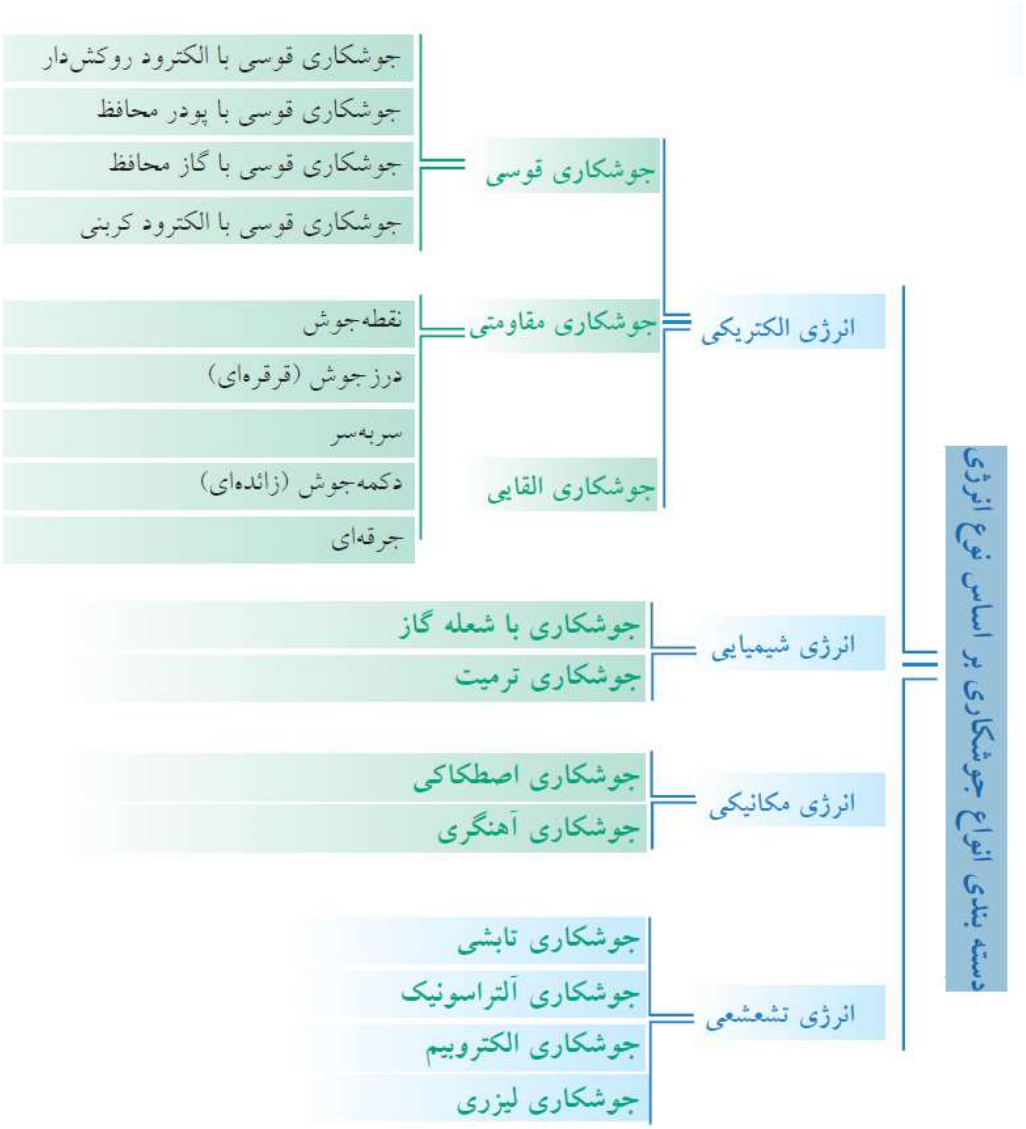
فصل هفتم :

آشنایی با فرآیند جوشکاری با برق

جوشکاری : جوشکاری عبارت است از اتصال دو یا چند قطعه فلزی و یا غیر فلزی به یکدیگر، که در اثر ذوب سطحی قطعات و ترکیب مذاب صورت می گیرد. پس از انجماد مذاب، قطعات در محل اتصال به صورت یکپارچه در می آیند.

✓ نکته : در جوشکاری فلزات، عوامل گوناگونی همچون دما، فشار، جنس و ترکیب قطعات دخالت دارند.

انواع جوشکاری براساس نوع انرژی



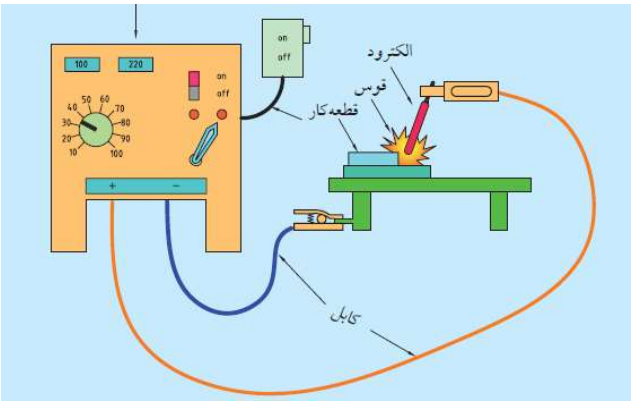
در این جزوه به جهت اختصار فقط سه نوع جوش جوشکاری قوسی با الکترود روکش دار ، نقطه جوش و جوشکاری با شعله گاز تدریس می شود.

در برخی روش های جوشکاری عمل ذوب انجام می شود مانند جوشکاری قوسی با الکترود روکش دار و در برخی انجام نمی شود مانند جوشکاری اصطکاکی، که به نوع اول جوشکاری ذوبی و به نوع دوم جوشکاری غیر ذوبی می گویند.

www.iran-mavad.com

جوشکاری قوسی با الکترود روکش دار

یک فرایند ذوبی است که گرمای لازم برای اتصال قطعات به یکدیگر از طریق قوس الکتریکی تأمین شده و بین الکترود و لبه قطعات فلزی در محل اتصال ایجاد می شود در واقع عمل جوشکاری بر اثر قوس الکتریکی بین الکترود روپوش دار و قطعه کار انجام می گیرد و جریان الکتریسیته لازم توسط دستگاه جوشکاری تأمین می شود. قوس الکتریکی بر اثر حرکت الکترون ها در فاصله بین نوک الکترود و قطعه کار تشکیل می شود و گرمایی در حدود ۳۰۰۰ درجه سلسیوس را به وجود می آورد. این گرما باعث تشکیل حوضچه مذاب جوش شده و با دور کردن الکترود از قطعه کار، و در نتیجه، قطع قوس الکتریکی، جوشکاری تکمیل می گردد.



دستگاه های مولد جریان جوشکاری قوس الکتریکی

۱- ترانسفورماتور

در جوشکاری، تعریف ترانسفورماتور دستگاهی است که برق متناوب با ولتاژ و جریان معین را به برق با ولتاژ کم تر و شدت جریان بالاتر تبدیل می کند.

۲- رکتیفایر

از رکتیفایرها برای تأمین جریان مستقیم DC و نیز جریان متناوب AC در جوشکاری استفاده می شود. این دستگاه شامل دو بخش است: ترانسفورماتور ولتاژ و یکسوساز جریان.

کاهنده

۳- دینام جوشکاری

این دستگاه شامل یک الکتروموتور سه فاز و یک دینام (ژنراتور) است که محور آنها با هم کوپل شده اند .الکتروموتور محور دینام را به حرکت در آورده و بدین ترتیب جریان لازم برای جوشکاری تولید می شود. الکتروموتور توسط یک کلید ستاره مثلث به برق شهری متصل است .برای راه اندازی، ابتدا کلید را در حالت ستاره قرار داده تا موتور به دور کامل برسد و سپس کلید را در حالت مثلث قرار دهید تا دور موتور ثابت شده و برای جوشکاری مهیا گردد .قطبهای دینام به صورت + و - یا به صورت Electrode و Work برروی ترمینال ها مشخص شده است.

۴- موتور جوشکاری

دستگا هی هستند که انرژی لازم برای جوشکاری را از طریق موتو رهای احتراقی بنزینی یا گازوئیلی تأمین می کنند که به نام موتورجوش (ژنراتور جوشکاری) مطرح هستند . ژنراتورهای جوشکاری به کمک موتور الکتریکی نیز را ه اندازی می شوند و قابلیت تولید جریان ACو DCرا دارند.

معایب و مزایای استفاده از جریان AC و DC در جوشکاری

	مزایا	معایب
جریان متناوب (AC)	ـ راه‌اندازی آسان است. ـ هزینه تعمیرات و نگهداری و استهلاک کم‌تر است. ـ وزش قوس وجود ندارد. ـ توزیع حرارت در الکترود و قطعه کار یکنواخت است.	ـ شروع قوس مشکل‌تر نسبت به DC است. ـ امکان تغییر قطب‌ها وجود ندارد. ـ برخی از الکترودها را نمی‌توان با آن جوشکاری کرد. ـ برخی از فلزات را نمی‌توان با آن جوشکاری کرد. ـ پاشش مذاب زیاد است.
(DC)	ـ خطر شوک الکتریکی کم‌تر است. ـ تشکیل قوس راحت‌تر و پایدارتر و آرام‌تر است. ـ پاشش ذرات کم‌تر است. ـ استفاده از انواع الکترود امکان پذیر است. ـ قابلیت تغییر قطب وجود دارد. ـ در هنگام کار سروصدا کم‌تر است.	ـ امکان انحراف قوس وجود دارد. ـ هزینه دستگاه بالاست. ـ هزینه تعمیرات و نگه‌داری بالاست.

وسایل و تجهیزات جوشکاری

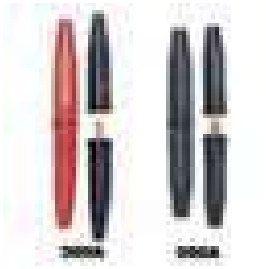
۱- **کابل جوشکاری:** یکی از اجزای اصلی جوشکاری است که قطر آن با توجه به مقدار جریان مورد نیاز برای جوشکاری بدون ایجاد گرمای زیاد، انتخاب می شود .کابل جوشکاری باید ویژگی هدایت الکتریکی بالا و استحکام کافی را دارا بوده و در عین حال انعطاف پذیر باشد به همین دلیل برای این منظور از کابل افشان استفاده می شود. طول کابل جوشکاری در حد امکان کوتاه انتخاب می شود تا باعث افت ولتاژ و آمپر نگردد .در جوشکاری از دو نوع کابل، یکی جهت اتصال به قطعه کار و دیگری برای اتصال به انبر جوشکاری، استفاده می شود .برای اتصال کابلها به ترمینا لها از کابل شوها و یا کفش کابل استفاده می شود.

www.iran-mavad.com

۲- **انبر جوشکاری:** از انبر جوشکاری برای نگه داری الکترود در زوایای مختلف در هنگام جوشکاری استفاده می شود. جنس مغزی آن از آلیاژ مس بوده و روکش عایق آن از جنس کائوچو، لاستیک یا فیبر فشرده است .انبر های جوشکاری بر اساس میزان آمپر عبوری از آ نها دسته بندی می شوند. فک های انبر دارای شیارهایی است که می توان الکترود را به صورت زاویه دار در آن قرار داد.

۳- **انبراتصال (گیره) :** از این انبر برای اتصال قطعه کار و تکمیل مدار جوشکاری استفاده می شود .انبر اتصال نیز باید دارای قابلیت هدایت الکتریکی بالا و استحکام بسیاری باشد ولازم است قدرت فنر نگه دارنده آن نیز زیاد باشد.

۴- **رابط کابل :** به منظور اتصال کابل ها به انبر یا ترمینالهای خروجی دستگاه و همچنین برای اتصال دو کابل به یکدیگر از رابط ها استفاده می شود. رابط (فیش) باید دارای استحکام کافی بوده و توان هدایت الکتریکی بالایی داشته باشد. به همین دلیل رابط عموماً از جنس مس، آلومینیم یا فولاد ساخته می شوند .اتصال آ نها به کابل به صورت جوشکاری، لحیم کاری یا پرسی است.



۵- **میز جوشکاری :** برای قرار دادن قطعه کار و کابل اتصال زمین و برخی ابزارهای لازم و همچنین ایجاد عملیات جوشکاری در ارتفاع مناسب، از میز جوشکاری استفاده می شود. میز جوشکاری معمولاً فولادی بوده و آن را در کابین جوشکاری و با حفاظهای مناسب، قرار می دهند .میز جوشکاری باید دارای یک موقعیت دهنده ساده برای قرار دادن قطعه کار در حالت های مختلف برای جوشکاری و جعبه نگه دارنده الکترود و جعبه الکترود های مصرف شده باشد.

۶- **چکش شلاکه زن :** از چکش شلاکه زن برای پاک کردن و برداشتن سرباره و جرقه جوش از روی قطعه کار (چکش جوش) استفاده می شود و سطح قطعه کار را برای جوشهای بعد آماده می کند. یک سر چکش به صورت سنبه بوده که برای تمیزکردن شیار ها و حفره ها به کار می رود و سر دیگر آن به شکل گوه تیزی است که برای شکستن سرباره جوش استفاده می شود.

۷- **برس سیمی :** برای پاک کردن پسمانده های شلاکه و دوده در کناره های خط جوش مورد استفاده قرار می گیرد .برس سیمی به صورت دستی یا ماشینی به کار می رود.

www.iran-mavad.com

۸- **انبر قطعه گیر :** برای نگهداری و جفت و جور کردن قطعات یا جا به جا کردن قطعات جوشکاری شده به کار می رود .انبرهای قطعه گیر در فر مها و انداز ههای مختلف و با توجه به وضعیت قطعه کار ساخته می شوند .در شکل مقابل نمونه هایی از این انبرها آمده است.

تجهیزات ایمنی فردی در جوشکاری قوس الکتریکی

۱- **ماسک جوشکاری :** ماسک ها معمولاً به صورت دستی یا کلاهی ساخته می شوند و بایستی سر و صورت و گردن را پوشش دهند. جنس آ نها نیز باید سبک، با استحکام و نسوز باشد. در حالتی که جوشکاری به کار با هر دو دست نیاز داشته باشد، از ماسکهای کلاهی قابل تنظیم استفاده می شود.

۲- **شیشه ماسک :** دو لایه شیشه در هر ماسک جوشکاری به کار رفته است که لایه بیرونی شیشه معمولاً شفاف بوده و به عنوان محافظ شیشه اصلی در نظر گرفته می شود.

۳- **عینک های سفید :** از عینک های سفید و شفاف در هنگام سنگ زنی یا پاک سازی سرباره جوش با چکش شلاکه زن و یا برس سیمی استفاده می شود.

۴- **دستکش، پیش بند و مچ بند چرمی نسوز**

۵- **لباس جوشکاری**

۶- **کفش ایمنی**

مراحل جوشکاری :

۱- آماده سازی قطعات برای جوشکاری (براده برداری)

منظور از براده برداری در جوشکاری، پلیسه گیری، پاک سازی و آماده سازی لبه قطعات در محل اتصال است. برای براده برداری و آماده سازی قطعه جهت اجرای اتصال جوشکاری، از ابزارهایی مانند سوهان یا سنگ سنباده استفاده می شود.

۲- پخ سازی و طرح اتصال در جوشکاری

در جوشکاری، انتخاب اتصال و روش اجرای آن بسیار مهم است. گزینش یک روش اتصال نامناسب باعث هدر رفتن انرژی، مواد اولیه، الکترودها و نیز زمان می گردد. از این رو برای اتصال مناسب لبه های قطعات، باید از فرم مناسب پخ استفاده کرد. انواع مختلف پخ ها به منظور اجرای جوشکاری مناسب در تمام سطح تماس دو قطعه با یکدیگر ایجاد می شوند .هدف اصلی در اجرای پخ در لبه قطعات، دسترسی به ریشه جوش از طریق الکترود روپوش دار است. از پخ ها بیشتر برای اتصال قطعات ضخیم که باید به صورت لب به لب جوشکاری شوند استفاده می شود، ولی در برخی شرایط برای سایر حالت های اتصال دو قطعه به یکدیگر نیز ممکن است، به کار روند.

حالت های مختلف اتصال قطعات به یکدیگر

۱- اتصال لب به لب

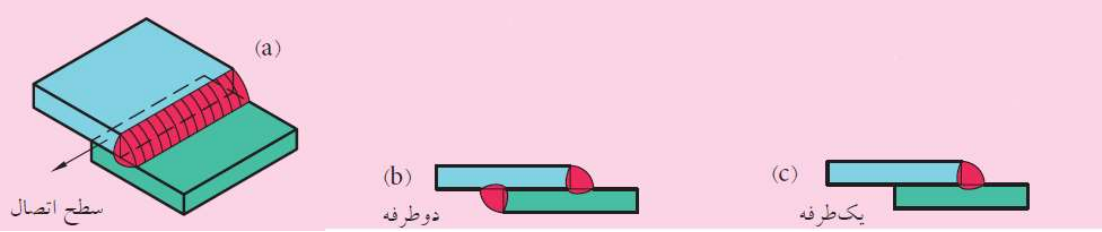
که دارای اشکال مختلفی است که در جدول می بینید :

نوع اتصال	شکل اتصال	روش اجرای جوش
لب به لب بدون پخ (با ریشه باز)	t=3-6mm, 0-6mm	
لب‌به‌لب با پخ یک‌طرفه	t=10-25mm, 45°, 0-6mm	
لب‌به‌لب با پخ دوطرفه (V)	t=6-19mm, 60°, 0-6mm	
لب‌به‌لب با پخ دوبل دوطرفه (X)	t=12-50mm, 18-40mm, 60°, 0-6mm	
لب‌به‌لب با پخ دوبل یک‌طرفه (K)	t=10-25mm, 45°, 0-6mm	
لب‌به‌لب با پخ لاله‌ای یک‌طرفه (U)	t=12-25mm, α≥12°, 0-6mm	
لب‌به‌لب با پخ لاله‌ای دوطرفه (X)	t=12-25mm, α≥12°, 0-6mm	
لب‌به‌لب با پخ نیم لاله‌ای یک‌طرفه (J)	t=12-25mm, α≥12°, 0-6mm	
لب‌به‌لب با پخ نیم لاله‌ای دوطرفه (K)	t=12-25mm, α≥25°, 0-6mm	

www.iran-mavad.com

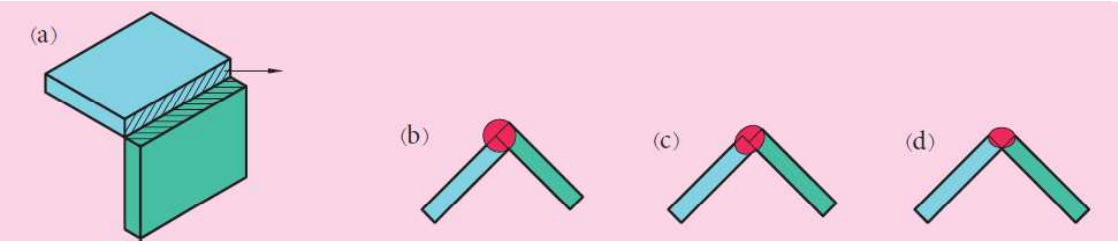
۲- اتصال لب روی هم

که دارای دو نوع یک طرفه و دو طرفه می باشد.

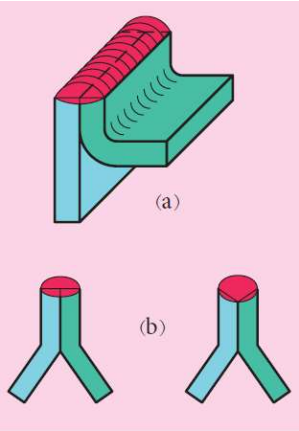


۳- اتصال گوشه

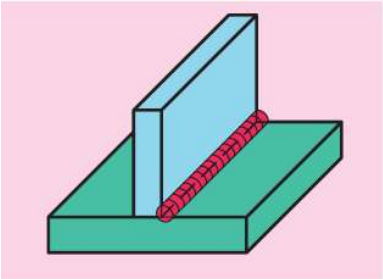
که دارای سه شکل زیر می باشد.



۴- اتصال پیشانی



۵- اتصال سپری (T شکل)



www.iran-mavad.com

اتصال سپری نیز دارای اشکال مختلفی است که در شکل زیر می بینید

نوع اتصال	شکل اتصال	روش اجرای جوش
اتصال T بدون پخ یک‌طرفه و دوطرفه	t<12mm	
اتصال T با پخ یک‌طرفه	t=9-15mm	
اتصال T با پخ دوطرفه	t>25mm	
اتصال T با پخ J یک‌طرفه	t>25mm	
اتصال T با پخ J دوطرفه	t>30mm	

قوس الکتریکی :

قوس الکتریکی عبارت است از جریان و حرکت الکترون ها از فضای گازی شکلی (یونیزه شده) که بین دو قطب الکتریکی به وجود می آید. ایجاد قوس الکتریکی معمولاً با نور، حرارت و صدا همراه است. در جوشکاری از حرارت آزاد شده قوس، برای ذوب قطعات و همچنین الکترود فلزی استفاده می شود. برای ایجاد قوس الکتریکی بین الکترود و قطعه کار می توان از هر دو نوع جریان متناوب یا مستقیم بهره گرفت.

روش های ایجاد قوس الکتریکی :

۱- روش کشیدن الکترود روی سطح قطعه کار

۲- روش نوک زدن

در روش اول، الکترود را مانند کبریت بر روی سطح کار می کشیم و سپس آن را اندکی از سطح کار دور می کنیم تا قوس حفظ شود. این روش چندان دقیق نیست. در روش دوم، قوس الکتریکی در ناحیه ای که مورد نظر است تشکیل می شود. الکترود را آهسته پایین آورده و در هنگام تماس نوک الکترود با کار، باید الکترود را بالا کشید تا فاصله لازم برای تشکیل قوس فراهم شود.

طول قوس :

عبارت است از فاصله بین نوک الکترود تا سطح قطعه کار تا هنگامی که قوس برقرار است. در بیشتر الکترو دهای باریک، طول قوس تقریباً برابر قطر الکترود است. با ادامه جوشکاری، به دلیل کاهش تدریجی طول الکترود، بایستی الکترود را به طور یکنواخت به قطعه کار نزدیک کنید تا طول قوس همواره ثابت بماند.

اتصال کوتاه :

هنگامی که نوک الکترود به سطح کار بچسبد، اتصال کوتاه اتفاق می افتد .در این حالت اختلاف پتانسیل صفر و شدت جریان ماکزیمم است. زمانی که نوک الکترود به سطح کار چسبید، باید فوراً آن را از سطح کار جدا کنید .این کار با چرخاندن انبر جوشکاری صورت می گیرد. در صورتی که الکترود با این روش جدا نشد، لازم است دهانه انبر را باز کنید تا الکترود از آن جدا شود.

www.iran-mavad.com

تنظیم شدت جریان در جوشکاری :

میزان شدت جریان لازم برای جوشکاری بر اساس ضخامت قطعه کار و قطر مغزی الکترود و همچنین حالت جوشکاری تعیین می گردد. قطر مغزی الکترو دها ۶ /۱ تا ۶ میلیمتر است و کل جریان برق از آن می گذرد که باعث ذوب شدن الکترود و قطعه کار می شود. جدول زیر حدود شدت جریان را بر اساس ضخامت کار و قطر مغزی الکترود نشان می دهد.

حدود شدت جریان (A)	قطر مغزی الکترود (mm)	ضخامت قطعه (mm)
۴۰_۶۰	۱/۶	۱/۶
۵۰_۸۰	۲/۵	۲/۵
۹۰_۱۳۰	۳/۲	۴
۱۲۰_۱۷۰	۴	۶
۱۸۰_۲۷۵	۵	۸
۳۰۰_۴۰۰	۶	۲۵

تشکیل گرده جوش

پس از توانایی برقراری قوس الکتریکی، بایستی بتوان قوس را حفظ، و حوضچه مذاب را هدایت کرد. برای تشکیل گرده جوشهای باریک و کوتاه، کافی است الکترود را به صورت آرام در مسیر جوشکاری هدایت کنید. گرده جوش باریک درصورتی ایجاد می شود که الکترود فقط به صورت خط مستقیم حرکت کند و دارای حرکات جانبی نباشد.

عوامل مؤثر در جوشکاری

مهمترین عوامل در کیفیت و اندازه گرده جوش عبارت اند از:

۱- **سرعت جوشکاری**

۲- **نوع جریان**

۳- **آمپر**

۴- **زاویه الکترود**

۵- **طول قوس**

سرعت جوشکاری : سرعت جوشکاری را مقدار ذوب الکترود تعیین می کند و باید به گونه ای انتخاب شود که خط جوشی زیبا ایجاد گردد جدول زیر تأثیر سرعت زیاد و کم پیشروی الکترود در جوشکاری را نشان می دهد.

سرعت بالا	سرعت کم
ـ تولید گرده باریک و نازک	ـ تشکیل حوضچه مذاب بزرگ
ـ احتمال سوختگی کناره جوش(under cut)	ـ عدم کنترل مناسب بر حوضچه مذاب
ـ گرده‌جوش با برجستگی کم	ـ سرریز شدن حوضچه مذاب (over lap)

نوع جریان : برحسب نوع جریان به کارگرفته شده در جوشکاری، کیفیت، عمق نفوذ و ظاهر گرده جوش متفاوت خواهد بود. با ثابت در نظرگرفتن سایر عوامل می توان تفاوتهای جوشکاری با جریان مستقیم و متناوب را در جدول زیر مقایسه کرد.

جوشکاری با جریان AC	جوشکاری با جریان DC
ـ بدون انحراف قوس (وزش قوس)	ـ تشکیل قوس آرام‌تر
ـ عمق نفوذ متوسط	ـ امکان تغییر قطب
ـ احتمال پاشش جرقه بیشتر	ـ امکان جوشکاری با الکترودهای مختلف
	ـ احتمال وزش قوس وجود دارد

آمپر : مقدار آمپر مورد نیاز برای جوشکاری بر اساس ضخامت قطعه کار، قطر مغزی الکترود و وضعیت جوشکاری تعیین می گردد. جداول زیر تأثیر آمپر های بالا و پایین را بر کیفیت و ظاهر جوش نشان می دهد.

شدت جریان بالا	شدت جریان پایین
ـ ذوب کردن قطعه کار	ـ ناپایداری قوس
ـ ترشح و پاشش ذرات مذاب و جرقه	ـ سرعت جوشکاری کم‌تر
ـ سوختن موضع جوش	ـ ایجاد گرده‌جوش‌های بالای سطح کار
ـ بریدگی کناره جوش	ـ نفوذ کم
ـ تشکیل گرده‌جوش بی‌قاعده	

ولتاژ بالا	ولتاژ پایین
ـ ترشح و پاشش زیاد مذاب	ـ تشکیل گرده‌جوش بی‌قاعده
ـ جذب بیشتر هیدروژن به جوش و درنتیجه ایجاد حفره و مک در جوش	ـ گرده‌جوش بدون نفوذ کافی
	ـ افزایش احتمال حبس سرباره در جوش

زاویه الکترود : زاویه الکترود در جوشکاری سطحی (تخت) ، عمود بر سطح قطعه کار و در جهت حرکت با خط قائم ۱۰ تا ۲۰ درجه می باشد. تغییر زاویه بر ظاهر و کیفیت جوش تأثیر می گذارد .در جدول زیر اثر این تغییر مقایسه شده است.

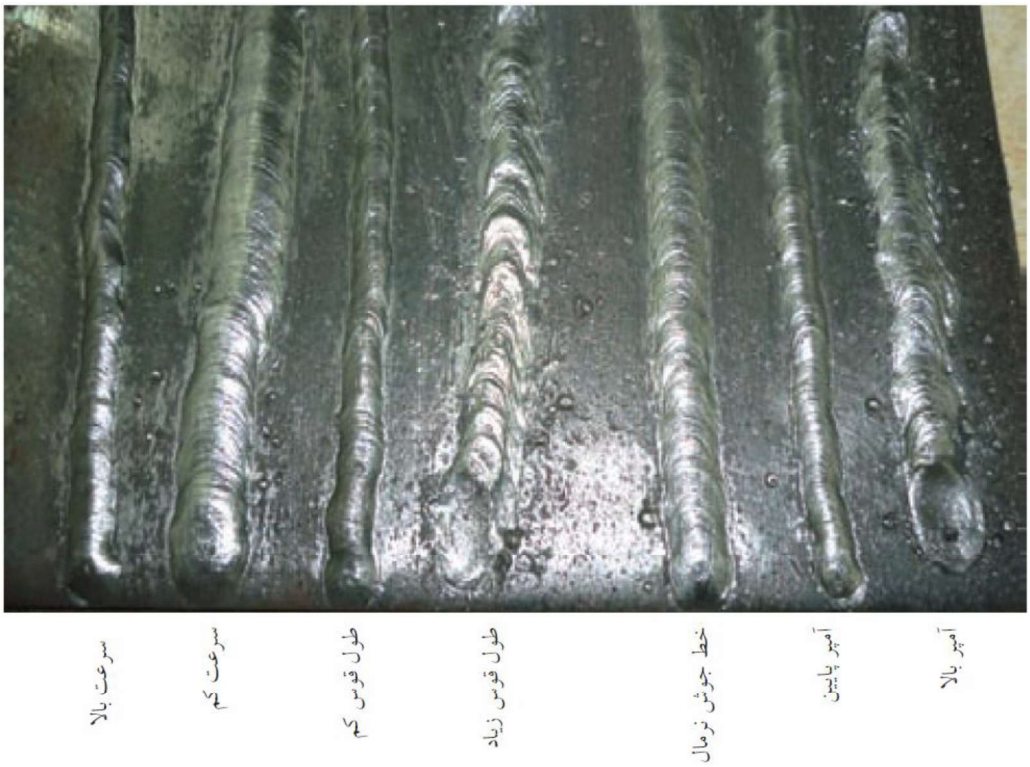
زاویه کم(نسبت به افق)	زاویه زیاد (نسبت به افق)
ـ گرده‌جوش با موج‌های غیر همشکل و ناصاف	ـ نفوذ زیادتر
ـ نفوذ کم‌تر	ـ تمرکز فشار قوس به کار و درنتیجه سوختن کناره جوش (under cut)
ـ جرقه بیش از حد	ـ تجمع سرباره در کناره جوش

www.iran-mavad.com

طول قوس : تأثیرات طول قوس بلند و کوتاه در جدول زیر با هم مقایسه شده است

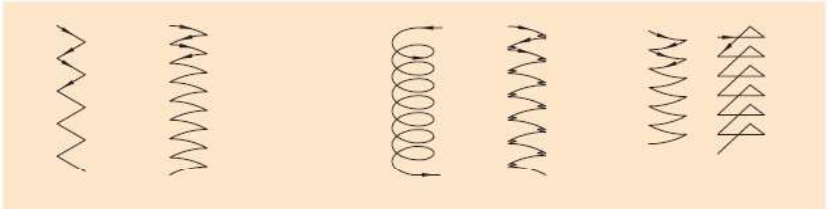
طول قوس بلند	طول قوس کوتاه
ـ ترشح و پاشش مذاب	ـ سوار شدن گرده‌جوش‌ها روی هم
ـ ظاهر جوش بدمنظر می‌شود	ـ موج‌های غیر یکسان و غیر هم شکل
ـ افزایش پهنای جوش	ـ احتمال خفه‌شدن قوس
ـ نفوذ کم و گرده تقریباً تخت	ـ احتمال چسبیدن الکترود به قطعه‌کار

در شکل زیر چند نوع خط جوش را می بینید



تأثیر پارامترهای مختلف بر روی ظاهر و کیفیت خط جوش

حرکات عرضی الکترود : در صورت نیاز به گرده جوش پهن، با نوسان الکترود به سمت راست و چپ پیشروی کنید تا خط جوش پهن تری ایجاد شود. در این حالت خط جوش بافته به وجود می آیدکه پهنای جوش بافته معمولاً از سه برابر قطر الکترود بیشتر نیست. شکل زیر چند الگوی رایج برای نوسان الکترود را نشان می دهد.



گونه‌های مختلف نوسان الکترود

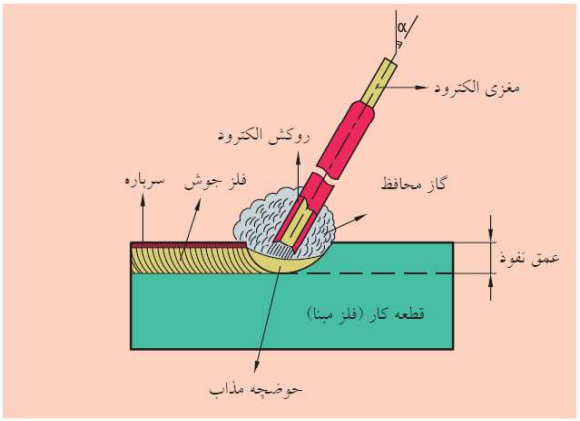
www.iran-mavad.com

انواع الکترو دها

الکترو دها در حالت کلی به دو دسته ذوبی و غیر ذوبی تقسیم می شوند .الکترو د های غیر ذوبی در پروسه هایی همچون جوشکاری آرگون به کار می روند که الکترود فقط وظیفه برقراری قوس را دارد. الکترو دهای ذوبی که کاربرد گسترده و عمومی تری دارند در پروسه هایی همچون جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود روپوش دار به کار می روند .این نوع الکترود ها شامل یک مغزی فلزی بوده که روی آن را لایه ای با ترکیبات ویژه پوشانده است. در انتهای هر الکترود یک بخش بدون روکش وجود دارد که برای گرفتن الکترود توسط انبر جوشکاری در نظر گرفته شده است.

ساختمان الکترود های ذوبی روپوش دار

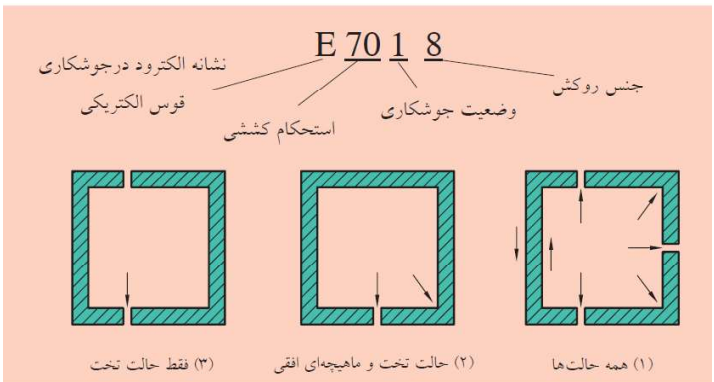
۱- **مغزی الکترود :** میله ای فلزی است که در سرتاسر الکترود ادامه دارد و در هنگام ذوب با لبه های قطعه کار حوضچه مذاب را تشکیل داده و اتصال را ایجاد می کنند. قسمت زیادی از فلز جوش توسط مغزی الکترود تأمین می شود، بنابراین مواد موجود در مغزی الکترو دها باید به گونه ای انتخاب شوند که با ترکیبات موجود در فلز مبنا سازگار باشند.



۲- **روکش الکترود ها :** ترکیبی از مواد آلی و معدنی است که با اهداف خاص و با توجه به شرایط کاری ساخته می شود .این روکش سرتاسر مغزی را پوشانده (به جز قسمت انتهایی) و در هنگام ذوب میله الکترود، ذوب شده و بر خواص جوش تأثیر بسزایی دارد.

۳- **کد استاندارد الکترو دها :** الکترو دها در استاندارد های گوناگون و به روشهای مختلفی مشخص می شوند. در استاندارد جوش امریکا (AWS) ، کد های الکترود به صورت حروف و اعداد تعریف می شوند .همچنین الکترو دها به صورت کدهای رنگی نیز مشخص می شوند.

در استاندارد الکترو دها (ASME) آن ها با یک حرف و چهار رقم (یا پنج رقم) مشخص می شوند. حرف اول (E) نشانه الکترود در جوشکاری قوس الکتریکی است. دو عدد بعد در کد های چهاررقمی (یا سه عدد در کد های پنج رقمی) نشانه استحکام کششی فلز جوش برحسب کیلوپوند بر اینچ مربع است. رقم دوم از سمت راست بیانگر وضعیت قابل جوشکاری با الکترود است. عدد ۱ برای جوشکاری در تمام حالت ها، عدد ۲ برای جوشکاری در حالت سطحی و یا جوش ماهیچه ای در حالت افقی و عدد ۳ برای جوشکاری در حالت تخت به کار می رود. رقم اول از سمت راست بیانگر نوع روکش الکترود و نوع جریان برق قابل استفاده برای آن است.



www.iran-mavad.com

جنس روکش الکترو دها :

۱- الکترود های سلولزی
۲- الکترو دهای روتایلی
۳- الکترو دهای قلیایی
۴- الکترود های اکسیدی
۵- الکترود های اسیدی

جدول زیر نمونه هایی از الکترودها و موارد کاربرد آنها را نشان می دهد.

الکترود (ASME)	نوع الکترود	ویژگی‌ها و موارد کاربرد
E6010 E6011	سلولزی	جوشکاری پاس اول ریشه، با نفوذ ریشه‌ها
E6013	روتایلی	جوشکاری فولادهای ساختمانی و ورق‌ها در تمام حالت‌ها
E7016	قلیایی	جوشکاری فولادهای پرکربن و روکش مقاوم
E7018	قلیایی	جوشکاری مخازن تحت فشار و فولاد پرکربن
E7020	اکسیدی	گرده‌جوش‌های مناسب در جوشکاری‌های تخت و افقی درز گوشه و لب به لب
E6027	اکسیدی	حاوی ۵۰٪ پودر آهن با نرخ رسوب بالا- جهت جوشکاری درز لب به لب

نگهداری از الکترودها

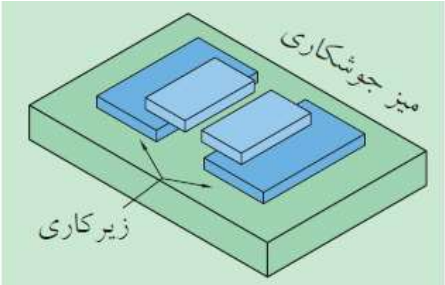
الکترود ها معمولاً جاذب رطوبت هستند و در چنین شرایطی از خواص و کیفیت آنها کاسته می شود .به طور معمول الکترود ها را در بسته بندی های عایق یا بسته های فلزی و پلاستیکی به بازار عرضه می کنند.
الکترودهای روکش دار همچنین باید در مقابل ضربه و فشار و همچنین چرب شدن روکش، محافظت شوند.

کار عملی :

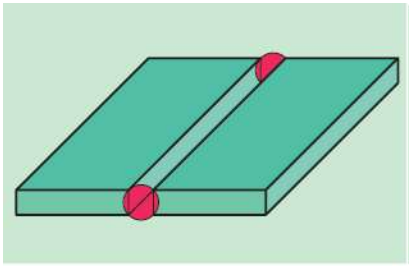
تمرین جوشکاری قطعات به صورت لب به لب در حالت تخت

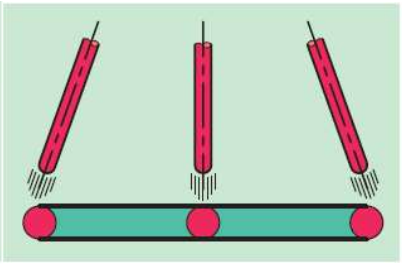
۱- قطعه کاری را که در فصل سوم سوهان زدید را آماده سازید و لبه های آن ها را در محل اتصال، به طور کامل از آلودگی و زنگ زدگی پاک کنید.
۲- دو عدد قطعه کار را در کنار یکدیگر قرار دهید.

۳- برای اتصال لب به لب قطعات بهتر است از قطعات فولادی در زیر کار استفاده شود تا جوش آلوده نشده و رویه میز نیز آسیب نبیند.



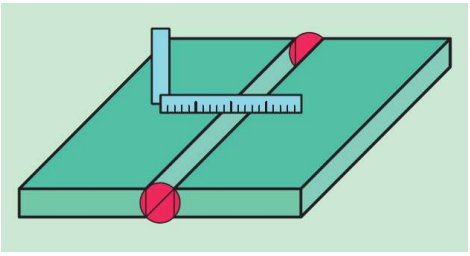
۴- فاصله لبه های قطعات را ۳ mm انتخاب کنید و دستگاه را در حالت قطب مستقیم قرار دهید.





۵- دو قطعه را از هر طرف به هم خال جوش بزنید. درصورتی که طول قطعه بزرگ باشد، خال جوش ها از وسط شروع شده و به سمت لبه قطعه کار خال جوش بزنید. (معمولاً فاصله بین هر دو خال جوش ۱۵۰ mm درنظر گرفته می شود)

۶- بعد از خال جوش زدن و برداشتن شلاکه از روی خال جوش ها، سطح قطعات را توسط گونیا کنترل کرده تا قطعات هم راستا شده و به صورت صحیح جوشکاری شوند.



۷- آمپر دستگاه را روی ۱۱۰ تنظیم کنید و از الکترود E۶۰۱۳ استفاده کنید. در صورتی که الکترود به کار می چسبد، شدت جریان را به مقدار ۱۰ آمپر افزایش دهید.

۸- خط جوش باید درست در مرکز درز ایجاد شود .پس از کامل شدن خط جوش و پایین آمدن دمای قطعه کار، آن را با انبر گرفته و در آب سرد قرار دهید. سپس با برس خط جوش را تمیز کنید.

۹- عمق نفوذ جوش را از پشت قطعه کار بررسی کنید. در صورتی که نفوذ کافی باشد باید نشانه های فرو چکیدن از حوضچه مذاب و یا تغییررنگ شدید فلز، قابل رؤیت باشد.

۱۰- اگر عمق نفوذ کافی نبود دو قطعه دیگر را انتخاب کرده و شدت جریان را افزایش داده و یا در محل درز، مکث کافی داشته باشید.

۱۱- در صورتی که قطعه کار را از هر دو طرف جوشکاری می کنید، اطراف خط جوش را کاملاً پاک کنید .در این حالت می توانید آن را با آمپر بالاتری جوشکاری کنید.

۱۲- تمرین را برای انواع اشکال دیگر جوشکاری تکرار کنید.

✓ نکات ایمنی در جوشکاری با برق

۱- نصب و برقرار کردن ماشین آلات جوشکاری با رعایت استاندارد انجام گیرد.

۲- کلیدهای برق به آسانی در دسترس باشند.

۳- تعمیرات دستگاه پس از قطع برق انجام گیرد و دانشجو به تعمیر آن نپردازد.

۴- اتصال زمین برقرار گردد.

۵- در جریان DC نباید تعویض قطب ها قبل از قطع برق انجام شود.

۶- از کابل ها نباید بار اضافه کشید.

۷- از کار در محیط مرطوب باید خودداری کرد و از مرطوب شدن محیط خودداری شود.

۸- حفاظت کامل در مقابل قوس صورت پذیرد.

۹- از کابل جوشکاری در کاربردهای دیگر استفاده نشود.

۱۰- روش های استفاده از کمک های اولیه و فوریت های پزشکی را فرا بگیرید.

www.iran-mavad.com

فصل هشتم :

آشنایی با فرآیند جوشکاری نقطه جوش

فرآیند نقطه جوش :

نقطه جوش یکی از پرکاربرد ترین نوع جوش مقاومتی می‌باشد که برای اتصال ورق‌های لب روی هم، یا سیم به ورق و یا سیم بر روی سیم بکار برده می شود. در این فرآیند قطعه کار بین دو الکترود تحت فشار قرار گرفته و جریان برق به بازوها و الکترود ها منتقل می شود و سپس از قطعه کار عبور می کند. این فرآیند کاربرد زیادی در صنایع لوازم خانگی و خودرو سازی دارد. در این جوش اتصال دو سطح به صورت همزمان با حرارت و فشار صورت می گیرد. وقتی جریان الکتریکی از میان دو قطعه فلزی که بهم چسبیده اند عبورمی کند، مقاومت زیاد موضعی موجب تولید گرمای فوق العاده زیادی می شود، در صورتی که جریان کافی به کار برود، فلزات مورد استفاده ابتدا در حالت خمیری قرار گرفته و سپس ذوب می شوند، هنگامی که دو فلز در حالت خمیری یا مذاب قرار دارند به یکدیگر فشار داده می شوند و تا کمی بعد از قطع جریان و خنک شدن در همان وضعیت باقی می مانند، سپس دو قطعه در هم آمیخته شده و به صورت یک قطعه واحد در می آیند. در این نوع جوشکاری ، جوش ها بصورت دکمه یا دیسک هایی بین دو لایه ورق بوجود می آیند که با توجه به سرعت انجام این عمل، بسیاری از خواص فیزیکی آنها دست نخورده باقی می ماند.

عوامل موثر بر جوش نقطه‌ای :

تولید گرما در یک تماس الکتریکی به سه فاکتور بستگی دارد که با این فرمول نشان می‌دهیم $Q = RTI^2$

I= شدت جریان بر حسب آمپر

R= مقاومت بر حسب اهم

T= زمان بر حسب ثانیه

Q= حرارت بر حسب ژول

www.iran-mavad.com

حرارت و تاثیر آن در نقطه جوش :

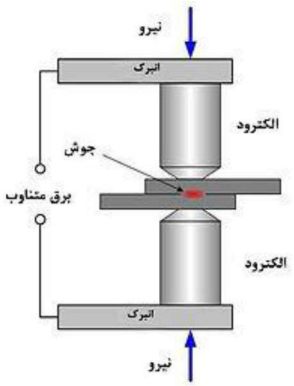
مجموع حرارت تولید شده متناسب با زمان جوش است. مقداری از حرارت به وسیله انتقال به فلز پایه الکترودها تلف خواهد شد و مقدار کمی از تلفات نیز به وسیله تشعشع است. طولانی شدن بیش از اندازه زمان جوش همان اثر شدت جریان بیش از اندازه را بر روی فلز اصلی و الکترودها می گذارد از این گذشته اثری که در فلز پایه در ناحیه جوش به وجود می آید بیش از اندازه خواهد شد. کم بودن زمان جوش باعث می گردد ناحیه ذوب به دمای مناسب نرسد و در نتیجه عدسی جوش تشکیل نشده یا عدسی تشکیل شده در حد مطلوب نباشد

فشار و تاثیر آن در نقطه جوش :

که به دو نوع فشار چکشی و فشار جوش تقسیم می شود.

فشار چکشی : فشاری است که بعد از قطع جریان جوشکاری، قطعات مورد نظر به هم وارد می کنند.

فشار جوش: تأثیر مقاومت در فرمول حرارت به صورت فشار جوشکاری نمایان می شود که آن نیز متاثر از مقاومت سطح تماس بین قطعه کار است. قطعه کار در عملیات نقطه جوش بایستی محکم به یکدیگر در محل جوش بچسبند تا جریان الکتریکی قادر باشد از آنها عبور کند. با افزایش فشار، مقاومت تماس و حرارت تولید شده در فصل مشترک کاهش می یابد. با کاهش حرارت در سطح، شدت جریان و زمان جوش بایستی افزایش یابد تا کاهش مقاومت جبران شود. با افزایش فشار، نسبت بین سطح تماس حقیقی به سطح تماس اسمی افزایش یافته و لذا مقاومت کم می گردد. کاهش فشار بیش از اندازه باعث می شود سطح تماس واقعی دو فلز کم شده و در نتیجه دانسیته جریان بالا رفته و حرارت بیش از اندازه تولید می گردد از سوی دیگر فشار مذاب بین دو قطعه باعث پرتاب شدن مذاب به خارج از ناحیه جوش شده و در جوش جرقه ایجاد می کند.



سیکل جوشکاری نقطه جوش :

در حین جوش نقطه ای چهار فاصله زمانی وجود دارد که عبارتند از :

۱- **زمان فشار قبل از جوش :** فاصله زمانی ما بین وارد آمدن نیرو تا بکار گرفتن جریان. (این زمان برای اطمینان از اتصال کامل الکترودها به قطعه کار و کامل شدن نیروی الکترود قبل از برقراری جریان جوش است)

۲- **زمان جوش :** مدت زمانی که جریان برای ایجاد یک جوش داخل قطعه برقرار می گردد.

۳- **زمان نگه داشتن بعد از جوش :** زمانی که بعد از قطع جریان الکترودها هنوز بر روی قطعه کار قرار دارند. در خلال این زمان عدسی جوش جامد و سرد شده و مقاومت آن به حد کفایت می رسد.

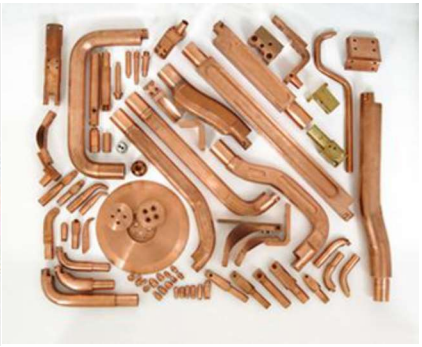
۴- **زمان خاموش :** فاصله زمانی بین آزاد شدن الکترودها پس از خنک شدن جوش و آغاز سیکل بعدی را می گویند.

www.iran-mavad.com

بهبود خواص مکانیکی و فیزیکی جوش : جهت بهبود خواص مکانیکی و فیزیکی جوش می توان یکی یا بیش از یکی از عملیات های زیر را در سیکل جوش ایجاد نمود.

۱- نیروی پیش فشار : برای قرار گرفتن الکترودها و قطعات کار با هم
۲- عملیات پیش گرم : برای کاهش دادن گرادیان دما در زمان شروع جوشکاری
۳- زمان سرد کردن و عملیات حرارتی : برای بدست آوردن خواص مقاومتی جوش آلیاژهای فولاد سخت شونده
۴- عملیات پس گرم : برای تنظیم کردن اندازه دانه جوش در فولادها
۵- جریان آرام : برای سرد شدن (به ویژه در آلیاژهای آلومینیم)
۶- کاهش زمان جوشکاری :از نظر اقتصادی لازم است که فاکتور زمان حتی المقدور کاهش یابد.

مساحت نوک الکترود :



اندازه جوش به وسیله مساحتی که در تماس با نوک الکترودها است کنترل می شود و این مساحت را می توان متناسب با نیازهای هر کار و با استفاده از زوج الکترودهای گوناگون به دلخواه تغییر داد.

دستگاه های نقطه جوش در انواع مختلفی ساخته می شوند که چند نمونه از آنها در شکل زیر نشان داده شده است.

کار عملی :

چند عدد ورق نازک و ضخیم را با ابعاد و فاصله ای که مربی در اختیار شما قرار می دهد با جوش نقطه ای به هم اتصال دهید.

فصل نهم :

آشنایی با فرآیند جوشکاری با گاز

استفاده از گازها برای جوشکاری در صنایع مختلف ساخت و تولید به طور گسترده ای کاربرد دارد. ازجمله این صنایع می توان به جوشکاری و برشکاری اشاره کرد. در جوشکاری گازی، از حرارت ناشی از سوختن برای ذوب لبه قطعات اتصال یا ذوب مفتول، استفاده می کنیم.
تأمین انرژی لازم برای جوشکاری با شعله گاز، از ترکیب مناسب گاز سوختنی با اکسیژن حاصل می شود. .مهم ترین گازهای قابل احتراق در جدول مشخص شده است.

نوع گاز	ارزش حرارتی kj/m^3	دمای سوختن با اکسیژن خالص
استیلن (C_2H_2)	۵۶۹۰۰	۳۲۰۰° C ـ ۳۱۰۰
پروپان (C_3H_8)	۹۲۹۹۰	۲۵۳۰° C
بوتان	۱۲۲۸۰۰	۱۹۰۰° C
گاز طبیعی	۱۸۰۰۰	۲۵۴۰° C

انرژی حرارتی هر یک از گازهای فوق متفاوت بوده که هرچه ارزش حرارتی بالاتر باشد، برای جوشکاری مناسب تر است.

گاز استیلن

گاز استیلن به علت داشتن شرایط بالا به طور نسبی، برای جوشکاری گاز مورد استفاده قرار می گیرد .گاز استیلن گازی بدون رنگ، بدون طعم و بد بو است. بوی بد گاز استیلن به علت وجود ناخالصی هایی همچون سولفور است. برای ذخیره کردن گاز استیلن، آن را با مایع استون حل و به صورت فشرده در کپسول ذخیره سازی می کنند. حرارت ناشی از سوختن این گاز در حدود ۲۳۰۰ درجه سانتی گراد است.

تهیه گاز استیلن

گاز استیلن بر اثر واکنش شیمیایی آب با کاربید کلسیم تولید می شود. سنگ کاربید نسبت به آب و رطوبت واکنش نشان می دهد و تولید گاز استیلن می کند و آهک مرده بر جای می گذارد. در شکل زیر دستگاه تهیه گاز استیلن را مشاهده می کنید.
از آن جا که سنگ کاربید تجاری با ناخالصی هایی همراه است، لذا ضریب بهره آن نسبت به گاز استیلن خالص کمتر بوده و چیزی در حدود % ۷۰ است. تولید گاز استیلن از سنگ کاربید و آب، یک واکنش شیمیایی گرماز است

- ✓ نکته : در مولد استیلن برای هر کیلو سنگ کاربید حدود ۱۰ لیتر آب لازم است .این مقدار آب علاوه بر تولید گاز استیلن، برای خنک کردن سیستم نیز به کار می رود.

www.iran-mavad.com

مولد یا ژنراتور استیلن

مولد استیلن دستگاهی است برای ذخیره سازی گاز تولید شده از واکنش آب با سنگ کاربید مولدها بر اساس نوع رساندن آب به سنگ کاربید به سه دسته سقوطی، ریزشی و تماسی دسته بندی می شوند .گاز استیلن در فشار بیش از ۲ bar قابلیت انفجار دارد، بنابراین یک مولد استیلن باید حتماً دارای سوپاپ اطمینان باشد (شکل مقابل) تا فشار اضافه را به موقع از مخزن مولد تخلیه کند.

مولد ها در انواع زیر موجود می باشند :

۱- مولدهای سقوطی (ثابت)

در این نوع مولدها از کاربید ریزدانه استفاده می شود. کاربید از طریق یک دریچه در آب سقوط کرده و گاز استیلن تولید می شود. رسوبات نیز از راه مجرایی در پایین خارج می شود.این نوع مولد به علت جذب حرارت واکنش توسط آب، دارای ایمنی بالایی است.

۲- مولدهای ریزشی

در این نوع مولدها سنگ کاربید درون یک محفظه کشویی قرار گرفته و روی آن آب ریخته می شود. بدین ترتیب گاز استیلن تولید شده، در بالای مخزن آب ذخیره سازی می شود.

۳- مولدهای تماسی (متغیر)

در مولدهای تماسی، کاربید به طور مستقیم با سطح بالایی آب مخزن تماس یافته و گاز استیلن تولید می کند. در صورتی که فشار گاز تولید شده بیش از حد باشد، گاز به سطح آب فشار آورده و آن را به قسمت جداره می فرستد و تماس سبد کاربید با سطح آب قطع می شود. اگر فشار گاز استیلن کم شود، آب موجود در جداره به قسمت مرکزی مخزن منتقل شده و با سبد کاربید تماس پیدا می کند. در هنگام راه اندازی این نوع مولد باید توجه داشت که سطح آب دقیقاً زیر کاربید باشد. رسوب هیدرات کلسیم در ته سبد کاربید در آب حل شده و در انتهای مخزن جمع آوری می شود و از راه دریچه به همراه آب تخلیه خواهد شد.

- ✓ نکته : تمامی مولدها دارای یک کپسول یا استوانه حفاظتی هستند که برای جلوگیری از برگشت اکسیژن به درون مخزن و لوله های استیلن درنظر گرفته شده است. برگشت اکسیژن به درون شیلنگ ها را پس زدن شعله می گویند.

کپسول استیلن

کپسول های استیلن از ورق فولادی با ضخامت ۵ یا ۴ میلیمتر ساخته می شود، زیرا باید ماکزیمم فشار ۶۰ bar را تحمل کند. کپسو لهای استیلن دارای قطر بزرگ و ارتفاع کم تری نسبت به کپسو لهای اکسیژن هستند. این کپسو لها را می توان تا فشار ۱۵ bar ۱۶ از گاز استیلن پر کرد.

برای ذخیره سازی استیلن در کپسول ها، از حلال استون استفاده می شود. یک لیتر استون قابلیت حل کردن ۲۰ لیتر استیلن را دارد. در حالیکه یک لیتر آب تنها ۰۳ /۱ لیتر گاز استیلن را در خود حل می کند.

در هنگام ساخت کپسول نخست آن را از ماده متخلخل مخصوصی پر کرده و تا ۳۰۰ درجه حرارت می دهند .سپس مایع استون را درون آن قرار داده و گاز استیلن را در آن ذخیره می کنند .کپسول های گاز استیلن معمولاً به رنگ زرد یا ارغوانی بوده و توسط مهره چپ گرد به رگولاتور متصل می شوند.

کپسول اکسیژن

کپسو لهای اکسیژن بدون درز و با ضخامت ۸/۷۵ mm ساخته می شوند و توان تحمل فشار ۱۵۰ bar را دارند. قطر آ نها ۲۰۴ mm (۸ inch) بوده و معمولاً به رنگ آبی هستند. کپسول اکسیژن نسبت به کپسول استیلن، دارای قطر کم تر و ارتفاع بیشتری است. حجم این کپسو لها معمولاً ۴۰ لیتر و گنجایش آ نها ۶ متر مکعب گاز بوده و در ارتفاع ۱۸۰ cm ساخته می شوند.

ویژگی های اکسیژن

اکسیژن گازی بی رنگ و بی بو و بدون مزه است. اکسیژن در دمای ۱۸۳- سلسیوس به صورت مایع در می آید .گاز اکسیژن به تنهایی قابلیت اشتعال ندارد، ولی برای هر احتراق و اشتعالی لازم است.

- ✓ نکته : از آلوده شدن تمامی قسمت های مختلف کپسول اکسیژن با موادی مانند گریس، روغن و سایر چربی ها جداً خودداری شود.

تجهیزات جوشکاری با گاز

۱- رگولاتورهای کاهنده فشار

۲- مشعل جوشکاری

۳- سر مشعل ها

۴- شیلنگ ها و سرشیلنگ ها

۵- فندک

www.iran-mavad.com

ایجاد شعله و تشکیل حوضچه مذاب

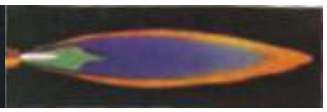
روشن کردن مشعل جوشکاری

به منظور تشکیل شعله برروی مشعل، ابتدا سربک (پستانک) مناسب با کار را انتخاب می کنیم و پس از اطمینان از اتصال کپسول گاز اکسیژن و استیلن، فشار گاز اکسیژن و استیلن را بر اساس قطر سوراخ سربک مشعل تنظیم می کنیم.

گاز خروجی از مشعل را توسط شیرهای سوزنی تنظیم می کنیم. می توان سه نوع شعله ایجاد کرد که در این جا به شرح هر یک از آن ها می پردازیم.

شعله احیاکننده

با روشن کردن مشعل توسط گاز استیلن، شیر گاز اکسیژن را به تدریج باز می کنیم تا شعله ایجاد گردد. درصورتی که میزان گاز استیلن نسبت به گاز اکسیژن بیشتر باشد، شعله احیاکننده است. در این حالت شعله از سه قسمت کاملاً جداگانه تشکیل شده است. این سه قسمت شامل مخروط داخلی، مخروط میانی و مخروط بیرونی است.



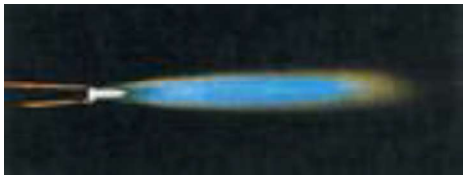
شعله احیا کننده دارای استیلن اضافی بوده و جوشکاری با آن باعث افزایش کربن در فلز جوش خواهد شد. به علت سوختن ناقص شعله احیا کننده، بازدهی حرارتی آن کم بوده و برای جوشکاری فولادهای معمولی مناسب نیست. از موارد کاربرد این شعله می توان به جوشکاری چدن، فلزات زودگداز، لحیم سخت یا (نقره جوش) و همچنین گرم کردن قطعات اشاره کرد.

شعله خنثی

شعله خنثی از سوختن کامل گاز استیلن ایجاد می شود. برای تشکیل شعله خنثی، شعله ای که در حالت احیا تشکیل شده است را با کم کردن مقدار گاز استیلن یا با افزودن گاز اکسیژن، به وجود می آوریم. در این حالت مخروط میانی و مخروط داخلی بر یکدیگر منطبق شده و شعله دو قسمتی (دومخروطی) خواهد بود. شعله خنثی بالا ترین درجه حرارت را برای ذوب شدن فلز ایجاد می کند.

میزان اکسیژن و استیلن خروجی از مشعل برابر بوده و مابقی اکسیژن لازم برای سوختن گاز از هوا تأمین می شود. نسبت گاز استیلن به گاز اکسیژن برای سوخت کامل ۱ به ۲/۵ است.

گازهای حاصل از سوختن کامل استیلن با اکسیژن، شامل دی اکسیدکربن و بخار آب می شود که هیچ گونه میل ترکیبی با اکسیژن هوا ندارند. به همین دلیل این شعله را خنثی گویند. مهم ترین مزیت چنین شعله ای این است که هیچ گونه تغییراتی در بافت فلزات پایه ایجاد نمی کند، یعنی نه موادی به آن می افزاید و نه موادی از آن می کاهد. همین ویژگی، است که آن را به پر مصر ف ترین نوع شعله تبدیل کرده است.



شعله اکسید کننده

درصورتی که میزان اکسیژن خروجی بیشتر از گاز استیلن باشد، شعله اکسیدکننده به وجود می آید. در این حالت با بازکردن شیر گاز اکسیژن، مخروط داخلی کوتاه تر و باریک تر می شود و شعله به رنگ ارغوانی درمی آید. مخروط بیرونی نیز با صدا بوده و به طور ناهمگون می سوزد.

جوشکاری با این شعله با پاشش جرقه همراه بوده و باعث اکسیده شدن اتصال و سطح کار شده و جوش شکننده ای را به وجود می آورد. در هنگام ذوب فلزات با این شعله، کف سفید رنگی برروی سطح فلز ایجاد شده که پس از سرد شدن، سطح آن براق می شود .از این شعله هیچ گاه برای جوش دادن فلزاتی مانند آلومینیم و آلیاژهای آن که نسبت به اکسیژن حساسیت دارند، استفاده نمی شود.

تنظیم و کنترل شعله در هنگام کار

بعد از روشن کردن شعله و تنظیمات اولیه آن، در هنگام کار و ایجاد حوضچه مذاب، به دلایل مختلفی ممکن است شعله از تنظیم خارج شود. بنابراین کنترل و تنظیم دائم برروی شعله گاز در هنگام کار ضروری است. از جمله این عوامل که باعث تغییرات شعله می گردند، عبارت اند از:

۱- نوسان های جزئی گاز از رگولاتور
۲- چرخش جزئی شیر سوزنی گازها برروی مشعل

به تأخیر افتادن شعله

این حالت زمانی اتفاق می افتد که صدایی شبیه انفجار در حوضچه مذاب اتفاق می افتد که همراه با پاشش مذاب است. دلیل به تأخیر افتادن شعله عبارتند از:

۱- نگه داشتن بیش از اندازه مشعل در یک نقطه از کار و افزایش گرمای
۲- حوضچه مذاب
۳- تماس سربک با قطعه کار است.
۴- گرم شدن بیش از اندازه سربک
۵- وجود آلودگی و مسدود شدن سوراخ سربک
۶- جوشکاری با سربک نامناسب
۷- کاهش فشار یکی از گازها در مشعل

پس زدن شعله

اگر شعله روشن وارد مشعل جوشکاری شود، این حالت را پس زدن شعله گویند.در این شرایط شعله با صدای زیر و هیس مانندی می سوزد که باید فوراً شعله را خاموش و مجدداً تنظیم کرد. دلایل پس زدن شعله عبارت اند از :

۱- خراب بودن شیرهای سوزنی
۲- مسدود شدن سربک
۳- نامتناسب بودن فشار گازهای اکسیژن و استیلن

درصورتیکه فشار یکی از گازها بیش از حد باشد، شعله با صدا توأم می شود. عیوب جوشکاری با این شعله عبارت اند از:

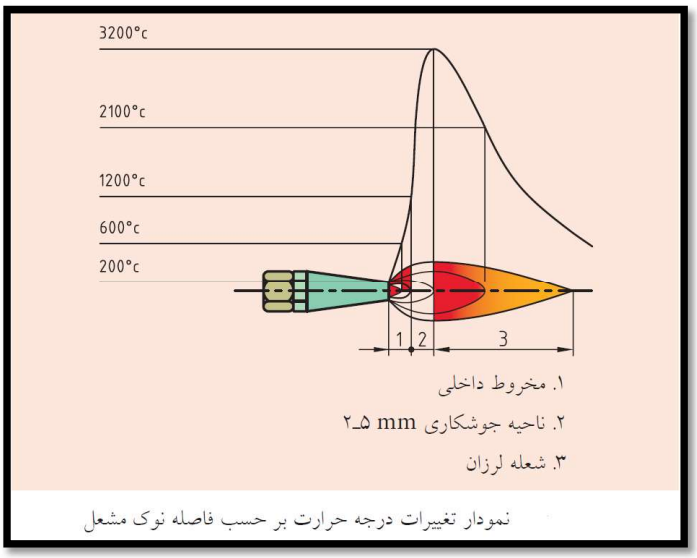
۱- ترشح فلز مذاب در کناره های حوضچه
۲- کیفیت پایین سطح جوش و گرده جوش
۳- نفوذ ناقص جوش
۴- غیر یکنواختی موج های گرده جوش

برای خاموش کردن شعله ابتدا بایستی شیر سوزنی مربوط به گاز استیلن بسته شود و سپس شیر سوزنی گاز اکسیژن را ببندیم.

این عمل به دلیل جلوگیری سوخته شدن استیلن و تولید دوده است. سپس شیر فلکه کپسول اکسیژن و استیلن را بسته و شیرهای سوزنی مشعل را باز می کنیم تا فشار گاز موجود در شیلنگ ها تخلیه شود. در پایان شیرهای سوزنی مجدداً بسته می شوند.

تشکیل حوضچه مذاب به کمک شعله خنثی

تشکیل حوضچه مذاب و هدایت صحیح آن از اصول اولیه جوشکاری گاز است. برای دست یابی به حوضچه مذاب مطلوب بایستی شعله تنظیم بوده و چگونگی حرکت دست جوشکار به صورت درست انجام گیرد. چون بیشترین درجه حرارت تولید شده در شعله خنثی تشکیل می شود، بهترین موقعیت برای جوشکاری و تشکیل حوضچه مذاب در فاصله ۲ تا ۵ میلیمتری نوک مخروط داخلی است، زیرا نقاط دورتر یا نزدیک تر شعله دارای حرارت کم تری بوده و جوشکاری با چنین حرارتی بر حوضچه مذاب و خط جوش تأثیر منفی می گذارد.



نمودار تغییرات درجه حرارت بر حسب فاصله نوک مشعل

جوشکاری با گاز اکسی استیلن با مفتول

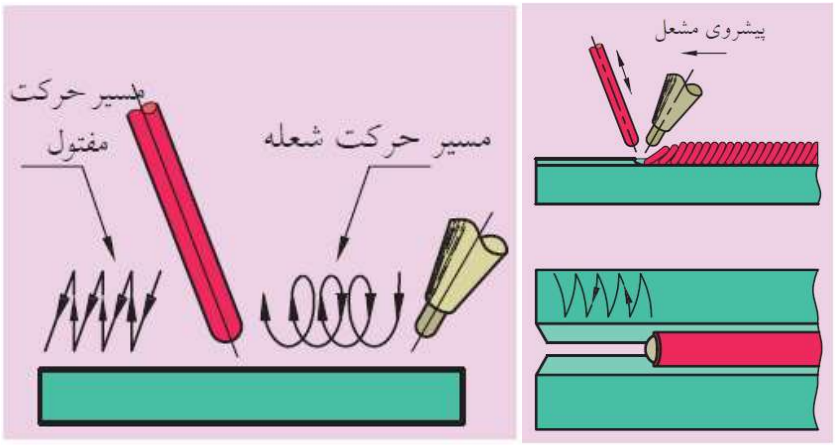
مفتول جوشکاری

مفتول مورد استفاده در جوشکاری گاز برحسب جنس مواد پایه انتخاب می شود. برای قطعات فولادی کم کربن معمولاً از مفتول مسوار برای پرکردن درزجوش استفاده می کنیم. جنس مفتول مسوار از فولاد کم کربن است که قشر نازکی از مس روی آن را پوشانده و در ساخت این نوع مفتو لها، پس از کشیدن و عبوردادن از خانهای مختلف، در مرحله آخر از محلول سولفات مس (کات کبود) عبور داده می شود. و در نهایت فیلم نازکی از مس روی مفتول قرار می گیرد.

www.iran-mavad.com

هدایت مشعل و مفتول

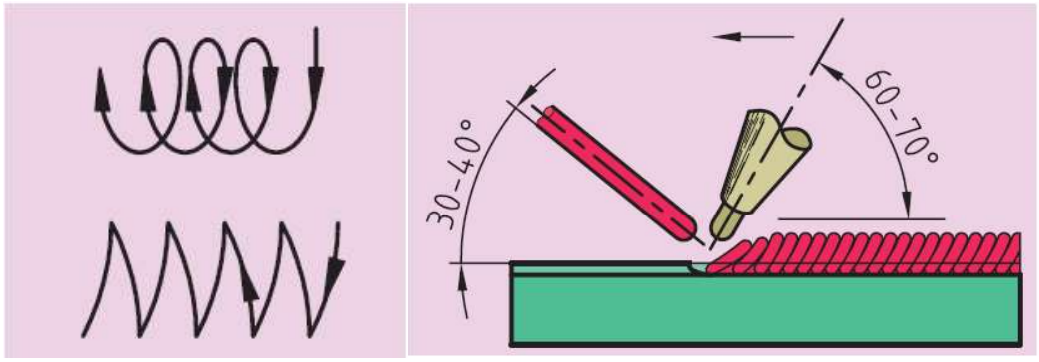
در این روش جوشکاری، با یک دست مشعل را گرفته و آن را کنترل می کنند. و به کمک دست دیگر، مفتول به محل درز جوش هدایت و جوش را تغذیه می کنند. کیفیت جوش و اتصال درزجوش به میزان زیادی به هدایت صحیح مشعل و مفتول وابسته است. پس از تشکیل حوضچه مذاب، مفتول را به طور متناوب به حوضچه نزدیک و دور کرده تا با جلو رفتن خط جوش، فلز پرکننده به آن افزوده شود .توجه داشته باشیدکه همواره مفتول درون حوضچه مذاب فرو برده شود و از گرم کردن حوضچه و مفتول با هم خودداری گردد، چون در این حالت شعله پیش از این که حوضچه مذاب را در فلز پایه به وجود آورد، باعث ذوب شدن یا تبخیر مفتول باریک می شود. درصورتی که به ایجاد گرده جوش پهن تر نیاز باشد، مشعل را در راستای خطی و جانبی حرکت می دهند.



روش های هدایت مشعل

۱- هدایت مشعل به روش پیش دستی

در روش پیش دستی یا هدایت مشعل به سمت چپ (چپ جوش) نوک مشعل باید متوجه امتداد ایجاد خط جوش باشد. با این روش می توان فلز پایه را پیش گرم کنیم تا در هنگام پیشروی خط جوش، حوضچه مذاب به آسانی تشکیل شود. معمولاً قطعات تا ضخامت ۳ میلیمتر را با این روش جوشکاری می کنند .برای ضخامت های کم تر از ۱/۵ میلیمتر حرکت مشعل به صورت خطی بوده و برای ضخامت های ۱/۵ تا ۳ میلیمتر مشعل دارای حرکات نوسانی نیز هست.

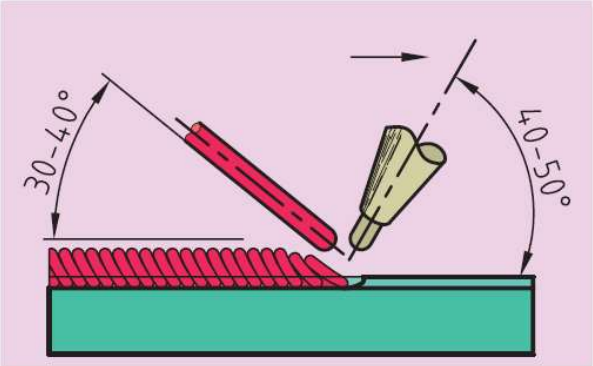


۲- هدایت مشعل به روش پس دستی

در این روش هدایت مشعل از سمت چپ به راست صورت گرفته و جهت نوک مشعل به طرف درز تازه جوشکاری شده است .در این حالت از نفوذ اکسیژن هوا به منطقه جوش جلوگیری می شود و به دلیل آهسته و یکنواخت سرد شدن و عدم نفوذ اکسیژن، درزجوش از استحکام خوبی برخوردار است و شکننده نخواهد شد. در این روش فلز پایه پیش گرم نمی شود، که این موضوع یکی از معایب روش پس دستی محسوب می گردد. این روش برای جوشکاری ورق هایی با ضخامت ۳ میلیمتر استفاده می شود و به دلیل مشاهده حوضچه مذاب می توان آن را به طور یکنواخت گرم کرد .در این نوع جوشکاری تمام ضخامت قطعه کار در اتصال شرکت دارد و جوش از استحکام کافی برخوردار

www.iran-mavad.com

است .برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد حوضچه مذاب، مفتول را به اندازه ۳ /۱ ضخامت قطعه کار پایین تر آورده و در سطح حوضچه مذاب به آن حرکت دورانی توأم با پیشروی می دهیم.



جوشکاری مفتول به فلز پایه

علت اصلی چسبیدن مفتول به فلز پایه، گرم نبودن حوضچه مذاب به اندازه کافی است. برای جلوگیری از چنین وضعیتی بایستی حوضچه مذاب را گرم نگه داریم و مفتول را در صورت نیاز به حوضچه نزدیک کنیم و سپس دور کنیم. مفتول توسط حوضچه و شعله ذوب می شود.

کار عملی :

۱- همانند فصل هفتم قطعه کاری را که در فصل سوم سوهان زدید را آماده سازید و لبه های آن ها را در محل اتصال، به طور کامل از آلودگی و زنگ زدگی پاک کنید.
۲- دو عدد قطعه کار را در کنار یکدیگر قرار دهید.
۳- با جوشکاری با گاز اکسی استیلن و مفتول دو قطعه را به هم جوش دهید.

✓ **نکات ایمنی در جوشکاری با گاز**

۱- هیچگاه با دست آغشته به روغن به کپسول ها دست نزنید.
✓ تذکر: در هنگام بستن رگلاتور اکسیژن به کپسول اکسیژن، هیچگاه محل واشر و رزوه های رگلاتور را چرب نکنید، که باعث انفجار می شود.
۲- هرگز برای تشخیص نشتی از شعله استفاده نکنید.
۳- کپسول های استیلن را در مقابل ضربه، یخ زدن، حرارت دیدن محافظت کنید.
۴- برای برداشتن قطعه جوشکاری شده و یا سیم جوش از دستکش یا انبر استفاده کنید.
۵- از گرفتن شعله روی کپسول ها جدا خودداری کنید.
۶- برای روشن کردن مشعل از فندک و یا چراغ جوشکاری استفاده کنید، برای این منظور هرگز از کبریت استفاده نکنید.
۷- هرگز بدون عینک مخصوص جوشکاری نکنید.
۸- در موقع جوشکاری حتما از لباس کار یقه بسته استفاده نموده و حتی الامکان از پیش بند چرمی، کلاه، محافظ و دستکش چرمی استفاده کنید.
۹- در صورت مشاهده نشتی گاز از مشعل یا شیلنگ ها، ابتدا شیر اصلی کپسول ها را بسته و سپس موضوع را به مربی اطلاع دهید.
۱۰- کاغذ، پارچه، چوب، و به طور کلی مواد قابل اشتعال دیگر را از محل جوشکاری دور کنید.
۱۱- کپسول ها باید حداقل سه متر از محل جوش کاری دور باشند.
۱۲- اگر احیاناً شیلنگ استیلن آتش گرفت فورا شیر اصلی را بسته و سپس اقدام به خاموش کردن آتش کنید.

www.iran-mavad.com

فصل دهم :

آشنایی با فرآیند ورقکاری

ورقکاری : ورقکاری انجام یک سری عملیات روی ورق فلزی و استفاده از آن برای ساخت طرح مورد نظر می باشد. این عملیات عبارتند از :

۱- گسترش
۲- برش
۳- فرمانکاری
۴- اتصال

قبل از شروع ورقکاری لازم است با انواع ورق، کاربرد و طرز تهیه آنها آشنا شویم. به طور خلاصه روش تهیه ورق های فلزی به این صورت است که شمش های فلزی را پس از گرم کردن و عبور دادن از زیر غلطک ها به ضخامت های مختلف به صورت ورق تبدیل می کنند.

✓ نکته : اگر این ضخامت بیشتر از ۴ میلیمتر باشد به آن صفحه و اگر کمتر از ۴ میلیمتر باشد به آن ورق گفته می شود.

انواع ورق ها عبارتند از :

۱- **ورق های آهنی :** این ورق ها از شمش های آهنی با آلیاژهای مختلف تهیه می شوند.
۲- **ورقهای غیر آهنی (ورقهای فلزات رنگین) :** این ورقها از شمش هایی با جنس های مختلف که در ساختار آنها آهن وجو ندارد، ساخته می شوند.

ورقهای آهنی

۱- **ورق آهن سیاه :** به رنگ تیره می باشد و در مجاورت رطوبت زنگ می زند.

✓ روش تهیه: پس از عبور دادن از زیر غلطک ها، برای تمیز کردن آن را با اسید شستشو می دهند و سپس بدون رو کش می توان مورد استفاده قرار گیرد.
✓ مورد استفاده : ساخت کمد، میز، قفسه، اطاق اتومبیل و استفاده از ورق های ۴ میلیمتر برای مخازن تحت فشار.

۲- **ورق گالوانیزه :** به رنگ تیره روشن بوده و روکش روی و سرب در آن مانع زنگ زدگی می شود.

✓ روش تهیه: پس از عبور ورق از زیر غلطک برای تمیز کردن آن را با اسید شسته و سپس از داخل مذاب روی و سرب می گذرانند.
✓ مورد استفاده: ساخت کانالهای تهویه، دودکشها، منبع و مخازن.

۳- **ورق آهن سفید :** به رنگ روشن تر از ورق گالوانیزه می باشد و دوام این ورق ها در مجاورت رطوبت کمتر از ورق گالوانیزه می باشد.

www.iran-mavad.com

- ✓ روش تهیه: پس از عبور ورق از زیر غلطکها، آن را با اسید شستشو می دهند و سپس در داخل وان مذاب روی قرار می دهند.
- ✓ مورد استفاده: موارد استفاده آن مشابه ورق گالوانیزه است.

۴- **حلب (ورق قلع اندود):** کمی روشن تر از ورق آهن سیاه می باشد و با ضخامت های کم تهیه می شود و مقاومت آن در مقابل پوسیدگی خوب است.

- ✓ روش تهیه: پس از عبور ورق از زیر غلطکها آن را با اسید شستشو داده و سپس داخل وان مذاب قلع قرار می دهند.
- ✓ موارد مصرف: ساخت قوطی و ظرف های نگهداری مواد غذایی مثل کنسرو، کمپوت و ...

ورق های غیر آهنی

۱- **ورق مسی :** رنگ آن قهوه ای مایل به قرمز است و در مجاورت رطوبت زنگ نمی زند.
- ✓ موارد مصرف: در کارهای تزئینی، ظروف آشپزخانه و ...

۲- **ورق آلومینیم :** سبک و به رنگ سفید می باشد.
- ✓ موارد مصرف : در کارهای تزئینی، ساخت ظروف و در صنعت هواپیما سازی.

۳- **ورق برنج :** به رنگ زرد شفاف بوده و آلیاژی از مس و روی می باشد. در کارهای تزئینی و در ساخت بعضی از وسایل خانه استفاده می شود.

۴- **ورق روی :** شکننده و به رنگ خاکستری می باشد و به عنوان روکش فلزات آهنی استفاده می شود.

۵- **ورق برنز :** آلیاژی از مس و قلع بوده و به رنگ نارنجی می باشده و در ساخت لوله ها و بعضی از وسایل مثل سماور استفاده می شود.

۶- **ورق فولاد زنگ نزن :** آلیاژی از آهن، نیکل، کرم، ... و به رنگ سفید براق می باشد و در ساخت قطعات با کاربرد های خاص استفاده می شود.

اصول ورقکاری

۱. گسترش

گسترش قطعه را باید به صورت نقشه آماده کرده و آن را روی ورق به طور دقیق ترسیم نمایید. وسایل خط کشی و اندازه گیری در ورقکاری که برای ترسیم طرح گسترش بر روی ورق استفاده می شود عبارتند از :

الف- خط کش فلزی : از جنس فولاد، درجه بندی بر حسب اینچ و میلی متر و به طول های ۳۰، ۵۰، ۱۰۰ سانتیمتر.

ب- سوزن خط کش : از جنس فولاد

ج- گونیا فلزی: گونیا ۹۰ درجه جهت اندازه گیری و رسم خطوط عمود بر هم ، گونیا متحرک ، گونیا ی مرکب.

د- پرگار فلزی شامل پرگار معمولی، پرگار کشویی، پرگار انتقال

ه- نقاله فلزی شامل نقاله ساده با خط کش

www.iran-mavad.com

۲. برش

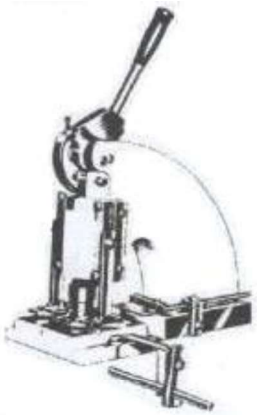
برشکاری ورق های فلزی به روش های مختلف انجام می شود که در جدول این روشها و ابزار ها مربوط به آنها مشخص شده اند.

	روش		ابزار
روشهای مکانیکی	قلم کاری		قلم تخت قلم ناخنی
	قیچی کاری	قیچی‌های دستی	اونیورسال فرمبر
		قیچی‌های اهرمی (بازوئی)	گیره‌ای میزی اهرمی گردچین
		قیچی‌های مکانیک	قیچی‌های تیغه صاف ـ تیغه بلند تیغه کوتاه وخیلی کوتاه قیچی‌های تیغه گرد
	سوراخکاری		سنبه ماتریس برش فرمی ماشین پرس
	سوراخکاری با مته		ماشین مته
	اره کاری		اره نواری اره متناوب
روشهای حرارتی	برشکاری با گاز و قوس الکتریک		مشعل برش ماشین برش اتوماتیک ماشین جوش برق
	ذوبی		مشعل برش با گاز پلاسما

بریدن نام عمل قطع کردن مکانیکی ورقه ها و تسمه های فلزی بدون سوزاندن، ذوب کردن، و یا ایجاد تراشه است. هنگامی که دو تیغه برنده مستقیم باشند، نام عمل بریدن است و هنگامی که تیغه ها منحنی و سنبه و قالب استفاده شوند، نامهای خاص دیگری از قبیل بریدن، سوراخ کردن و ... دارد.

قیچی ها : قیچی ها از نظر قدرت برشی و نوع کاربرد شان در صنعت به قیچی های دستی، پیچی های اهرمی و قیچی های مکانیکی و برقی تقسیم بندی می شوند.

www.iran-mavad.com



سوراخ‌کن دستی برای ایجاد سوراخ

قیچی صنعتی برای برش ورق

صافکاری و مسطح نمودن ورق : صافکاری عملیاتی است که به منظور استحکام بخشیدن و یکنواخت کردن سطوح قطعات ساخته شده، قبل از آبکاری و رنگ کاری انجام می شود. مسطح نمودن عبارت است از عملی که در نتیجه آن ورق در حد امکان و مستوی می شود.

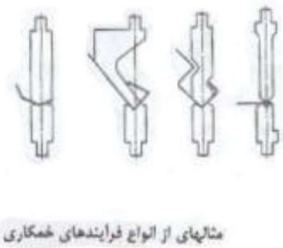
۳. فرمان کاری

در این قسمت منظور فرم دادن ورق های فلزی به طریق سرد می باشد که به وسیله دست (چکش ها و وسایل مربوط) و ماشین های مکانیکی صورت می گیرد.

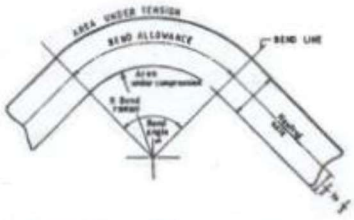
خمکاری ورق های فلزی : خم کردن روشی است که فقط در یک جهت می توان شکل ایجاد کرد. در واقع عمل خمکاری یک نوع شکل دادن در امتداد خط مستقیم است که پیرامون یک محور خم می شود و به حالتهای U و V شکل است.

خط خم: مرز ناحیه ای که شدیدا تغییر شکل داده با قسمتی که تغییر شکل نداده است را خط خم نامیده اند.

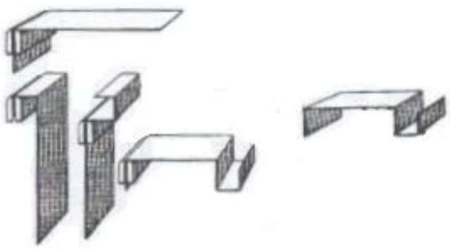
محور خمش: محوری است که به موازات خط خم است در واقع، پیرامون آن عمل خمکاری انجام می شود شدت خمکاری به پارامتر هایی چون ضخامت ورق، جنس ورق، شعاع خمکاری و زاویه خم بستگی دارد.



مثالهایی از انواع فرایندهای خمکاری



اجزای مشخصه خم (t ضخامت قطعه است)



ترتیب ایجاد خمها

www.iran-mavad.com

تجهیزات خمکاری

برای خمکاری ورق ها معمولا ماشین های زیر استفاده می شوند :

- ماشین خمکاری ورق موسوم به خمکن
- پرس خمکاری از نوع مکانیکی مخصوص خمکاری ورق
- پرس هیدرولیکی یا مکانیکی با کاربرد متعدد

گاهی اوقات می توان به وسیله چکش فلزی یا چوبی به کمک شمش فولادی نبشی، گیره، قید و بندهای مخصوص ویا سندان های گوناگون عمل خمکاری را انجام داد.

نمونه هایی از روش خمکاری با چکش و فکهای گیره

البته وسایل و تجهیزات خمکاری زیاد بوده و تشریح ساختمان و مکانیزم کاری آنها از محدوده این جزوه خارج است، لذا فقط به توضیح مختصر آنها اکتفا می شود.

اصول کار ماشین خم کن

در یک ماشین خم کن ورق فلزی روی یک میز افقی قرار گرفته و بر روی آن فک های فوقانی ماشین ثابت می شود. یک صفحه گردان که در جلوی ماشین زیر لبه ورق قرار دارد می تواند با حرکات دست حول محور چرخانده شده و عمل خمکاری را انجام دهد. فک فوقانی ماشین که به طور عمودی جابجا می شود بین دو کشویی جا داده شده و بر روی دو بالابر از جنس فولاد یا چدن مقاوم قرار گرفته است. ارتباط بین بالا برها به وسیله چرخ دنده ها یا سیستم های مشابه بر قرار می شود. صفحه گردان ماشین دارای محوری است که از دو طرف در یاتاقان قرار گرفته و فاصله آن با لبه میز ماشین یا فک زیر همواره قابل تنظیم است، زیرا فاصله مزبور همواره باید بعد از خمکاری حداقل به اندازه ضخامت ورق باشد. در این وضعیت که حداقل فاصله برقرار است خمش ورق به نحوی انجام می شود که زاویه داخل آن کاملاً تیز است.

انواع ماشین های خم کن

۱- ماشین خم کن ساده
۲- ماشین خم کن یونیورسال

ماشین خم کن ساده بر حسب این که محور چرخش صفحه گردان متحرک یا ثابت باشد به دو دسته زیر تقسیم می شوند :

الف- محور چرخش صفحه گردان متحرک

ب- محور چرخش صفحه گردان ثابت

ماشین های خم کن یونیورسال

خم کن یونیورسال دارای مزایای بیشتری نسبت به مدل های قبلی هستند زیرا محور چرخش آنها علاوه بر حرکت افقی می توانند حرکت عمودی نیز داشته باشند و همچنین با توجه به حرکنهای مذکور، این ماشین ها قادرند خمش های پیچیده ای را انجام دهند و علاوه بر این میز یا فک زیر ممکن است ثابت یا قابل تنظیم باشد.

الف- ماشین های یونیورسال با میز ثابت

ب- ماشین های یونیورسال با میز قابل تنظیم

دو نوع از ماشین‌های خمکن

۴. اتصال :

اتصال ورق ها عموما به روشهای مختلفی مانند پرس، پرچ، نقطه جوش و... انجام می شود.

✓ **نکات ایمنی در ورقکاری**

۱- هیچ گاه دست خود را بین تیغه های قیچی اهرمی نگذارید.

۲- دست های خود را به تیغه های ماشین مکانیکی که در حال کار است نزدیک نکنید و بین آن قرار ندهید.

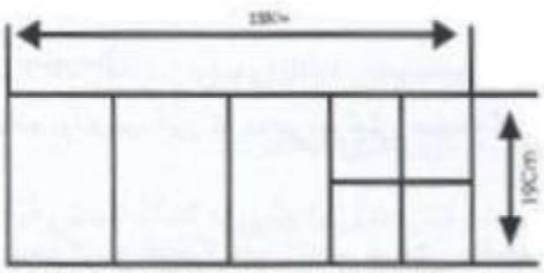
۳- برای حفظ تعادل ورق در موقع برش با قیچی های مکانیکی از ضامن نگهدارنده ورق استفاده کنید.

۴- برای پیشگیری از آسیب دیدن دست و لباس از دستکش و پیش بند چرمی استفاده کنید

کار عملی :

کار عملی برای این فصل ساخت وسیله ای به نام کازیو است. در ساخت این وسیله باید مراحل اندازه گیری، برش، خمکاری و مونتاژ را طی کرد. (کازیو وسیله ای برای قرار دادن لوازم التحریر، جزوه و پوشه در روی میز به کار می رود)

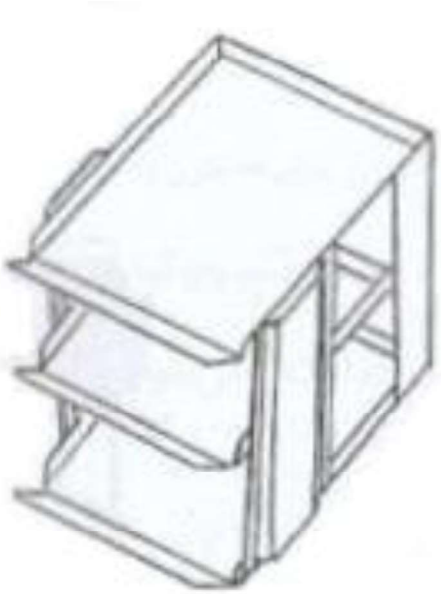
برای ساختن این وسیله ورق آهن سیاه با ضخامت ۰/۵ تا ۰/۷۵ میلیمتر و اندازه ۱۹ ×۱۱۰ میلیمتر مورد نیاز است.



ورق آهن سیاه مورد نیاز برای ساخت یک کازیو که برای برش اندازه گذاری شده است.

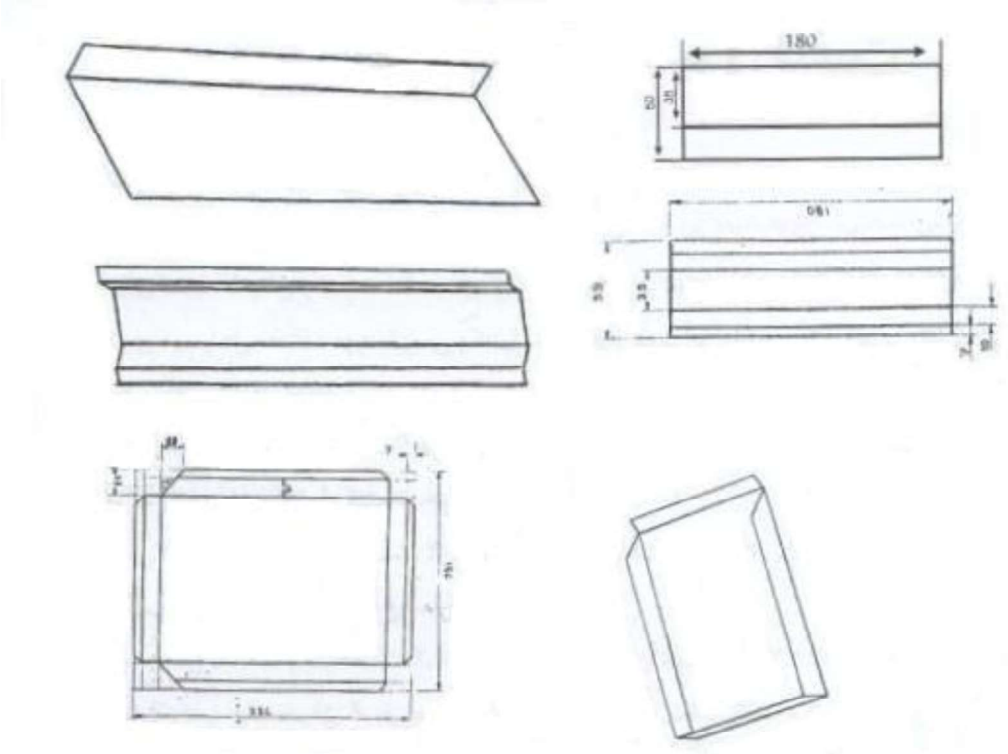
www.iran-mavad.com

این وسیله از سه کف، دو رابط و دو قطعه به شکل نبشی تشکیل شده است. اندازه و زوایای خمش آن طبق نقشه می باشد. پس از ساختن تک تک اجزا وسیله مورد نظر، آنها را به وسیله نقطه جوش در محل خود اتصال می دهیم. نحوه اتصال باید به گونه ای باشد که ابتدا کفه پایینی را به رابط و پل ها اتصال داده و سپس کفه دوم و بعد کفه سوم را در محل خود نقطه جوش می زنیم.



کازیو ساخته شده

برشکاری و خمکاری طبق نقشه های زیر، که نقشه های اجرای کازیو هستند، اندازه آنها را روی ورقی که در اختیار دارید، علامت گذاری کرده و به وسیله ابزار های برش که در کارگاه وجود دارد، ببرید.



مراحل اندازه گذاری و ساخت پایه‌های کازیو را نشان می‌دهد.(ابعاد به میلیمتر)

The End

www.iran-mavad.com