

درس کارگاهی جوشکاری و ورقکاری

فصل اول

جوشکاری قوس الکتریک

تعریف جوشکاری

- جوشکاری یکی از فرآیندهای تولید است که در آن دو یا چند قطعه فلزی یا غیر فلزی که در اثر ذوب سطحی قطعات و ترکیب مذاب به صورت یک پارچه در می آیند.
- به علت نیاز به انواع اتصالات از این نوع فرآیندهای مختلف جوشکاری بر حسب نیاز بوجود آمده است.
- امروزه جوشکاری در صنایع فلزی، سازه و ساختمان ها، صنایع هوافضا، کشتی سازی، صنایع دریائی و غیره بسیار مورد استفاده قرار می گیرد.

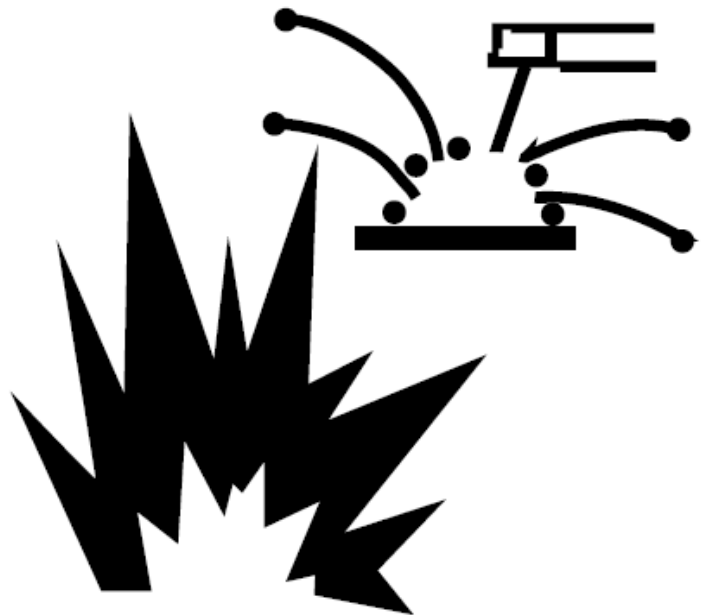
خطرات و ایمنی در جوشکاری



۱- تشعشع اشعه ماوراء بنفش و مادون قرمز

- اشعه های قوس الکتریکی به چشم ها آسیب می رساند و پوست را می سوزاند.
- قوس جوشکاری از نور خورشید درخشان تر است.
- بنابراین بایستی از وسائل حفاظتی برای جلوگیری از آسیب های چشمی و سوختگی پوست، استفاده شود.





۲- پاشیدن جرقه از منطقه مذاب

- جرقه های جوشکاری سبب آتش سوزی و انفجار می شوند.
- جرقه ها و ذرات ممکن است تا ۳۵ فوت دور از محل کار شما پرتاب شوند.
- بنابراین از اطراف محل جوشکاری مواد قابل اشتعال بایستی دور و پنهان گردند.
- بعد از جوشکاری محل اطراف جوشکاری را چک کنید.

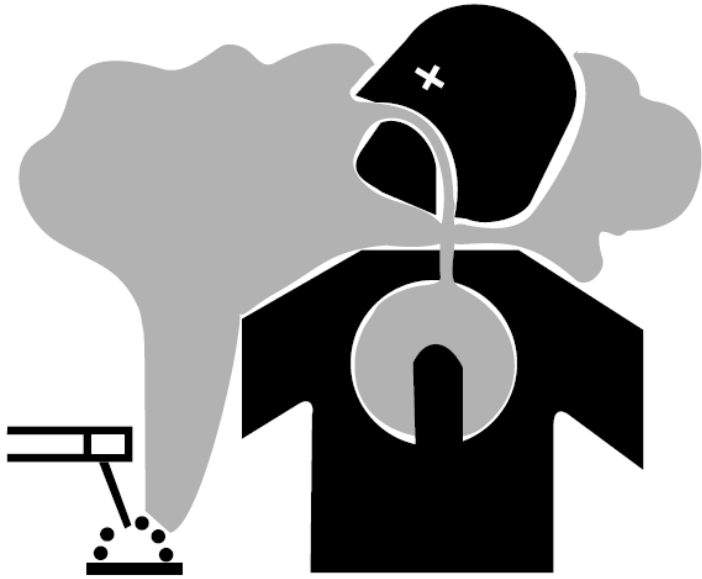
۳- بروز شوک الکتریکی

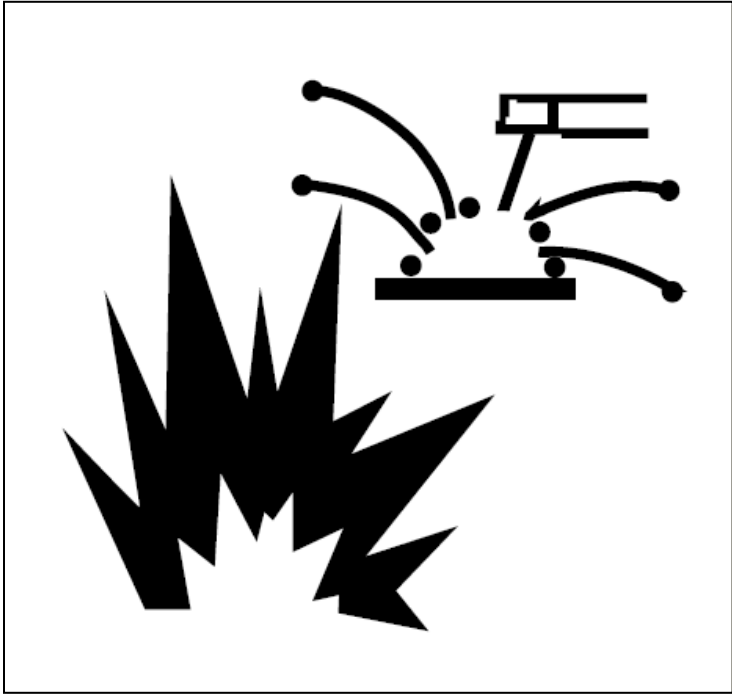


- شوک الکتریکی کشنده است. بخش های الکتریکی را بدون دستکش عایق لمس نکنید.
- ولتاژ ورودی ۲۳۰- تا ۴۶۰ ولت و ولتاژ خروجی ۶- تا ۱۰۰ ولت است.
- در هنگام کار خود را از قطعه کار و دستگاه جوشکاری از یک طرف و از زمین از طرف دیگر عایق کنید.
- از کفش های با کف کلفت استفاده شود. زمین محل جوشکاری خشک باشد.
- از الکتروود گیر عایق استفاده شود.
- دشتکش ایمنی هم خشک باشد.

۴- ایجاد دود و گازهای مختلف

- دود و گازهای حاصل از جوشکاری به سلامتی ضرر می رساند.
- سر خود را از دودهای متصاعده دور نگه دارید.
- تهویه کافی با نصب فن های خروجی در محل جوشکاری قوس الکتریک برای خارج کردن دود و گازها از محل تنفس و محیط کار
- گازهای ناشی از جوشکاری ممکن است حاوی اکسیدهای فلزی سمی باشند.





۵- آتش سوزی و سوختگی

- همیشه یک کیسول آتش نشانی آماده باشد.
- فلز تازه جوشکاری شده باشد بسیار داغ است و می تواند باعث سوختگی شود.
- استفاده از دستکش های چرمی که به اندازه دست باشد.
- استفاده از لباس یا پیش بند چرمی برای جلوگیری از آتش سوزی و سوختگی
- قبل از عبور حمل و نقل قطعه جوشکاری شده حتما باید آن را از مخزن خنک کن عبور داد.

فرآیندهای جوشکاری

دسته بندی انواع جوشکاری بر اساس نوع انرژی

انرژی الکتریکی

جوشکاری قوسی

جوشکاری قوسی با الکترود روکش دار

جوشکاری قوسی با پودر محافظ

جوشکاری قوسی با گاز محافظ

جوشکاری قوسی با الکترود کربنی

جوشکاری مقاومتی

نقطه جوش

درز جوش (قرقره ای)

سربس

دکمه جوش (زانده ای)

جرقه ای

جوشکاری القایی

انرژی شیمیایی

جوشکاری با شعله گاز

جوشکاری ترمیت

انرژی مکانیکی

جوشکاری اصطکاکی

جوشکاری آهنگری

انرژی تشعشعی

جوشکاری تابشی

جوشکاری آلترا سونیک

جوشکاری الکترویم

جوشکاری لیزری

جوشکاری ذوبی

در جوشکاری ذوبی، قطعات در محل اتصال، بر اثر حرارت ذوب شده و با هم ترکیب می شوند و درنهایت پس از سرد شدن به یکدیگر جوش می خورند.

اتصال در محل جوش می تواند:

۱- نتیجه ذوب لبه های قطعات باشند.

۲- علاوه بر ذوب لبه ها، فلز پر کننده ای نیز می تواند به آن اضافه شود که در جوشکاری قوس الکتریکی به آن الکتروود گفته می شود.



جوشکاری غیر ذوبی

در جوشکاری غیر ذوبی،
قطعات را ذوب نمی کنند.
به آن جوشکاری در حالت
جامد گفته می شود.

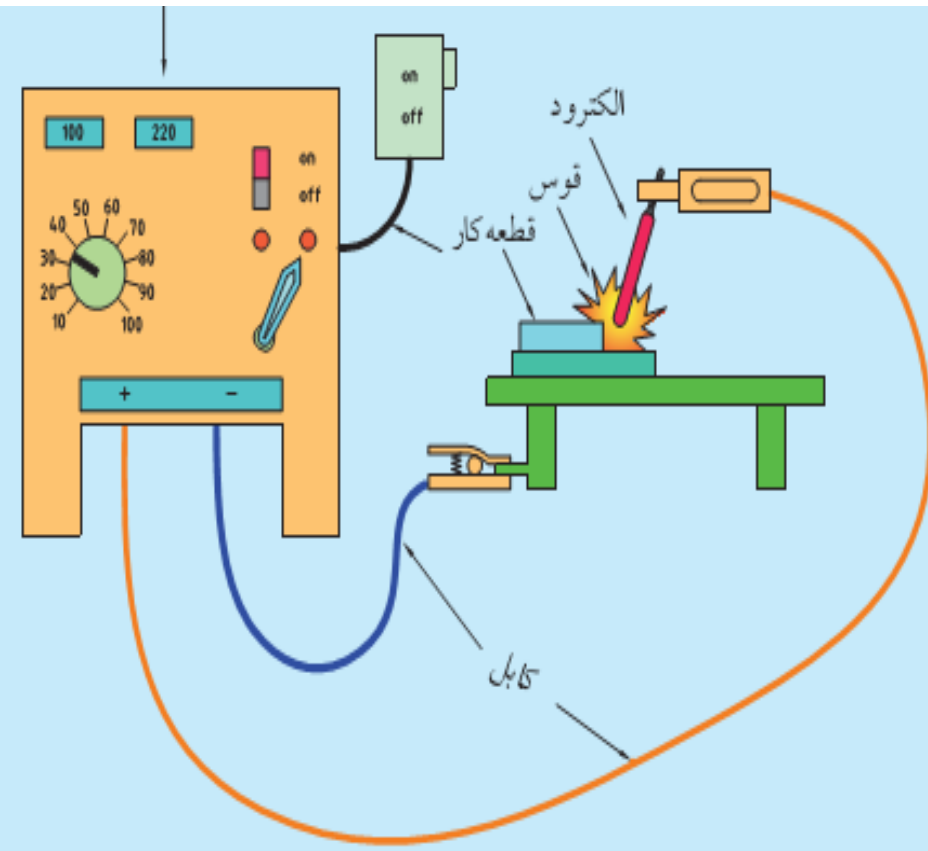
در جوشکاری اصطکاکی که یک فرآیند غیر ذوبی است،
حرارت مورد نیاز بر اثر مالش سطوح قطعات تولید می شود.
در حدی که باعث خمیری شدن قطعات در محل اتصای
شود، سپس با اعمال فشار لازم عمل جوشکاری انجام می
شود.



جوشکاری قوس الکتریکی

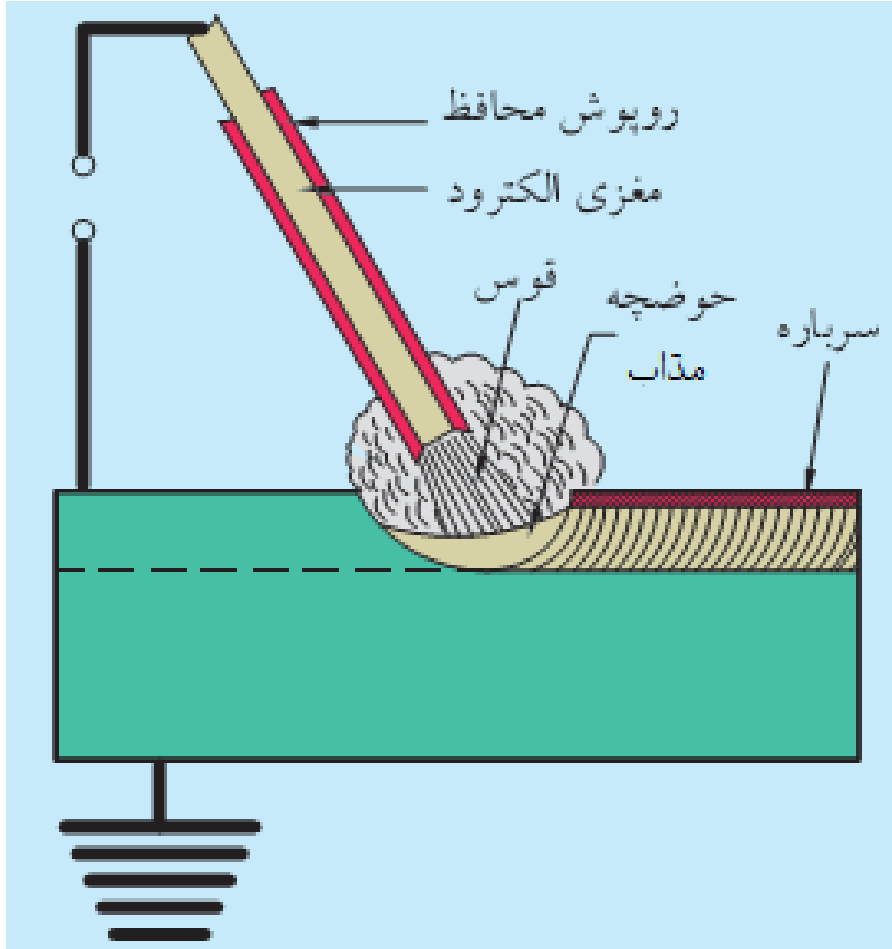
یک فرآیند ذوبی است که گرمای لازم برای اتصال از طریق قوس الکتریکی تامین می شود و بین الکترود و لبه قطعات فلزی در محل اتصال ایجاد می شود.

قوس الکتریکی بین الکترود روپوش دار و قطعه کار انجام می گیرد و جریان الکتریسته لازم توسط دستگاه جوشکاری تامین می شود.



جوشکاری قوس الکتریکی

یک فرآیند ذوبی است که گرمای لازم برای اتصال از طریق قوس الکتریکی تامین می شود و بین الکترود و لبه قطعات فلزی در محل اتصال ایجاد می شود.



قوس الکتریکی بین الکترود روپوش دار و قطعه کار انجام می گیرد و جریان الکتریسته لازم توسط دستگاه جوشکاری تامین می شود.

دستگاه مولد جریان جوشکاری قوس الکتریکی



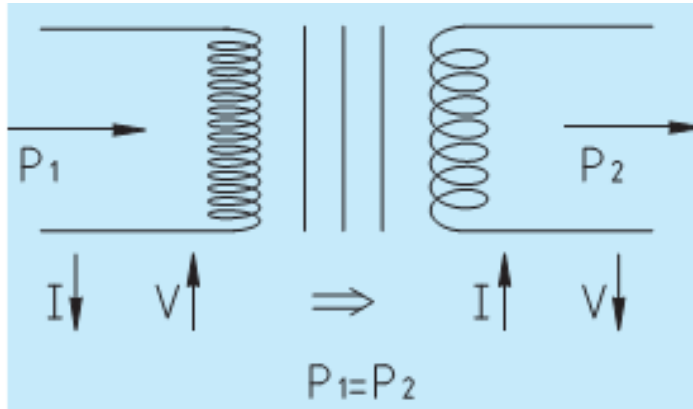
دستگاه مولد جریان AC



دستگاه مولد جریان DC

جریان الکتریسیته برای جوشکاری قوس الکتریکی بایستی ولتاژ کم و جریان یا آمپر بالایی نسبت به برق شهر را داشته باشد. برای این کار از دستگاه های مولد جریان و برای کاهش ولتاژ برق و تامین شدت جریان مناسب جوشکاری استفاده می شود.

ترانسفورماتورها در جوشکاری



کاهنده ولتاژ

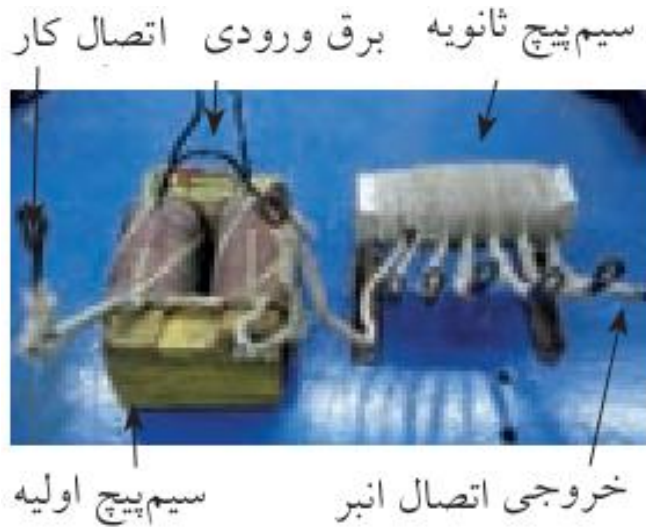
$$V \uparrow, I \downarrow \longrightarrow V \downarrow, I \uparrow$$

افزاینده ولتاژ

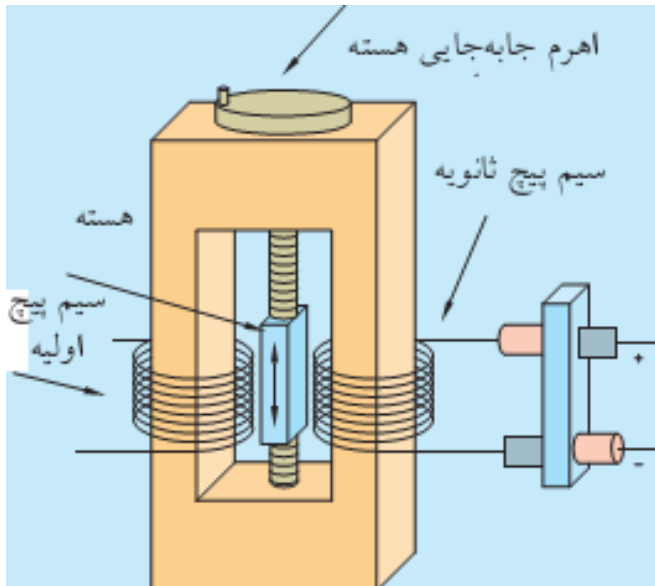
$$V \downarrow, I \uparrow \longrightarrow V \uparrow, I \downarrow$$

- در جوشکاری به برق با ولتاژ کم تر و شدتی جریان بالاتر نسبت به برق شهری نیاز است.
- بنابراین از ترانسفورماتور کاهنده ولتاژ یا افزایشده شدت جریان استفاده می شود.
- ترانسفورماتورهای جوشکاری در انواع تک فاز، دو فاز و سه فاز ساخته می شوند.
- ترانس های تک فاز با شدت جریان کمتر از ۳۰۰ آمپر بکار می روند.
- ترانس های دو فاز و سه فاز برای جوشکاری با شدت جریان بالاتر و قطعات ضخیم تر مورد استفاده قرار می گیرند.
- دوفاز از دو سیم پیچ اولیه و دو سیم پیچ ثانویه تشکیل شده است.

تنظیم آمپر در جوشکاری

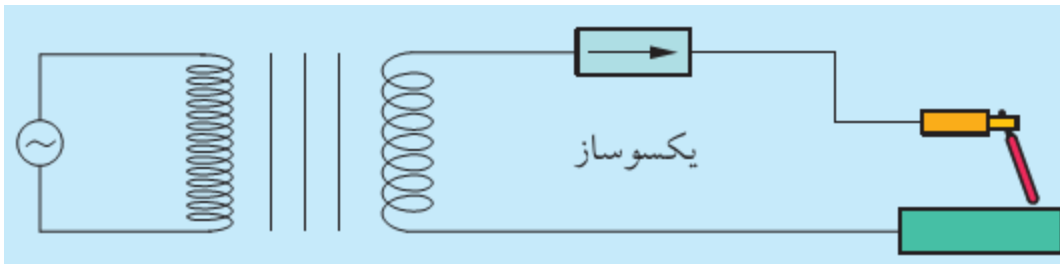


- **روش پله ای:** در این روش یکی از خروجی های سیم پیچ ثانویه به انبر اتصال قطعه متصل می شود و از سر دیگر آن خروجی های مختلفی گرفته می شود که هر کدام آمپر معینی را برای جوشکاری تامین می کنند.



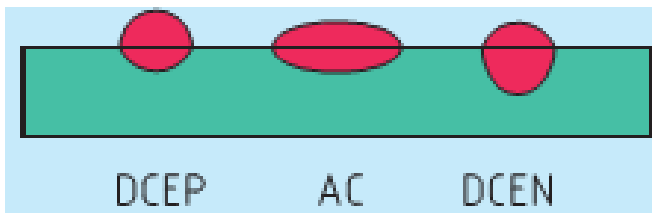
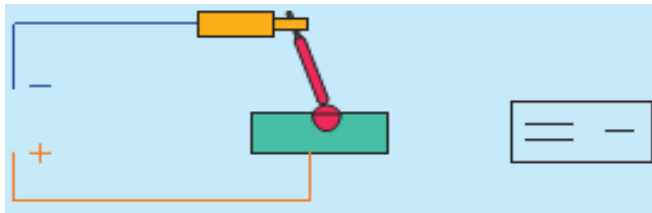
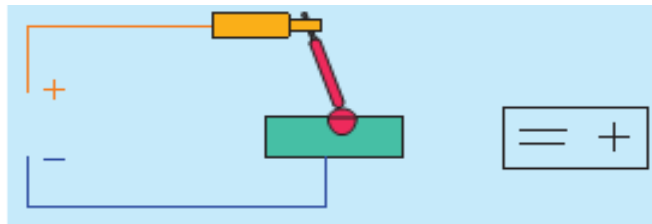
- **روش پیوسته:** در این روش مقادیر دقیق آمپر، قابل تنظیم و انتخاب است.
- استفاده از سیم پیچ متحرک
- استفاده از هسته فرعی

یک سو سازی جریان در جوشکاری



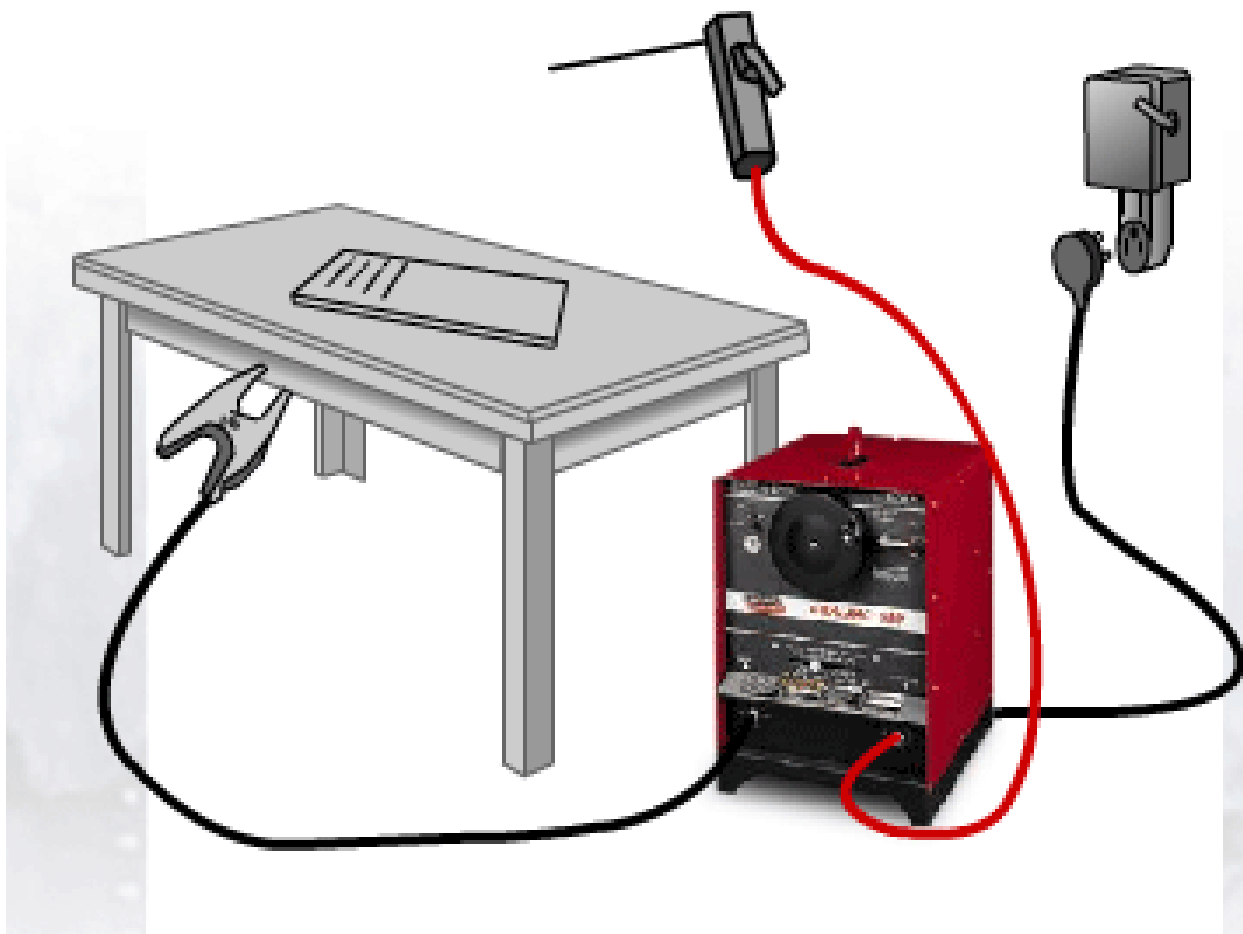
قطبیت مثبت DCRP:

در صورتی که الکترود به قطب مثبت و قطعه کار به قطب منفی متصل شود، آن را قطب مثبت (معکوس) گویند. در این حالت از کل گرمای تولید شده $\frac{2}{3}$ به الکترود و $\frac{1}{3}$ به قطعه کار می رسد.



قطبیت منفی DCSP: در صورتی که الکترود به قطب منفی و قطعه کار به قطب مثبت متصل شود، آن را جوشکاری با قطب منفی (مستقیم) گویند. در این حالت از کل گرمای تولید شده $\frac{2}{3}$ به قطعه کار و $\frac{1}{3}$ حرارت به الکترود می رسد.

وسائل و تجهیزات جوشکاری



۱- کابل جوشکاری



- یکی از اجزای جوشکاری است که قطر آن با توجه به مقدار جریان مورد نیاز جوشکاری بدون ایجاد گرمای زیاد، انتخاب می شود.
- کابل جوشکاری بایستی هدایت الکتریکی بالا و استحکام کافی را دارا باشد. در عین حال انعطاف پذیر باشد. پس از کابل افشان استفاده می شود.
- طول کابل کوتاه انتخاب می شود تا باعث افت ولتاژ و آمپر نگردد.
- دو نوع کابل، یکی جهت اتصال به قطعه کار و دیگری برای اتصال به انبر جوشکاری استفاده می شود.
- برای اتصال کابل ها به ترمینال ها از کابل شوها استفاده می شود.

۲- انبر جوشکاری



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

۳- انبر (گیره) اتصال ۴- رابط (فیش) کابل

- از انبر اتصال برای اتصال قطعه کار و تکمیل مدار جوشکاری استفاده می شود.
- انبرهای اتصال نیز دارای قابلیت هدایت الکتریکی و استحکام بسیار بالا باشد. قدرت فنی نگه دارنده نیز بایستی زیاد باشد.
- به منظور اتصال کابل ها به انبر یا ترمینال های خروجی دستگاه و برای اتصال دو کابل به یکدیگر از رابط ها استفاده می شود.
- فیش ها دارای استحکام کافی و توان هدایت الکتریکی بالائی است. به همین دلیل رابط عموماً از جنس مس، آلومینیوم یا فولاد ساخته می شود. اتصال آنها به کابل بصورت جوشکاری، لحیم کاری یا پرسی است.



۵- موقعیت دهنده ۶- میز جوشکاری

- از موقعیت دهنده برای قرار دادن و نگه داری قطعه کار در موقعیت دلخواه برای جوشکاری راحت تر و با کیفیت بالاتر استفاده می شود.

- از میز جوشکاری برای قرار دادن قطعه کار و کابل اتصال زمین و برخی ابزارهای لازم و ایجاد عملیات جوشکاری در ارتفاع مناسب استفاده می شود.

- جنس میز معمولاً فولادی است و آنرا در کابین جوشکاری در حفاظ های مناسب قرار می دهند.
- میز مجهز به یک موقعیت دهنده ساده، جعبه نگه دارنده الکتروود و جعبه الکتروودهای مصرف شده می باشد.



۷- چکش شلاکه زن ۹- برس سیمی ۱۰- انبر قطعه گیر



- از چکش شلاکه زن برای پاک کردن و برداشتن سرباره و جرقه جوش از روی قطعه کار استفاده می شود تا سطح کار برای جوش بعدی آماده شود.
- برس سیمی برای پاک کردن پس مانده های شلاکه و دوده های کناره های خط جوش به صورت دستی یا ماشینی مورد استفاده قرار می گیرد.
- از انبر نگه داری برای جفت و جور کردن و جا به جایی قطعات استفاده می شود.

آماده سازی قطعات برای جوشکاری (قطع کردن)



- پیش از انجام عمل جوشکاری قطعات را با کمک ابزارها برشی و ماشین های تراش مختلف برای جوشکاری آماده می کنند.
- انواع تسمه ها، مفتول ها، پروفیل ها و ورق ها را می توان به کمک برشکاری در اندازه های مورد نظر تهیه کرد.



- از اره دستی یا قیچی برای بریدن ورق ها، از اره لنگ و اره نواری برای جداسازی مفتول ها با قطرهای بالا، از اره آتشی برای بریدن انواع قوطی ها و تسمه ها و پروفیل ها در زوایای مورد نظر، از برشکاری با قیچی پرسی برای بریدن ورق های ضخیم و گاهی از شعله گاز هم برای برشکاری استفاده می شود.

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.

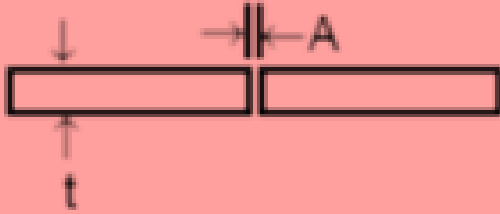


- برای براده برداری و آماده سازی قطعه جهت اجرای اتصال جوشکاری از ابزارهایی مانند سوهان، سنگ سنباده استفاده می شود.

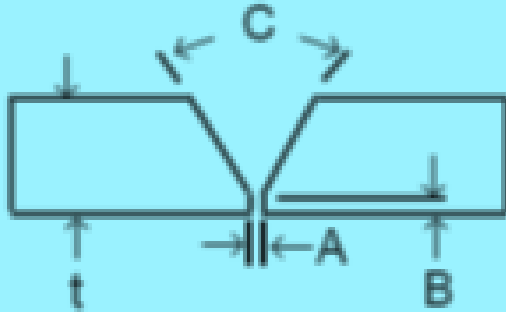
انواع اتصالات در جوشکاری

- انتخاب اتصال دو قطعه به یکدیگر در جوشکاری بسیار مهم است.
- گزینش یک روش اتصال نامناسب باعث هدر رفتن انرژی، مواد اولیه، الکترودها و زمان می گردد.
- برای اتصال مناسب لبه قطعات بایستی از فرم مناسب پخ استفاده کرد.
- هدف از اجرای پخ در لبه قطعات دسترسی به ریشه جوش از طریق الکترود روپوش دار است.
- در اتصال لب به لب اگر ضخامت کمتر از ۶ میلیمتر باشد، جوشکاری بدون پخ زدن لبه ها انجام می گیرد.

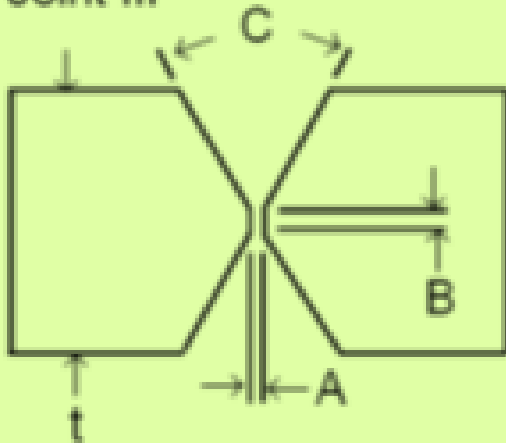
Joint I



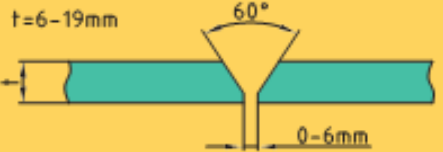
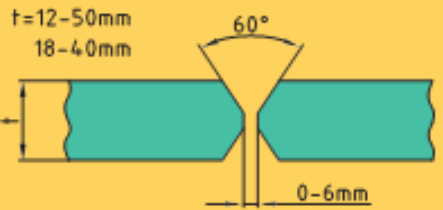
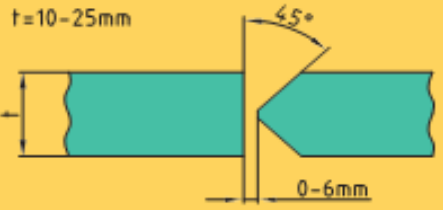
Joint II



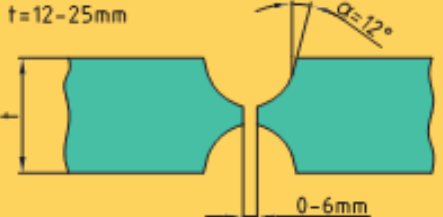
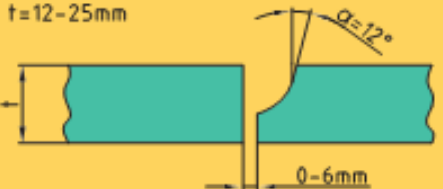
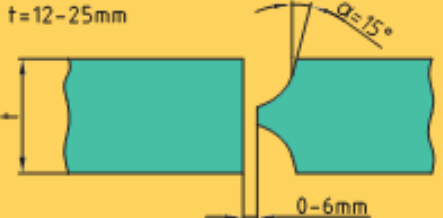
Joint III



انواع اتصالات در جوشکاری

نوع اتصال	شکل اتصال	روش اجرای جوش
لب به لب بدون پخ (با ریشه باز)	 $t=3-6\text{mm}$ 0-6mm	
لب به لب با پخ یک طرفه	 $t=10-25\text{mm}$ 45° 0-6mm	
لب به لب با پخ دو طرفه (V)	 $t=6-19\text{mm}$ 60° 0-6mm	
لب به لب با پخ دو بل دو طرفه (X)	 $t=12-50\text{mm}$ $18-40\text{mm}$ 60° 0-6mm	
لب به لب با پخ دو بل یک طرفه (K)	 $t=10-25\text{mm}$ 45° 0-6mm	

انواع اتصالات در جوشکاری

روش اجرای جوش	شکل اتصال	نوع اتصال
		لب به لب با پخ لاله ای یک طرفه (U)
		لب به لب با پخ لاله ای دو طرفه (X)
		لب به لب با پخ نیم لاله ای یک طرفه (J)
		لب به لب با پخ نیم لاله ای دو طرفه (K)

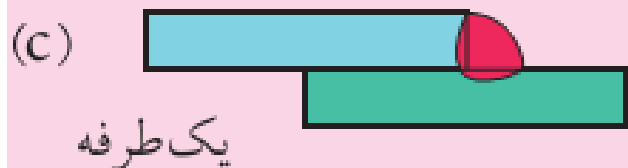
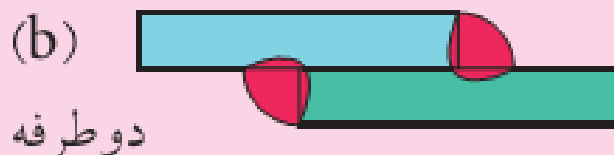
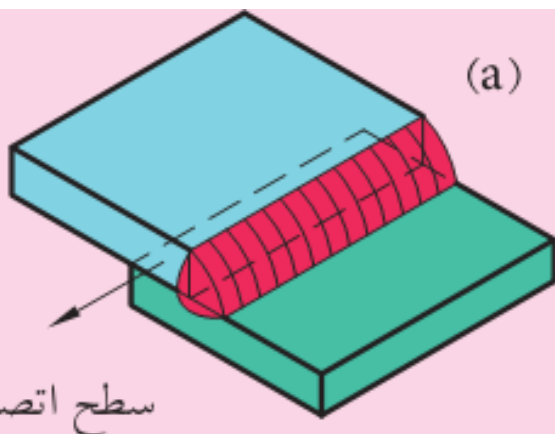
انواع اتصالات T شکل در جوشکاری

روش اجرای جوش	شکل اتصال	نوع اتصال
	 $t < 12\text{mm}$	اتصال T بدون پخ یک طرفه و دو طرفه
	 $t = 9-15\text{mm}$	اتصال T با پخ یک طرفه
	 $t > 25\text{mm}$	اتصال T با پخ دو طرفه
	 $t > 25\text{mm}$	اتصال T با پخ J یک طرفه
	 $t > 30\text{mm}$	اتصال T با پخ J دو طرفه

اتصال لب روی هم:

این نوع اتصال نیازی

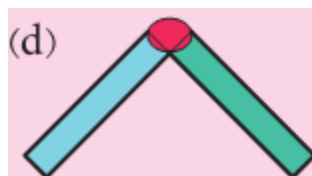
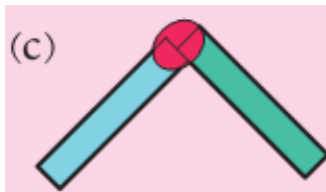
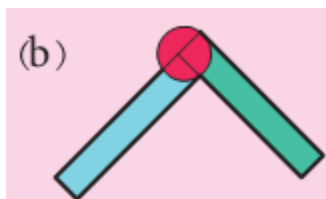
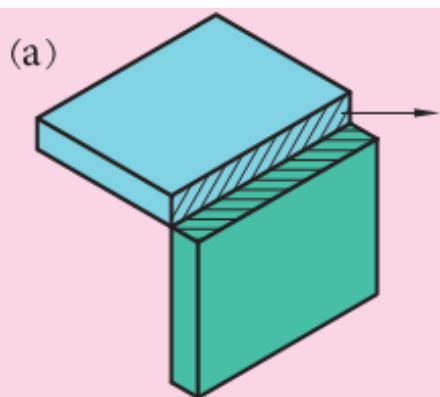
به آماده سازی ندارد.



اتصال زاویه خارجی (گوشه):

این نوع اتصال نیز نیازی به

آماده سازی لبه ندارد.



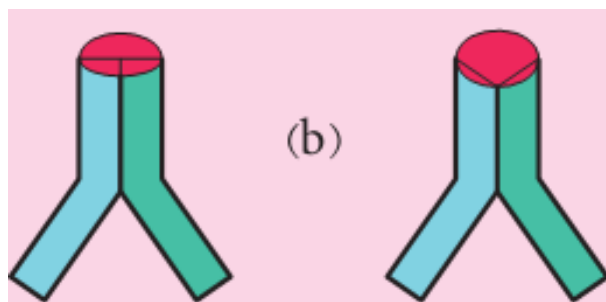
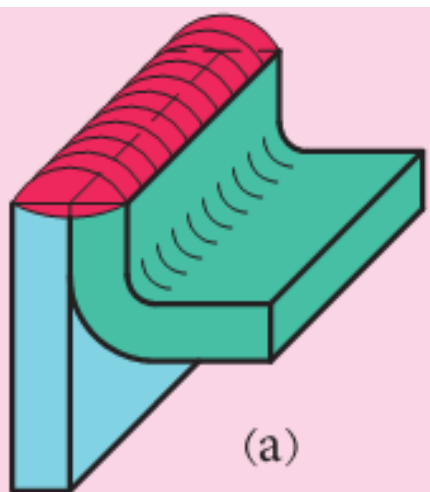
اتصال پیشانه ای (لبه ای):

این نوع اتصال نیز نیازی به

آماده سازی لبه ندارد. به

صورت تخت یا پخ دار

صورت می گیرد.



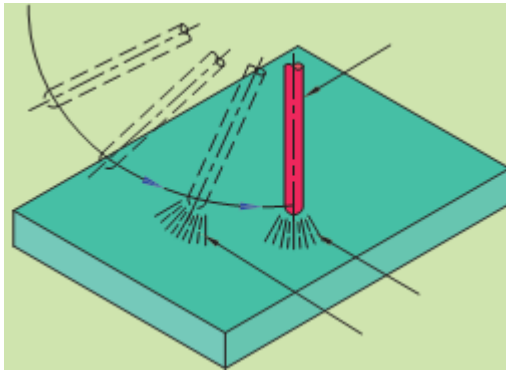
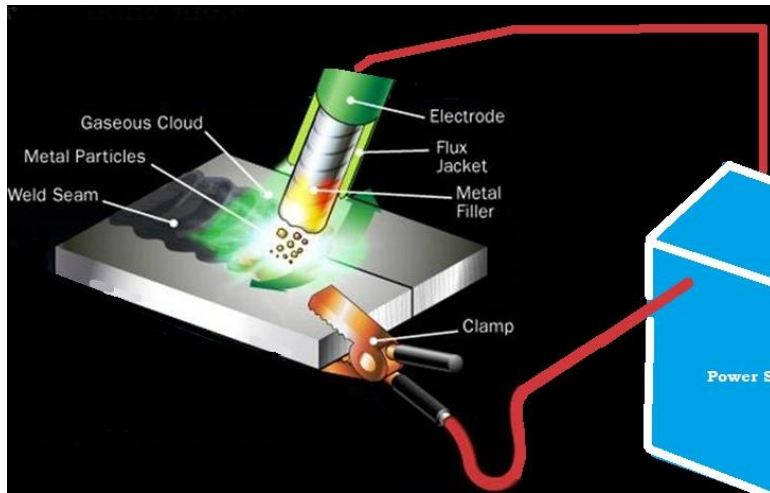
قوس الکتریکی:

- قوس الکتریکی عبارت از جریان و حرکت الکترون ها از فضای گازی شکل (یونیزه شده) که بین دو قطب الکتریکی بوجود می آید.

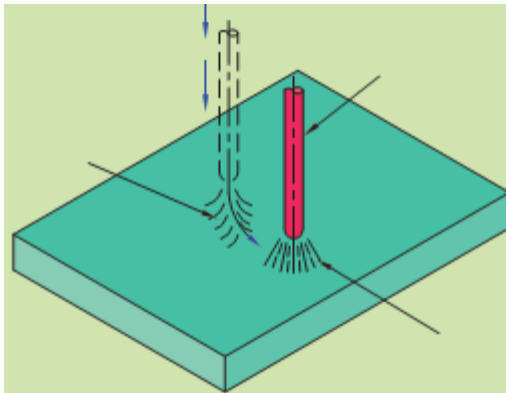
- ایجاد قوس الکتریکی معمولا با نور، حرارت و صدا همراه است.

- از حرارت آزاد شده از قوس الکتریکی برای ذوب قطعات و الکتروود فلزی استفاده می شود.

- روش های راه اندازی قوس الکتریکی: (الف) کشیدن الکتروود که صحیح نیست. (ب) روش صحیح، نوک زدن



(الف)



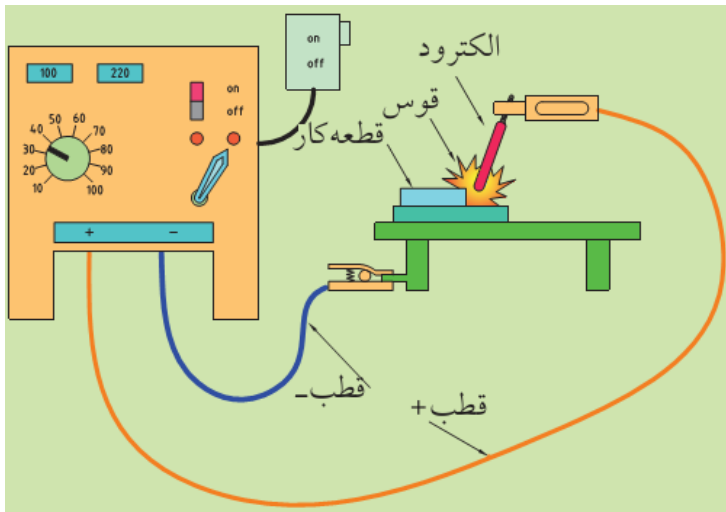
(ب)

شرط ایجاد قوس الکتریکی:

- قوس الکتریکی زمانی ایجاد می شود که جریان برق در مدار الکتریکی شامل مولد انرژی، کابل های اتصال و انبر، الکتروود و قطعه کار است، برقرار گردد.

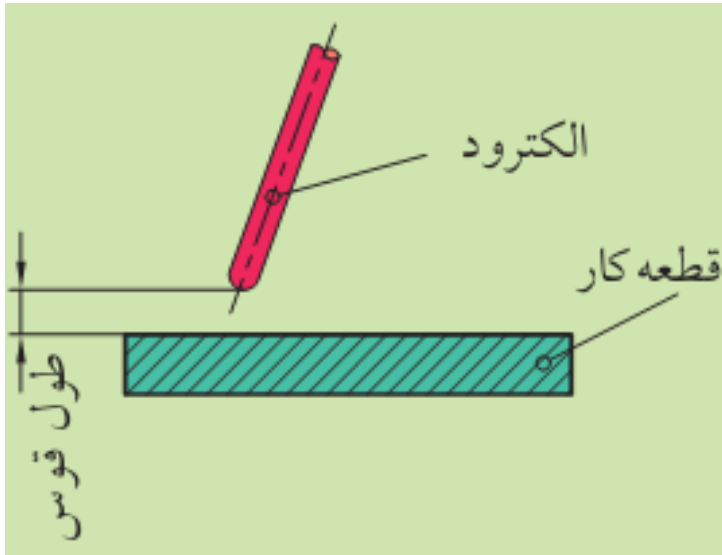
ولتاژ مدار:

- در جوشکاری قوس الکتریک از ولتاژ پائین استفاده می شود. در حدود ۴۰-۸۰ ولت است. استفاده از ولتاژ بالا، باعث بزرگ تر شدن طول قوس و افزایش فاصله نوک الکتروود از قطعه کار، بیشتر و انتقال مذاب از الکتروود متمرکز نخواهد بود.



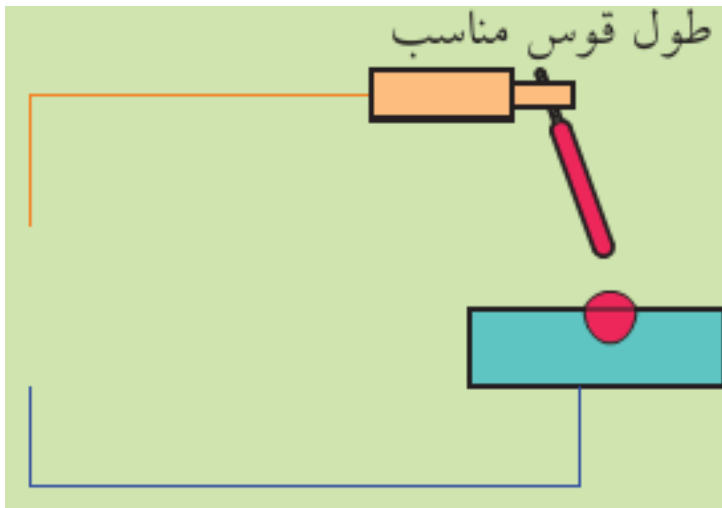
طول قوس الکتریکی:

- فاصله بین نوک الکترود تا سطح قطعه کار را طول قوس گویند. در بیشتر الکترودهای باریک، طول قوس تقریبا برابر قطر الکترود است.



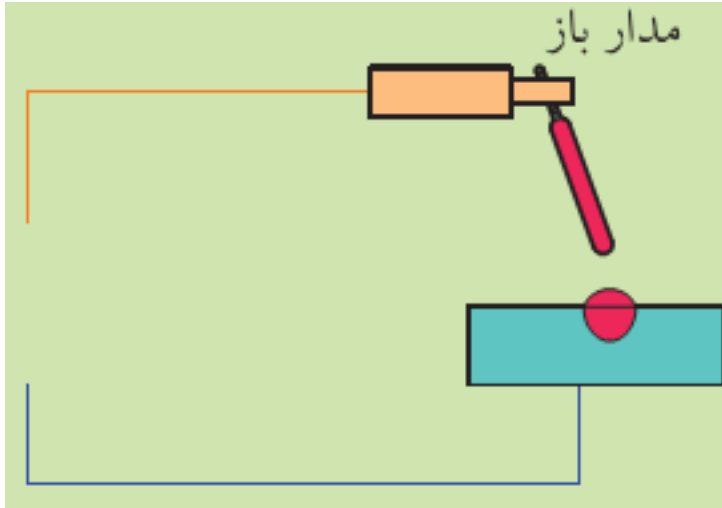
طول قوس مناسب:

- هنگام جوشکاری به دلیل کاهش تدریجی طول الکترود، بایستی الکترود به طور یکنواخت به قطعه کار نزدیک شود تا طول قوس همواره ثابت بماند.



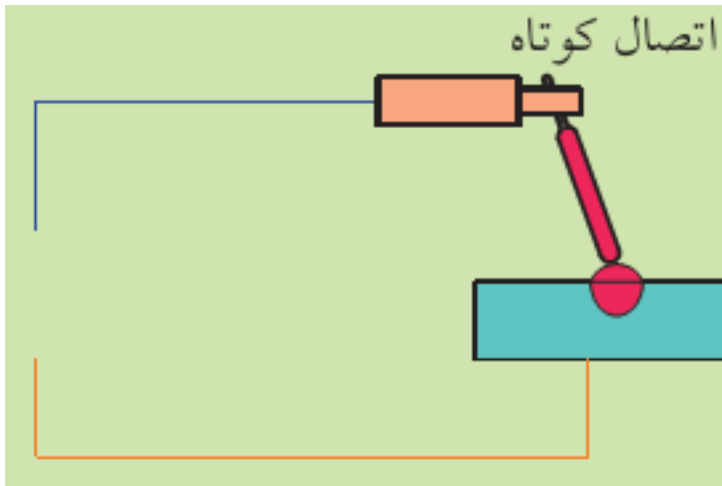
ولتاژ مدار باز:

- زمانی است که نوک الکتروود تا سطح قطعه کار فاصله دارد و دستگاه جوشکاری بدون بار است. در این حالت اختلاف پتانسیل بین نوک الکتروود و قطعه کار ماکزیمم و شدت جریان عبوری صفر است.



اتصال کوتاه:

- هنگامی که نوک الکتروود به سطح کار بچسبد اتصال کوتاه اتفاق می افتد. در این حالت اختلاف پتانسیل صفر و شدت جریان ماکزیمم می شود.



وقتی اتصال کوتاه اتفاق افتاد نوک
الکتروود به سطح کار می چسبد.
بایستی فوراً آن را از سطح کار جدا
کرد. این کار با چرخاندن انبر
جوشکاری یا با باز کردن دهانه انبر که
سبب می شود الکتروود از آن جدا شود،
صورت می گیرد.



تنظیم شدت جریان در جوشکاری:

- میزان شدت جریان بر اساس ضخامت قطعه کار و قطر مغزی الکتروود و حالت جوشکاری تعیین می شود.
- قطر مغزی الکتروودها $1/6$ تا 6 میلی متر است و کل جریان برق از آن عبور می کند که باعث ذوب شدن الکتروود و قطعه کار می شود.

ضخامت قطعه (mm)	قطر مغزی الکتروود (mm)	حدود شدت جریان (A)
$1/6$	$1/6$	۴۰-۶۰
$2/5$	$2/5$	۵۰-۸۰
۴	$3/2$	۹۰-۱۳۰
۶	۴	۱۲۰-۱۷۰
۸	۵	۱۸۰-۲۷۵
۲۵	۶	۳۰۰-۴۰۰

تشکیل گرده جوش باریک:

- برای تشکیل گرده جوش باریک و کوتاه بایستی قوس الکتریکی را حفظ و حوضچه مذاب را هدایت کرد. این کار با:

✓ هدایت الکتروود به صورت آرام در مسیر جوشکاری

✓ حرکت الکتروود به صورت خط مستقیم

✓ جلوگیری از حرکت جانبی الکتروود

1 min

1 max

2 min

2 max



عوامل موثر در جوشکاری:

- مهمترین عوامل در کیفیت و اندازه گیری گرده جوش عبارتند از:

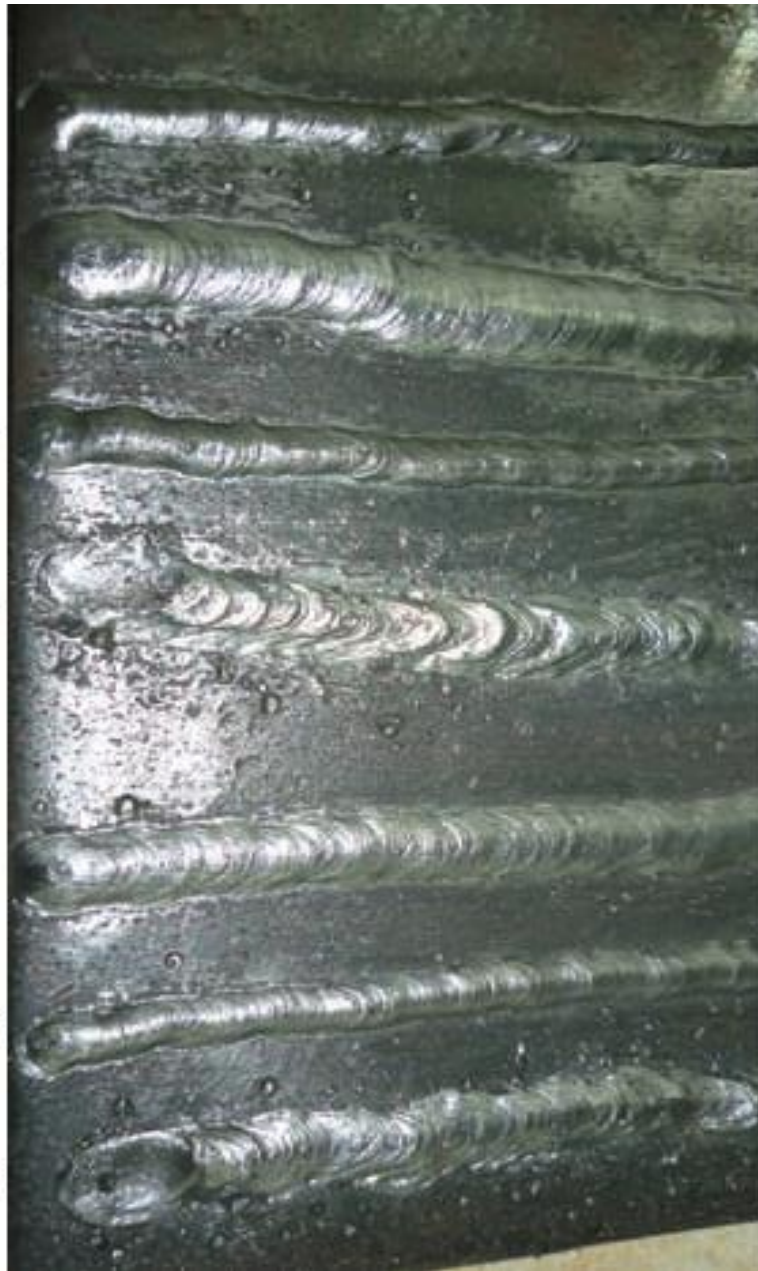
✓ سرعت جوشکاری

✓ نوع جوشکاری

✓ طول قوس

✓ آمپر

✓ زاویه الکتروود



سرعت بالا

سرعت کم

طول قوس کم

طول قوس زیاد

خط جوش نرمال

آمپر پایین

آمپر بالا

عوامل موثر در جوشکاری:

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

جوشکاری با جریان DC

- تشکیل قوس آرام تر
- امکان تغییر قطب
- امکان جوشکاری با الکترودهای مختلف
- احتمال وزش قوس وجود دارد

جوشکاری با جریان AC

- بدون انحراف قوس
- (وزش قوس)
- عمق نفوذ متوسط
- احتمال پاشش جرقه بیشتر

عوامل موثر در جوشکاری:

طول قوس بلند	طول قوس کوتاه
- ترشح و پاشش مذاب - ظاهر جوش بدمنظر می شود - افزایش پهنای جوش - نفوذ کم و گرده تقریباً تخت	- سوار شدن گرده جوش ها روی هم - موج های غیر یکسان و غیر هم شکل - احتمال خفه شدن قوس - احتمال چسبیدن الکترود به قطعه کار

عوامل موثر در جوشکاری:



شدت جریان بالا	شدت جریان پایین
- ذوب کردن قطعه کار - ترشح و پاشش ذرات مذاب و جرقه - سوختن موضع جوش - بریدگی کناره جوش - تشکیل گرده جوش بی قاعده	- ناپایداری قوس - سرعت جوشکاری کم تر - ایجاد گرده جوش های بالای سطح کار - نفوذ کم

ولتاژ پایین

- تشکیل گرده جوش بی قاعده
- گرده جوش بدون نفوذ کافی
- افزایش احتمال حبس سرباره در جوش

ولتاژ بالا

- ترشح و پاشش زیاد مذاب
- جذب بیشتر هیدروژن به جوش و در نتیجه ایجاد حفره و مک در جوش

عوامل موثر در جوشکاری زاویه الکتروود نسبت به افق:

زاویه زیاد (نسبت به افق)

- نفوذ زیادتر

- تمرکز فشار قوس به کار و

در نتیجه سوختن کناره جوش

(under cut)

- تجمع سرباره در کناره جوش

زاویه کم (نسبت به افق)

- گرده جوش با موج های غیر

هم شکل و ناصاف

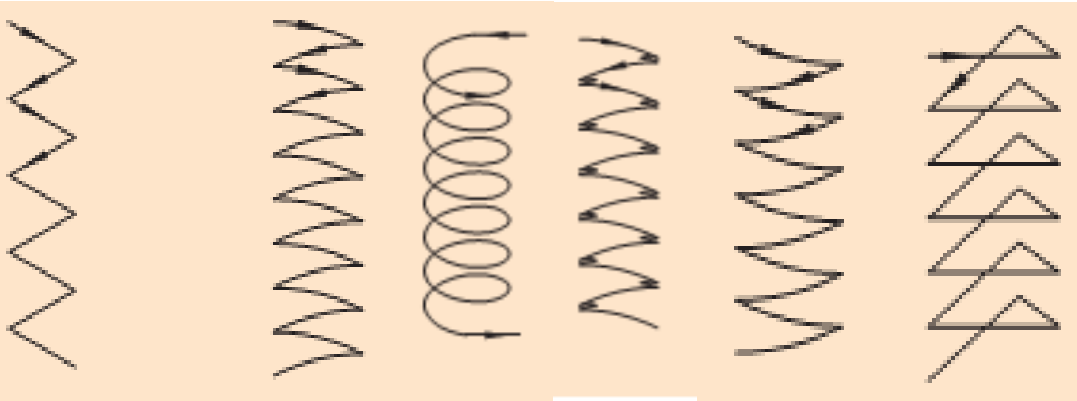
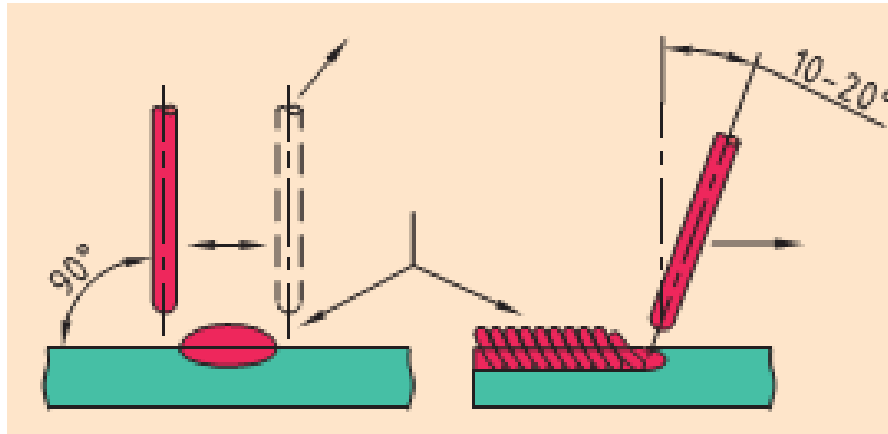
- نفوذ کم تر

- جرقه بیش از حد

حرکات عرضی الکتروود:

- در صورت نیاز به گرده جوش پهن، با نوسان الکتروود به سمت راست و چپ پیشروی انجام و خط جوش پهن تری ایجاد می شود.

- در این حالت خط جوش بافته به وجود می آید. که پهنای آن معمولاً از سه برابر قطر الکتروود بیشتر نیست.

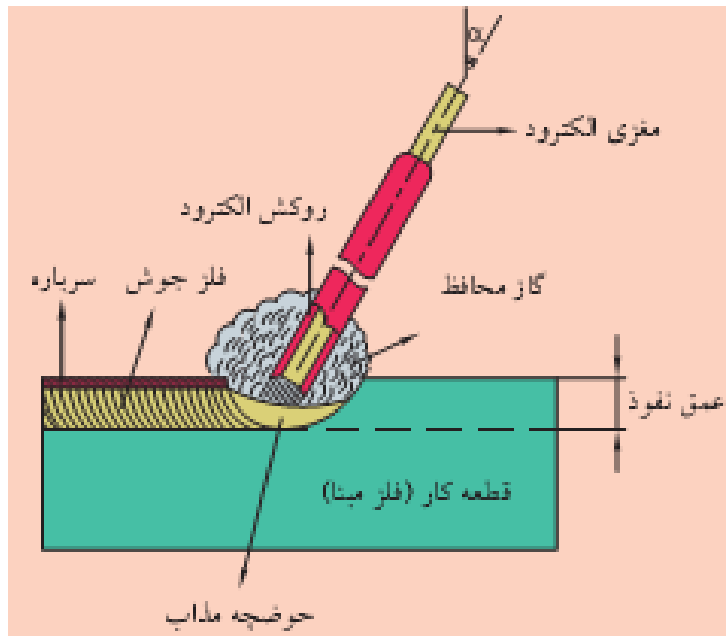


الکتروود در جوشکاری:

الکتروود ها به دو دسته ذوبی و غیر ذوبی تقسیم می شوند.

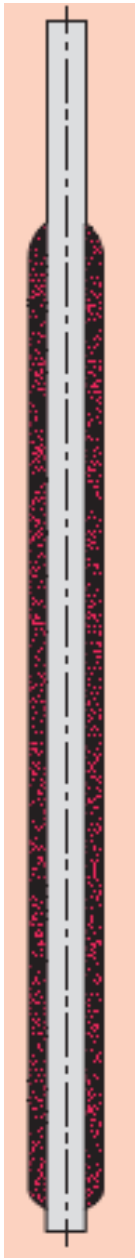
- **الکتروودهای غیر ذوبی:** در پروسه هائی همچون جوشکاری آرگون به کار می روند که الکتروود فقط وظیفه برقراری قوس را دارد و مفتول پرکننده به طور جداگانه به محل جوشکاری تغذیه می شود و حوضچه مذاب توسط گاز محافظ محافظت می شود.
- **الکتروودهای ذوبی:** در جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روپوش دار به کار می روند. این نوع الکتروود شامل یک مغزی فلزی که روی آن را لایه ای با ترکیبات ویژه پوشانده است. در انتهای هر الکتروود یک بخش بدون روکش برای گرفتن الکتروود توسط انبر جوشکاری وجود دارد.

الکتروود در جوشکاری:



ساختمان الکتروذوبی روپوش دار

- مغزی الکتروذوب: میله فلزی در سرتاسر الکتروذوب که در هنگام ذوب با لبه های قطعه کار حوضچه مذاب و اتصال را ایجاد می کند. قسمت زیادی از فلز جوش توسط مغزی الکتروذوب تامین می شود. مواد مغزی بایستی با ترکیبات موجود در فلز مبنا سازگار باشند.

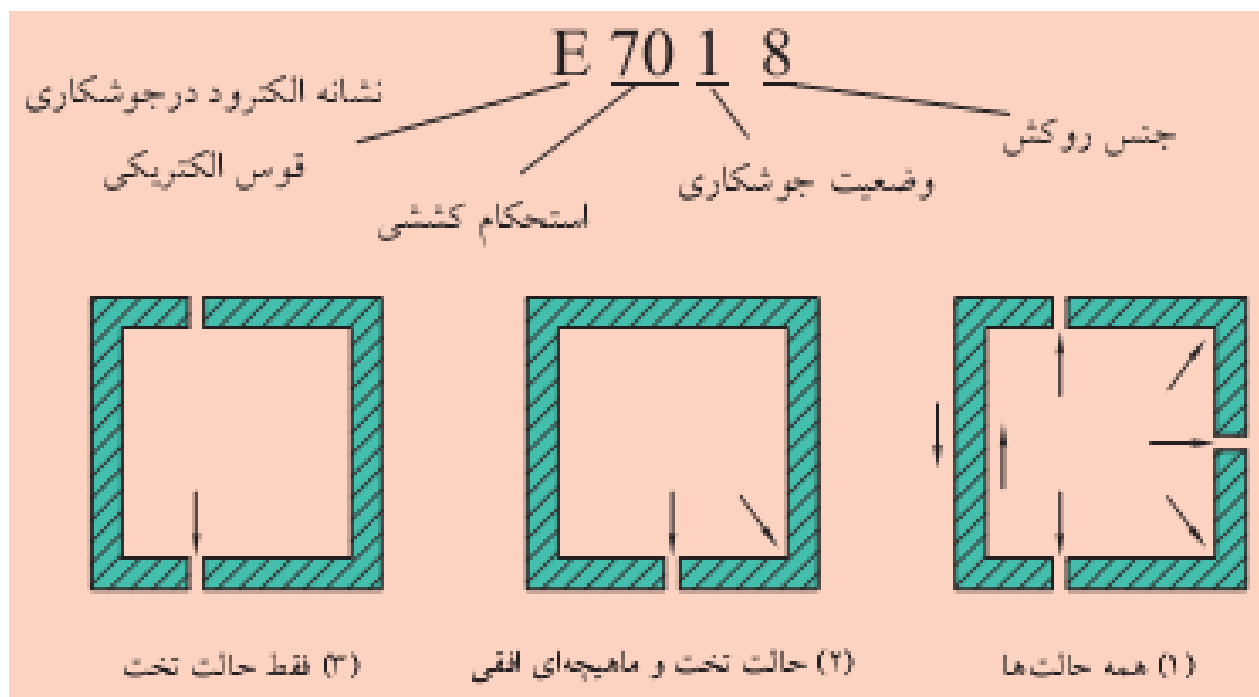


ساختمان الکترو دزبى روىش دار

- روكش الكترود: تركىبى از مواد آلى و معدنى كه سرتاسر مغزى به جز قسمت انتهائى را مى پوشاند. و در هنگام ذوب بر خواص جوش تاثير بسزائى دارد.
- ✓ جلوگىرى از اكسید شدن جوش از طريق ايجاد دود و گازهاى محافظ در اطراف منطقه مذاب.
- ✓ تشكيل سرباره بر روى جوش به منظور جلوگىرى از سرد شدن سريع مذاب تا از شكندۀ شدن جوش جلوگىرى شود.
- ✓ افزودن تركيبات مناسب به فلز مذاب جهت تقويت فلز جوش و افزايش نرخ رسوب جوش.
- ✓ عناصر موجود در روكش الكترود بر روى فرم و ظاهر گرده جوش از نظر برجستگى و فرورفتگى تاثير مى گذارند.

کد استاندارد ASME برای الکترودها

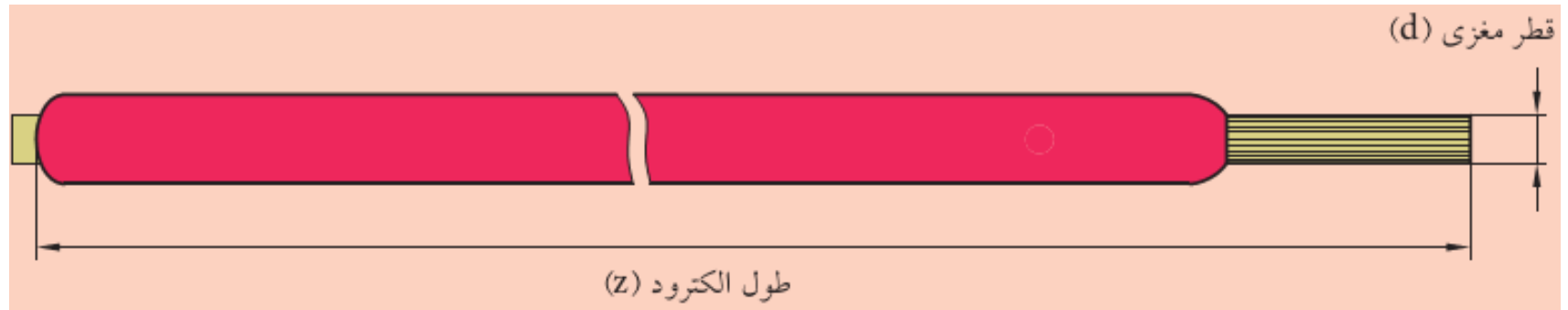
- حرف E نشانه الکترود در جوشکاری قوس الکتریکی
- دو عدد بعد در کدهای ۴ رقمی و سه عدد در کدهای ۵ رقمی استحکام کششی فلز جوش بر حسب کیلو پوند بر اینچ مربع
- رقم دوم از سمت راست بیانگر وضعیت قابل جوشکاری
- رقم اول از سمت راست بیانگر نوع روکش الکترود و نوع جریان برق که بین ۰ تا ۸ است.



کد استاندارد ASME برای الکترودها

نوع جریان	نوع روکش	رقم آخر
DCRP	سلولزی	۰
DCRP و AC	سلولزی	۱
DCRP و AC	روتایلی	۲
DCRP و DCSP و AC	روتایلی	۳
DCRP و DCSP و AC	روتایلی با پودر آهن ۳۰٪	۴
DCRP	قلیایی	۵
DCRP و AC	قلیایی	۶
DCRP و DCSP و AC	اسیدی با پودر آهن ۵۰٪	۷
DCRP و DCSP و AC	قلیایی با پودر آهن ۲۵٪	۸
DCRP و DCSP و AC	اکسیدی	۲۰

طول و قطر الکترودها بر اساس استاندارد AWS



طول الکترود (mm)	قطر الکترود (mm)
150	2
200	2/5
250	3/25
300	4
350	5
400	6
450	8

جنس روکش الکترودها

• الکترودهای سلولزی

جنس روکش این الکترودها از تیتانیوم سفید و مقداری سلولز است. حجم سرباره ها کم و به راحتی از روی کار کنده می شود. به دلیل وجود هیدروژن در ترکیبات روکش، حرارت بالائی ایجاد و عمق نفوذ جوش افزایش می یابد.

الکترودهای روتایلی

ماده اصلی تشکیل دهنده روکش از اکسید تیتانیم (روتایل) است که باعث آرام تر شدن قوس می گردد. جوشکاری با این نوع الکترودها در هر حالتی و با هر جریانی امکان پذیر است. بیشترین کاربرد را در بین انواع الکترودها دارد.

الکترودهای قلیائی

این نوع الکترودها به علت کم بودن میزان هیدروژن، بهترین نوع الکترودهای حاوی کربنات کلسیم، منیزیم و پودر آهن به شمار می رود و بسیار جاذب رطوبت است و باید قبل از به کارگیری، آن ها را در خشک کن قرار داد.

جنس روکش الکترودها

- الکترودهای اکسیدی

در پوشش این نوع الکترودها مقادیر زیادی اکسید آهن و سیلیکات های طبیعی وجود دارد. عمق نفوذ آن کم و حجم سرباره زیاد است. به همین دلیل در کارهای معمولی که به استحکام بالائی نیاز ندارد، مورد استفاده است.

- الکتروهای اکسیدی

مواد عمده تشکیل دهنده روکش این الکترودها اکسیدها، سیلیکات ها و کربنات های منگنز و آهن است. سرباره جوشکاری با این الکتروود پر حجم و به راحتی از روی کار جدا می شود. منگنز ویسکوزیته سرباره را کاهش و در ظاهر جوش موثر است.

جنس روکش الکترودها

الکتروده (ASME)	نوع الکتروده	ویژگی‌ها و موارد کاربرد
E6010 E6011	سلولزی	جوشکاری پاس اول ریشه، با نفوذ ریشه‌ها
E6013	روتاییلی	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

جنس روکش الکترودها

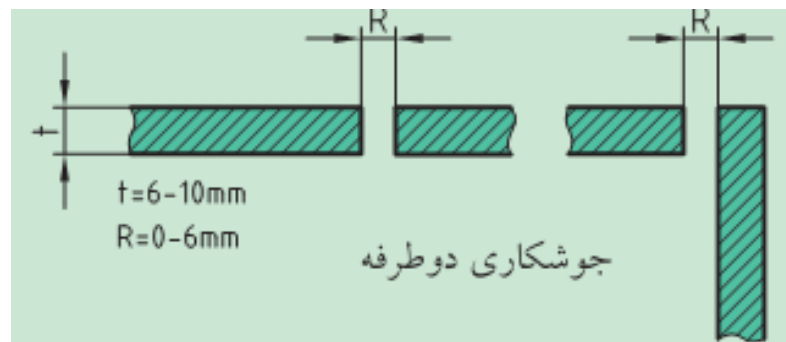
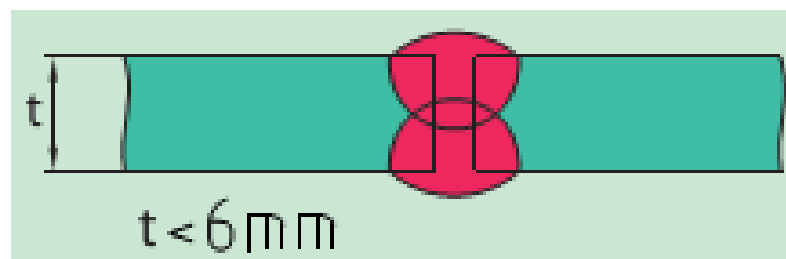
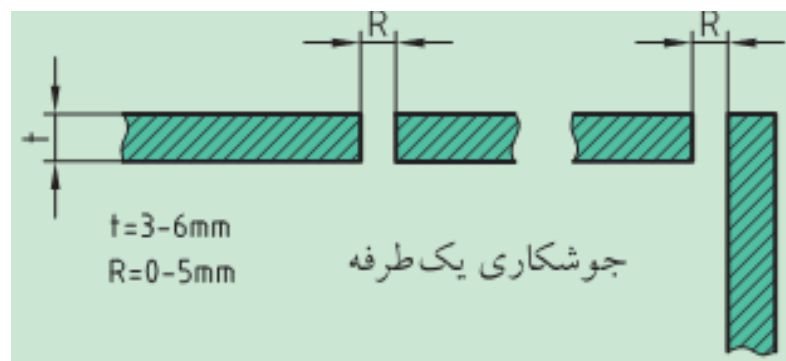
نگهداری از الکترودها

الکترودها معمولاً جاذب رطوبت و در چنین شرایطی از خواص و کیفیت آن ها کاسته می شود. به طور معمول الکترودها در بسته بندی های عایق فلزی و پلاستیکی به بازار عرضه تا در مقابل ضربه، فشار و چرب شدن روکش، محافظت شود.

گرم کن های الکترو

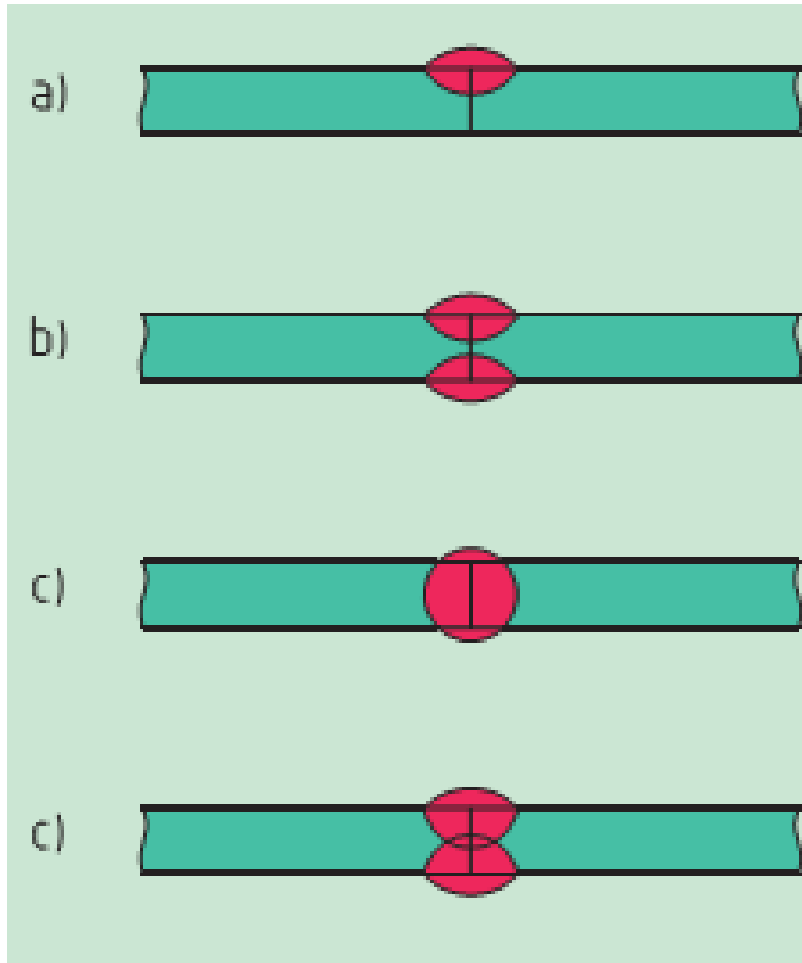
برای خشک کردن و آماده سازی الکترودها پیش از جوشکاری از گرم کن ها استفاده می شود. گرم کن می تواند به صورت دستی همراه هر جوشکاری باشد.

جوش لب به لب سطحی



- جوشکاری لب به لب با ریشه باز:
 - ۱- در صورتی که ضخامت بیش از 6 mm باشد به پخ زنی لبه قطعات در محل اتصال نیازی است.
 - ۲- مقدار فاصله در شرایطی که جوشکاری از یک طرف یا دو طرف صورت گیرد، متفاوت خواهد بود.

جوش لب به لب سطحی



• جوشکاری لب به لب با ریشه بسته:

- ۱- آسان و ارزان بودن آماده سازی قطعات برای جوشکاری بسیار
- ۲- در جوشکاری یک طرفه حداکثر نفوذ ۵mm است، بنابراین برای قطعات ضخیم تر باید جوشکاری از هر دو طرف صورت گیرد.

عوامل موثر بر جوشکاری لب به لب با ریشه باز:

۱- ضخامت قطعات

۲- قطر مغزی الکتروود

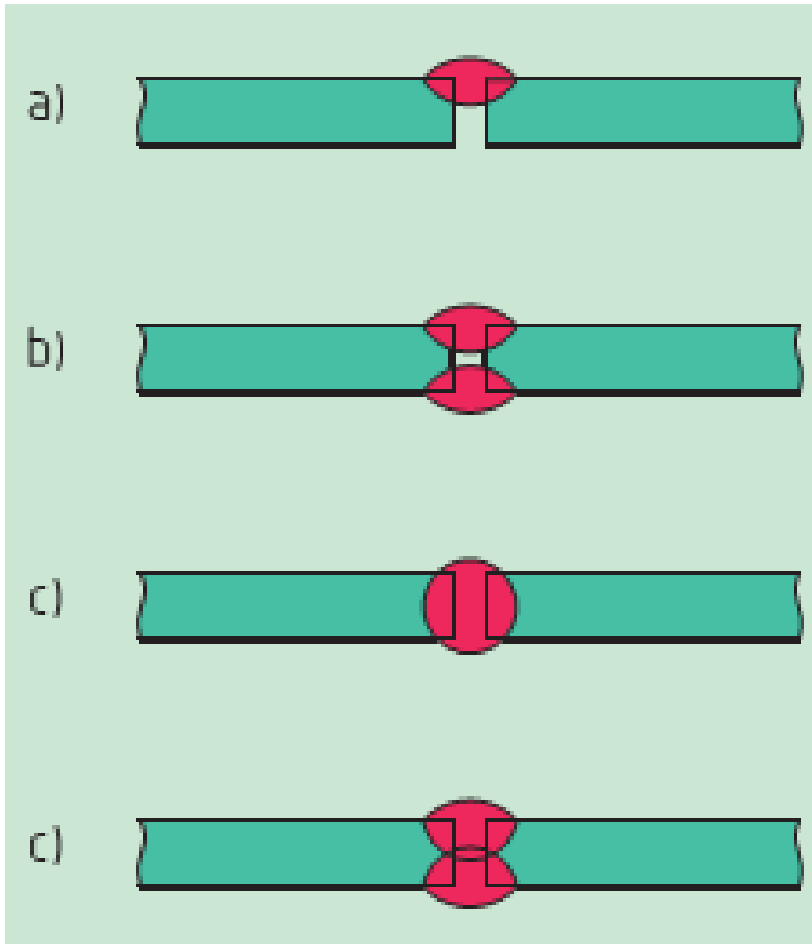
۳- فاصله بین دو قطعه (ریشه)

۴- سرعت حرکت الکتروود (پیشروی)

۵- پیشروی کم باعث سوراخ شدن قطعه

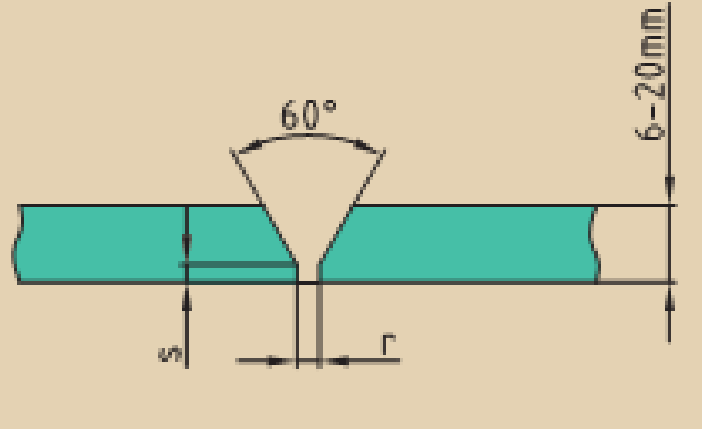
۶- طول قوس بیش از حد باعث پاشش جرقه و نفوذ سطحی و ظاهر نامناسب گرده جوش

۸- کاهش طول قوس نیز باعث تماس روکش الکتروود با حوضچه مذاب و کاهش استحکام جوش

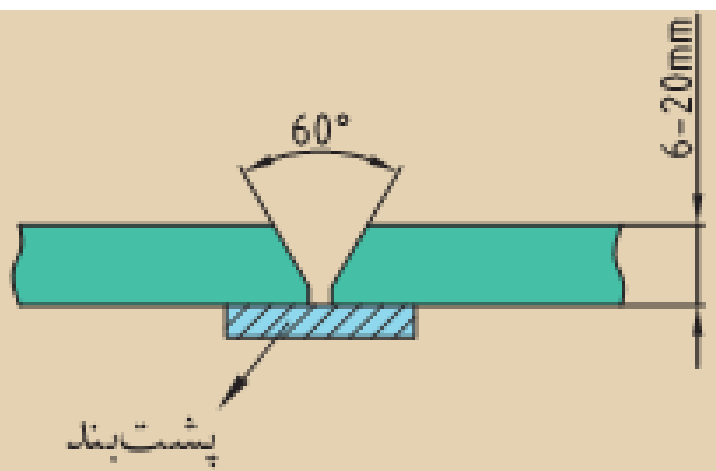
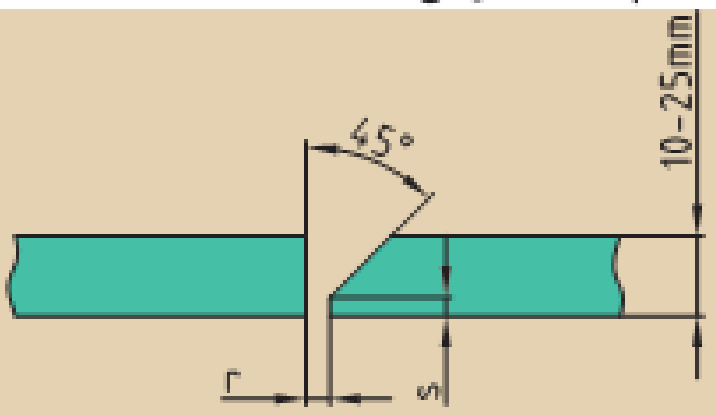


جوشکاری درز جناغی ۷ شکل:

- اجرای پخ در لبه اتصال برای اطمینان از نفوذ کامل جوش با کیفیت و استحکام کافی
- فاصله ریشه $6\text{mm}/0$ و اندازه پاشنه جوش $3\text{mm}/0$
- در صورت نیاز به فاصله ریشه بزرگتر از پشت بند استفاده می شود و در پایان پشت بند به کمک سنگ زنی برداشته می شود.

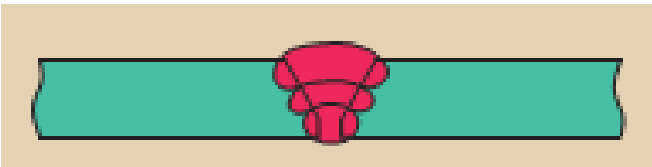
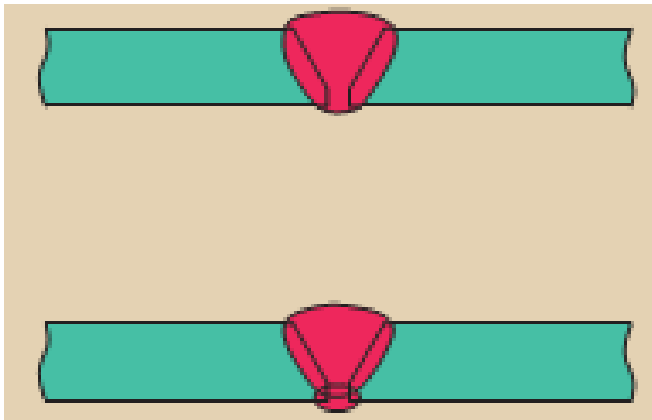
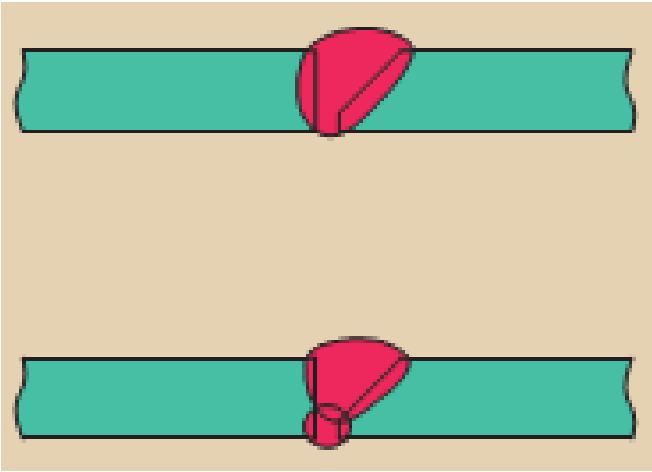


پاشنه جوش (S) فاصله ریشه (r)



جوشکاری درز جناغی ۷ شکل:

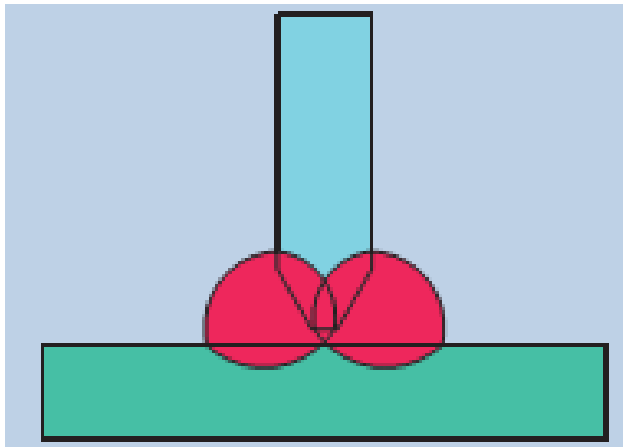
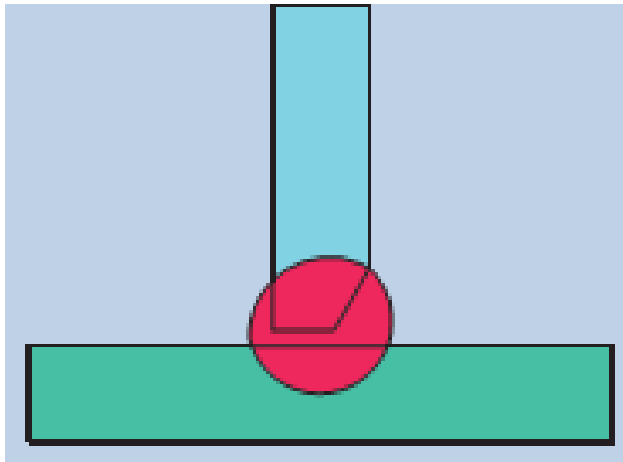
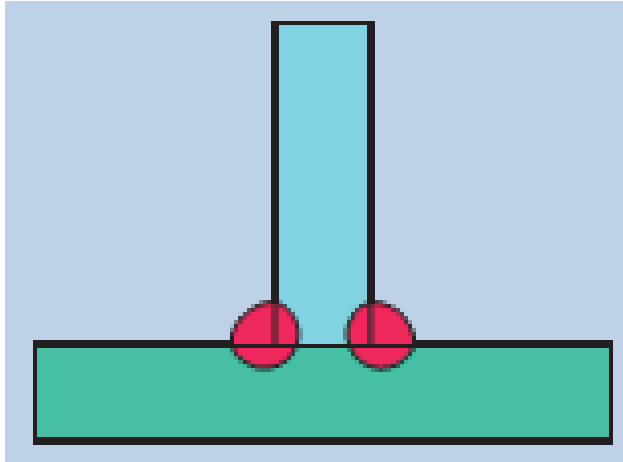
- اجرای پخ در لبه اتصال برای اطمینان از نفوذ کامل جوش با کیفیت و استحکام کافی
- فاصله ریشه $6\text{mm}/0$ و اندازه پاشنه جوش $3\text{mm}/0$
- در صورت نیاز به فاصله ریشه بزرگتر از پشت بند استفاده می شود و در پایان پشت بند به کمک سنگ زنی برداشته می شود.



جوشکاری سپری T شکل:

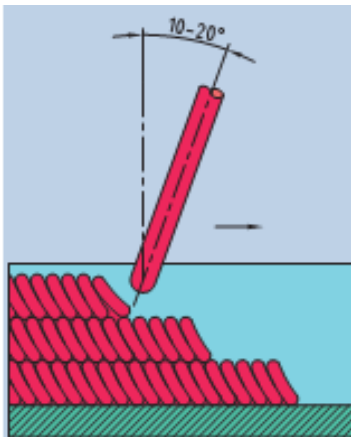
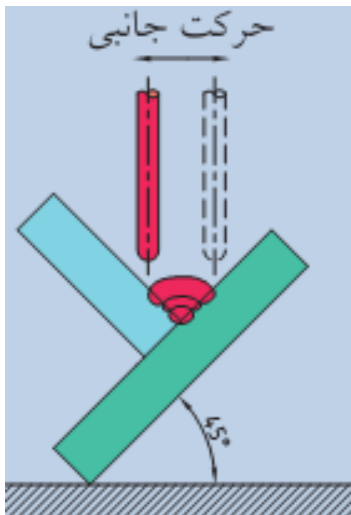
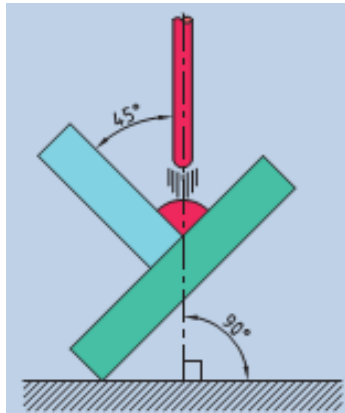
انواع جوشکاری سپری:

- ورق های معمولی تا ضخامت ۱۲ میلیمتر بدون پخ
- ورق های با ضخامت ۹-۱۵ میلیمتر با پخ یک طرفه انجام
- استفاده از یک یا دو پاس جوشکاری در این حالت از برای پر کردن محل اتصال
- ورق هائی با ضخامت بالای ۲۵ میلیمتر از انواع پخ ها به صورت دوطرفه



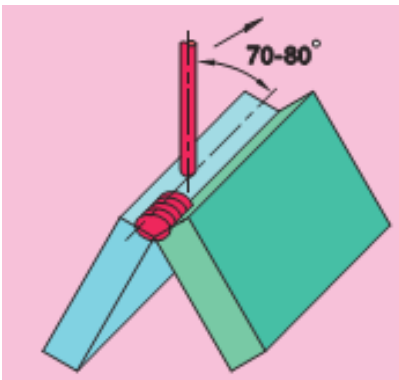
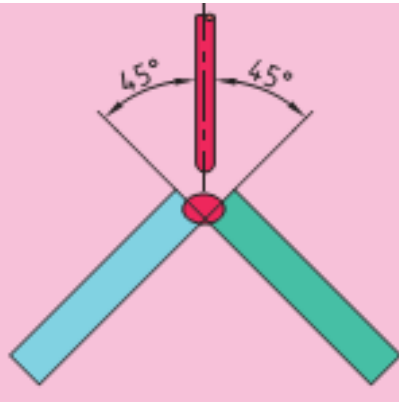
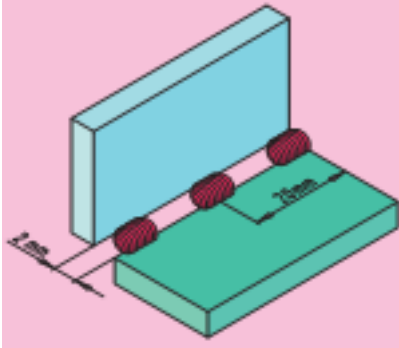
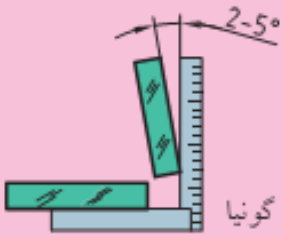
جوشکاری سپری T شکل:

- در اجرای پاس اول جوشکاری، زاویه الکتروود نسبت به سطح قطعات ۴۵ درجه
- حرکت الکتروود زاویه ۱۰ - ۲۰ درجه نسبت به جهت قائم
- حرکت جانبی (نوسانی) الکتروود برای انجام پاس های دوم و سوم
- اندکی مکث و در گوشه ها به منظور جلوگیری از سوختگی کناره جوش
- دامنه حرکت جانبی الکتروود، به اندازه گرده جوش ایجاد شده در پاس قبل



جوشکاری نبشی خارجی:

- پاس اول جوش به عنوان پاس ریشه خط جوش بدون نوسان است.
- به علت انقباضات جوش تغییر زاویه ایجاد می شود. بنابراین زاویه اولیه ۲ تا ۵ درجه کم تر در نظر گرفته می شود.
- برای نفوذ کامل جوش در ریشه، فاصله دوقطعه در حدود ۲ mm انتخاب می شود.
- در صورت طولانی بودن قطعه بهتر است خال جوش هائی با فاصله ۲۰cm در سمت داخل ایجاد شود.
- زاویه الکتروود نسبت به دو قطعه متقارن و به صورت عمودی و زاویه الکتروود نسبت به مسیر حرکت ۷۰-۸۰ درجه در نظر گرفته می شود.
- شرایط جوشکاری درز نبشی به صورت جوشکاری درز جناغی (پخ V شکل) است.



جوشکاری نبشی خارجی:

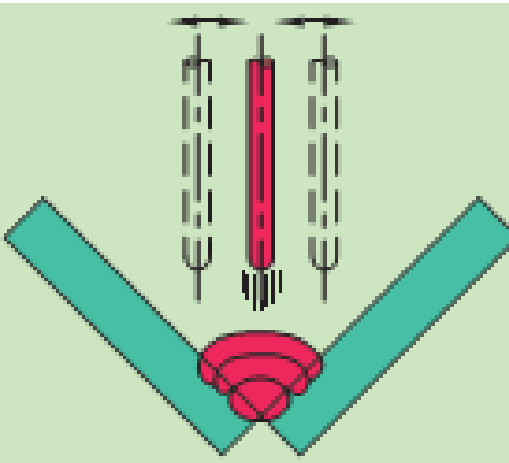
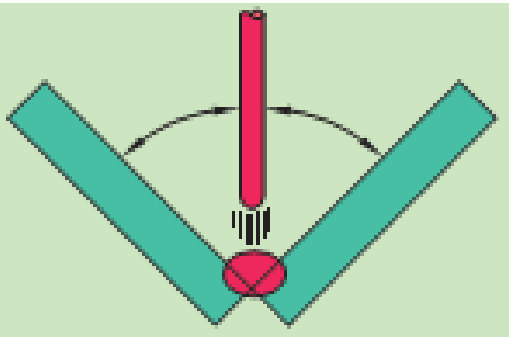
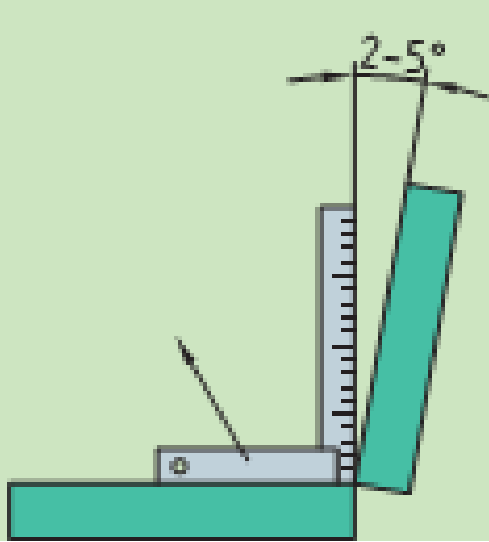
- جوشکاری نبشی داخلی در سه پاس دقیقاً به صورت جوشکاری سپری حالت تخت انجام می شود.

- به علت انقباضات جوش تغییر زاویه ایجاد می شود. بنابراین زاویه اولیه ۲ تا ۵ درجه بیشتر در نظر گرفته می شود.

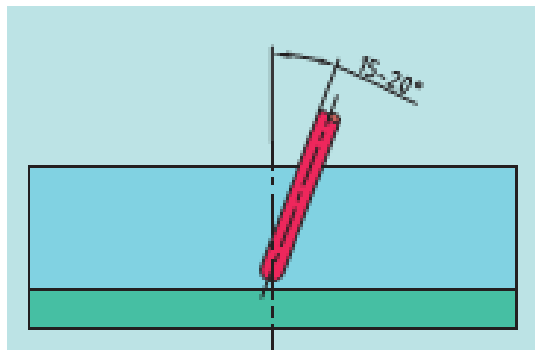
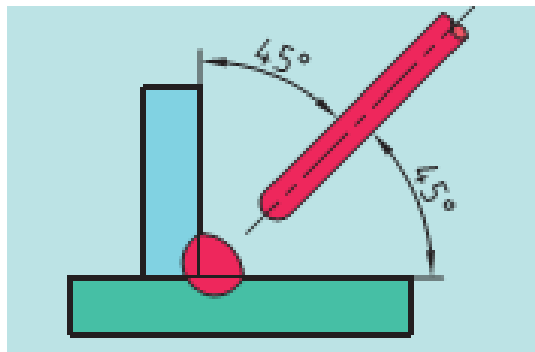
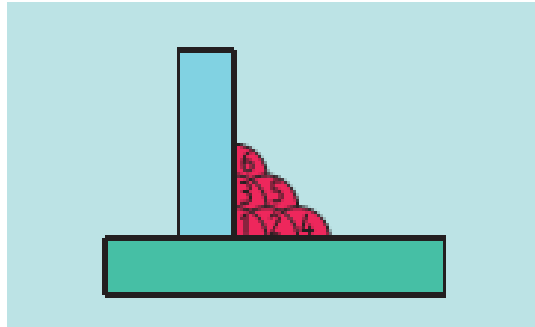
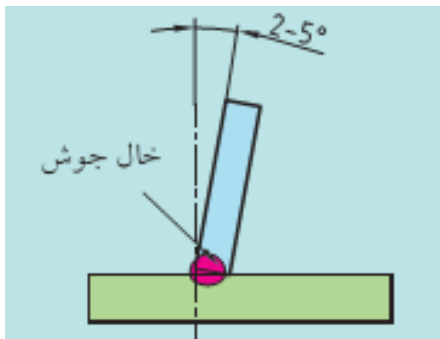
- زاویه الکتروود نسبت به دو قطعه متقارن و به صورت عمودی و زاویه الکتروود نسبت به مسیر حرکت ۷۰-۷۵ درجه در نظر گرفته می شود.

- در اجرای پاس دوم و سوم الکتروود مقداری نوسان جانبی دارد.

- این نوع جوش به علت آماده شدن سریع قطعات و عدم نیاز به پخ زنی، برای تمرین جوشکاری بسیار مناسب است.



جوشکاری سیر در حالت افقی:



- تعداد پاس های جوشکاری بر اساس اندازه نهائی جوش تعیین می شود.
- برای جبران انقباضات پس از جوشکاری زاویه ۲ - ۵ درجه با خال جوش تنظیم می شود.
- زاویه الکتروود در پاس اول نسبت به سطح دو قطعه به صورت متقارن و در مسیر حرکت به صورت ۱۵-۲۰ درجه قرار می گیرد.
- در صورت ایجاد سرباره در جلوی جوش، زاویه الکتروود در جهت پیشروی را بیش تر انتخاب می کنند تا سرباره کنترل شود.