداردی هستند.

نوع درز	نام	شکل تعاملی	نمایش: فرم درز	نمایش: مقطع درز	نمای مجسم
درزهای لبه‌ای	درز نیم جناغی (یک‌سویه)				
	درز نیم جناغی دمغار (دو سویه کنار)				
	درز نیم لاله‌ای (یک‌سویه)				
	درز نیم لاله‌ای (دو سویه)				
درزهای پیشانی	درز پیشانی ریخته				
	درز پیشانی جناغی				
درزهای گلویی	درز گلویی یا گوشه‌ای				
	درز گلویی یا گوشه‌ای دو سویه				
	درز گوشه‌ای یا درز گلویی بیرونی				
	درز نیم جناغی با ریشه باز				

جوش جناقی

طرح اتصالات جوش جناقی، به اشکال مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتخاب مناسب‌ترین طرح برای یک کاربرد خاص، به عوامل زیر بستگی دارد:

۱ تناسب با کاربرد مورد نظر؛

۲ در دسترس بودن طرح اتصال مورد نظر برای جوشکاری؛

۳ هزینه‌های جوشکاری؛

۴ وضعیت جوشکاری.

پخ لبه مربعی

اقتصادی‌ترین طراحی اتصال آماده‌سازی می‌باشد. در این حالت تنها لازم است که لبه هر یک از قطعات به همان شکل مربعی حفظ شود. این نوع طرح اتصال محدود به کاربرد در مورد ضخامت‌هایی است که از نظر استحکام درحد مطلوبی قرار داشته باشند. هنگام جوشکاری قطعات ضخیم، لبه یا پخ هر قطعه باید به‌گونه‌ای آماده شود که قوس مستقیماً روی نقطه‌های که سیم جوش الکترود باید آنجا رسوب کند، متمرکز گردد. جهت صرفه‌جویی بیشتر و کاهش پیچیدگی و تنش پسماند، طرح اتصال باید دارای یک پایهٔ پخ و یک زاویهٔ پخ باشد که استحکام کافی را با رسوب حداقل مقدار فلز جوش تأمین نماید. در جوشکاری مقاطع ضخیم زاویهٔ دیواره‌های کناری باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا از حبس سرباره جلوگیری شود.

جوش نبشی

در جوش نبشی نیازی به آماده‌سازی اتصالات وجود ندارد. در اتصال نبشی، اگر جوشکاری پیوسته، استحکامی بیش از مقدار مورد نیاز برای تحمل بار فراهم کند، می‌توان اتصال را به‌صورت مقطعی جوشکاری کرد. جهت کاهش تمرکز تنش و بالا بردن استحکام اتصالات، به‌طور معمول از ترکیبی از دو نوع جوشکاری نبشی و جناقی استفاده می‌گردد. حداقل تمرکز تنش در روی سطح جوش زمانی که سطح جوش به شکل گرده‌دار و مقعر است.

الکترود

مناسب‌ترین قطر الکترود، قطری است که الکترود با استفاده از جریان و سرعت حرکت مناسب، در حداقل زمان، مکان موردنظر را جوشکاری نماید. ضخامت الکترود انتخابی، تا حد زیادی به ضخامت موادی که جوشکاری می‌شوند، وضعیت جوشکاری و نوع اتصال بستگی دارد. در جوشکاری مواد ضخیم‌تر و یا جوشکاری در شرایط مسطح جهت استفاده از مزایای سرعت‌های نفوذ بالاتر و زمان کمتر از الکترودهای با قطر بیشتر استفاده می‌شود. همواره باید از ضخیم‌ترین الکترود ممکن، که تأثیر منفی روی محدوده گرمای ورودی یا میزان رسوب جوش ندارد، استفاده شود. جوش‌هایی که از حد نیاز بزرگ‌تر باشند، هزینه‌های بیشتری در برداشته و حتی در برخی موارد باعث زیان می‌شوند. هرگونه تغییر ناگهانی در اندازهٔ مقاطع مختلف یا درحالت و شکل جوش، باعث ایجاد نقاط تمرکز تنش می‌گردد. بهترین اندازه الکترود، اندازه‌ای است که هنگام استفاده از آن با سرعت و حرکت و جریان مناسب مکان مورد نظر در حداقل زمان، جوشکاری شود.

جریان جوشکاری

جریان مستقیم همواره قوسی یکنواخت‌تر و در نتیجه انتقال روان‌تر از جریان

متناوب برقرار می‌کند و جریان جوشکاری متناوباً تغییر نمی‌کند. اکثر الکترودها در قطبیت مستقیم با جریان مثبت عملکرد بهتری دارند و قطبیت معکوس بیشتری ایجاد می‌کند، در حالی که قطبیت مستقیم سرعت ذوب الکترود را افزایش می‌دهد. هنگام جوشکاری در موقعیت بالای سر، عمودی و جوشکاری با قوس کوتاه جوشکاری با جریان مستقیم ترجیح داده می‌شود. هنگام انتقال فلز مذاب در طول قوس، احتمال کوتاه شدن یا قطع‌شدن جریان مستقیم کمتر می‌باشد.

شدت جریان

با افزایش جریان، سرعت رسوب افزایش می‌یابد. محدودهٔ جریان و به تبع آن سرعت رسوب از هرنوع و طبقهٔ الکترودی، با الکترود هم اندازه در طبقهٔ دیگر، متفاوت است. جریان بهینه در یک نوع و اندازهٔ معین الکترود به فاکتورهای زیادی از جمله موقعیت جوشکاری و نوع اتصال بستگی دارد. جریان جوشکاری باید به اندازه‌ای باشد، که باعث ذوب و نفوذ مناسب شده و همچنین قابلیت کنترل مناسب بر روی حوضچهٔ جوش در حین جوشکاری وجود داشته است. در جوشکاری در وضعیت‌های عمودی و بالای سر، لازم است کمترین جریان مجاز برای جوشکاری انتخاب شود، نباید از جریان بالاتر از محدودهٔ توصیه شده استفاده شود. این امر باعث ایجاد گرمای بیش از حد در الکترود، ایجاد جرقه‌های زیاد، وزش قوس، بریدگی کنارهٔ جوش و ترک در فلز جوش می‌شود.

طول قوس

طول قدس، فاصله بین نوک مذاب مفتول الکترود تا سطح حوضچهٔ مذاب جوش می‌باشد. طول قوس مناسب جهت ایجاد اتصال بی‌نقص، دارای اهمیت می‌باشد. انتقال فلز از نوک الکترود و حوضچه جوش فرایندی یکنواخت نیست؛ حتی هنگامی که طول قوس ثابت است، اختلاف پتانسیل لحظه‌ای قوس، هنگام انتقال قطرات ریز فلز ذوب شده در طول قوس تغییر می‌کند. ولی چنانچه در جوشکاری از جریان و طول قوس مناسب استفاده شود، هرگونه تغییر در اختلاف پتانسیل قوس به حداقل خواهد رسید. ایجاد این حالت مستلزم تغذیه ثابت و منظم الکترود می‌باشد. چنانچه طول قوس بیش از حد زیاد باشد، این امر باعث انحراف مسیر و کاهش قدرت قوس و در نهایت ایجاد جرقه‌هایی از فلز مذاب هنگام حرکت آن از سوی الکترود به سوی جوش، خواهد شد. درصورتی که میزان جرقه‌ها زیاد باشد، بازدهی رسوب‌گذاری کاهش می‌یابد. همچنین گاز و سربارهٔ حاصله از پوشش الکترود تأثیری در محافظت قوس و فلز جوش نخواهد داشت. نهایتاً این امر می‌تواند منجر به ایجاد تخلخل و ورود اکسیژن یا نیتروژن و یا هر دو به فلز جوش گردد.

سرعت حرکت

سرعت مناسب، سرعت حرکت الکترود در طول اتصال می‌باشد که در آن مهره جوشی با طرح و ظاهر مناسب ایجاد شود. سرعت حرکت تحت تأثیر فاکتورهایی مانند: قطبیت جریان جوشکاری، وضعیت جوشکاری، نرخ ذوب الکترود، ضخامت فلز پایه، شرایط سطحی فلز پایه، نوع اتصال، نصب اتصالات و مهارت در به‌کارگیری الکترود بستگی دارد. هنگام جوشکاری، سرعت جوشکاری باید به گونه‌ای تنظیم شود که قوس به آرامی حوضچهٔ جوش مذاب را هدایت می‌نماید. تا رسیدن به یک نقطه خاص، افزایش سرعت حرکت، درز جوش را باریک‌تر می‌کند و نفوذ را افزایش می‌دهد. پس از آن، بیشتر شدن حرکت باعث کاهش نفوذ، بی‌نظمی سطح جوش، ایجاد برش کنارهٔ جوش در لبه‌های جوش، مشکل شدن زدودن سرباره‌ها و محبوس شدن گاز (ایجاد تخلخل) در فلز می‌شود.

جهت گرفتن الکترود

جهت‌گیری الکترود با در نظر داشتن وضعیت کار و پخ جوش، کنترل کیفیت جوشکاری بسیار مهم است. زاویهٔ نامناسب الکترود می‌تواند باعث حبس سرباره، تخلخل و یا بریدگی کنارهٔ جوش شود. موقعیت مناسب الکترود، وابسته به نوع و اندازه الکترود، موقعیت جوشکاری و شکل هندسی اتصال می‌باشد.

جوشکار ماهر، همهٔ این عوامل را هنگام تعیین جهت‌گیری الکترود درنظر می‌گیرد. زاویهٔ حرکت، زاویه‌ای کمتر از ۹۰ درجه، بین سطح الکترود و سطح کار بوده و زاویهٔ کار نیز، زاویه‌ای است کمتر از ۹۰ درجه، بین یک خط عمود بر سطح قطعهٔ کار اصلی و صفحه‌ای که توسط محور الکترود و محور جوش تعیین می‌گردد. هنگامی که الکترود در مسیر جوشکاری قرار می‌گیرد، از روش جوشکاری پیش‌دستی استفاده می‌گردد. لذا به زاویهٔ حرکت، زاویهٔ فشار نیز گفته می‌شود. در جوشکاری پس‌دستی، الکترود برخلاف مسیر جوشکاری حرکت می‌کند. لذا به زاویهٔ حرکت در این حالت، زاویهٔ کشیدن نیز گفته می‌شود. موقعیت صحیح الکترود باعث اعمال کنترل خوب روی حوضچهٔ جوش مذاب، نفوذ مطلوب و ذوب کامل فلز پایه می‌گردد. درحالی‌که زاویهٔ حرکت بزرگ باعث ایجاد درز جوش مقعر، بد شکل و یا نفوذی ناکافی می‌شود، زاویهٔ حرکت کوچک باعث تجمع سرباره می‌گردد و در حالی‌که زاویهٔ کار بزرگ می‌تواند باعث سوختن کنارهٔ جوش شود، زاویهٔ کار کوچک می‌تواند باعث ایجاد ذوب ناقص گردد.

وزش (انحراف) قوس

هنگام جوشکاری مواد مغناطیسی (آهن و نیکل) با جریان مستقیم ممکن است وزش قوس رخ می‌دهد. در جوشکاری با جریان متناوب کمتر است. وزش قوس می‌تواند منجر به ذوب ناقص و تولید جرقه‌های زیاد شود. همچنین وجود وزش در

قوس می‌تواند مانع از اجرای جوشکاری مطلوب گردد. هنگامی که از الکترودهای پودر آهنی و یا سایرِ الکترودهایی که سربارهٔ زیاد تولید می‌کنند استفاده می‌شود، وزش قوس مخصوصاً وزش به سمت جلو، می‌تواند بسیار مشکل‌ساز باشد. این امر به سرباره‌های مذاب موجود در محدودهٔ داخلی پخ و دهانهٔ جوش، اجازه می‌دهد که به سمت جلو تا زیر قوس حرکت کنند.

وزش قوس در این شرایط به علت تأثیرات میدان مغناطیسی غیریکنواخت به وجود می‌آید. هنگامی که تمرکز میدان مغناطیسی در یک سمت قوس از سمت دیگر قوی‌تر باشد قوس به سمت میدان قوی‌تر، خم می‌شود. منشأ این میدان مغناطیسی در قانون الکتریکی زیر بیان شده است. براساس این قانون، رسانای حامل جریان الکتریکی در اطراف خود خطوط مدوری از میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. این خطوط میدان بر صفحهٔ حامل رسانا عمود بوده و مرکز آن محور رسانا می‌باشد. در هنگام جوشکاری، این میدان مغناطیسی، روی قطعهٔ فولادی و در طول شکاف جوش قرار می‌گیرد. میدان مغناطیسی روی صفحه مشکلی ایجاد نمی‌کند؛ اما تمرکز نامساوی آن در طول شکاف یا اطراف قوس باعث خم شدن قوس به سمت تمرکز قوی‌تر می‌گردد. به جز مواردی که وزش قوس بسیار شدید است مراحل اصلاحی خاصی وجود دارد که می‌تواند وزش را از بین برده یا حداقل، شدت آن را کاهش دهد. برای این کار انجام چند یا تمام اقدامات زیر لازم است:

۱ تا جائی که ممکن است باید اتصال به زمین را دور از درزی که باید جوشکاری شود، قرار داد.

۲ اگر مشکل وزش قوس به‌سمت عقب وجود داشته باشد، می‌توان کابل اتصال به زمین را در ابتدای جوش قرار داده و جوشکاری را به‌صورت خال جوش‌های سنگین ادامه داد.

۳ اگر مشکل وزش قوس به سمت جلو وجود داشته باشد، باید اتصال به قطعهٔ کار را در انتهای درز جوش قرار داد.

۴ باید الکترود را طوری قرار داد که نیروی قوس، انحراف قوس را خنثی کند.

۵ باید از کوتاه‌ترین قوس ممکن استفاده شود. این امر به بی‌اثرکردن انحراف قوس توسط نیروهای قوس، کمک می‌کند.

۶ باید جریان جوشکاری کاهش داده شود.

۷ می‌توان جوشکاری را با خال جوش با استفاده از قسمت اضافی انتهایی ادامه داد.

۸ لازم است از جوشکاری مرحله‌ای به‌صورت چپ‌دستی استفاده شود.

۹ می‌توان از جریان متناوب برای جوشکاری استفاده کرد که البته ممکن است به این دلیل، لازم باشد. الکترود جوشکاری نیز تعویض گردد.

۱۰ پیچیدن سیم اتصال به‌زمین به دور قطعهٔ کار جهت برقراری میدان مغناطیسی، می‌تواند از انحراف قوس جلوگیری کند.

جلسه بیست و هفتم

انجام جوشکاری

فعالیت

هدف از انجام این فعالیت ایجاد اتصال مناسب جهت تشکیل یک سپری است لذا باید در ابتدا قطعاتی با ابعاد ۱۰۰×۵۰×۵ استفاده شود. سپس طبق نقشه و پس از تمیزکاری ابتدا نقشه محل اتصال دو قطعه را تحت زاویه ۹۰ با گونیا تنظیم کنید. سپس دو طرف قطعه کار را تک خال بزنید. سپس مجدداً با گونیا زاویه اتصال را چک و تنظیم کنید. نکات مهارتی این جوشکاری را در حین جوشکاری تک خال زدن و غیره به هنرجو متذکر شوید. در حین جوشکاری زاویه بین الکترود به قطعه کار را تنظیم کنید و اهمیت آن را برای هنرجو توضیح دهید. لازم است پس از تمیزکاری گل جوش در پاس اول جوشکاری در پاس دوم را انجام دهید. در مورد اهمیت آن و مشکلات حاصل از باقی ماندن گل جوش در پاس‌های بعدی توضیحات کافی را برای هنرجو بدهید.

فعالیت

قطعه کاری مطابق شکل از یک صفحه ۲۰۰×۲۰۰×۵ تهیه کنید و سپس دو برش از یک لوله به قطر ۱۰۰ و ۵۰ میلیمتر را مطابق شکل جوشکاری کنید.

ارتقای کیفیت محصول جزئی از عملیات کیفی محسوب می‌شود. توسعه و تحقیقات زیادی برای ارتقای کیفیت محصول انجام می‌گیرد تا رضایت مشتری را افزایش دهند. باید در تولید رضایت مشتری را، در اولویت‌های فرایند قرار داد. افزایش رضایت مشتری ناشی از شرایط فنی محصول و توسعه ویژگی‌های آن است. لذا تکمیل کاری به صورت یک واحد مستقل جهت رفع نواقص و بهبود شرایط کاری و براساس تحقیقات و توسعه فنی اجتماعی انجام می‌گیرد.

دانش افزایی

عیوب جوش (Welding Defect)

در مقاله قبل درخصوص آشنایی با WPS مواردی ذکر گردید. توجه داشته باشید عدم رعایت هر بند از WPS موجب به‌وجود آمدن عیوبی در جوش خواهد بود که عمده‌ترین آنها را در این بخش شرح خواهیم داد.

روی هم افتادگی جوش(Overlap)

روی‌هم افتادگی، فلز جوش اضافی در پنجه جوش است که روی سطح فلز پایه را پوشانیده بدون آنکه آمیختگی با آن داشته باشد. یا به‌عبارت بهتر به‌حالتی گفته می‌شود که لبه کناری جوش بیش از حدمتعارف برروی سطح قطعه کار و لبه اتصال پیشروی نماید و بر اثر عواملی همچون عدم کنترل عوامل جوشکاری و پارامترهای الکتریکی از قبیل شدت جریان و ولتاژ جوشکاری، انتخاب نادرست مواد مصرفی جوش یا آماده‌سازی نامناسب سطح فلز پایه روی می‌دهد. اگر اکسیدها محکم به فلز پایه چسبیده باشند به‌طوری‌که از ادغام و امتزاج جلوگیری نمایند این حالت قابل پیش‌بینی است. سر رفتن جوش، انفصالی سطحی است که شیار مکانیکی تشکیل می‌دهد و تقریباً همیشه ازنظر بازرسین غیر قابل قبول است.

بریدگی کناره‌ای(Undercut)

بریدگی کناره، شیاری در پنجه یا در ریشه زنجیره جوش ناشی از جوشکاری است. بریدگی کناره می‌تواند پیوسته یا منقطع باشد. بریدگی کناره جوش معمولاً بر اثر تکنیک اشتباه جوشکاری یا به علت زیادی شدت جریان جوشکاری یا هر دو اتفاق می‌افتد. بریدگی کناره جوش، شیاری است درون فلز پایه که کنار پنجه یا ریشه جوش ذوب گردیده و با فلز جوش پر نشده است. این بریدگی شیاری مکانیکی ایجاد می‌کند که متمرکزکننده تنش‌ها می‌شود. اگر عوامل مؤثر در تشکیل بریدگی کناره جوش کنترل شوند و شیار عمیق و تیز به‌وجود نیاید، این عیب برای بارگذاری استاتیک نگران‌کننده نخواهد بود.

آخال‌های سرباره‌ای (Slag Inclusion)

مواد غیرفلزی جامدی هستند که در فلز جوش یا بین فلز جوش و فلز پایه حبس شده‌اند و بیشتر در جوش‌هایی که با فرایندهای قوسی دستی یا زیرپودری جوشکاری شده‌اند، یافت می‌شود. در کل آخال‌های سرباره بر اثر عیوب تکنیک جوشکاری، عدم طراحی مناسب اتصال و یا عدم تمیزکاری سطح جوش بین دو پاس پدید می‌آید. معمولاً سرباره مذاب به سمت سطح جوش حرکت می کند. شیارهای تیز در سطوح میانی جوش یا بین پاس‌ها سبب حبس سرباره در زیر فلز مذاب جوش می‌شوند. آخال سرباره بسته به وضعیت تشکیلش ممکن است

به‌صورت‌های گوناگونی از نظر پراکندگی و محل تشکیل در نزدیکی اتصال باشد.

آخال‌های تنگستنی (Tungsten Inclusion)

ذرات تنگستنی محبوس شده در فلز جوش جوشکاری قوسی تنگستنی با الکترود تنگستنی برای برقراری قوس بین الکترود و جوش می‌باشد و مشخصه بارز فرایند جوشکاری با قوس تنگستنی(GTAW) به حساب می آید. در این فرایند از الکترود تنگستنی برای برقراری قوس بین الکترود و جوش یا فلز پایه استفاده می شود. اگر الکترود تنگستنی در مذاب فرو رود یا اینکه جریان قوس آن‌قدر بالا رود که تنگستن ذوب شده و قطره قطره در حوضچه جوش فرود آید، آخال‌های تنگستنی حاصل خواهد شد. آخال‌های تنگستنی روی فیلم‌های پرتونگاری به‌صورت علائم و نقاط خیلی روشن دیده می شوند زیرا چگالی تنگستن بیشتر از فولاد یا آلومینیوم است. در نتیجه اشعه را بیشتر جذب خواهد کرد. تقریباً مابقی ناپیوستگی‌ها و عیوب در آزمون پرتونگاری به شکل نقاط تیره و تاریک مشاهده می‌شوند.

ذوب ناقص(Lack of fusion)

ذوب ناقص، عدم یکپارچگی بین فلز جوش و فلز پایه یا فلز جوش با فلز جوش است. این عیب به یکی از صورت‌های زیر ظاهر می‌شود:

- ذوب ناقص دیواره جانبی
- ذوب ناقص بین پاسی
- ذوب ناقص در ریشه

ذوب ناقص نتیجه تکنیک نادرست جوشکاری، آماده‌سازی غلط فلز پایه یا طرح اتصال نامناسب است. علت ذوب ناقص (عدم ادغام کامل) عبارت‌است از کم بودن حرارت جوشکاری یا فقدان راهیابی به همه سطوح ادغام یا هر دو. چسبندگی شدید اکسیدها حتی اگر مسیر مناسبی جهت دستیابی به سطوح فراهم شود و حرارت کافی تأمین شود باز هم مانع ادغام کامل خواهد شد.

عدم نفوذ کامل (Lack Of Penetration)

نفوذ ناقص، عدم ذوب بین فلز پایه و فلز جوش به‌خاطر نرسیدن فلز جوش به داخل ریشه اتصال است. در این حالت هیچ‌یک از دیواره‌های دو طرف قطعه از قبل ماشین‌کاری شده ذوب نخواهد شد و بدون تغییر ناشی از ذوب و حرارت باقی خواهد ماند. نقطه‌ای که عدم نفوذ و ادغام در آن روی داده است با ناپیوستگی به‌نام نفوذ ناقص معرفی می‌شود. حرارت ناکافی، طرح اتصال نامطلوب یا هدایت جانبی قوس جوشکاری به‌شکل نادرست، از جمله عواملی هستند که موجب بروز نفوذ ناقص می شوند. بعضی فرایندها نسبت به بعضی دیگر قادرند نفوذ بیشتری ایجاد کنند. اتصالاتی که باید از هر دو طرف جوشکاری شوند، بعد از جوشکاری یک طرف و قبل از جوشکاری طرف دیگر، برای اطمینان از عدم نفوذ ناقص

آن را می‌توان شیارزنی (Back Gouging) نمود. جوش‌های لوله، خصوصاً در معرض چنین ناپیوستگی هستند زیرا اکثر اوقات دسترسی به داخل لوله مقدور نمی‌باشد. در چنین مواردی طراحان عمدتاً برای کمک به جوشکاران تسمه یا پشت بندهای مصرفی را پیشنهاد می‌کنند. جوش‌هایی را که باید نفوذ کافی داشته باشند به‌وسیله بعضی بازرسی‌های غیر مخرب آزمایش می‌کنند. این مسئله در مورد پل‌ها، خطوط لوله، قطعات تحت فشار و کاربردهای هسته‌ای صدق می‌کند. مقدار نفوذ لازم در هر اتصال در نقشه‌ها معین می‌شود. به‌دست آوردن نفوذ لازم به قابلیت دسترسی منبع حرارتی و فلز پرکننده به محل جوشکاری بستگی دارد. نفوذ ناقص ممکن است از طراحی نادرست درز جوش ناشی شود. بسیاری از طراحان برای اطمینان از عدم وجود نواحی با نفوذ ناقص در ریشه جوش، شیارزنی صد درصد پشت جوش و جوشکاری مجدد را تجویز می‌کنند. در ساختمان پل‌ها، اتصال جوشی که مقدار معینی نفوذ داشته باشد، از نظر طراحی مورد قبول نیست مگر آنکه با انجام آزمایشات غیرمخرب از سلامت جوش اطمینان حاصل شود. منظور از شکل ناقص، شکل ناقص سطح خارجی جوش یا نقص در شکل هندسی اتصال است.

نفوذ اضافی (Excessive Penetration)

نفوذ اضافی، فلز جوش اضافی بیرون زده از ریشه جوش یک طرفه یا بیرون زده از فلز جوش قبلی اتصال یک یا چند پاسه است. بیرون‌زدگی موضعی (Local Protrusion) نفوذ اضافی موضعی است.

تخلخل (Porosity)

تخلخل در نتیجه حبس گاز هنگام سرد شدن جوش به‌وجود می‌آید. تخلخل معمولاً کروی است ولی احتمال تخلخل‌های طولی نیز وجود دارد. حفره‌های گازی در قطعات چدنی شاید به‌شکل لایه به لایه نیز پیدا شوند. تخلخل هرچقد هم زیاد باشد، به اندازه ناپیوستگی‌های تیز که موجب تمرکز تنش می‌شوند، خطرناک نخواهد بود. تخلخل زیادی نشانه آن است که عوامل جوشکاری، مواد مصرفی یا طراحی اتصال به‌درستی کنترل نشده است. یا فلز پایه آلوده و کثیف بوده و یا فلز پایه و فلز جوش با یکدیگر سازگاری کافی ندارند. تخلخل منحصراً ناشی از هیدروژن نیست ولی وجود تخلخل بیانگر وجود هیدروژن درجوش و ناحیه حرارت دیده است که در آلیاژهای آهنی احتمال ترک خوردن قطعه را زیاد می کند.

تخلخل یکنواخت (Uniformly Porosity)

تخلخل با پخش یکنواخت، تعدادی منفذ گازی پخش شده به‌صورت یکنواخت با الگوی پراکندگی همسان در سرتاسر فلز جوش است. اگر این‌گونه تخلخل در جوش بیش از حد وجود داشته باشد بیشتر به دلیل عیب روش جوشکاری یا نقص

در مواد است. روش آماده سازی محل اتصال یا موادمصرفی می تواند در مواردی موجب بروز تخلخل شود. اگر جوشی آهسته‌تر از حد لازم سرد شود، حجم زیادی از گازها حین انجماد خارج می‌شوند و درنتیجه حفره‌های کمی در جوش باقی خواهد ماند.

تخلخل خوشه‌ای(Cluster Porosity)

تخلخل موضعی یا خوشه‌ای، حفره‌هایی هستند که در یک محل مجتمع شده و اکثراً ناشی از برقراری و قطع نادرست قوس حین انجام عملیات جوشکاری می باشد.

تخلخل خطی(Linear Porosity)

یکسری حفره‌های باریک می‌باشند که بیشتر در طول سطوح میانی جوش، گرده جوش یا نزدیک به ریشه جوش بوجود می آیند. تخلخل خطی، خطی از منفذهای گازی می باشد که بصورت موازی با محور جوش واقع شده‌اند. به‌هنگام جوشکاری به علت آلوده بودن محل، گازهای حاصله به وضعیت‌های فوق الذکر رانده می‌شوند.

تخلخل خطی(Linear Porosity)

تخلخل لوله‌ای یا حفره طویل شده (Elongated Cavity) حفره‌ای گازی و طویل است این حفره غیرکروی بزرگ، بعد بزرگش تقریباً موازی با محور جوش است. تخلخل لوله ای در جوش‌های گوشه‌ای از ریشه به‌طرف سطح جوش امتداد دارد. وقتی که یک یا دو حفره در سطح جوش مشاهده شود، سنگ‌زنی دقیق می‌تواند تخلخل‌های زیرسطحی را نیز آشکار سازد. بخش عمده این تخلخل‌ها کاملاً تا سطح جوش امتداد پیدا نمی‌کنند.

ترک‌ها (Cracks)

ترک ناپیوستگی به‌وجود آمده به‌وسیله پارگی موضعی است، که می‌تواند ناشی از سرد شدن یا تنش باشد. جوش و فلز پایه زمانی ترک می‌خورند که تنش‌های موضعی به‌وجود آمده از مقاومت تسلیم فلز بیشتر شود. ترک خوردگی همواره با افزایش تنش در نزدیکی ناپیوستگی‌های فلز جوش و فلز پایه یا نزدیک شیارهای مکانیکی که در طراحی اتصال پیش‌بینی شده اند، همراه است. تنش‌های باقیمانده و هیدروژن از عوامل ایجاد ترک‌ها به حساب می‌آیند. ترک‌های ناشی از جوشکاری که ذاتاً شکننده هستند در مرزهای ترک، تغییر شکل دائمی کمی نشان می‌دهند. ترک‌ها به دو دسته گرم و سرد تقسیم می‌شوند. ترک گرم در خلال انجماد مذاب، شکل می‌گیرد و ترک سرد (تأخیری) بعد از آنکه فرایند انجماد کامل شد شروع خواهد شد. ترک‌های سرد که بعضاً ترک‌های تأخیری نیز نامیده می‌شوند با هیدروژن شکننده ارتباط خاصی دارند. ترک‌های گرم در مرزدانه‌ها منتشر می‌شوند ولی ترک‌های سرد هم در مرزدانه‌ها تشکیل می‌شوند و هم ممکن است از مرزدانه‌ها گذشته و گسترش یابند.

ترک‌های طولی (Longitudinal Cracks)

در فرایندهای جوشکاری زیر پودری که معمولاً با سرعت زیادی همراه است به‌چشم می‌خورد و گاهی تخلخل که معمولاً در ظاهر جوش قابل مشاهده نمی‌باشد در آنها روی می‌دهد. ترک‌های طولی در جوش‌های کوچک و کم‌حجم بین قسمت‌های بزرگ و حجیم ناشی از آهنگ سریع سرد شدن و درگیری یا در مهار بودن قطعات است. ترک طولی اساساً موازی با محور جوش است به‌چهار صورت واقع می‌شود:

- در فلز جوش
- در مرز جوش
- در منطقه تأثیر حرارت
- در فلز پایه

ترک‌های عرضی(Transverse Cracks)

ترک عرضی اساساً عمود بر محور جوش است و بیشتر ناشی از تنش‌های فشاری عمود بر جوشی است که قابلیت نرمی زیادی ندارد. ترک‌های عرضی ممکن است در مناطق زیر واقع شوند.

- در فلز جوش
- در منطقه تأثیر حرارت
- در فلز پایه

ترک‌های چاله جوش(Transverse Cracks)

ترک چاله، ترک انتهای خط جوش است و زمانی رخ می‌دهد که جوشکاری به‌درستی و به‌خوبی به پایان نرسد. گاهی به این ترک نیز ترک ستاره‌ای اتلاق می‌شود. ترک چاله جوش، ترک انقباضی بوده و معمولاً از قطع ناگهانی قوس ناشی می‌شود.

فرورفتگی(Concavity)

فرورفتگی جوش ممکن است در سطح جوش (External Porosity) و یا در ریشه جوش به نام (Internal Concavity) رخ دهد.

تحدب اضافی (Convexity)

تحدب اضافی، فلز جوش اضافی در رویه جوش گوشه‌ای است. حداکثر فاصله عمودی بین کمان گرده جوش گوشه‌ای تا خطی که شیب‌های دو طرف را به هم وصل می‌کند (وتر مثلث جوش)، تحدب نامیده می‌شود. این عیب صرفاً مختص جوش‌های گوشه‌ای است و در سایر انواع طرح اتصال مطرح نمی‌باشد.

سوختگی داخلی (Burn Through)

این عیب در حقیقت فروپاشی حوضچه جوش است که سوراخی در جوش یا در کنار جوش ایجاد کرده باشد. تشخیص منطقه این عیب از اطراف چندان دشوار نیست چراکه عمدتاً به شکل دایره‌ای تیره (سوخته) و با سطحی پایین‌تر از مناطق اطراف خود ظاهر می‌شود.

پرنشدگی (Underfill)

پرنشدگی عبارت‌است از فرورفتگی سطح جوش که تا پایین‌تر از لبه قطعه کار امتداد داشته باشد. این عیب در اثر عدم دقت جوشکار در پرکردن کامل طرح اتصال بوجود می‌آید.

واحد یادگیری ۲

تعمیر قطعات ریختگی

جلسه بیست و هشتم

آماده سازی قطعه ریختگی

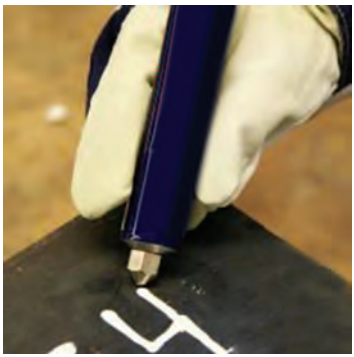
تدریس با استفاده از ویدئو پروژکتور و نرم‌افزار پاورپوینت انجام شود.
در ابتدا مقدمه‌ای از فرایند ریخته‌گری توضیح دهید سپس عملیات پایان و تکمیلی را یادآوری کنید. آماده‌سازی قطعه را توضیح دهید و به یادآوری مباحث در مرحله کار قبلی اشاره شود. در ادامه روش‌های آماده‌سازی را یادآور شوید و به ابزار موردنیاز درهر مرحله اشاره کنید.

آماده سازی قطعه ریختگی (عمل)

برای انجام این مرحله کار از قطعه‌های معیوب و بازرسی شده مرحله قبل که دارای عیوب سطحی هستند، استفاده شود. ابتدا نکات ایمنی و خطرات ممکن که در طی انجام کار ممکن است برای هنرجو رخ دهد را گوشزد کنید. همچنین به راه‌های کمک‌رسانی درصورت بروز حادثه اشاره کنید. ابتدا یکی از قطعه‌ها که دارای حفرات انقباضی و گازی سطحی است یا بر روی سطوح آن ترک‌های سطحی وجود دارد را انتخاب کنید و برای نمونه روی آن عملیات آماده سازی انجام دهید. ابتدا با ابزار مناسب مانند: قلم و چکش، برس سیمی، فرچه سیمی و ... ماسه زنی را انجام دهید. در ادامه سیستم راهگاهی و تغذیه و سایر اضافات را با استفاده از کمان اره یا سنگ فرز جدا سازید. پس از آن با سوهان یا سنگ فرز صفحه‌ساب سطوح قطعه را پلیسه‌زنی کنید. در ادامه قطعه را درون تخت ماسه‌زنی قرار دهید و سطوح قطعه را پرداخت کنید. سپس قطعه را مورد مشاهده قرار دهید تا قسمت‌هایی که مجدداً نیاز به آماده‌سازی دارند را به کیفیت سطح مناسب برسانید. درصورت بروز یا مشاهده عیبی در هریک از مراحل فوق الذکر آن قسمت را با متال مارکر علامت بزنید.

دانش افزایی متال مارکر

متال مارکرها یا ماژیک‌های فلز قابل نوشتن در فلزات می‌باشند که جهت درج کردن خط، علائم و نوشته روی فلزهای سرد و داغ مورد استفاده قرار می‌گیرد و مانع از پاک شدن می‌شود، متال مارکرها در رنگ‌های سفید، نقره‌ای، زرد، قرمز و سبز مشکی موجود می‌باشد. این ماژیک‌ها قابلیت تحمل دما تا ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه تحمل گرما را دارند. این ماژیک‌ها دارای نوکی گرد، با قابلیت خشک‌شوندگی فوری می‌باشند.



جلسه بیست و نهم

آماده‌سازی قطعه ریختگی معیوب

تدریس با استفاده از ویدئو پروژکتور و نرم‌افزار پاورپوینت انجام گیرد.
در ابتدا مقدمه‌ای از تولید به روش ریخته‌گری و اهداف آن ذکر شود، سپس به‌طور خلاصه به انتظارات از قطعه تولیدی اشاره شود. در مورد احتمال بروز عیوب ریختگی توضیحات خلاصه‌واری بیان و به‌طور خلاصه مواجه با قطعه معیوب ریختگی امری عمومی درتولید معرفی شود. در حین بیان مقدمه پیامدهای اقتصادی، زیست محیطی و اثرات روحی و روانی ناشی از بروز عیوب ریختگی را به تفصیل شرح دهید به‌طوری که هنرجو نسبت به بار روانی و اقتصادی ناشی از بروز عیب مطلع گردد. سپس مختصراً در مورد اعمال سطوح استاندارد در هر یک از مراحل تولید و چگونگی تعمیر قطعات ریختگی معیوب توضیحی داده شود. در حین توضیح مطالب فوق از ورود به جزئیات خودداری شود و تنها به‌صورت خلاصه به هرکدام از مباحث اشاره شود. نحوه ارائه مطالب تنها از تعامل بین هنرآموز و هنرجو از طریق بیان شفاهی مطالب و عناوین انجام گیرد. در ادامه، مراحل تولید در ریخته‌گری و تأثیر هر مرحله در بروز عیب ریختگی را بیان کنید. اشاره شود که تنها معیار پذیرش قطعه به‌دست آوردن استانداردهای لازم است. ضمناً به قابلیت تغییر استاندارد و همچنین سطح استاندارد بر اساس معیارهای حاکم مانند رضایت مشتری، حساسیت کاربرد و تکنولوژی موجود و در دسترس اشاره شود. در فعالیت از هنرجو بخواهید رده‌های مختلف شغلی را درنظر بگیرد و نقش نیروی انسانی را در بروز عیوب ریختگی بررسی کند. سپس عیوب به‌وجود آمده در هرکدام از مراحل تولید را مدنظر قرار داده و مورد بررسی قرار دهد. سپس تأثیر مستقیم و یا غیرمستقیم آن را در جدول لحاظ کند. از هنرجو خواسته شود چرا هر کدام از اثرات مستقیم یا غیرمستقیم را منتسب کرده است.
سپس عیوب را براساس محل بروز تقسیم‌بندی کرده و هریک را مشخص کنید. آنگاه عیوب را بر حسب محل بروز نام ببرید. در ادامه به اهمیت کنترل فنی اشاره شود و مراحل کنترل فنی و بازرسی توضیح داده شود. لازم است به کنترل کیفی مرحله به مرحله در هر یک از بخش‌های تولید اشاره شود و همچنین به کنترل و بازرسی نهایی نیز اشاره شود. سپس سایر روش‌های تقسیم‌بندی عیوب و در نهایت به تقسیم‌بندی برحسب تقسیم‌بندی ۷ گانه اشاره شود و برای هر دسته عیوبی را با مثال نام ببرید. در ادامه هر کدام از عیوب آورده را تعریف، محل بروز، رفتار متالورژیکی و اثرات آن، علل بروز و راه‌های پیشگیری آن را توضیح دهید.

دقت شود با استفاده از تصاویر می‌توان این عیوب را به‌خوبی توضیح داد. سپس هنرجویان در کارگاه کامپیوتر حضور یافته و با استفاده از کلمات کلیدی آورده شده در راهنمای جدول فعالیت به جستجو در اینترنت پرداخته و اقدام به تکمیل جدول کنند. در ادامه در کارگاه ریخته‌گری حضور پیدا کرده و با مراجعه به قطعات ریختگی موجود در انبار عیوب ظاهری توسط هنرجو ارزیابی و مورد مطالعه قرار گیرد. لازم است هنرجویان پس از تشخیص عیوب، مطالعه و تحقیق در مورد هر عیب اقدام به تکمیل جدول فعالیت مربوطه کنند و در نهایت با تهیهٔ عکس و در قالب یک فایل پاورپوینت ارزیابی خود را در کلاس ارائه دهند. چنانچه عیبی در مباحث مطرح نشده باشد درصورتی که لازم می‌دانید در کارگاه در قالب فعالیت به هنرجو جهت تحقیق واگذار شود.

استاندارد (دانش افزایی)

وضع قوانین و مقرارت برای تعیین کیفیت و مشخصات مطلوب یک کالا یا قطعه را استاندارد می‌گویند. همچنین داشتن نظم و معیار و تعیین و رعایت حدود و اندازه‌ها برای حفظ کیفیت محصول بسیار ضروری و مفید است. در امور اجتماعی و اقتصادی و به‌ویژه امور صنعتی به این حد و اندازه‌ها استاندارد می‌گویند. استانداردها برحسب گستردگی، دارای پنج سطح کارخانه‌ای، شرکتی، ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی هستند. سازمان ملی استاندارد کشور ایران تدوین‌کننده قوانین و قواعد مرتبط با استاندارد و اجراکننده و نظارت‌کننده بر آنها می‌باشد. سازمان استاندارد ایران دارای ساختار دولتی به‌صورت زیرمجموعه نهاد ریاست جمهوری است. وظیفهٔ اصلی این سازمان، تدوین و نشر استانداردهای ملی، انجام تحقیقات به‌منظور تدوین استاندارد، بالا بردن کیفیت کالاهای تولید داخلی، ترویج استانداردهای ملی، نظارت بر اجرای استانداردهای اجباری، کنترل کیفی کالاهای صادراتی مشمول استاندارد اجباری و جلوگیری از صدور کالاهای نامرغوب به منظور فراهم نمودن امکانات رقابت با اجناس خارجی می‌باشد.

کارعملی

آماده سازی قطعه عمل

یک قطعه چدنی و یک قطعه آلومینیومی از مراحل قبل را تهیه و سپس با استفاده از آزمون بازرسی چشمی و آزمون مایع نافذ مورد بررسی قرار دهید. سپس درصورت بروز عیوب سطحی قابل تعمیر، محل مناسبی را جهت انجام تعمیر درنظر بگیرید.

اثر مویینگی(دانش افزایی)

اثر مویینگی یا مویسانی یعنی تمایل مایعات برای بالا رفتن یا پایین ماندن در لوله‌هایی با قطر کم است. مویسانی یا مویینگی نتیجهٔ چسبندگی مایع به کناره‌های لوله و کشش سطحی مایع است. مایعی که یک لوله مویین را مرطوب کند، بالا خواهد رفت. اگر یک مایع لوله را مرطوب نکند، پایین می‌رود (مرطوب کردن لوله به این معنی است که همانند آب که به شیشه به صورت قطره قطره می‌چسبد، بین مولکول‌های مایع و لوله چسبندگی وجود داشته باشد). هر چقدر قطر لوله کمتر باشد، مایع بهتر بالا یا پایین می‌رود. با بالا رفتن دما نیز میزان بالا رفتن یا پایین رفتن یک مایع کاهش می‌یابد.

وقتی که گوشه یک دستمال کاغذی با آب ریخته شده تماس پیدا می‌کند، اثر مویینگی را می‌توان مشاهده کرد. آب، زود به دیگر قسمت‌های دستمال گسترش می‌یابد زیرا فیبرهای بی‌قاعده قرار گرفته، دارای فضاهایی بین خود هستند که همانند لوله‌های مویین عمل می‌کنند. عمل خشک کردن یک حوله حمام نیز نتیجه مویینگی است. نفت چراغ هم در فیتیله آن به‌علت اثر مویینگی بالا می‌رود. خاک متراکم هم دارای فضاهایی بسیار کوچک و پیوسته می‌باشد، که آب به علت اثر مویینگی تمایل دارد که از طریق آنها بالا بیاید. هنگامی که آب به سطح خاک می‌رسد به‌وسیله بخار شدن وارد هوا می‌شود.

دانش افزایی انواع روش‌های تماس مایع نافذ در آزمون PT

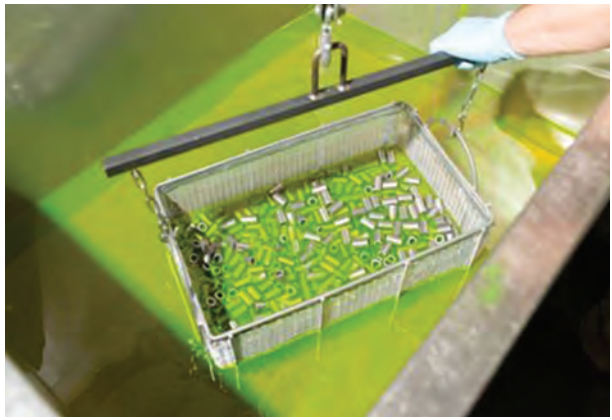
مالیدن

مایع نافذ را به‌وسیله کهنه پارچه‌ای پنبه‌ای و یا برس بر روی سطح قطعه قرار می‌دهند.

مالیدن مایع نافذ

غوطه‌وری

کل نمونه به داخل یک مخزن که دارای مایع نافذ است فرو برده می‌شود به‌صورتی که کل نمونه مورد بازرسی در درون مایع نافذ غوطه‌ور باشد. این شیوه از اعمال مایع نافذ معمولاً برای بررسی چندین قطعه نسبتاً کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد.



غوطه ور در مایع نافذ

پاشش یا اسپری کردن

هنگامی که بخواهند قطعات را در محل، مورد بازرسی قرار دهند و یا قطعات تکی را بررسی کنند از این شیوه برای تماس قطعه با مایع نافذ استفاده می‌کنند. در این شیوه با استفاده از پمپ مدار بسته کم فشار و یا قوطی‌های پاششی پرفشار، مایع نافذ را به‌روی سطح قطعه به‌صورت اسپری پاشش می‌شود.

اسپری مایع نافذ

سیلابی

در این روش مایع نافذ با یک وسیله به‌راحتی بر روی سطح قطعه ریخته تا بر روی سطح آن جریان پیدا کند. از این شیوه برای بازرسی قطعاتی با سطوح بزرگ استفاده می‌کنند و فشار ریخته شدن و جریان پیدا کردن مایع نافذ بر سطح قطعه باید با فشار کمی صورت گیرد و باید از اینکه تمامی سطح قطعه مورد بررسی با مایع نافذ تماس داشته است، اطمینان حاصل کرد.

دانش افزایی مدت زمان جهت نفوذ مایع به ترک

جدول زیر مدت زمان نفوذ را برای محدوده‌هایی از درجه حرارت نشان می‌دهد. البته این مدت زمان معمولاً توسط تولیدکنندگان مایعات نافذ مشخص می‌شود. در دماهای بالاتر از ۵۰ و پایین‌تر از ۵ درجه سانتی‌گراد باید توجه خاص به توصیه‌های تولید کنندگان مایعات نافذ مبذول گردد.

جنس قطعه	نوع عیب	مدت زمان نفوذ (به دقیقه)	
		در ۱۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد	در ۵ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد
تمام فلزات	ترک های ناشی از عملیات حرارتی ترک های ناشی از سنباده زنی ترک های ناشی از خستگی	۳ تا ۵ ۷ تا ۱۰ ۷ تا ۱۰	۱۰ تا ۱۵ ۱۵ تا ۲۰ ۱۵ تا ۲۰
مواد مصنوعی و سرامیکی	ترک ها و تخلخل	۳ تا ۵	۱۰ تا ۱۵
قطعات چدنی	ترک های ناشی از انقباض سطح متخلخل جدایش ذرات ماده	۳ تا ۵ ۳ تا ۵ ۳ تا ۱۰	۱۰ تا ۱۵ ۱۰ تا ۱۵ ۱۰ تا ۲۰
قطعات فورج شده و قطعات نورد شده	ترک ها و دو لایه‌ای شدن شیار و شکاف	۷ تا ۲۰ ۷ تا ۲۰	۱۵ تا ۴۰ ۱۵ تا ۴۰
جوش آلومینیم، جوش فولاد	ترک ها و حفره ها	۳ تا ۵ ۷ تا ۲۰	۱۰ تا ۱۵ ۱۵ تا ۲۰

جلسه سی‌ام

پرکردن عیوب

ابتدا در مورد حفرات و عیوب و ترک‌های روی سطح قطعه در طی ریخته‌گری توضیح دهید. سپس تصویر مربوط به عیوب سطحی سیلندر اتومبیل را نشان دهید. در ادامه فیلم مربوط به تعمیر قطعه‌های ریختگی و اهمیت و تأثیر آن بر کاهش هزینه را نشان دهید. در ادامه روش‌های مختلف تعمیر قطعه‌های ریختگی را توضیح دهید. در هرکدام فعالیتی مطرح می‌شود که سعی در تعیین و انتخاب روش مناسب جهت تعمیر را معرفی می‌کند. در مورد روش بتونه‌کاری فیلمی پخش می‌شود که اهمیت و چگونگی این روش را توضیح می دهد. در ادامه هریک از روش‌های جوشکاری تعمیری متداول برای قطعات ریختگی شامل روش لحیم‌کاری، جوشکاری با الکترود دستی و روش اکسی استیلن را توضیح می‌دهد. سپس روش‌های تعمیری بدون نیاز به عملیات پس‌گرم را نیز معرفی کنید.

روش‌های جوشکاری تعمیری بدون نیاز به عملیات حرارتی (دانش‌افزایی)

روش هاف بید: در این روش آماده‌سازی شکاف جوش با سوراخکاری در منطقه مورد نیاز برای تعمیر انجام می‌گیرد و سپس چند پاس جوش درون محل بروز عیب ایجاد می‌شود. برای جوشکاری پاس اول معمولاً از الکترود قطر ۳ میلیمتر استفاده می‌شود، سپس نیمی از جوش پاس اول با ابزار مناسب براده‌برداری می‌شود. سپس با الکترود قطر ۴ پاس دوم اعمالی می‌شود و نهایتاً پاس آخر اعمال می‌شود در پاس آخر فلز پایه نباید هیچ تماسی با فلز واسطه داشته باشد. این لایه در واقع عملیات تمپر کردن لایه‌های زیرین را انجام می‌دهد که نهایتاً با ماشین‌کاری و تسطیح سطح قطعه انجام می‌گیرد. در این روش براده‌برداری از لایه اول دشوار است لذا چنانچه لایه با ضخامت نامناسب برداشته شود میزان تمپر کردن لایه دشوارتر است.

در روش تمپر بید پس از جوشکاری لایه اول دیگر لایه اول براده‌برداری نمی‌شود و با استفاده از یک الکترود با قطر بیشتر جهت ایجاد حرارت بیشتر می‌توان تمپرینگ را به‌طور مناسب ایجاد کرد. در نهایت در لایه آخر پس از جوشکاری عملیات سنگ‌زنی انجام می‌گیرد. این روش سبب اصلاح دانه‌های منطقه متأثر از حرارت به علت حرارتی ورو دی کم در لایه اول و بهبود چقرمگی می‌شود.

در روش تعمیر سرد با استفاده از الکترود نیکلی می‌توان نیاز به پیش‌گرم و پس‌گرم را با تغییر ساختار انجام داد. الکترودهای نیکلی به‌دلیل کوچک بودن سبب کاهش حرارت ورودی در نتیجه اصلاح ساختار خواهد شد؛ اما باید درنظر داشت این روش سبب ایجاد ترک‌های خستگی خواهد شد.

تاریخچه لیزرینگ سطح (دانش افزایی)

اولین بار در سال ۱۹۶۵ در آزمایشگاه battelle این روش انجام شد. اما به‌دلیل اطمینان کم به این روش کمتر مورد توجه قرار گرفت. اما برای اولین بار در سال ۱۹۹۷ برای تیغه پروانه توربو موتور هواپیمای نظامی به‌کار رفت. در این روش با اشعه لیزر- تنش فشاری جهت مقاومت به خستگی در سطح اعمال می‌شود.

دانش افزایی جوشکاری تعمیری اکسی استیلن

منابع حرارتی لازم جهت جوشکاری با گاز با استفاده از فعل و انفعال شیمیایی ناشی از سوختن دو گاز تأمین می‌گردد. در جوشکاری با شعله گاز حرارت لازم از فعل و انفعال شیمیایی ناشی از سوختن گاز اکسیژن و یک گاز دیگر که این گاز می‌تواند استیلن، هیدروژن، بوتان یا پروپان باشد. اما به‌خاطر مزایا و محاسنی که گاز استیلن نسبت به سایر گازها دارد بیشتر از گاز استیلن به‌عنوان گاز سوختنی استفاده می گردد.

مهم‌ترین وسیله‌ای که در جوشکاری اکسی استیلن مورد استفاده قرار می‌گیرد دستگاه جوشکاری است. این دستگاه متشکل از دو کپسول گاز اکسیژن و استیلن و یا یک گاز سوختنی دیگر می‌باشد. به هریک از کپسول‌ها یک وسیله تبدیل فشار یا مانیمتر اتصال می‌گردد که این وسیله تبدیل فشارها دارای دو فشارسنج می‌باشد. یکی برای نشان دادن مقدار گاز داخل کپسول‌ها و دیگری برای تنظیم فشار گاز، دو فشارسنج مزبور به‌وسیله دو شیلنگ گاز جداگانه به مشعل هدایت می‌شوند و درنهایت شعله جوشکاری را ایجاد نموده و جوشکاری انجام می‌گیرد.

نکات مهمی که در هنگام جوشکاری با گاز بایستی درنظر گرفت: آماده کردن قطعه کار، انتخاب صحیح مشعل، تنظیم صحیح رگولاتور، تنظیم صحیح شعله، سرعت مناسب دست در جوشکاری، هماهنگی ذوب فلز و مفتول جوش، زاویه صحیح مشعل.

روش‌های جوشکاری با گاز اکسی استیلن : اصولاً جوشکاری به دو روش انجام می‌گیرد: روش پیش‌دستی و روش پس‌دستی.

اگر هنگام جوشکاری حرارت مشعل را روی مهره‌های جوش متمرکز نمایید جوشکاری پیش‌دستی نامیده می‌شود و چنانچه حرارت نوک شعله بر خلاف مهره‌های جوش باشد جوشکاری را پس‌دستی می‌نامند. معمولاً روش پیش‌دستی

را برای جوشکاری قطعات نازک به‌کار می‌برند (کمتر از ۳ میلی‌متر) در این روش نوک مشعل را درجهتی می‌گیرند که جوشکاری انجام خواهد شد و بدین طریق حرارت زیاد به قطعه کار نمی‌رسد. نوک مشعل تحت زاویه ۴۵ درجه نسبت به قطعه کار گرفته می‌شود و در نتیجه قسمتی از حرارت شعله منحرف شده و به‌جای جذب شدن به قطعه کار وارد فضای اطراف می‌شود و بدین طریق جوشکاری ورق‌های نازک میسر می‌شود و نمای مهره جوش حاصله به‌صورت موجی خواهد بود. برای جوشکاری قطعات ضخیم از روش پس‌دستی استفاده می‌کنند. (بیش از ۳ میلیمتر) اساساً در این روش نوک شعله متوجه جهتی می‌گردد که خلاف جهت جوش است و تقریباً همه حرارت مشعل متمرکز در محل مورد جوشکاری می‌شود. به همین خاطر است که قطعات ضخیم با این روش با موفقیت انجام می‌شود.

سیم جوش‌ها

سیم جوش لحیم‌کاری از نقره، مس، روی و نیکل است. مهم‌ترین خواص آن مقاومت در برابر خورندگی قابلیت هدایت الکتریکی بالا است.

روان‌ساز (فلاکس)

قبل از لحیم‌کاری سطح قطعه با روان‌ساز آغشته می‌شود. این نوع فلاکس، روی پوست خارش ایجاد می‌کند و بخارات سنتی تولید می‌نماید و نبایستی در محیطی که دارای تهویه کامل نیست استفاده شود.

آماده سازی قطعات برای لحیم کاری

۱ یک سطح قطعه را به‌طور کامل از رنگ، روغن و گریس پاک کنید.
۲ سطوح قطعات باید سند بلاست جزئی شود تا اکسید روی آنها از بین رود.
۳ یک لایه نازکی از خمیر روان‌ساز به سطح بین قطعات و سیم جوش بزنید.

دانش افزایی لحیم کاری

۱ شعله را روشن نموده و یک شعله احیا ایجاد کنید.
۲ محل اتصال را به آرامی حرارت دهید تا به درجه حرارت لحیم برسد. این حرارت را با کشیدن سیم جوش به سطح اتصال می‌توان تشخیص داد؛ هنگامی که به درجه حرارت لحیم‌کاری رسید سیم جوش ذوب شده به داخل قطعه جریان می‌یابد و روان‌ساز اعمال شده به سطوح قطعه به‌صورت رطوبت نمایان می‌گردد. برای جلوگیری از اکسید شدن سطح قطعه از حرارت دادن اضافی خودداری نمایید.
۳ به اندازه‌ای سیم جوش اضافه کنید که محل اتصال پر شود. هیچ‌گونه تقویت اضافی خارج از قطعه لازم نیست.

۴ وقتی که لحیم‌کاری تمام شد روان‌سازهای اضافی را می‌توان به وسیله آب گرم و برس پشمی پاک کرد؛ گاهی حوضچه شیمیایی برای این منظور پیش‌بینی شده است.

اصول اولیه لحیم‌کاری توسط مشعل:

۱ تمیز کردن سطح قطعه قبل از اقدام به لحیم‌کاری؛
۲ انتخاب سیم جوش مناسب؛
۳ استفاده از روان‌ساز (فلاکس) بوراکس؛
۴ حرارت دادن اصولی قطعه،
۵ افزودن سیم جوش به قسمت مورد لحیم‌کاری و محل وجود حفره؛
۶ تمیز کردن روان‌سازهای باقیمانده ؛
۷ بررسی (ارزیابی) قطعه لحیم‌کاری شده.

تمیز کردن سطح قطعه قبل از اقدام به لحیم کاری

تمیز بودن سطح قطعه برای لحیم‌کاری از اهمیت خاص برخوردار است و انجام علمیات موئینگی را تضمین می‌کند. بدون تمیزکردن سطح قطعه نمی‌توان لحیم کاری کرد. معمولاً برای تمیز کردن سطوح آلومینیومی از اسیدسولفوریک، اسیدسیتریک، اسیدنیتریک و اسید هیدروفلوریک برای از بین بردن سطوح اکسید آلومینیم استفاده شود؛ ولی اغلب توصیه می‌شود از روش مکانیکی استفاده می‌شود. مانند استفاده از برس دستی و یا سنباده کردن.

روان‌ساز فلاکس بوراکس

فلزها ترکیب شیمیایی هستند که قبل از لحیم کاری محل مورد اتصال را توسط آن آغشته می‌نمایند. وقتی که سطح فلز حرارت داده شود اکسید شدن آن شتاب‌دار می‌شود و بر اثر تماس اکسیژن موجود در هوا با فلز داغ موجب اکسید شدن آن می‌گردد؛ این اکسیدها از مرطوب‌سازی فلز مورد اتصال توسط لحیم جلوگیری می‌کند. فلاکس با گرفتن اکسیژن از شعله لحیم‌کاری از تشکیل اکسیدها جلوگیری می‌کند. با پوشش دادن ناحیه اتصال توسط فلاکس از تشکیل اکسید جدید روی مواد مذاب جلوگیری می‌شود. همچنین فلاکس باقی‌مانده اکسیدهای قبل از لحیم‌کاری در سطح فلز را حل می‌کند. معمولاً قبل از لحیم‌کاری سیم را داغ نموده داخل فلاکس کنید و یا فلاکس را روی قطعه اسپری کنید و یا توسط قلم موئی کهنه تمیز فلاکس خمیری را روی آن بمالید. انتخاب فلاکس براساس نوع فلز روان‌ساز انجام می‌گیرد. درهنگام انتخاب روان‌ساز باید به نقطه ذوب آن که باید به نقطه ذوب لحیم نزدیک باشد توجه نمود. مقدار روان‌ساز مورد نیاز بستگی به ابعاد عیب در قطعه دارد.

حرارت دادن قطعه: حرارت را به عرض یک نقطه تقریباً به سطح وسیعی از قطعه اعمال نموده و تا حد امکان سطح قطعه را به‌طورکامل گرم کنید. مشعلی انتخاب

کنید که حرارت پخش کننده‌ای داشته باشد که کل قطعه را از اطراف مختلف گرم کند. از هر دو نوع شعله یعنی اکسی‌سوخت و هواسوخت می‌توان برای لحیم‌کاری استفاده نمود زیرا در لحیم‌کاری نیاز به حرارتی نیست که بتواند قطعه را ذوب نماید.

تنظیم شعله: برای لحیم‌کاری فولاد و آلومینیم از شعله نیمه احیا استفاده می‌شود، برای مس و آلیاژهای آن از خنثی نیمه اکسید استفاده می‌شود.

روش‌های جوشکاری تعمیری بدون نیاز به عملیات حرارتی:

جوشکاری تعمیری به روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد اما سه روش عمده وجود دارد که در این روش‌ها نیاز به عملیات حرارتی پس از جوش از بین می‌رود؛ این روش‌ها شامل:

۱ روش هاف بید؛

۲ روش تمپر بید؛

۳ روش تعمیر سرد.

در این روش‌ها با کاهش تنش‌های باقیمانده پس از جوش سبب حذف عملیات حرارتی می‌شود. ایجاد تنش‌های باقی‌مانده پس از جوش سبب تغییر ریزساختار منطقه متأثر از جوش و ایجاد فازهای سخت و ترد در کنار منطقه جوش در نتیجه ضعف این نواحی در برابر نیروهای مکانیکی و خوردگی می‌شود. عملیات حرارتی پس از جوش ریزساختار اصلاح می‌شود. در قطعات بزرگ که جوشکاری و عمیات حرارتی آن با مشکلاتی روبرو است می‌توان با استفاده از این روش‌ها این محدودیت‌ها را از بین برد.

دانش افزایی جوش الکترود دستی

در این نوع جوشکاری، الکترود ماده مصرفی است که پوشش آن با ایجاد گازهای محافظ از اکسیدشدن ناحیه جوش جلوگیری می‌کند. این پوشش می‌تواند به‌عنوان اضافه کننده عناصر آلیاژی نیز عمل کند. از مزایای این روش، گستردگی و تنوع مواد مصرفی، ارزان بودن و سهولت استفاده در شرایط مختلف بخصوص فضاهای باز و نقاط با دسترسی مشکل می‌باشد. از معایب آن سرعت پایین و دورریز بالای الکترود می‌باشد.

کارعملی

پر کردن عیوب عمل

این مرحله در سه فعالیت باید انجام بگیرد. در فعالیت ۱ باید قطعات حاوی عیوب سطحی و آلومینیومی را با استفاده از بتونه‌کاری، در فعالیت ۲ باید

قطعات حاوی عیوب سطحی آلومینیومی و چدنی را با استفاده از لحیم‌کاری و در فعالیت ۳ تعمیر عیوب سطحی قطعه چدنی با استفاده از جوشکاری اکسی استیلن انجام گیرد.

روش‌های جوشکاری چدن خاکستری (دانش افزایی)

قطعات چدن خاکستری را می‌توان با روش‌های قوس الکتریکی، شعله گاز اکسی‌استیلن و لحیم سخت به‌یکدیگر متصل نمود:

۱ قوس الکتریکی (الکترود دستی)

اگرچه روش‌های الکترود کربنی و فلزی بدون روکش نیز قابل استفاده است ولی بیشتر از الکترودهای روکش‌دار استفاده می‌شود. از الکترود با فلز هسته فولاد معمولی یا چدن نیز کمتر استفاده می‌شود. معمولاً فلز هسته الکترود برای جوشکاری چدن و نیکل و یا آلیاژهای آن با آهن و مس انتخاب می‌شوند. در بعضی مواقع برروی دو قطعه که قرار است به‌همدیگر متصل شوند ابتدا چندین لایه جوش رسوب داده و سنگ می‌زنند و سپس آنها را در کنار یکدیگر قرار می‌دهند و با چندین پاس جوش می‌دهند. دو تکنیک در جوشکاری قطعات چدنی با قوس الکتریکی به کار می‌رود: ۱- جوش سرد۲- جوش گرم. در تکنیک جوش سرد جهت جلوگیری از ایجاد منطقه ترد و شکننده در مجاورت جوش سعی می کنند تا از بالا رفتن درجه حرارت قطعه جلوگیری کنند و از الکترودهای کوچک و آمپر پایین و انجام رسوب به‌صورت پریودی و زمان کوتاه و توقف برای سرد شدن جوش استفاده می‌شود. در جوشکاری گرم با پیش‌گرم کردن قطعه تا ۲۰۰درجه سانتی‌گراد یا بیشتر و کنترل سرعت سرد شدن پس از عملیات جوشکاری از به‌وجود آمدن فازهای ترد و تنش‌های زیاد در جوش و اطراف آن جلوگیری می‌شود.

۲ جوشکاری چدن با شعله اکسی استیلن:

یکی از محدودیت‌های این فرایند عدم تمرکز حرارت در مسیر اتصال در مقایسه با روش قوس الکتریکی بود و گاهی مشکل پیچیدگی و تغییرات اندازه‌ها سبب می‌شود به‌طور کلی حرارت زیادی تلف شود و از طرفی سرعت سرد شدن فلز جوش کندتر از روش قوس الکتریکی است و احتمال سخت شدن مناطق اطراف جوش کمتر است. در این فرایند می‌توان از مفتول چدنی مرغوب با حداقل گوگرد و فسفر یا مفتول مخصوص چدنی همراه با مقداری تیتانیم و سیلیسیم اضافی و احتمالاً منیزیم استفاده کرد. جهت محافظت از اکسیداسیون عناصر در جوش بهتراست از فلاکس‌های مخصوص چدن استفاده شود. شعله مشعل برای جوشکاری چدن باید خنثی و یا کمی احیایی باشد.

جلسه سی و یکم

رفع برجستگی‌ها

ابتدا مقدمه‌ای در مورد اهمیت تمیزکاری و رفع برجستگی‌های محل بتونه‌کاری، لحیم‌کاری، جوشکاری با گاز اکسی اسیتلن و قوسی ارائه شود. سپس طی فعالیت انگیزشی از هنرجو بخواهید که با توجه به دانسته‌های خود در مراحل کار قبلی، یک روش مناسب برای هرکدام از روش‌های پرکردن عیوب سطحی بتونه‌کاری، چسب دو جزئی، جوش قوسی با الکترود دستی، لحیم‌کاری و جوشکاری اکسی‌استیلن ارائه دهد. سپس به روش‌های تمیزکاری و تسطیح سطح به‌طور خلاصه اشاره کنید. در ادامه در مورد روش سنگ‌زنی با سنگ‌دستی اشاره و نحوه تعمیر و تعویض آن را توضیح دهید و در نهایت به‌سایر روش‌ها مانند ماسه زنی و ساچمه‌زنی اشاره کنید.

دانش افزایی سنگ‌زنی

سنگ سنباده‌های دستی در دو نوع برقی و پنوماتیکی با اندازه کوچک برای کارهای ظریف و دقیق و در اندازه بزرگ‌تر برای سنگ‌زنی پخ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این دستگاه‌ها دارای یکی موتورالکتریکی با دور بالا هستند که با دو چرخ دنده مخروطی شکل دور اجزا و تعلقات این وسیله پرکاربرد در آن کمتر می‌شود و سنگ سنباده را می‌چرخاند.

دانش افزایی دستور العمل تعویض صفحه سنگ

دکمه‌ای فشاری در طرف مقابل صفحه سنگ و روی بدنه دستگاه قرار دارد که به آن کلید قفل‌کننده نیز می‌گویند. این دکمه را فشار دهید تا محور سنگ قفل شود. درحالی‌که دسته دستگاه را محکم با دست گرفته‌اید با آچار مخصوص در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت مهره را بچرخانید تا مهره مخصوص نگهدارنده سنگ باز شود. درصورت سفت بودن می‌توانید با چکش کوچک ضربه‌ای به آچار وارد کنید تا مهره نگهدارنده باز شود. مهره، صفحه سنگ کهنه و بوش زیر صفحه سنگ را از وی محور خارج کنید. توجه داشته باشید که هر دستگاهی که برای تعمیر یا تعویض، قطع‌های را از آن باز می‌کنید ترتیب قرارگیری قطعات مجاور هم را یادداشت کنید یا به ترتیب باز کردن کنار هم در جای مناسب قرار دهید تا در موقع مونتاژ دچار اشکال و سردرگمی نشوید. قسمت‌های زیر صفحه سنگ، محور، کف و اطراف محافظ را با پارچه تنظیف تمیز کنید، سپس اقدام به بستن صفحه سنگ نو بنمایید.

دانش افزایی مراحل مونتاژ

۱ ابتدا کارد محافظ سنگ را در موقعیت خود قرار دهید.

۲ بوش زیر سنگی را روی محور قرار دهید.

۳ در آخر مهره سفت‌کننده سنگ را در جهت عقربه‌های ساعت ببندید و آن را با آچار مخصوص کاملاً محکم کنید.

موقع باز و بستن پیچ با آچار توجه داشته باشید آچار کاملاً با مهره درگیر شود و در جای خود قرار گیرد تا آچار از جا در نرود و به دست شما آسیب نرسد ضمن اینکه جای آچار هم تغییر شکل ندهد.

دسته را می‌توانید به کی طرف دستگاه دسته سنگ سنباده آن‌گونه که کار کردن برای شما راحت‌تر است ببندید.

۱ محکم بودن سنگ را مجدداً کنترل کنید.

۲ دکمه قفل دستگاه را کنترل کنید که آزاد باشد.

۳ دستگاه سنگ دستی را راه اندازی کنید و بگذارید چند لحظه بدون بار کار کند تا از نحوه کار کردن آن مطمئن شوید.

۴ در پایان کار وسایل را به‌طور منظم جمع‌آوری و محل کار را کاملاً تمیز کنید و وسایل و ابزار را به انبارتحویل دهید.

کارعملی

رفع برجستگی‌ها

در این مرحله قطعاتی که از مرحله کار قبلی رفع عیب شده‌اند و عیوب سطحی آنها برطرف شده است، را درنظر بگیرید. در فعالیت ۱ قطعه کار آلومینیوم بتونه‌کاری شده را برای انجام کار ابتدا به‌وسیله حلال مناسب سطح قطعه کار را تمیز کنید. سپس با استفاده از سنباده زبر و سپس سنباده نرم سطح قطعه را تمیزکاری کنید و برجستگی‌های سطحی ناشی از عملیات قبلی را از بین ببرید. در ادامه عملیات آماده‌سازی جهت رنگ‌آمیزی به‌روی سطح قطعه انجام گیرد. در فعالیت ۲ قطعه آلومینیومی و چدنی لحیم‌کاری‌شده و جوشکاری اکسی‌استیلن شده را با استفاده از برس سیمی تمیز کنید، سپس با استفاده فرچه سیمی نصب شده روی دستگاه سنگ‌زنی و صفحه سنگ سنباده مناسب سطح را کاملا تمیزکاری و پرداخت کنید. قطعه را برای رنگ‌آمیزی آمادگی سطحی کنید (همانند مرحله کار قبلی).

منابع و مراجع

۱ برنامه درسی رشته متالورژی. ۱۳۹۴. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

۲ سلیمی مراد ۱۳۹۲. اصول پیشرفته طراحی مدل‌ها و قالب‌های ریخته‌گری چاپ اول: انتشارات پیوسته

۳ خدایی، محمد و ورهرام، ناصر. ۱۳۸۹. بررسی اثر دانسیته فرم و ضخامت پوشان بر الگوی جریان و برخی پارامترهای فومی. پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، ۱۳۹۶/۱/۱۴

۴ عابدی، امیر و کرمی، مریم. ۱۳۹۴. اصول تکنولوژی ریخته‌گری چاپ دوم. تهران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.

۵ عالی، حجت‌اله و آجودانی، عسگر و قاضوی، سیدمحمدکاظم. ۱۳۸۳. کارگاه ریخته‌گری و مدل‌سازی، چاپ اول، تهران: مؤسسه انتشاراتی جهان جام‌جم.