فصل اول

جوشکاری

جلسهٔ ۱

اهمیت جوشکاری

برای آموزش این فصل ابتدا در خصوص اهمیت جوشکاری که به‌طور روزمره همه ما با آن سر وکار داریم شرح داده شود و ذهن هنرجو به سمت انواع اتصالاتی که به‌روش جوشکاری ساخته می‌شود مانند در و پنجره و اسکلت ساختمان‌های فلزی و... می‌رود.
در اینجا روش‌های دیگر تولید مانند ماشین‌کاری و اتصال قطعات که قبلاً با آن آشنایی دارند یادآوری می‌گردد. چند نمونه قطعه کار جوشکاری‌شده که قبلاً تهیه شده را همراه خود به کلاس درس برده و به هنرجویان نشان داده شود. بهتر است از هنرجویان خواسته شود مثال‌هایی از اتصال قطعات پیرامون خود بیاورند. همچنین از فیلم، انیمیشن و... برای درک بهتر این موضوع استفاده شود، راجع به کاربرد جوشکاری در صنایع مختلف و اهمیت و جایگاه آن و همچنین آینده شغلی آن توضیح داده شود. سعی شود هنرجویان در بحث مشارکت فعال داشته باشند. فعالیت شماره ۱ و ۲ و ۳ با تعامل هنرجویان با یکدیگر حل شود و پاسخ داده شود. در ادامه پیرامون فعالیت‌ها در کلاس بحث شود و ارزشیابی به‌عمل آید.

منابع تأمین انرژی در فرایندهای جوشکاری

برای تدریس این قسمت باید به هنرجویان بگوییم که منابع تأمین حرارت در جوشکاری بسته به نوع کاربرد متفاوت است و منابع مختلف انرژی حرارت متفاوت، از نظر دما و تمرکز حرارتی ایجاد می‌کنند که بهترین مثال برای آنها استفاده از گاز استیلن در صافکاری‌ها می‌باشد که حرارت کمتری می‌تواند ایجاد کند.

دانش افزایی

جوشکاری ذوبی روشی است که در آن لبه‌های مورد اتصال فلز پس از ذوب شدن به کمک فلز پرکننده یا بدون آن در هم آمیخته و منجمد می‌گردند، به این ترتیب قطعات به یکدیگر متصل می‌شوند. برای ذوب کردن لبه‌های مورد اتصال بسته به کاربرد و خصوصیات مورد نظر، از انرژی‌های مختلف استفاده می‌شود. با توجه به اینکه در جوشکاری به انرژی حرارتی جهت ذوب لبه‌های اتصال نیاز می‌باشد توضیح داده شود که این انرژی با توجه به شرایط از منابع مختلف تأمین می‌گردد که در جدول زیر برخی از این منابع بیان شده است.

نوع انرژی	کاربرد
انرژی شیمیایی	جوشکاری با شعله گاز، جوشکاری ترمیت
انرژی الکتریکی	جوشکاری با قوس الکتریکی (قوس الکتریکی و الکترود دستی- قوس با گاز محافظ و...) و نقطه جوش
انرژی پرتو الکترونی	جوشکاری الکترو بیم
انرژی نورانی	جوشکاری با اشعه لیزر
انرژی مکانیکی	جوشکاری اصطکاکی، جوشکاری آهنگری

در جوشکاری با قوس الکتریکی، حرارت لازم برای ذوب لبه‌های مورد اتصال فلز و مفتول پرکننده اتصال (الکترود)، از طریق ایجاد و برقراری قوس الکتریکی بین الکترود و فلز مورد جوشکاری تأمین می‌شود.

ایمنی و حفاظت فنی در کارگاه جوشکاری

دراین بخش به نکات ایمنی و حفاظتی توجه شود، از تابلوهای ایمنی، فیلم، وسایل حفاظت فردی مانند ماسک، پیش‌بند و.... استفاده شود، تحقیق شماره یک را با حضور در محل کارگاه انجام دهند.کلیه عوامل خطرآفرین به کمک هنرجویان بیان گردد و از آنها خواسته شود علایم و تابلوهای مربوط به آنها بیان گردد.

دانش افزایی

ایمنی جنبه مهمی در تمام فرایندهای جوشکاری و فعالیت‌های مرتبط با آن است؛ درصورتی که کسی در حین کار آسیب ببیند نمی‌توان گفت آن کار به‌طور موفقیت‌آمیز انجام شده است. حرفه جوشکاری، مانند سایر مشاغل صنعتی دارای خطرات بالقوه‌ای است. درصورت شناخت عوامل خطرساز و آگاهی در خصوص نکات ایمنی و بهداشتی محیط کار و نیز رعایت آنها توسط همه افراد شاغل در کارگاه جوشکاری، می‌توان از وقوع حوادث ناگوار جلوگیری کرد. همان‌طور که می‌دانیم جوشکاری، عملیاتی با شرایط زیر است:

الف) دمای بسیار زیاد

ب) تشعشع امواج فرابنفش و تشعشعات حرارتی

ج) دود و بخار
د) سر و صدای دستگاه و محیط کار
هـ) خطر جریان و ولتاژ در منابع مختلف جوش
که هر یک از این موارد خطرات خاص خود را به همراه دارد.
علل مختلفی که موجب رخ دادن بیشتر حوادث می‌شوند عبارت‌اند از:

- کمبود تجربه ۲۰٪
- ناتوانی افراد ۱۰٪

عدم رعایت روش کار ۷۰٪

جلسهٔ ۲

هویه کارگاه جوشکاری

در حین فعالیت‌های جوشکاری و برش‌کاری به‌دلیل ایجاد دمای بالا در منطقه قوس و حوضچه مذاب مقدار زیادی دود، غبار، و گازهای سمی ناشی از سوختن اجزای تشکیل‌دهنده پوشش الکترود آن تولید می‌شود. هم‌چنین به دلیل بخارشدن مقدار کمی از مواد مذاب، بخارات فلزی تولید می‌گردد که برای سلامتی جوشکاران و افراد شاغل در کارگاه مضر می‌باشند. برای خارج کردن گازهای مضر از محیط کارگاه از سیستم تهویه استفاده می‌شود؛ سیستم‌های تهویه به طور معمول بر اساس مکش هوای آلوده داخل کارگاه به صورت عمومی یا موضعی از طریق نصب هودهای ثابت و متحرک کار می‌کنند.با توجه به شرایط کار جوشکاری بهتر است درصورت امکان از هر دو سیستم موضعی و عمومی برای خارج کردن آلودگی‌های ناشی از جوشکاری استفاده کرد، زیرا به کمک سیستم تهویه مصنوعی بلافاصله پس از متصاعد شدن دود می‌توان آن را مکش کرد و از پخش شدن آن در فضای کارگاه جلوگیری کرد. همچنین برای خارج کردن دود و غبارهایی که به هردلیل ممکن است در فضای کارگاه پخش شوند از سیستم تهویه عمومی نظیر: فن‌های الکتریکی کمک گرفت. به هر صورت با توجه به شرایط خاص جوشکاری بهتر است سیستم تهویه مصنوعی به نحوی طراحی و ساخته شود که دودهایی را که از محل جوشکاری متصاعد می‌شوند، مکش کرده و از رسیدن آن به سر و صورت جوشکار جلوگیری کند.

فرایندهای جوشکاری ذوبی (قوس الکتریکی)

برای تدریس این قسمت باید به هنرجویان بگوییم جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود دستی یکی از متداول‌ترین روش‌های جوشکاری است و در هرکارگاهی وجود دارد و پایه و اساس همه روش‌های جوشکاری می‌باشد که قابلیت انعطاف‌پذیری بالایی دارد، در واقع بدون آموزش جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود دستی یادگیری سایر روش‌ها دشوار است.

دانش‌افزایی

این فرایند یک نوع جوشکاری ذوبی است که لبه‌های کار در اثر گرمای قوس الکتریکی ذوب شده و مذاب لبه‌ها به کمک مذاب حاصل از ذوب الکترود باهم مخلوط شده و سپس منجمد شده و قطعات به هم جوش می‌خورند. ابتدابه وسیله الکترود زغالی و سپس با الکترود فلزی بدون روپوش فرایندجوشکاری قوس الکتریکی شکل گرفت و در سال ۱۹۰۵ میلادی الکترود روپوش‌دارکشف شد که باعث سادگی شروع کار و بهبود پایداری قوس و کیفیت جوش گردید و کاربرد آن روزبه‌روز گسترش یافت. پژوهش‌های مختلف توسط انجمن‌های جوشکاری ازجمله انجمن جوشکاری آمریکا AWS و انجمن مهندسین آمریکا ASME صورت گرفته و کماکان ادامه دارد و باعنوان استانداردهای مختلف ارائه می‌گردد. در این روش به‌دلیل روپوش الکترود امکان جوشکاری اتوماسیون وجود ندارد و همواره از روش دستی استفاده می‌شود. از طرفی به‌دلیل قابلیت‌های زیاد از جمله حمل و نقل راحت و امکان استفاده از کابل‌های بلندتر درصورت نیاز و استفاده از الکترودهای متنوع ازنظر آلیاژ در زمینه ساخت و تعمیرات به‌کار گرفته می‌شود همچنین به‌دلیل پایداری قوس و امکان جوشکاری در هوای آزاد و در ارتفاع امروزه در ساخت ساختمان‌های فولادی، پل‌های فلزی، کشتی‌سازی، سازه‌های دریایی، دریچه‌های سدها، دکل مخابرات، مخازن تحت فشار، جوشکاری لوله گاز و نفت و سایر تأسیسات نفتی و... کاربرد فراوان دارد.

مدار الکتریکی فرایند جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود دستی

برای تدریس این مبحث بهتر است هنرجویان را به کارگاه برده و توضیحات مربوطه را روی دستگاه برای هنرجویان به‌صورت عینی همراه با نمایش عملکرد ارائه نمایید. همچنین مزایا و معایب این فرایند و ملزومات مورد استفاده به‌طور کامل توضیح داده شود.

ابزار و تجهیزات	
دستگاه جوش	انبر
کابل	قطعه کار میز کار
گیره اتصال	ماسک وتجهیزات ایمنی و سایر ملزومات

باتوجه به اینکه هر یک از قسمت‌ها در کتاب درسی هنرجو بسیار کوتاه و خلاصه آمده است برای برطرف کردن ابهام هنرجویان به‌طور کامل توضیح دهید. در ابتدا روی دستگاه قسمت‌های لازم مانند عملکرد کلیدها و محل اتصال کابل‌ها توضیح داده شود. تأکید نمایید که ورودی برق دستگاه ۲۲۰ولت است و خطر برق گرفتگی همواره وجود دارد. نحوه اتصال کابل و انبر و گیره اتصال توضیح داده شود و تأکید شود که حتی یک لحظه بدون ماسک به قوس الکتریکی نگاه نکنند.

راه‌اندازی دستگاه:

پس از اینکه قسمت‌های مختلف دستگاه و نحوه اتصال کابل‌ها را توضیح دادید باید طریقه راه‌اندازی را برای هنرجویان توضیح دهید؛ برای این منظور ابتدا تأکید کنید که حتما ماسک را جلوی صورت خود قرار دهند تا قوس الکتریکی که توسط هنرآموز تشکیل می‌شود را مشاهده نمایند.

نکات ایمنی وحفاظتی

- قبل از اینکه هنرجویان در اطراف دستگاه جمع شوند وسایل اضافی را از محل دور کنید.
- به هنرجویان متذکر شوید به هیچ عنوان به دستگاه‌هایی که آشنایی ندارند دست نزنند.
- قبل از توضیح روی دستگاه، از خاموش بودن کلید اصلی دستگاه اطمینان حاصل نمایید.

نکته

رنگ دیواره کابین جوشکاری باید سیاه و مات باشد و سیستم تهویه مناسب در کارگاه وجود داشته باشد.

چگونگی تشکیل قوس الکتریکی

برای تدریس این قسمت باید به هنرجویان بگوییم جریان برق شهر از نوع متناوب است و در اکثر وسایل برقی از جریان متناوب با ولتاژ ۲۲۰v استفاده می‌شود و اینکه به‌دلایل ذیل از برق شهر به‌طور مستقیم نمی‌توانیم برای جوشکاری استفاده کنیم:

۱ کار با ولتاژ بیشتر احتمال خطر شوک الکتریکی دارد؛
۲ برقراری و پایداری قوس الکتریکی با ولتاژهای کم دشوار است.
همچنین تفاوت‌های جریان DC و AC را برای آنها تشریح می‌کنیم.

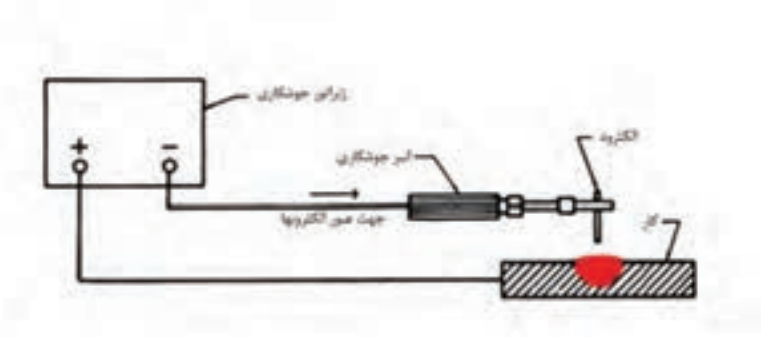
دانش افزایی

در جوشکاری با قوس الکتریکی، می‌توان از جریان متناوب AC یا جریان مستقیم DC با الکترود منفی یا مثبت استفاده کرد. انتخاب نوع جریان به روش جوشکاری، نوع الکترود و همچنین نوع فلزی که جوشکاری می‌شود، بستگی دارد. در فرایند جوشکاری با قوس الکتریکی، برق مستقیم و الکترود فلزی می‌توانیم به دو صورت قطب مستقیم و معکوس کار کنیم.

جوشکاری با قطب مستقیم

Direct–Current Electrode Positive (DCEP)

در جوشکاری اگر الکترود به قطب منفی و قطعه کار به قطب مثبت متصل شوند، جوشکاری با قطب مستقیم نامیده می‌شود. در این شیوه همان‌طور که در شکل زیرمشخص شده‌است، الکترون‌ها از الکترود به سوی کار پرتاپ می‌شوند و با سرعت زیاد به آن برخورد می‌کنند. به‌علت بمباران شدن سطح کار به وسیله الکترون‌ها، شدت گرما در محل ذوب بیشتر از الکترود است. در این حالت $\frac{۲}{۳}$ گرما در محل ذوب و $\frac{۱}{۳}$ در الکترود توزیع می‌شود و به‌همین علت، نفوذ جوش بیشتر است.



جوشکاری با قطب معکوس

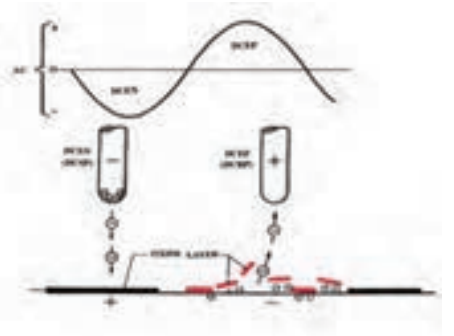
Direct Current Reverse Polarity (DCRP)

در جوشکاری اگر الکترود به قطب مثبت و قطعه کار به قطب منفی متصل شود، جوشکاری با قطب معکوس نامیده می‌شود در این روش، همان‌طور که در شکل مشخص شده‌است، الکترون‌ها از محل جوشکاری قطعه کار به الکترود می‌روند و موجب می‌شود تا حرارت بیشتری در الکترود ایجاد شود؛ لذا سرعت ذوب الکترود بیشتر و نفوذ جوش کمتر می‌شود و جوش پهن‌تر از حالت جوشکاری با قطب مستقیم خواهد بود.

جلسهٔ ۳

کاربرد هریک از روش‌های جوشکاری

برای جوشکاری‌هایی که سرعت جوشکاری در اولویت است و همچنین از الکترودهایی استفاده می‌شود که دارای روپوش‌هایی هستند که دیرتر ذوب می‌شوند، از قطب معکوس استفاده می‌کنیم. در این حالت، به دلیل آنکه فلز مغز الکترود و نیز گازهای محافظ کاملاً گرم هستند، لذا سرعت انتقال مذاب از الکترود به قطعه کار یکنواخت‌تر و بهتر از جوشکاری با قطب مستقیم می‌باشد. یکی دیگر از ویژگی‌های جوشکاری با قطب معکوس عمل تمیزکاری است. به دلیل حرکت الکترون‌ها از کار و برخورد یون‌های مثبت از الکترود به قطعه کار، در محل تشکیل قوس لایه‌های اکسید شکسته می‌شوند. از این ویژگی در جوشکاری فلزاتی که لایه اکسیدی دارند، به‌نحو مطلوب استفاده می‌شود.



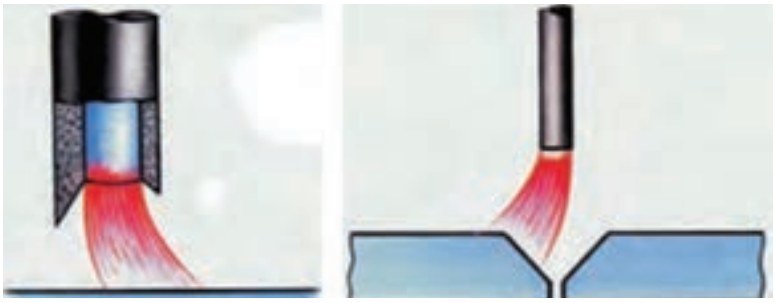
تمیزکاری در قوس الکتریکی

در جوشکاری با برق متناوب AC به علت تغییر جهت جریان الکترود، به تناوب نیم سیکل منفی و نیم سیکل بعدی مثبت است. پس می‌توان گفت نصف حرارت در کار و نیم دیگر حرارت در الکترود ایجاد می‌شود و عمل تمیزکاری قوس در نیم سیکلی که الکترود مثبت است.

وزش قوس(Arc blow)

در جوشکاری با جریان DC گاهی پدیده‌ای به نام وزش قوس یا دمش قوس (Arc blow) وجود دارد که در جریان AC وجود ندارد وزش قوس یا انحراف قوس یعنی اینکه قوس الکتریکی به طرفی کشیده شود، این انحراف قوس به‌دلیل وجود حوزه مغناطیسی است که در اطراف مسیر عبور جریان و عمود برآن شکل می‌گیرد.

حوزه مغناطیسی عمود برالکترود جوشکاری و مسیر عبور جریان از محل اتصال به کابل اتصال تا محل تشکیل قوس شکل می‌گیرد و باعث انحراف قوس می‌شود.

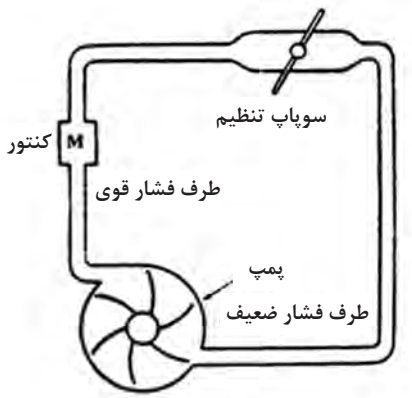


انحراف قوس باعث عیوب زیر می‌شود:

- ایجاد حفرات گازی
- ناموزون شدن گرده جوش
- پاشش جرقه
- سوختگی کناره جوش
- ظاهر نامناسب جوش
- عدم تمرکز قوس
- راه‌های جلوگیری از وزش قوس
- به حداقل رساندن طول قوس
- کاهش آمپر جوشکاری
- دور کردن محل اتصال کابل به قطعه کار
- تغییر جهت جوشکاری به طرف قسمتی که قبلاً جوشکاری شده است.

اختلاف پتانسیل در جوشکاری

برای فهماندن مفهوم اختلاف پتانسیل به هنرجویان می‌گوییم در این سیستم یک تلمبه وجود دارد که آب را از یک سو تحت فشار قرار می‌دهد و باعث عبور جریان آب از سوپاپ تنظیم می‌شود. در مدار الکتریکی، مولد جریان (باتری ـ ژنراتور ـ دینام جوش) همچون پمپ در سیستم لوله‌کشی یاد شده عمل می‌کند و فشار الکتریکی به‌وجود می‌آورد تا الکترون‌ها حرکت کنند و بتوانند از مقاومت بگذرند. به‌عبارت دیگر، عبور الکترون‌ها از قوس الکتریکی به‌دلیل وجود فشار الکتریکی (اختلاف پتانسیل) است که از طریق ترانس یا دستگاه جوشکاری تأمین می‌گردد.



یک مدار آب

انجام عملیات جوشکاری برای تنظیم آمپر وتشکیل قوس

مشکلی که در شروع جوشکاری وجود دارد چسبیدن الکترود در شروع کار می‌باشد در ابتدا به هنرجویان متذکر شوید با آمپر بالاتر کار را شروع کنند و در صورت چسبدن الکترود، با حرکت انبر به سمت چپ و راست الکترود را از قطعه کار جدا کنند تا باعث آسیب دیدن دستگاه جوشکاری نشود.

ابزار و تجهیزات	
دستگاه جوش	انبر
کابل	قطعه کار میز کار و الکترود
گیره اتصال	ماسک وتجهیزات ایمنی و سایر ملزومات

در تمام مراحل اجرای فعالیت به طور کامل بر شیوهٔ کار هنرجویان نظارت داشته باشید و از استادکار بخواهید که در رفع مشکلات یادگیری در حین انجام کار توضیح دهند. قبل از شروع کار حتماً توسط هنرآموز یا استادکار نمونه‌ای از آنچه باید هنرجو انجام دهد، جوشکاری انجام گردد درتمام مراحل اجرای فعالیت به‌طور کامل بر شیوهٔ کار هنرجویان نظارت داشته باشید و از استادکار بخواهید که در رفع مشکلات یادگیری در حین انجام کار توضیح دهد.

جلسهٔ ۴

الکترودها

برای تدریس این قسمت می‌توان از نمونه‌های مختلف الکترود که می‌تواند هم الکترود ذوبی و هم غیرذوبی باشد استفاده کرد و با نشان دادن علامت نوشته شده در انتهای الکترود هنرجویان را متوجه تفاوت ظاهری وساختاری الکترودها نماییم، حتی می‌توان از الکترودهای کربنی، چدنی و آلومینیومی نیز استفاده کرد. الکترود از دو قسمت مغز فلزی و روپوش تشکیل شده است.

جنس فلز الکترود را می‌توان به گروه‌های زیر تقسیم‌بندی کرد:

فولاد نرم، فولاد پرکربن، فولاد آلیاژی، چدن، آلیاژهای نیکل، فلزات رنگی، نیکل، کربن معیار اندازه‌گیری الکترود بر اساس قطر مغزی فلزی است و با قطرهای، مختلف ۲ تا ۸ میلی‌متر و با طول ۲۵ و ۳۰ و ۳۵ و ۴۵ ساخته می‌شوند.

استاندارد الکترودهای آمریکایی

نکته ایمنی

موقع پاک کردن گل جوش عینک سفید به چشم داشته باشید یا از شیشه سفید ماسک کلاهی استفاده کنید تا ذرات شلاکه به چشم شما آسیب نرساند.

دانش افزایی

انجمن جوش آمریکا علامت‌های اختصاری را تحت قوانین مشخصی تهیه و تعیین کرده است؛ به طوری که به نمونه‌برداری برای آزمایش - از جنبه محاسباتی نه متالورژیکی- کمتر نیاز دارد. بدین ترتیب که اولاً بر روی جعبه‌های الکترود حروف اختصاری AWS[۱] و ASTM[۲] نوشته می‌شود. این دو انجمن معتبر بین‌المللی بر

۱- American Welding Society

۲-American Society of Testing Material

روی ساخت و نوع ترکیب شیمیایی پوشش و جنس فلز الکترود نظارت دقیق دارند. غیر از حروف اختصاری یاد شده علایم دیگری وجود دارند که نحوه اجرا و مقاومت جوش را بیان می‌کنند؛ برای مثال می‌توان علایم زیر را نوشت:

۱ـ علامت اول (E): این علامت مشخص می‌کند که مورد استفاده الکترود برای جوشکاری با قوس الکتریکی است.

۲ـ علامت دوم (۶۰): این علامت مقاومت ماکزیمم یا تنش Ult فلز جوش را نشان می‌دهد و ممکن است اعداد ۶۰ یا ۷۰ یا ۸۰ یا ۹۰ باشد (۶۰ به معنای ۶۰,۰۰۰ psi و ۷۰ به معنی ۷۰,۰۰۰ psi و... است.

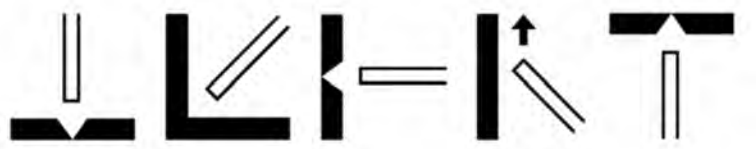
۳ـ علامت سوم (۱): این علامت حالت جوشکاری را مشخص می‌کند و همیشه این علامت ۱ یا ۲ یا ۳ است.

الف) از الکترودهایی که علایم سوم آنها (۱) باشد، می‌توان در تمام حالت‌های جوشکاری استفاده کرد.

ب) الکترودهایی که علامت سوم آنها (۲) باشد، تنها در حالت سطحی یا تخت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ج) مورد استفاده الکترودهایی که علامت سوم آنها (۳) باشد، فقط در حالت سطحی است.

بر روی پاکت الکترود ممکن است از تصویر زیر که بیانگر وضعیت‌های قابل استفاده برای جوشکاری است استفاده شود.



۴ـ علامت چهارم: این علایم نوع جریان، نوع پوشش، شرایط قوس و نفوذ را مطابق جدول زیر نشان می‌دهند.

جدول استاندارد الکترودهای آمریکایی

علامت آخر	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
نوع جریان	(a)	ac یا DCRP	ac یا DC	ac یا DC	ac یا DC	DCRP	ac یا DCRP	ac یا DCRP	ac یا DCRP

پوشش	(b)	مواد آلی	روتایل	روتایل	روتایل	Low H	Low H	مواد معدنی	Low H
نوع قوس	متوسط	ضربه‌ای	ضربه‌ای	ملایم	ملایم	متوسط	متوسط	ملایم	متوسط
نفوذ	(c)	عمیق	متوسط	کم	کم	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
درصد پودرآهن	۰-۱۰٪	—	۰-۱۰٪	۰-۱۰٪	-۵۰٪ ۳۰	—	—	۵۰٪	۳۰-۵۰٪

نوع جریان DCRP

ac یا DC

(a) 6010
(a) 6020

(b) 6010
(b) 6020

مواد آلی

مواد معدنی

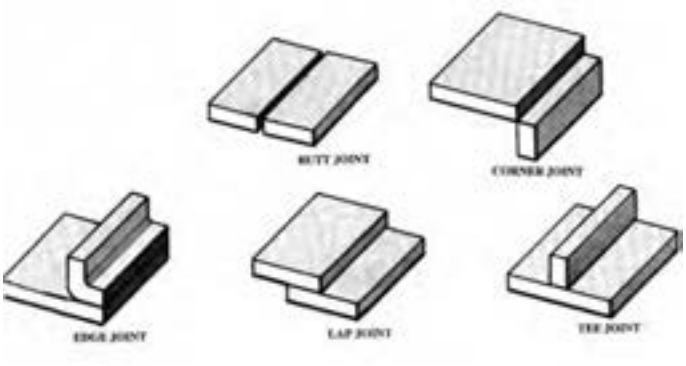
(c) 6010
(c) 6020

نفوذ زیاد

نفوذ متوسط

طرح اتصال اصلی در جوشکاری

برای بیان مفهوم طرح اتصال نمونه‌های مختلف طرح اتصال که قبلاً تهیه شده است را به هنرجویان نشان می‌دهیم و با دراختیار قرار دادن مواد خام از آنها می‌خواهیم هر طرح اتصال دیگری که به ذهن آنها می‌رسد بسازند، و در پایان به نتیجه‌گیری می‌پردازیم که تمام طرح‌ها به این پنج حالت ختم می‌شود.



علائم و نقشه‌های جوشکاری

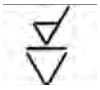
این بخش را با این سؤال شروع می‌کنیم که از نقشه یک سازه فلزی چگونه تشخیص دهیم که چه قسمت‌هایی باید جوشکاری شود، یا محل و نوع جوش را در نقشه‌ها چگونه نمایش می‌دهند؟ سپس با استفاده از نقشه‌های صنعتی که قبلاً تهیه کرده‌ایم به علائم موجود در نقشه اشاره می‌کنیم، تا توجه هنرجویان جلب شود.

دانش افزایی

نتایج و دستاوردهای طراحی و محاسبات جوش جهت اجرا و رعایت در حین انجام عملیات جوشکاری برروی نقشه‌ها پیاده می‌شود. در این نقشه‌ها برای بیان جزئیات عملیات جوشکاری از علائم و نشانه‌هایی استفاده شده است که می‌توان آنها را زبان علم جوشکاری نامید. در این زبان طرح اتصال، نوع جوش، محل جوش، اندازه جوش و حتی روش جوشکاری و ابعاد مورد نیاز آورده می‌شود و هر متخصص جوش و حتی جوشکاران باید توانایی خواندن این علائم و نقشه‌ها و تبدیل آنها به دستورات عملی را داشته باشند. دو استاندارد AWS,ISO برای علائم جوش وجود داردکه از معتبرترین آنها می‌باشد.
درجدول زیر علائم استاندارد جوش مرکب نشان داده شده است.

ردیف	نوع جوش	تصویر	علامت
۱	جوش جناغی دوطرفه (X) Double - v butt weld (x weld)		
۲	جوش نیم‌جناغی دوطرفه Double bevel butt weld		
۳	جوش جناغی دوطرفه با ریشه Double bevel butt weld with broad root face		
۴	جوش نیم‌جناغی دوطرفه با ریشه Double bevel butt weld with broad root face		
۵	جوش U (لاله‌ای) (ناودانی) دوطرفه Double U butt weld		

درجدول زیر علائم استاندارد جوش عملیات تکمیلی نشان داده شده است.

ردیف	نوع جوش	تصویر	علامت
۱	جوش جناغی یک‌طرفه با سطح تخت		
۲	جوش جناغی دوطرفه با سطح محدب		
۳	جوش گوشه‌ای با سطح مقعر		
۴	جوش جناغی یک‌طرفه با جوش پشت دارای سطح تخت		
۵	جوش جناغی یک‌طرفه با ریشه و جوش پشت		
۶	جوش جناغی یک طرفه با سطح تخت		

جلسهٔ ۵

بازرسی جوش

تدریس این بخش را این‌گونه شروع می‌کنیم که چگونه می‌فهمیم که جوش مناسب انجام شده است، یا جوش کافی و بدون عیب صورت گرفته است، ابعاد و اندازه جوش ایجاد شده را چگونه اندازه بگیریم؟ و از هنرجویان می‌خواهیم پاسخ مناسب به این سؤالات بدهند.

دانش‌افزایی

بازرسی چشمی و ابعادی ساده‌ترین و کم هزینه‌ترین روش‌های بازرسی جوش بوده و در ردیف آزمایش‌های غیرمخرب قرار دارد. درستی اجرای جوش را می‌توان تا حدودی قبل از جوشکاری، حین جوشکاری یا بعد از جوشکاری با چشم بازرسی نمود. به‌دلیل مشکلاتی که در کنترل یک کار انجام شده وجود دارد باید به‌کنترل قبل از شروع کار و کنترل در حین جوشکاری توجه خاص داشت. قبل از اینکه عمل جوشکاری مهمی شروع شود سرپرست امور باید اطمینان حاصل کند که همه جوشکاران می‌توانند کاری که به آنها محول شده با مشخصات مورد نظر اجرا کنند. جوشکارانی که مورد آزمایش قرار می‌گیرند باید قطعات آزمایشی را با همان کیفیتی که کار اصلی را اجرا خواهند کرد، جوش دهند. درصورتی که جوش به‌خوبی انجام شود، پس از آزمایش‌های لازم نتیجه رضایت‌بخش به‌دست می‌آید. در جدول زیر انواع عیوب که ممکن است در جوش ایجاد شود آورده شده است.

گیج‌های بازرسی جوش

گیج‌های مورد استفاده در جوشکاری بسیار متنوع می‌باشد. گاهی گیجی را برای یک منظور به‌کار می‌برند و گاهی نیز گیج‌هایی که چندین کار می‌توانند انجام دهند استفاده می‌شود. آنچه که مهم است دسترسی به اهدافی نظیر کنترل ابعادی قطعات،کنترل زاویه سطح پخ خورده کنترل فواصل لازم جهت مونتاژکاری آنها، کنترل عدم هم‌ترازی و اندازه‌گیری و کنترل ابعاد عیوب احتمالی می‌باشد و باید در این راستا ابزار مناسب مربوطه را تهیه نمود.

مهم‌ترین مرحله بازرسی پس از عملیات جوشکاری عبارت از یافتن و اندازه‌گیری عیوب زیر است:

- خلل و فرج
- سوراخ‌های کرمی‌شکل
- سرباره
- حبس سرباره
- عدم ذوب
- عدم نفوذ
- ترک‌ها
- بریدگی کناره جوش (سوختگی)
- بعد ناقص جوش

بازرسی چشمی، لایه‌های جوش را از نظر مقعر (Concave) و یا محدب (Convex) بودن بررسی می‌کند و همچنین از نظر بریدگی جوش Undercut welding و اضافه‌جوش Over lap welding کل جوش را مطالعه می‌کند. حتی اگر قرار باشد جوش به‌وسیله روش‌های دیگر مانند التراسونیک، رادیوگرافی (پرتونگاری) و یا.... مورد آزمایش قرار گیرد می‌توان به‌وسیله روش چشمی جوش را مورد بررسی قرار داد.

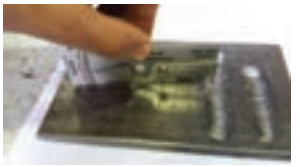
در بازرسی چشمی جوش باید به سه جنبه کلی توجه شود:

الف) اندازه‌های جوش مخصوصاً در جوش‌های گرده‌ای‌شکل که بایستی مطابق نقشه و استانداردها باشد.

ب) میزان نفوذ در اتصالاتی که از یک طرف جوشکاری می‌شوند.

ج) معایب سطحی که در بالا ذکر شد.

به وسیله روش چشمی می‌توان عیوب موجود در سطح جوش را از قبیل ترک، تخلخل و نامساوی‌بودن ساق جوش را آشکار کرد و به روش‌های پیچیده دیگر متوسل نگردیم. می‌توان انحراف از ابعاد جوش، پیچش و اشکالات ظاهری را با بازرسی چشمی و ابعادی آشکار نمود. در صفحه بعد یکی از مهم‌ترین ابزار بازرسی که همان گیج‌های جوشکاری می‌باشد تشریح شده است.

گیج کمبریج		
اندازه‌گیری ساق جوش	اندازه‌گیری ارتفاع گرده جوش	اندازه‌گیری گلویی جوش
گیج خوردگی		
		
اندازه‌گیری ارتفاع گرده جوش	اندازه‌گیری عمق خوردگی جوش	اندازه‌گیری طول حفرات
گیج انیورسال		
اندازه‌گیری فاصله شکاف ریشه قطعات قبل از جوشکاری	اندازه‌گیری زاویه اتصالات پخ خورده	اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع قطعات
گیج AWS		
اندازه‌گیری گلویی جوش	اندازه‌گیری ارتفاع ساق جوش	اندازه‌گیری ارتفاع گرده جوش

جلسهٔ ۶

جوشکاری اکسی استیلن

عموماً در ابتدای درس و در جلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود. سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن در کارگاه بررسی شود و ازهنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کرده تا بتوانند این نکات را به‌خوبی فراگیرند و برای همیشه به خاطر بسپارند.
توصیه می‌شود هنرآموز برای تدریس بهتر این فصل، از محیط کارگاه استفاده کند.
پیشنهاد می‌شود هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب فصل، موارد ذکرشده. در بخش‌های دانش‌افزایی را مورد توجه قرار دهد و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.
مبحث تئوری و عملی را به‌صورت هم‌زمان پیش ببرید.

تجهیزات فردی زیر در هنگام جوشکاری با شعله اکسی‌استیلن استفاده می‌شود.
لباس کار، شلوار کار، پیش‌بند چرمی، دستکش چرمی، کفش چرمی پابند، عینک جوشکاری و تجهیزات کلاه ایمنی.

رعایت نکات زیر در کارگاه جوشکاری اکسی گاز ضروری است:

۱ جلو و پشت درهای خروجی اضطراری مانعی نباشد.

۲ محل نصب کپسول‌های آتش‌نشانی و شیلنگ‌های آب و ظرف شن مخصوص آتش‌نشانی را به خاطر بسپارید.

۳ قبل از روشن کردن مشعل، اطراف محل کار را از مواد سوختنی پاک کنید.

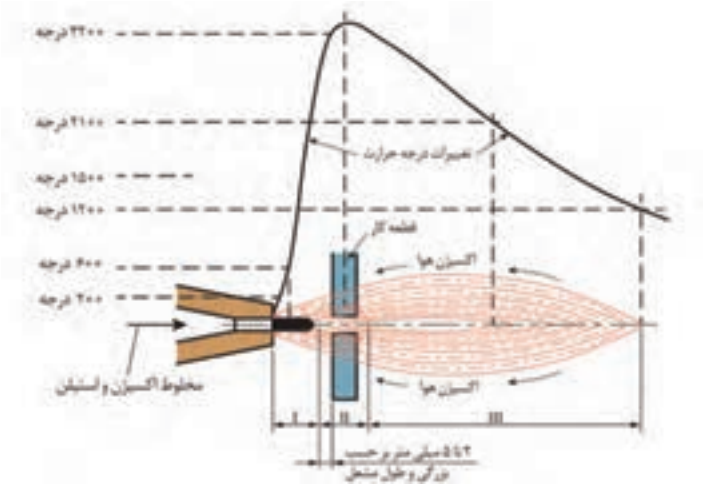
۴ از جوشکاری سطوح رنگ شده خودداری نمایید چون امکان آتش‌سوزی وجود دارد.

۵ وجود سیم‌های سیار برق در کنار شیلنگ‌های گاز خطرساز است.

۶ در هنگام آتش‌سوزی شیرفلکه گازها را بسته و مواد قابل اشتعال را از محل دور کنید.

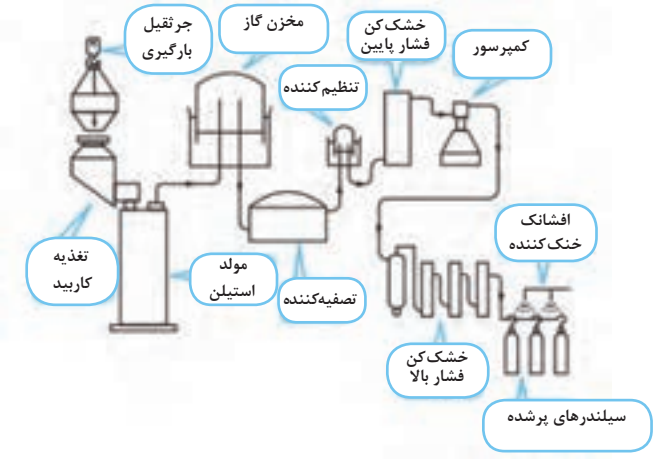
دانش‌افزایی

در این روش جوشکاری از احتراق یکی از گازهایی که به‌همراه اکسیژن درجه حرارتی بالا تولید می‌کند، استفاده می‌گردد. گاز مورد استفاده معمولاً استیلن و دربعضی موارد گاز پروپان یا هیدروژن است. گاز استیلن یک ترکیب شیمیایی است که از دو اتم کربن و دو اتم هیدروژن تشکیل می‌شود و از تأثیر آب بر کاربیدکلسیم به دست می‌آید. از احتراق کامل استیلن یا اکسیژن یکی از پرحرارت‌ترین شعله‌ها ایجاد می‌گردد. درجه حرارت این شعله تا ۳۲۰۰درجه سانتی‌گراد می‌رسد که به‌وسیله آن می‌توان اکثر فلزات را به درجه حرارت لازم در جوشکاری رساند.



ارزش حرارتی گاز استیلن ۵۶۹۰۰Kg/c است. استیلن موردنیاز جوشکاری را می‌توان با استفاده از مولدهای تهیه استیلن از افزودن آب به کاربید کلسیم به‌دست آورد و یا آن را در کپسول‌های مخصوصی که از طرف کارخانجات تهیه استیلن به بازار عرضه می‌گردد، خرید. کاربید حاصل را در آسیاب خرد و دانه‌بندی می‌کنند و با ابعاد مشخص در بشکه‌ها یا ظرف‌های سربسته به وزن ۷۵کیلوگرم، که دارای ۷۰ کیلوگرم کاربید خالص است، به بازار عرضه می‌کنند.

دلیل استفاده از ظرف‌های فلزی سربسته و بدون منفذ آن است که کاربید میل ترکیبی شدیدی با آب دارد؛ زیرا بخار آب هوا با کاربید واکنش می‌دهد و گازاستیلن تولید می‌کند و آهک مرده ($Ca(OH)_2$) بر جای می‌ماند. شکل زیر شماتیک تهیه گاز استیلن است.



روشن کردن مشعل جوشکاری

در اینجا و در محل کارگاه روش روشن کردن مشعل جوشکاری را عملاً آموزش می‌دهیم و کلیه نکات ایمنی را به هنرجویان یادآوری می‌کنیم، سپس از آنها می‌خواهیم روش روشن‌کردن و تشکیل شعله خنثی و اکسیدی و احیا را تمرین کنند.

دانش‌افزایی

برای روشن کردن مشعل، نخست شیر استیلن روی مشعل را باز کنید و گاز استیلن را که از نوک مشعل بیرون می‌آید، روشن کنید. شعله اکسیژن لازم و کافی را برای سوزاندن بخشی از استیلن از هوای اطراف مشعل دریافت می‌کند و نهایتاً مشعل روشن می‌شود. شیر سوزنی را باید تا زمانی باز کنید که انتهای شعله از مشعل قطع شود و سپس با بستن شیر، شعله را به نوک مشعل متصل کنید. این روشی برای تشخیص و تخمین مقدار جریان استیلن صحیح از نوک مشعل است. از مشخصات اصلی این شعله، فراوانی کربن آزاد شده در هواست که به‌صورت لخته در هوا مشاهده می‌شود. در مواقعی از این شعله برای اندود کردن (کربنی کردن) روی قالب‌های ریخته‌گری استفاده می‌شود، زیرا کربن نقش عایق بین فلز قالب و فلز ریخته شده را بازی می‌کند.

انواع شعله:

عموماً سه نوع شعله وجود دارد:

الف) شعله احیا ب) شعله خنثی ج) شعله اکسیدکننده

شعله احیا: شعله‌ای است که دارای استیلن اضافی باشد. در این شعله، قسمت احتراق شعله به جای دو قسمت با سه بخش مشخص شده است. بخش دوم را که احتراق اضافی نامیده می‌شود، با تنظیم مقدار استیلن توسط شیر سوزنی بر هسته سفیدرنگ مخروطی می‌توان منطبق کرد. بلندی شعله وسط معمولاً با مقایسه هسته مخروطی توسط چشم اندازه‌گیری می‌شود. شعله احیای وسط تقریباً دو برابر طول هسته مخروطی است. شعله احیا همه کربن موجود را به‌طور کامل مصرف نمی‌کند. بنابراین حرارت سوخت آن پایین است و کربن‌های اضافی را به فلز وارد می‌کند. این عمل (وارد شدن کربن در فلز) با جوششی که در حوضچه مذاب ظاهر می‌گردد، مشخص می‌شود. بعد از آن گرده جوش که دارای کربن اضافی است، منجمد می‌شود و سطح جوش محدبی حاصل می‌گردد. به‌دلیل تزریق کربن اضافی به حوضچه مذاب،گرده جوش بسیار سخت و شکننده می‌شود. شعله احیا به‌دلیل دارا بودن کربن

اضافی برای جوشکاری فولادهای پرکربن ایدئال است. به هرحال در هنگام جوشکاری این‌گونه فولادها، کربن اضافی شرایط ایدئالی را به وجود می‌آورد.

شعله خنثی: با تنظیم دقیق‌تر توسط شیر سوزنی مشعل می‌توان شعله وسطی را بر روی هسته مخروطی منطبق کرد با این عمل بهتر است اکسیژن افزایش داده شود تا گازاستیلن به اندازه حداقل جریان داشته باشد. افزایش اکسیژن موجب می‌شود که شعله وسطی خود را به عقب بکشد و بر هسته مخروطی منطبق شود. منطبق شدن شعله وسطی با هسته مخروطی، بیانگر مساوی بودن نسبت اکسیژن با استیلن است؛ در نتیجه شعله خنثی حاصل می‌گردد. این شعله خنثی که دارای دو قسمت است، باید هسته مخروطی متقارنی داشته باشد و معمولاً صدای«هیس» می‌دهد. این نوع شعله بیشترین کاربرد را در جوشکاری و برش‌کاری دارد.
شعله خنثی تأثیرات کمتری روی فلز مبنا و خط جوش می‌گذارد و معمولاً گرده جوش ظریفی حاصل می‌شود؛ در نتیجه خواص جوش حاصل شده با فلز مبنا تقریباً یکسان خواهد بود. حرارت هسته مخروطی شعله خنثی برای جوشکاری اغلب فلزات کافی است و قسمت دوم احتراق حفاظ بسیار مناسبی برای فلزات آهنی است.

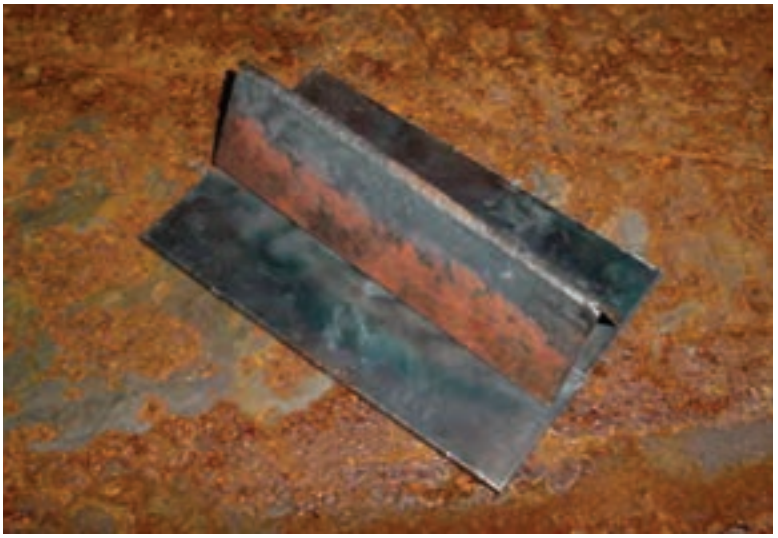
شعله اکسیدکننده: با افزایش اکسیژن توسط شیر سوزنی روی مشعل، طول هسته مخروطی تقریباً به اندازه ۰/۲ هسته مخروطی اصلی کاهش پیدا می‌کند. هسته مخروطی شکل تقارنی خود را از دست می‌دهد و شعله با غرش بلندی ایجاد می‌شود؛ بدین طریق شعله اکسیدکننده به‌وجود می‌آید. این شعله پرحرارت‌ترین شعله است که می‌توان توسط اکسیژن و گاز سوختنی تولید کرد. شعله اکسیدکننده اکسیژن اضافی را داخل حوضچه مذاب تزریق می‌کند و موجب اکسیده شدن و یا سریع سوختن قطعه کار می‌گردد. از علائم مشخص این شعله، پرتاب شدن جرقه‌های براق و روشن از حوضچه مذاب است. اکسیژن اضافی گرده جوش کف‌آلود و کثیفی نیز به وجود می‌آورد. به هرحال در جوشکاری برخی از فلزات از قبیل مس و روی و بعضی از فلزات آهنی مانند فولاد منگنزدار و چدن، استفاده از شعله اکسیدکننده مفید است.

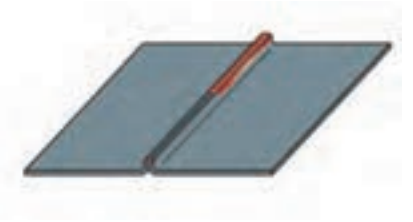
جلسهٔ ۷

تهیه حوضچه

قبل از تعلیم هر نوع جوشکاری، توصیه می‌شود تهیه حوضچه تمرین داده شود. حوضچه قسمت مهم و اساسی جوشکاری است، زیرا در بیشتر عملیات جوشکاری حوضچه فلز مذاب در امتداد خطی که دو فلز را باید به‌هم جوش داد، تشکیل می‌شود. در اکثر موارد جوشکاری، چه جوشکاری با گاز و چه جوشکاری با برق، مطلب بالا صادق است. مشخصات حوضچه فلز مذاب، نفوذ، تنظیم مشعل، گرفتن مشعل در دست و حرکت مشعل را تعیین می‌کند. مشخصات حوضچه که از مشاهده شرایط آن حاصل می‌گردد، باعث می‌شود که یک جوشکار باتجربه بتواند کار خود را خوب انجام دهد. قطر حوضچه متناسب با عمق آن است؛ بنابراین جوشکار می‌تواند عمق یا نفوذ جوش را حدس بزند. این مطلب را می‌توان از مشاهده و مهار حوضچه فلز مذاب تعیین نمود. اگر جوشکاری روی ورقه فلز نازک باشد، ممکن است نفوذ یا عمق حوضچه نسبت به قطر آن از فلز ضخیم‌تر بیشتر باشد. وضع ظاهری سطح حوضچه شرایط تنظیم مشعل را مشخص می‌کند. در موقع کار با شعله خنثی، وقتی شعله فلز را به خوبی ذوب می‌کند، سطح حوضچه صاف و براق است. کنار حوضچه که دورتر از مشعل است، یک لکه کوچک درخشان وجوددارد که با سرعت به کناره‌های حوضچه حرکت می‌کند. اگر لکه بزرگ باشد، شعله خنثی نیست و نیز اگر در حوضچه، حباب و جرقه زیاد دیده شود، یا تنظیم شعله خوب نیست، یا فلزی که می‌خواهیم جوش دهیم، کثیف است و جنس خوبی ندارد.اگر شعله زیاد احیاکننده باشد، سطح حوضچه آلوده به دود است و براق نیست. نوک مخروط داخلی شعله باید همیشه داخل حدود حوضچه قرار بگیرد. اگرشعله ای را که خوب تنظیم، شده است، به‌طور صحیح بالای حوضچه نگاه داریم، از ترکیب اکسیژن هوا با سطح حوضچه و همچنین اکسید شدن آن جلوگیری می‌کند. بنابراین مشعل را به اندازه کافی از سطح حوضچه بالا نگاه دارید تا نوک مخروط داخلی با حوضچه تماس پیدا نکند. نوک مخروط باید در فاصله۱/۸تا۱/۱۶ اینچ ازسطح حوضچه قرار گیرد. اگر حوضچه فرورود یا خیلی خم شود، معلوم می‌شود نفوذ شعله زیاد بوده است. برای رفع این عیب باید زاویه مشعل کم شود و مشعل را نباید از سطح حوضچه دور کرد. همچنین عرض حوضچه در اثر حرکت مشعل تغییر می‌کند. قبل از شروع تمرین با مفتول جوشکاری، هنرجو باید یاد گرفته باشد که چهار گروه جوش متوالی را با درست کردن حوضچه ایجاد کند. فلز قطعه کار نباید سوراخ شود و در عین‌حال نفوذ به خوبی انجام گیرد. همه گرده‌ها باید در خط مستقیم باشد و عرض آنها نیز یکنواخت باشد. اگر هنرجو بتواند آن را به خوبی انجام دهد، به کار با مشعل آشنائی پیدا کرده است.

نوع جالب جوشکاری ورقه فلزی که در آن به سیم فلزی جوشکاری احتیاج نیست و با انواع دیگر مقداری اختلاف دارد، جوشکاری اتصال گوشه نام دارد. هنرجو با این تمرین یاد می‌گیرد که چگونه می‌توان از خود فلز برای پر کردن محل جوش کمک گرفت. در این جوشکاری نفوذ خیلی خوب است، ولی قسمت داخلی گوشه نباید مشاهده شود. هنرجو یاد می‌گیرد که در این تمرین احتیاجی به حرکت خیلی زیاد مشعل نیست و نیز سرمشعل را باید کمی مایل نگاه دارد و نوک شعله باید به طرف داخل صفحه افقی قرار گیرد. جوشکاری باید تماماً روی صفحه افقی قرار گیرد. رعایت این عمل اهمیت زیادی دارد. پس از بررسی ظاهر جوشکاری، نفوذ آن را با بازکردن دو قطعه فلز مثل باز کردن ورقه‌های کتاب بررسی کنید. اگر فلزها در محل اتصال شکسته شوند، معلوم می‌شود نفوذ کامل نیست و محل اتصال خوب جوش نخورده است.





با تمرین دیگری که جوش لبه‌ای نام دارد، بدون به‌کار بردن سیم جوشکاری می‌توانید استفاده از مشعل جوشکاری را یاد بگیرید. برای تهیه فلز به منظور این نوع جوشکاری دو قطعه ورق را انتخاب نمایید و لبه‌های آن را با زاویه ۹۰درجه خم کنید. مطمئن شوید که طول دو لبه مساوی است. لبه‌ها در امتداد طولشان روی یکدیگر قرار می‌گیرند و دو لبه با مشعل جوشکاری ذوب می‌شود. همان‌طورکه اتصال گوشه خارجی جوشکاری شد، اینجا هم همان‌گونه عمل می‌شود و از خود لبه برای پرکردن محل جوش استفاده می‌شود.

دانش افزایی

برای مهارت در جوشکاری با گاز استیلن، لازم است تمرین‌های اساسی مخصوصی طرح شود تا نتایج حاصل کاملاً رضایت‌بخش باشند. در اقسام مختلف جوشکاری با گاز استیلن می‌توان آنها را بسته به‌نوع اتصال و محل جوشکاری به روش‌های مختلفی تقسیم کرد.

اتصال‌های مختلف از این قرارند:

۱ اتصال لب به لب
۲ اتصال روی هم (جوش گوشه‌ای)
۳ گوشه خارجی
۴ گوشه داخلی(سپری)

تمرین جوشکاری در هر کدام از اتصال‌های بالا باید انجام شود.

استفاده از مفتول جوشکاری و انتخاب قطر سیم

در اتصال لبه برگشته یا گوشه خارجی از مفتول جوشکاری استفاده نمی‌شود و حوضچه مذاب توسط خود فلزات تأمین می‌گردد. اگر فلز بیشتر لازم باشد تا شکل و استحکام صحیح در جوش به دست آید، از مفتول جوش برای پرکردن استفاده می‌شود. جوشکاری این فلزات با روش حوضچه باعث نازک شدن فلز در محوطه جوش داده شده می‌شود. برای اینکه جوشکاری محکم باشد از مفتول جوشکاری استفاده می‌شود. گرده‌ای که در جوشکاری درست می‌شود باید کمی به طرف بالا محدب باشد تا ضخامت جوش و استحکام آن زیاد شود. با کمک مفتول جوشکاری

فلز به محل جوش اضافه شده تا گرده جوش که کمی برآمدگی دارد ایجاد شود. برای جوشکاری با مفتول، مشعل را به نقطه‌ای از اتصال که می‌خواهند جوشکاری را از آنجا شروع کنند، نزدیک می‌کنند. یک حوضچه کوچک روی سطوح دوقطعه درست می‌شود. باید اجازه داد تا فلز دو قطعه مخلوط شود و در همان زمان با دست دیگر مفتول جوشکاری را در فاصله ۳/۸ اینچ از شعله مشعل و ۱/۸اینچ ازسطح حوضچه در آن محل نگه می‌دارند. در این حال مفتول جوشکاری گرم شده، وقتی داخل حوضچه شود، ذوب می‌گردد.

اگر تشخیص داده شود که حوضچه به فلز بیشتری احتیاج دارد، انتهای مفتول جوشکاری را در حوضچه فرو می‌برند، مقداری از سیم جوشکاری ذوب می‌گردد و با فلز مذاب قطعه کار مخلوط می‌شود. به اندازهٔ کافی از فلز سیم جوشکاری به حوضچه اضافه می‌شود تا سطح آن بالا بیاید. در همین حال حرکت مشعل بدون انقطاع ادامه داده می‌شود. در این موقع کنترل مشعل اهمیت زیادی دارد. با تغییر مختصر محل مشعل، ذوب مفتول جوشکاری و وضع حوضچه را می‌توان کنترل کرد. همین که مقداری مفتول جوشکاری به فلزِ اضافه شد، کمی مفتول جوشکاری عقب کشیده می‌شود و آن را به محلی که قبلاً توضیح داده شد، می‌برند تا انتهای مفتول جوشکاری در وضع حرارت قبلی قرار بگیرد. اگر مفتول جوشکاری خیلی از مشعل دور شود، سرد می‌شود؛ در نتیجه وقتی آن را دوباره وارد حوضچه کنند، آن را سرد می‌کند. اگر مفتول جوشکاری خیلی نزدیک به‌شعله مشعل باشد، خیلی گرم خواهد شد و درصورتی که ذوب شود، شعله مشعل قطرات مذاب آن را به قسمت‌های سرد قطعه مورد جوشکاری خواهد پاشید. در این شرایط گرده جوش خیلی نامنظم و جوش ضعیف خواهد شد و حتی شاید نفوذ آن نیز بسیار کم شود. گاهی از مبتدیان می‌خواهند که یک جوشکاری واحد را با چند مفتول جوشکاری با قطرهای مختلف تکرار کنند. توصیه می‌کنیم که به دلایل زیر از انجام این کار خودداری کنید:

۱ برای جوش مناسب خیلی مشکل است که بتوان با چند مفتول به قطرهای متفاوت، مفتول جوشکاری را به اندازه کافی اضافه کرد؛

۲ خیلی مشکل است با مفتول جوشکاری با قطر کمتر، حوضچه را کنترل کرد؛

۳ امکان اینکه مفتول جوشکاری با قطر کم بسوزد (اکسید گردد)، بسیار زیاد است؛

۴ مفتول جوشکاری با قطر بزرگ وقتی وارد حوضچه شود، آن را خیلی سرد می‌کند و جوشکاری ضعیف خواهد شد؛

۵ اگر بخواهیم مفتول جوش بیشتری اضافه کنیم، نفوذ خیلی بیشتر می‌شود و سطح بالای جوش بیش از حد لازم بالا می‌آید.

در جوشکاری یک فلز با ضخامت مشخص اگر با سرمشعل معین عادت شود، فقط از یک سیم جوش با قطر مشخص استفاده باید کرد.
لازم به ذکر است که جوشکاری خوب یعنی ذوب خوب، گرده جوش خوب و نفوذخوب؛ و همه اینها فقط وقتی حاصل می‌شود که در استفاده از مشعل و مفتول جوش و هماهنگ کردن آنها مهارت پیدا شود. پس باید حرکت طولی و عرضی مشعل یکنواخت شود و نوک مخروط شعله در فاصله مناسبی از سطح کار قرارگیرد. شیب مشعل نسبت به سطح کار همیشه باید یکنواخت باشد و به‌طور مناسب و در فواصل زمانی مساوی سیم جوش اضافه شود.

جوشکاری اتصال لب به لب

یکی از معمول‌ترین اقسام جوشکاری جوش لب به لب است که می‌توان با مشعل اکسی استیلن انجام داد. هنرجویان با استفاده از آموزش‌هایی که داده خواهد شد، می‌توانند روی ورقه‌های نازک فولادی جوش لب به لب را انجام دهند. دو قطعه کار همان‌گونه که در فعالیت داده شده، فراهم شود. این قطعات باید تمیز و کناره آنها مستقیم و صاف باشند. دو قطعه فلز را بر روی دو آجر نسوز طوری قرار می‌دهیم که آجرها در زیر و در دو طرف فلزات قرار گیرند. در یک طرف، لبه‌های دو قطعه کار کنار هم قرار می‌گیرد و جوشکاری شروع می‌شود. ضمن ادامه جوشکاری، وقتی فلز مذاب سرد می‌شود، منقبض می‌گردد و دو قطعه فلز به طرف هم کشیده می‌شوند. در اثر انقباض ممکن است لبه یکی روی دیگری بیفتد یا قطعه کار دچارپیچیدگی شود. جوشکار می‌تواند فلز را طبق روش‌های زیر طوری آماده نماید تا اشکالات ناشی از انقباض و انبساط پیش نیاید:

۱ انتهای دو قطعه را خال‌جوش داد یا با پیچ محکم کرد و بعد جوشکاری نمود؛
۲ بین دو قطعه کار یک فاصله یا شکاف اریب گذاشته می‌شود؛
۳ فلز را با گیره محکم می‌کنیم تا نتواند حرکت کند.

مشعل روشن و تنظیم شود تا شعله خنثی به‌دست آید و به ترتیب زیر عمل شود:
ابتدا مشعل را باید به نقطه‌ای که می‌خواهد جوشکاری از آنجا شروع شود، نزدیک کرد. سرمشعل را طوری باید گرفت که زاویه ۳۰تا ۴۵درجه با امتداد اتصال درست کند. شعله مشعل در هر طرف از دو قطعه فلز یک حوضچه درست می‌کند که باید به طور مساوی روی دو قطعه پخش شده باشد. مشعل باید کمی‌جلو برود تا حوضچه جدید به اندازه حوضچه قبلی برسد. مفتول جوش دوباره وارد حوضچه شود. همان‌طور که قبلاً هم گفته شد، حوضچه‌ها محدب می‌شوند. این روش را در طول تمام اتصال جوش باید ادامه داد. سرمشعل در فاصله معین از محل جوشکاری

نگه داشته شود. زاویه مشعل با فلز نباید تغییر کند. سیم جوش را باید در فواصل زمانی معین و هر بار به مقدار مساوی وارد کرد. پس از اینکه جوشکاری تمام شد، مدتی باید صبر کرد تا قطعه سرد شود و بعد بررسی شود.

جوشکاری لبه روی هم

این روش خیلی معمول است و بیشتر در صنعت استفاده می‌شود و آن را جوشکاری اتصال روی هم می‌نامند. اتصال از یک ورقه فلزی درست شده است که روی ورقه دیگر قرار می‌گیرد و باید به آن جوش داده شود. این تمرین جوشکاری در وضع افقی انجام گیرد. با وجود اینکه این نوع جوشکاری خیلی معمول است، ولی چند نکته را باید درنظر گرفت تا نتیجه رضایت‌بخش باشد.

۱ مشکل است بتوان قطعه فلز پایین را حرارت داد و ذوب کرد. برای جلوگیری از این عمل شعله را روی فلز پایین متمرکز می‌کنند به‌طوری که فلز پایین حرارت کل را دریافت کند؛

۲ ضخامت جوش در قسمت جوشکاری شده باید حداقل به اندازه فلز اصلی باشد. برای این منظور باید مفتول جوشکاری را به اندازه کافی اضافه کرد تا سطح جوش کمی برآمده شود.

دانش افزایی

زردجوش

زردجوش برای اتصال فلزات مشابه و یا غیرهم‌جنس به کار می‌رود و روشی است بین جوشکاری و لحیم‌کاری سخت. مقاومت این جوش از لحیم سخت بیشتر است و با شعله گاز و در حرارتی حدود ۸۸۰ الی ۹۵۰ درجه سانتی‌گراد اجرا می‌شود؛ بدین طریق که سطح لبه‌های مورد اتصال حرارت داده می‌شود (تا درجه حرارت ذوب مفتول و پایین‌تر از نقطه ذوب قطعه کار) سپس با حضور فلاکس مفتول که غالباً آلیاژهای مس برنج و برنز هستند، ذوب در محل درز رسوب داده می‌شود. برای این کار از مفتول‌های مخصوص جوشکاری برنج که مقدار مس آن ۴۲ تا ۸۲ درصد است، استفاده می‌شود و برای جلوگیری از اکسیداسیون از پودر جوشکاری استفاده می‌گردد. برای جوشکاری با مفتول جوش برنجی به تنه کار مناسب برای تمیز کردن سطح و ایجاد اتصال بهتر نیازمندیم. این پودر تحت عناوین پودر تنه کار برنج، تنه کار برنج، تنه کار، پودر تنه کار، پودر جوش برنج و پودر فلاکس نام‌گذاری می‌شود.