

روش های اجرای ساختمان

جوشکاری در ساختمان های فولادی

مدرس: دکتر محمد رضا میرجلیلی

دانشگاه یزد- نیم سال دوم ۹۶-۹۷

توضیح: مطالب این بخش از جزوه آموزشی آشنایی با فرایند جوشکاری کمیته آموزش سازمان مسکن و شهرسازی اخذ شده است.

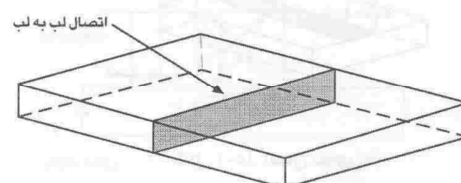




۸-۱. انواع اتصال

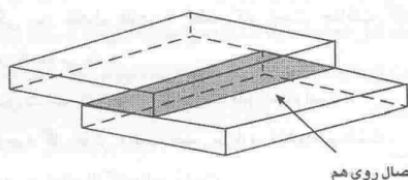
در ساخت سازه های فولادی جوشی، اتصالات مختلفی وجود دارد که از نظر شکل اتصال می توان آنها را به انواع زیر تقسیم بندی کرد:

الف. اتصال لب به لب (Butt joint)



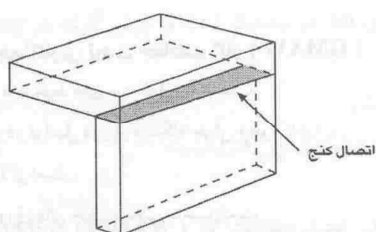
شکل ۱-۱۲. اتصال لب به لب

ب. اتصال روی هم (Lap joint)



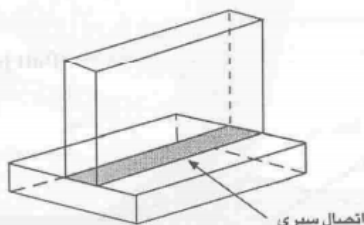
شکل ۱-۱۳. اتصال روی هم

ج. اتصال کنج (Corner joint)



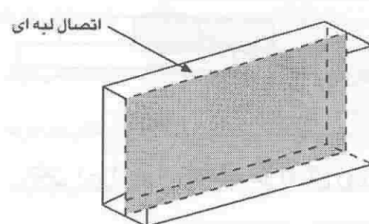
شکل ۱-۱۴. اتصال کنج

د. اتصال سپری (Tee joint)



شکل ۱-۱۵. اتصال سپری

ه. اتصال لبه ای یا پیشانی (Edge joint)

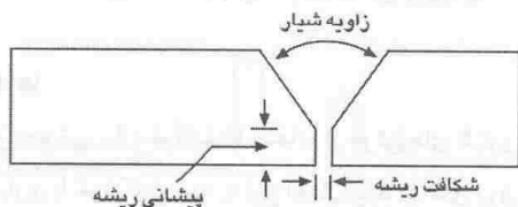


شکل ۱-۱۶. اتصال لبه ای



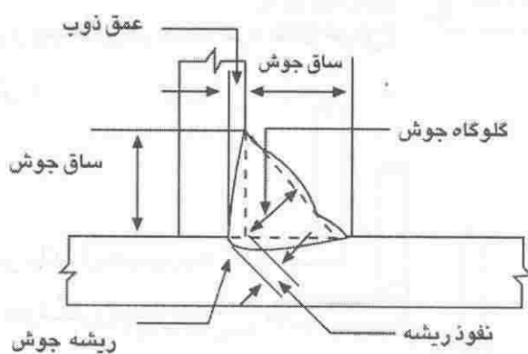
۹-۱. انواع جوش

الف. جوش شیاری (Groove Weld)



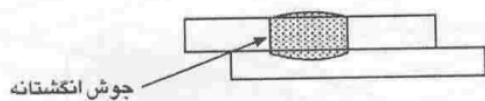
شکل ۱-۱۷. ساختار جوش شیاری در اتصال لب به لب

ب. جوش گوشه (Fillet Weld)



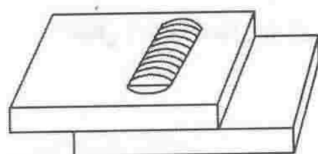
شکل ۱-۱۸. ساختار جوش گوشه در اتصال سپری

ج. جوش انگشتانه (Plug Weld)



شکل ۱-۱۹. جوش انگشتانه در اتصال روی هم

د. جوش کام (Slot Weld)



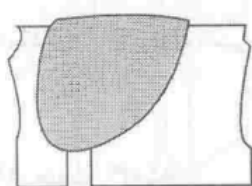
شکل ۱-۲۰. جوش کام در اتصال روی هم



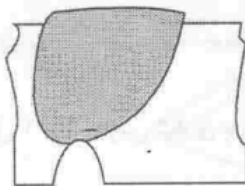
۱۲-۱. جوش شیاری

الف. جوش شیاری با نفوذ کامل

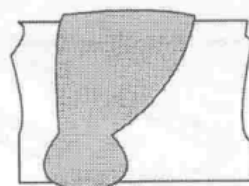
ضخامت گلوئی مؤثر (اندازه جوش) یک جوش شیاری با نفوذ کامل برابر با ضخامت فلز پایه است. در اتصال دو ورق با ضخامت مختلف، ضخامت جوش برابر با ضخامت ورق نازکتر است. مطابق الزامات پیش پذیرفته آیین نامه جوش، به منظور دستیابی به نفوذ کامل یا باید پشت درز جوش را توسط شیارزنی، آماده نموده و سپس توسط یک پاس جوش از پشت، جوش اتصال کامل شود و یا به جای شیار زنی پشت از ورق پشت بند استفاده کرد.



الف. جوشکاری از طرفی که آماده سازی شده

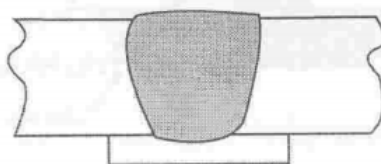


ب. شیارزنی از طرف دیگر



ج. انجام جوشکاری از پشت شیار

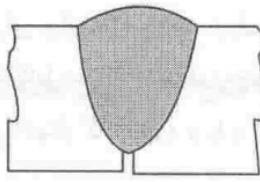
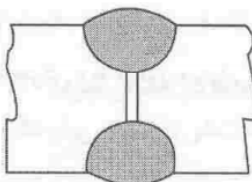
شکل ۱-۲۶. مراحل اجرایی جوش شیاری با نفوذ کامل با استفاده از شیارزنی پشت



شکل ۱-۲۷. تامین جوش شیاری با نفوذ کامل با استفاده از ورق پشت بند

ب. جوش شیاری با نفوذ نسبی

در یک جوش شیاری با نفوذ نسبی، ضخامت گلوئی مؤثر کمتر از ضخامت فلز پایه است.

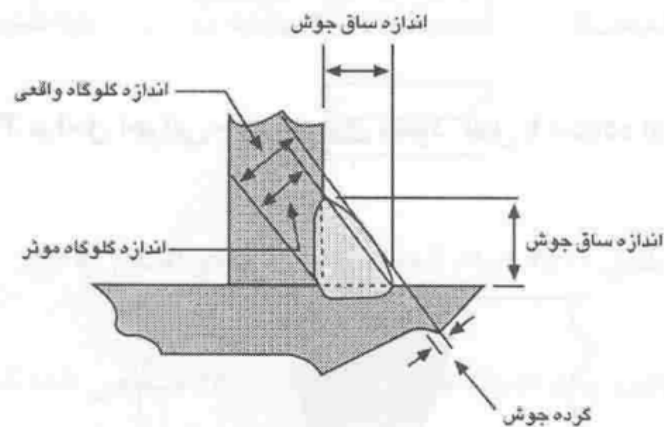


الف - جوشکاری به صورت نفوذ نسبی از یک طرف انجام شده است. ب - جوشکاری به صورت نفوذ نسبی از دو طرف انجام شده است.

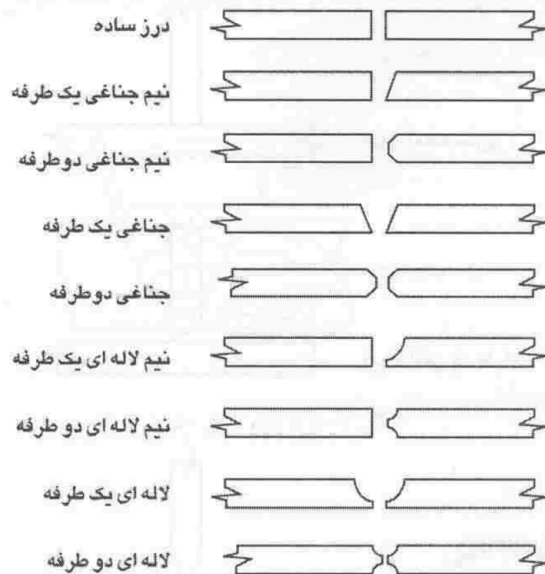
شکل ۱-۲۹. جوش شیاری با نفوذ نسبی



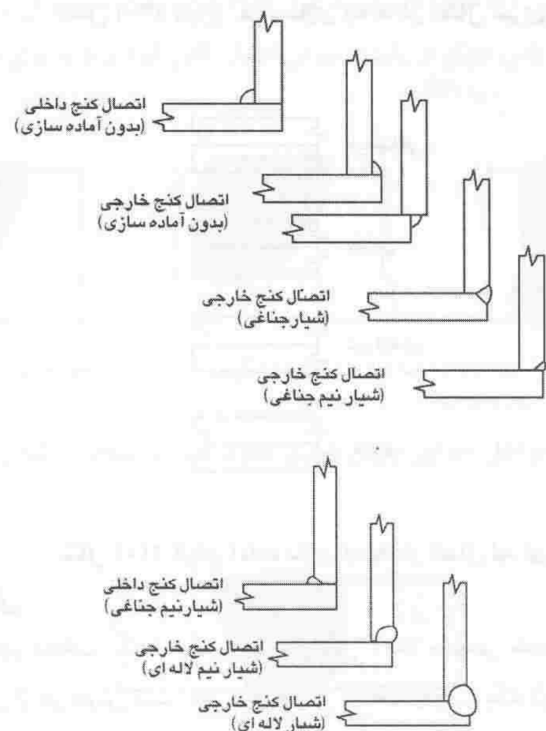
۱۳-۱. جوش گوشه



شکل ۱-۳۰. جوش گوشه



شکل ۱-۲۱. انواع آماده سازی لبه ها در اتصال لب به لب



شکل ۱-۲۲. انواع آماده سازی لبه ها در اتصال کنج

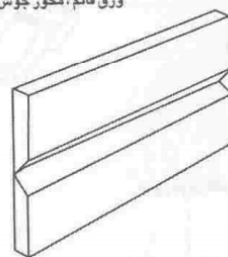
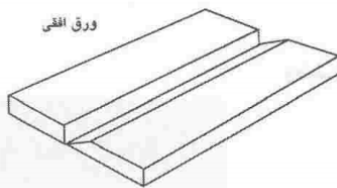
۱۴-۱. وضعیت های جوشکاری

الف. وضعیت های جوش شیار



ورق قائم ، محور جوش افقی

ورق افقی



وضعیت جوشکاری 1G

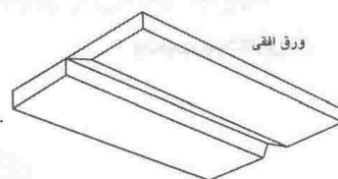
وضعیت جوشکاری 2G

ورق قائم

محور جوش قائم



ورق افقی

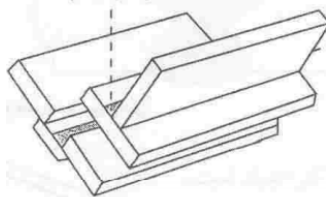


وضعیت جوشکاری 3G

وضعیت جوشکاری 4G

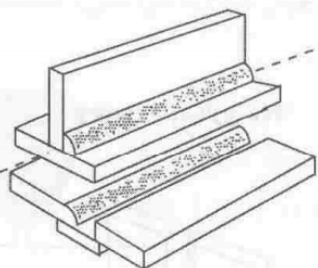
ب. وضعیت های جوش گوشه

گلوئی جوش قائم



محور جوش افقی

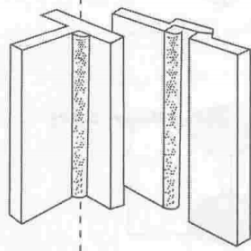
محور جوش افقی



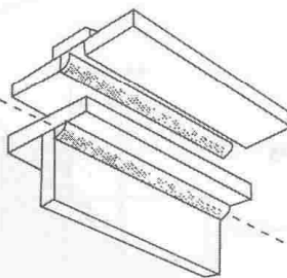
وضعیت جوشکاری 1F

وضعیت جوشکاری 2F

محور جوش قائم



محور جوش افقی است



وضعیت جوشکاری 3F

وضعیت جوشکاری 4F



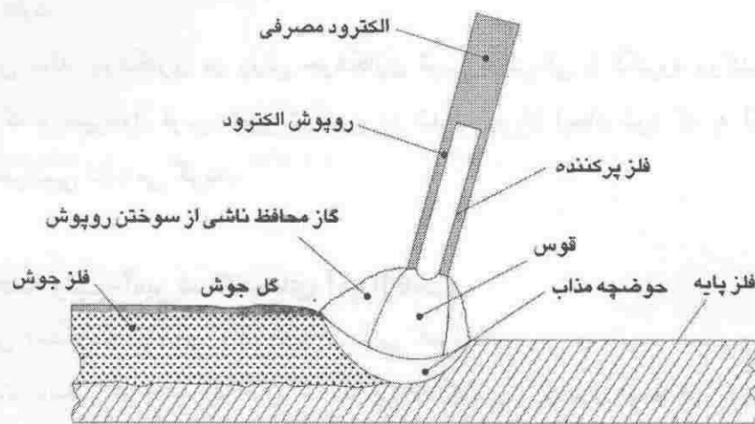
۳-۱. فرآیندهای متداول جوشکاری

انواع فرآیندهای متداول جوشکاری به شرح زیر است:

- جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روکشدار (SMAW)
- جوشکاری قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز (GMAW)
- جوشکاری قوس الکتریکی زیر پودری (SAW)

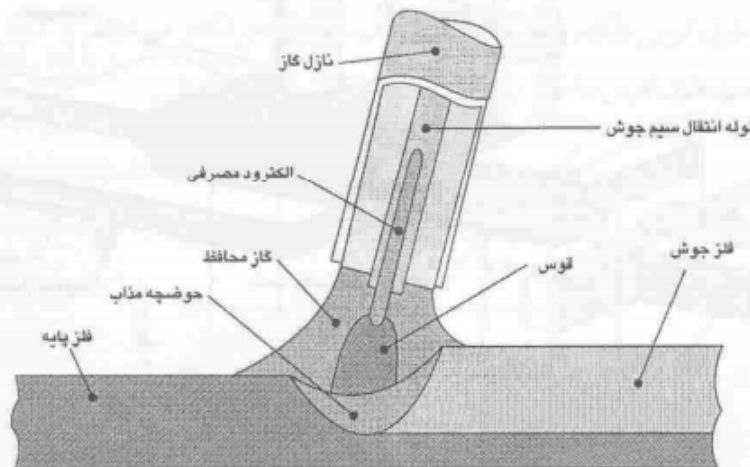
۵-۱. جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روکشدار

Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

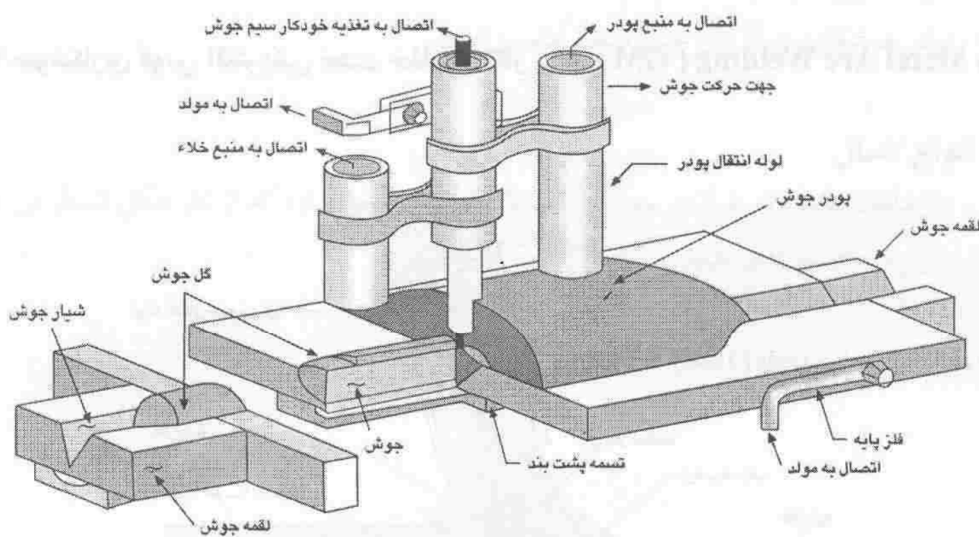


شکل ۳-۱. جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روکشدار

۷-۱. جوشکاری قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز (GMAW)



شکل ۱۱-۱. جوشکاری قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز



شکل ۱-۱۰. جوشکاری قوس الکتریکی زیر پودری

الف. مزایای جوشکاری با الکتروود روکشدار

- دارای تجهیزات نسبتاً ساده، ارزان و قابل حمل است.
- گاز محافظی که از سوختن مواد روکش الکتروود حاصل می شود، نسبت به فرایندهایی که با گاز محافظ جداگانه محافظت می شوند حساسیت کمتری در مقابل وزش باد دارد.
- کاربرد گسترده ای دارد (خال جوش زنی، جوش های منقطع، جوش های پیوسته).
- در نواحی با دسترسی محدود نیز قابل استفاده است.
- برای جوشکاری بیشتر فلزات و آلیاژها مناسب است.

ب. معایب جوشکاری با الکتروود روکشدار

- نرخ رسوب در مقایسه با جوشکاری قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز (GMAW) و یا جوشکاری قوس الکتریکی زیر پودری (SAW) کم است.
- بخاطر نیاز به تعویض الکتروود (قطع قوس، دور ریز ته الکتروود، قرار دادن الکتروود جدید در انبر) پیوستگی جوشکاری مقدور نیست.
- جوش با لایه ای از سرباره پوشیده شده که می بایست بعد از تمام کردن هر پاس، سرباره از روی جوش پاک شود.
- سرعت جوشکاری زیاد نیست.
- روکش الکتروود در معرض آسیب است.

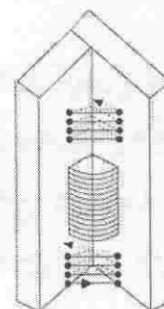
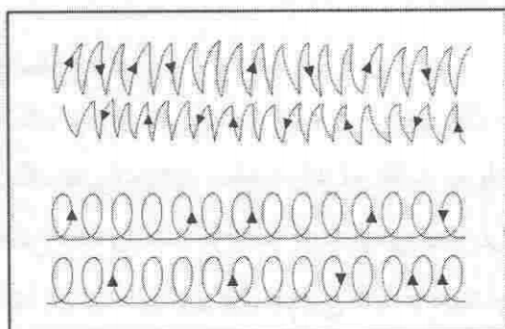


۱-۵-۱. عملیات جوشکاری

با انتخاب الکتروود و تنظیم آمپر و قرار دادن کار در موقعیتی که جوشکار احساس امنیت کند، کار جوشکاری آغاز می شود. تنظیم آمپر اصولاً روی تکه قراضه ای انجام می گیرد. پس از راه اندازی قوس و تنظیم آمپر، قوس را به داخل محل اتصال جهت می دهند تا فلز جوش در محل اتصال رسوب داده شود. لذا جوشکار باید حرکت های زیر را همزمان به طور یکنواخت و کنترل شده انجام دهد:

الف) تثبیت فاصله نوک الکتروود با سطح حوضچه مذاب. باید الکتروود در حال مصرف را به سمت حوضچه مذاب هدایت کند.

ب) حرکت یکنواخت الکتروود و قوس در سرتاسر مسیر جوش که تعیین کننده سرعت جوشکاری است. این حرکت توأم با حرکت های موجی و یا زنجیری است که هر جوشکار بر حسب عادت و وضعیت جوشکاری یک نوع حرکت را انجام می دهد.



شکل ۱-۵. انواع حرکت الکتروود

۱-۵-۵. دستگاه های جوشکاری

در جوشکاری با قوس الکتریکی از دو نوع جریان جهت تشکیل قوس می توان استفاده کرد:

الف- جریان متناوب (Alternative Current) که با علامت اختصاری "AC" نشان داده می شود.

ب- جریان مستقیم (Direct Current) که با علامت "DC" نشان داده می شود.

دستگاه های جوشکاری برق معمولاً با این دو نوع جریان کار می کنند و در انواع ترانسفورماتور،

رکتیفایر، دینام و موتور ژنراتور وجود دارند.



۱-۵-۸. انتخاب نوع جریان جوشکاری

- استفاده از جریان مستقیم DC مزایایی نسبت به جریان متناوب AC به شرح زیر دارد:
- انتقال فلز از الکترود به حوضچه جوش در این حالت، یکنواخت تر است.
- در روش DC می توان از شدت جریان های کم استفاده کرد.
- همه نوع الکترود را در روش جوشکاری دستی می توان بکار برد.
- شروع قوس راحت تر است.
- نگهداری قوس با طول کوتاه آسانتر است.
- در وضعیت های غیر از تخت، نظیر افقی، عمودی و بالاسری عملیات جوشکاری آسانتر است.
- جوشکاری ورق های نازک با روش DC بهتر انجام می شود.

۱-۵-۱۰. الکترودهای جوشکاری

الکترودهای جوشکاری با قوس الکتریکی از دو قسمت مفتول و روکش تشکیل شده اند.

۱-۵-۱۰-۱. وظایف مفتول

- ۱- هدایت جریان الکتریکی
- ۲- تامین فلز پرکننده درز جوش

۱-۵-۱۰-۲. وظایف روکش الکترود

- ۱- پایدار کننده قوس
- ۲- ایجاد اتمسفر گازی و سرباره محافظ و جلوگیری از نفوذ گازهای مزاحم
- نظیر O_2 و N_2 به حوضچه مذاب
- ۳- انجام واکنش های سرباره، فلز مذاب و گاز، عمل تصفیه یا اضافه کردن عناصر آلیاژی به حوضچه جوش
- ۴- تأمین شکل گرده جوش بصورت برآمده و صافی مورد نظر با استفاده از خاصیت ویسکوزیته و کشش سطحی سرباره
- ۵- کاهش سرعت سرد شدن حوضچه جوش
- ۶- پایین آوردن نقطه ذوب و خارج کردن ناخالصی ها از حوضچه جوش



۱-۵-۳. تقسیم بندی الكتروودها

الکتروودها بر اساس نوع روکش، جنس مفتول و ضخامت روکش طبقه بندی می شوند.

الف. طبقه بندی الكتروودها بر اساس جنس مفتول

- الکتروودهای بامفتول فولاد زنگ نزن (مخصوص جوشکاری فولادهای زنگ نزن)
- الکتروودهای بامفتول فولاد کم کربن (مخصوص جوشکاری فولادهای ساختمانی و کم آلیاژ)
- الکتروودهای بامفتول نیکل (مخصوص جوشکاری چدن ها، آلیاژهای پایه نیکل و فولادهایی با کربن زیاد)

- الکتروودهای بامفتول آلومینیم (مخصوص جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آن)

- الکتروودهای بامفتول مس (مخصوص جوشکاری مس و آلیاژهای آن)

ب. طبقه بندی الكتروودها بر اساس نوع روکش

- الکتروودهای با روکش روتیلی

- الکتروودهای با روکش روتیلی پودر آهن دار

- الکتروودها با روکش سلولزی

- الکتروودهای با روکش قلیایی

۱-۵-۵. روش شناسایی الكتروودها در آیین نامه AWS A5.1

الف. حرف E قبل از یک عدد چهار یا پنج رقمی EXXXXX منظور الکتروود است که در روش جوشکاری با قوس الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد.

ب. عدد دو یا سه رقمی بعد از حرف E مشخص کننده حداقل استحکام کششی فلز جوش بر حسب کیلو پوند بر اینچ مربع است.

ج. دومین عدد از سمت راست مشخص کننده وضعیت مجاز جوشکاری است که الکتروود برای آن وضعیت طراحی شده است. بطور مثال الکتروود کد EXX1X برای تمام وضعیت های جوشکاری قابل استفاده است.

EXX1X	الکتروود در همه وضعیت ها قابل استفاده است.	منظور از عدد 1
EXX2X	الکتروود فقط در وضعیت های تخت و افقی قابل استفاده است.	منظور از عدد 2
EXX3X	الکتروود فقط در وضعیت تخت قابل استفاده است.	منظور از عدد 3
EXX4X	الکتروود در همه وضعیت ها به جز عمودی سر بالا قابل استفاده است.	منظور از عدد 4

د. عدد آخر سمت راست مشخص کننده چندین عامل نظیر نوع جریان و قطبیت مورد

استفاده (AC-DCSP-DCRP) و همچنین نوع ترکیبات روکش الکتروود است.



طبقه بندی الکترودها مطابق آیین نامه AWS A5.1

E	7	0	1	8
مقاومت کششی فلز جوش برحسب			۱- تمام حالات	
۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (هر ۱۰۰۰)			۲- تخت و افقی	
پوند بر اینچ مربع تقریباً معادل ۰/۷			۳- تخت	
کیلوگرم بر میلیمتر مربع است.			۴- تمام حالات بجز عمودی سربالا	

رقم	نوع روپوش	نوع برق
۰	سلولز، سدیم-اکسید آهن (سلولزی)	DCRP
۱	سلولز-پتاسیم (سلولزی)	DCRP, AC
۲	تیتان-سدیم (روتیلی)	DCSP, AC
۳	تیتان-پتاسیم (روتیلی)	DCSP, DCRP, AC
۴	پودر آهن-تیتان (روتیلی با پودر آهن)	DCSP, DCRP, AC
۵	کم هیدروژن-سدیم (قلیایی)	DCRP
۶	کم هیدروژن-پتاسیم (قلیایی)	DCRP, AC
۷	پودر آهن-اکسید آهن (اکسیدی با پودر آهن)	DCSP, AC
۸	پودر آهن-کم هیدروژن (قلیایی با پودر آهن)	DCRP, AC

الکتروود روکشدار برای جوشکاری قوس الکتریکی دستی

خواص و کاربرد الکترودهای رایج در جوشکاری سازه های فولادی

E 6013	E 6010	E 7018	E 7024
روتیلی	سلولزی	قلیایی (کم هیدروژن)	پودر آهن دار روتیلی
استحکام معمولی تافنس معمولی	استحکام معمولی تافنس خوب	استحکام خوب تافنس عالی	استحکام خوب تافنس معمولی
کاربردهای معمولی ST 37	در مواردی که نفوذ مطلوب است (پاس ریشه)	فولاد با استحکام بالاتر قطعه ضخیم تر	دارای درصد پرکنندگی بالا و جوشکاری با سرعت بالا
جوشکاری در همه حالات DCEP, DCEN و AC	جوشکاری در همه حالات DCEP	جوشکاری در همه حالات DCEP	جوشکاری در حالت فقط افقی و تخت DCEP, DCEN و AC



۱-۵-۱. عوامل مؤثر در جوشکاری

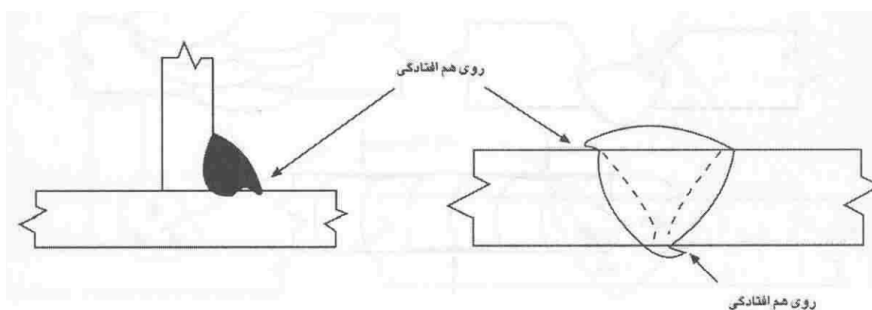
در جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روکشدار، چهار عامل مهم وجود دارد که تاثیر زیادی در کیفیت جوش دارند و برای اینکه جوش خوبی بدست آید، لازم است هریک از آنها با نوع کار و وسایل مورد استفاده هماهنگ شوند.

این چهار عامل متغیر عبارتند از:

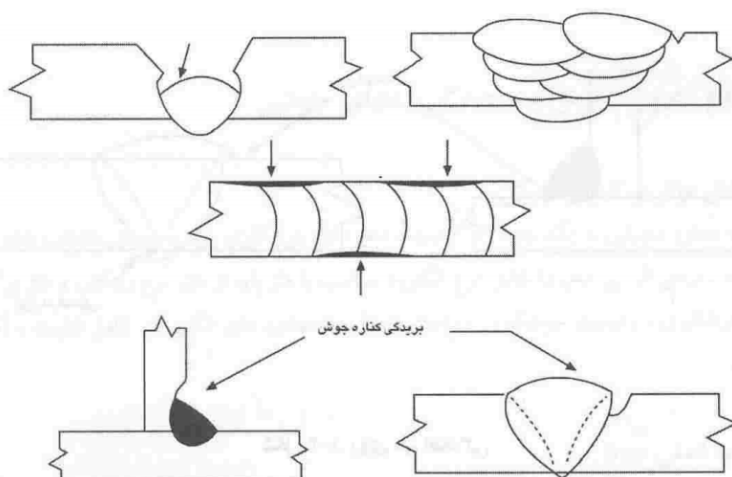
۱. شدت جریان
۲. طول قوس
۳. سرعت پیشروی
۴. زاویه الکتروود

۲-۲. عیوب اصلی جوش

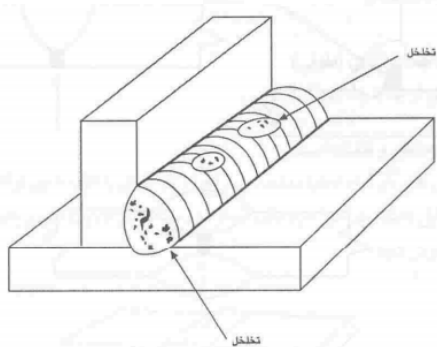
- | | |
|-----------------------------|----------------------|
| Overlap | ۱- روی هم افتادگی |
| Undercut | ۲- بریدگی کناره جوش |
| Slag inclusion | ۳- آخال های سرباره |
| Lack of fusion (L.O.F) | ۴- ذوب ناقص |
| Porosity | ۵- تخلخل |
| Lack of penetration (L.O.P) | ۶- نفوذ ناقص |
| Crack | ۷- ترک در جوش |
| Spatter | ۸- پاشش یا جرقه زیاد |
| Crater | ۹- چاله جوش |



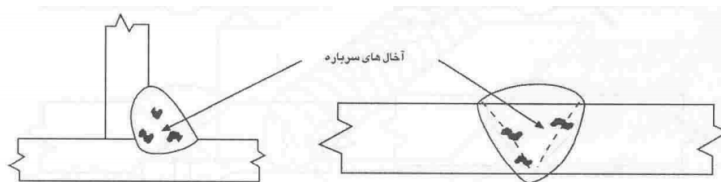
شکل ۱-۲. روی هم افتادگی



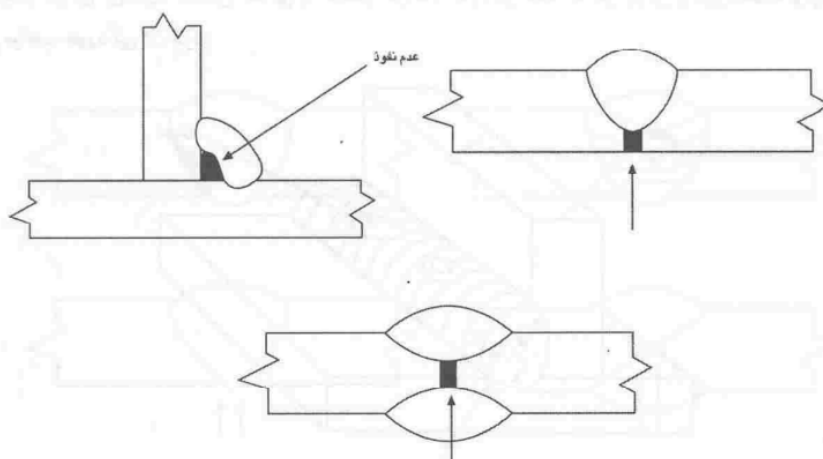
شکل ۲-۲. بریدگی کناره جوش



شکل ۲-۵. تخلخل



شکل ۲-۳. آخال های سرباره



شکل ۲-۶. عدم نفوذ