

بسمه تعالی

جزوه راهنمای جوش و اتصالات جوشی

ویرایش ۱۳۹۰

ویژه آمادگی آزمون پایه ۳ نظام مهندسی

تهیه و تنظیم:

مهندس مجید خراشادیزاده

دپارتمان نظام مهندسی
موسسه نگارستان

موسسه معماری و عمران نگارستان
۰۵۸-۳۲۷۲۱۱۲۹ بجنورد/خیابان طالقانی شرقی
۰۵۸-۳۲۷۲۱۱۲۵ روبروی پارک/کوچه فخر نبوی
۰۹۳۷۱۱۷۰۰۱۳ (طالقانی ۲۱)/پلاک ۴۶۳

@NegarestanACA

@NegarestanAC



صفحه	عنوان	صفحه	عنوان
۴۷	راههای ورود هیدروژن به جوش	۱	جوشکاری
۴۸	عوامل آسیب رسان به الکتروود روکش دار	۲	جوش قوس الکتریکی - انواع فرایند و اختلاف جوشکاری
۴۹-۵۰	خسارت مکانیکی - جذب رطوبت - راه های تشخیص الکتروود مرطوب	۳	انواع روشهای جوشکاری الکتریکی
۵۲	معایت جوش در اثر استفاده از الکتروود معیوب	۳	جوشکاری زیر پودری (SAW)
۵۳	خشک کن الکتروود	۵-۴	جوشکاری تحت گاز با الکتروود مصرفی (GMAW)
(۱۰۰ تا ۱۰۳ کتاب)	ضوابط بازرسی ظاهری الکتروودها	۶	جوشکاری الکتروود توپودری
۵۵	هندسه درز - دهانه یا باز شدگی ریشه (R)	۷	جوشکاری گاز الکتریکی (EGW)
۵۸	تسمه های پشت بند	۸	جوشکاری سر باره الکتریکی (ESW)
۶۰	گرده جوش	۹	جوش خمیری
۶۱	ضخامت ریشه (پیشانی)	۱۰	جوشکاری گل میخ
۶۳	درزهای لاله ای و نیم لاله ای	۱۲	جوشکاری دستی با الکتروود روکش دار
۶۴	سنگ زدن ریشه از پشت (شیارزنی پشت)	۱۳	قابلیت های جوشکاری با قوس الکتریکی
۶۵	عیوب اصلی جوش	۱۵	قطبیت
۶۶-۶۷	ذوب ناقص - نفوذ ناقص - تخلخل	۱۷	عوامل مهم جوشکاری
۶۹-۷۰	بریدگی کناره جوش - حبس یا آخال سر باره - سر رفتن جوش	۱۸-۱۷	شدت جریان - طول قوس
۷۱-۷۲	گرده اضافی - لکه قوس - عدم پرشدگی شیار - جرقه و پاشش	۱۹	سرعت پیشروی - زاویه الکتروود
۷۳-۷۴	انواع ترک - علل ایجاد ترک - عوامل وقوع ترک	۲۰	انواع ماشینهای جوشکاری در SMAW
۸۰	روش پیشگیری از ترک	۲۰-۲۲	دینام - رکتیفایرها - ترانس ها
۸۲	انواع تغییر شکل های ناشی از جوشکاری	۲۲-۲۳	انواع اتصالات جوشی
۸۲	عملیات پس گرم	۲۴	انواع جوش
۸۳	انقباض عرضی - راه کار کاهش انقباض زاویه ای	۲۵-۲۸	گوشه - شیار - کام - انگشتانه
۸۴-۸۶	تاثیرات نامطلوب جوش بیش از حد - کاهش انحنای طولی	۲۸-۳۰	علائم جوش
۸۶	روش های مناسب برای کنترل اعوجاج	۳۱	وضعیت های جوشکاری
۸۸	۵ قانون حصول کیفیت در جوش ساختمانی	۳۲	کاربرد انواع جوش در ساختمان
۸۸-۹۳	جوشکاری - آماده سازی مناسب لبه ها - پرسنل - بازرسی	۳۳-۳۴	جوش پذیری
۹۴	چاله انتهای جوش	۳۳	حدود مناسب آلیاژهای فولاد برای حصول قابلیت جوشکاری
۹۵	بریدگی لبه های جوش	۳۴-۳۵	پیش گرمایش - دمای پاس میانی
۹۷-۹۸	آزمایش ارزیابی - تایید	۳۶	انواع الکتروود از نظر مغزی
۹۹	آزمایش مخرب - غیر مخرب	۳۷	انواع الکتروود از نظر پوشش
۱۰۰-۱۰۲	بازرسی بامواد نافذ - ذرات مغناطیسی - فراصوتی	۳۷	مقایسه الکتروود بدون روکش و روکش دار
۱۰۲-۱۰۶	پرتو نگاری - جریان گردابی - نشست - سختی	۳۸	نقش روکش الکتروود
۱۰۶	مراحل عملیات اجرایی در کارهای فولادی	۳۹	مواد تشکیل دهنده روکش الکتروود
۱۰۷	عملیات برشکاری و آماده سازی لبه ها	۳۹	الکتروود روکش دار حاوی پودر آهن
۱۰۷	عملیات سوراخ کاری	۴۰	روکش های کم هیدروژن
۱۰۸	ساخت اعضا	۴۱	تاثیر روکش بر قطبیت
۱۰۹	مونتاژ وجه چهارم ستون های جعبه ای	۴۱-۴۲	طبقه بندی شماره گذاری الکتروود طبق AWS
۱۱۰	موقعیت جوشکاری	۴۴	نکات انتخاب نوع و قطر الکتروود
۱۱۱	وصله کاری کارگاهی	۴۵	انواع الکتروود از نظر کاربردی و نوع درز اتصال
۱۱۲	عملیات حمل	۴۶	پر جوش - نفوذی - زودرو
۱۱۲	رواداری نصب ستون	۴۷	الکتروودهای کم هیدروژن



جوشکاری

- **تعریف:** جوشکاری عبارت است از اتصال و یکپارچه کردن قطعات فلزی به طور عام و فولادی به طور خاص به کمک حرارت، فشار و یا ترکیب حرارت و فشار
- **عوامل مورد نیاز در فرایند جوشکاری:**
 - ✓ منبع ایجاد گرما یا فشار (شعله یا منبع الکتریکی)
 - ✓ فلز مادر یا فلز پایه (قطعات فلزی که باید با هم یکپارچه شوند)
 - ✓ فلز پرکننده یا فلز جوش (اجباری نیست)



جوش قوس الکتریکی

- یکی از روش های جوشکاری است که کاربرد وسیعی در جوشکاری ساختمانی دارد. در این روش اتصال بین قطعات فلز مادر با ذوب کردن لبه های درز و سخت شدن بعدی آنها صورت می گیرد.
- در حین ذوب، فلز پایه و فلز جوش با هم ممزوج شده و پس از سخت شدن، اتصال قطعات تامین می گردد.
- حرارت لازم برای ذوب مصالح به وسیله قوس الکتریکی بین الکترود و فلز پایه تامین می شود.

انواع فرآیندهای جوشکاری

- ۱- جوشکاری دستی
- ۲- جوشکاری نیمه خودکار
- ۳- جوشکاری خودکار

اختلاف فرآیندهای جوشکاری

- ✓ - نحوه هدایت انبر
- ✓ - نوع الکترود
- ✓ - نحوه محافظت از نوار جوش
- مذاب در حال سخت شدن



انواع روشهای جوشکاری الکتریکی

- ۱- جوشکاری دستی با الکتروود روکش دار (SMAW)
- ۲- جوشکاری زیر پودری (SAW)
- ۳- جوشکاری تحت حفاظت گاز با الکتروود مصرفی (GMAW)
- ۴- جوشکاری تحت حفاظت گاز با الکتروود توپودری (FCAW)
- ۵- جوشکاری گاز الکتریکی (EGW)
- ۶- جوشکاری سرباره الکتریکی (ESW)
- ۷- جوش خمیری
- ۸- جوشکاری گل میخ

جوشکاری زیر پودری (SAW)

- یک روش خودکار و یا نیمه خودکار برای جوشکاری کارخانه ای به صورت تخت است.
- ابتدا ماده محافظ جوش به صورت پودر روی درز ریخته می شود و به فاصله کمی پشت نازل پودر، قوس الکتریکی توسط الکتروود لخت و در زیر پودر برقرار می گردد.
- قوس زیر پودر برقرار شده و جرقه مشاهده نمی شود، لذا نیاز به ماسک نیست و تنها عینک محافظ صنعتی کفایت می کند.
- وظایف پودر:
 - ✓ محافظت از حوضچه مذاب در مقابل گازهای هوا و تمیزی فلزی جوش
 - ✓ بهبود خواص شیمیایی جوش
 - ✓ اجرای جوشکاری بدون پاشیدگی، جرقه زدن و ایجاد دود



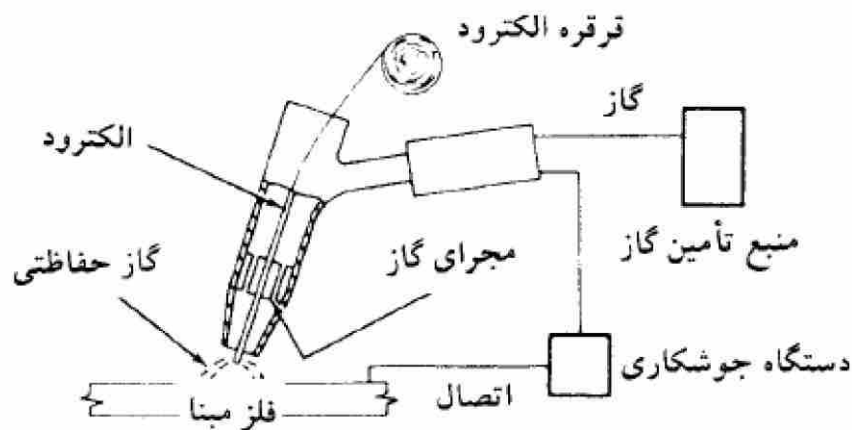
جوشکاری تحت حفاظت گاز با الکتروود مصرفی (GMAW)

- **الکتروود:** مفتول لخت و پیوسته ای است که از میان گیره الکتروود گذشته و به صورت خودکار با یک قرقره تغذیه می شود.
- **حفاظت از جوش:** به وسیله سپری از گاز غیر فعال (نظیر آرگون) و یا فعال (نظیر CO_2) صورت می گیرد.
- تمام کار به صورت خودکار انجام و تنها سرعت انتقال ، هدایت و تنظیم مکان انبر جوشکاری به صورت دستی و توسط جوشکار صورت می گیرد.

جوشکاری تحت حفاظت گاز با الکتروود مصرفی (GMAW)

- حرارت ایجاد شده نسبت به سایر روش ها کمتر است و در نتیجه اعوجاج جوشکاری کمتر است.
- تغذیه پیوسته سیم جوش
- نرخ ترسیب زیاد در نوار جوش
- عدم وجود سرباره و در نتیجه عدم نیاز به تمیزکاری جوش
- عدم نفوذ هیدروژن در نوار جوش
- نیاز به محیط بسته و کارخانه ای و بدون وزش باد، البته در وضعیت های مختلف به صورت نیمه خودکار قابل استفاده است.

جوشکاری تحت حفاظت گاز با الکتروود مصرفی (GMAW)



جوشکاری تحت حفاظت گاز با الکتروود توپودری (FCAW)

شبیه جوشکاری تحت حفاظت گاز است

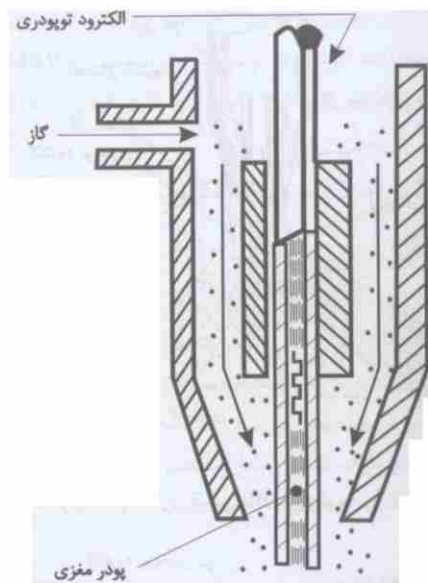
- **الکتروود:** ممتد و لوله ای شکل است که در مغزه خود مقدار محدودی پودر دارد.
- **حفاظت از جوش:** توسط پودر داخل الکتروود و گاز انجام می شود.

جوشکاری تحت حفاظت گاز با الکتروود توپودری (FCAW)

- سرعت رسوب بالا برای جوشکاری در همه وضعیت ها
- نیاز به مهارت کمتر جوشکاری نسبت به فرآیند GMAW
- ساده تر بودن نسبت به جوشکاری قوسی زیر پودری
- ایجاد نفوذ عمیق تر نسبت به فرآیند جوشکاری قوسی با الکتروود دستی
- حساسیت کمتر به آلودگی و زنگ زدن، نسبت به GMAW

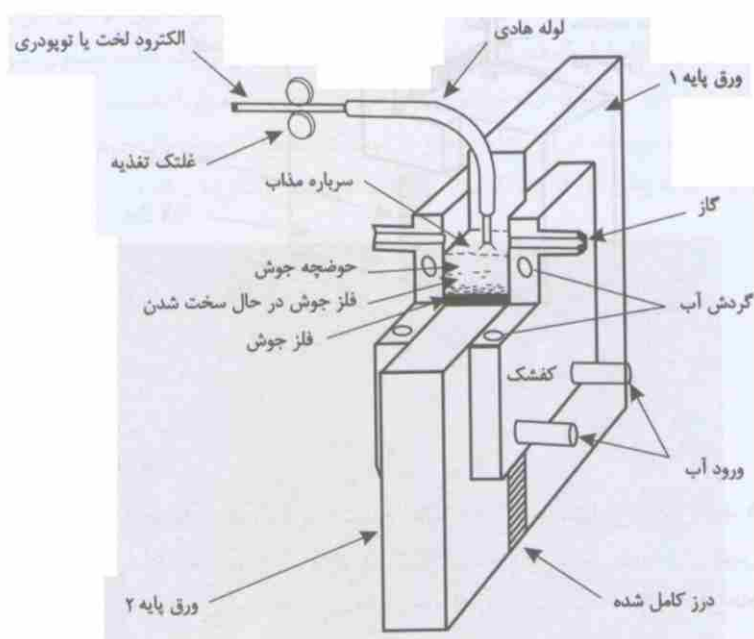


نازل برای جوشکاری با الکترو تپودری



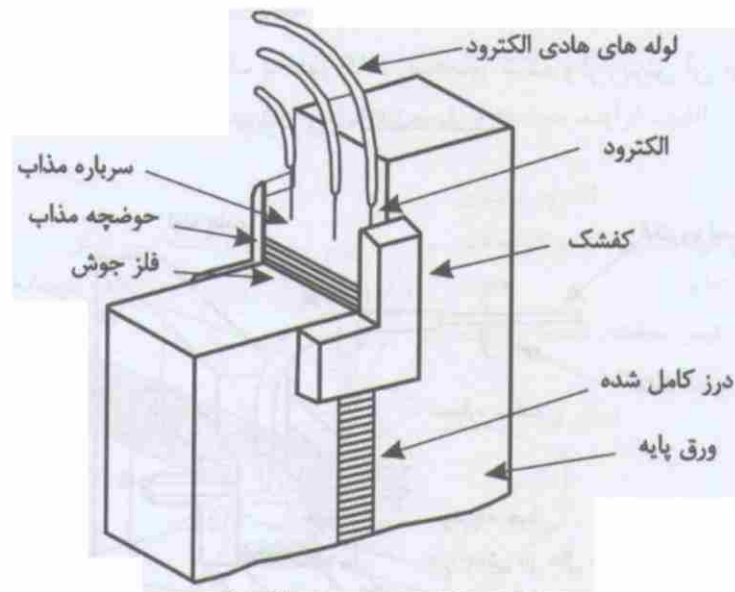
جوشکاری گاز الکتریکی (EGW)

- روش ماشینی خودکار برای جوشکاری درزها در وضعیت قائم است.
- **الکترو تپودری:** هم از الکترو تپودری و هم از الکترو تپودری می توان استفاده کرد.
- **حفاظت از جوش:** با دمیدن گاز و یا استفاده از الکترو تپودری
- قادر به پر کردن درز جوش ورق های ضخیم با یک بار عبور است.
- ایجاد نفوذ عمیق تر نسبت به فرآیند جوشکاری قوسی با الکترو دستی
- حساسیت کمتر به آلودگی و زنگ زدن، نسبت به GMAW



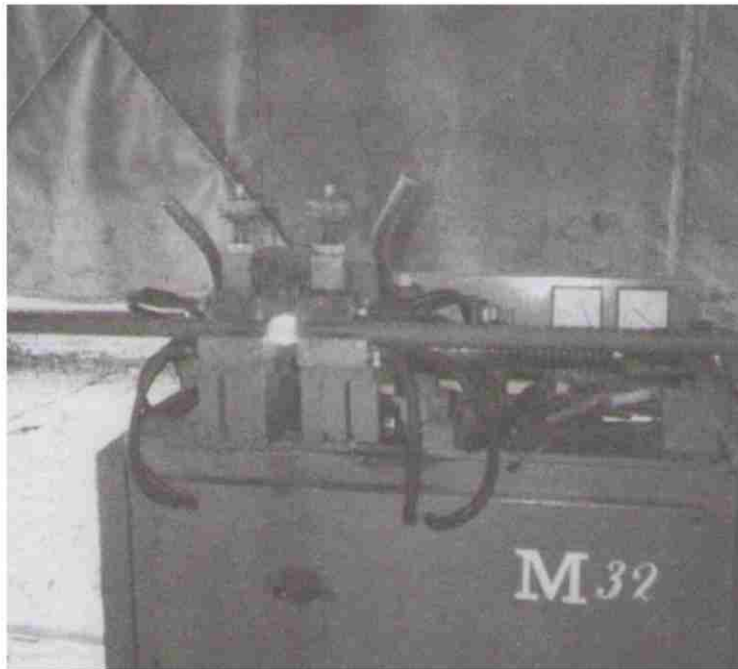
جوشکاری سرباره الکتریکی (ESW)

- مشابه جوشکاری گاز الکتریکی است، با این تفاوت که جوشکاری به کمک حرارت حاصل از مقاومت سرباره جوش در مقابل جریان الکتریکی صورت می گیرد.
- سرباره مذاب باعث محافظت جوش شده و از طرف دیگر باعث ذوب مفتول و لبه های ورق می شود.
- جوشکاری گاز الکتریکی و سرباره الکتریکی برای درزها با ضخامت زیاد توجیه اقتصادی دارند.
- به دلیل سرعت کم پیشروی جوشکاری، نوار جوش حاصل دارای بافت درشتی بوده و در نتیجه طاقت نمونه زخم دار آن کم خواهد بود.



جوش خمیری

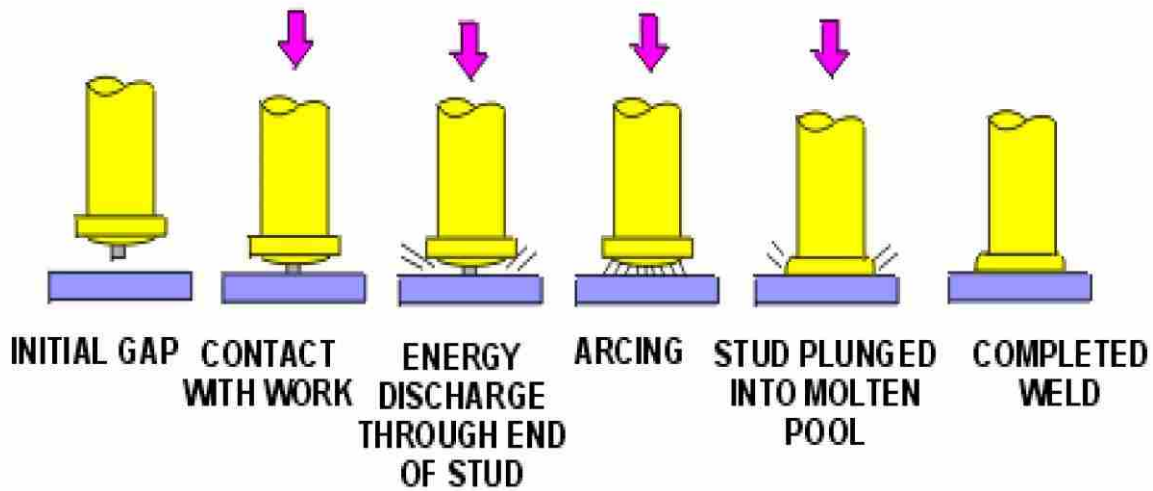
- جوش خمیری در صنعت ساختمان اغلب برای جوشکاری میلگردها مورد استفاده قرار می گیرد.
- هر یک از دو میلگرد به قطبی از مولد متصل شده و دو سر میلگردها به یکدیگر نزدیک می شوند تا قوس الکتریکی ایجاد شود و دو سر میلگردها داغ و سرخ شوند.
- در این لحظه دو سر میلگردها به هم فشرده می شوند تا امتزاج کامل حاصل شود.



جوشکاری گل میخ

- مشابه روش جوشکاری دستی با الکتروود روکش دار (SMAW) است.
- گل میخ فلزی به عنوان الکتروود عمل می کند و قوس الکتریکی بین نوک گل میخ و سطح ورق ایجاد می شود.
- گل میخ داخل یک انبر تپانچه ای شکل قرار گرفته و جهت محافظت منطقه جوش از یک قطعه حلقوی سرامیکی استفاده می شود.
- علاوه بر ذوب کل مقطع گل میخ، یک جوش گوشه ظریف هم اطراف گل میخ ایجاد می شود.
- مدت زمان کل فرآیند کمتر از یک ثانیه می باشد.

Stud Welding



Bare Studs



جوشکاری دستی با الکتروود روکش دار Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

- متداول ترین فرآیند جوشکاری در کارگاه های ساختمانی
- قابلیت اجرا در تمام حالات تخت، افقی، سربالا و سقفی
- وسایل لازم: مولد، مدار، انبر، ماسک، الکتروود روکش دار و جوشکار ماهر
- عوامل موثر بر کیفیت جوش: مهارت جوشکار، نوع الکتروود و روکش آن و سایر تجهیزات جوشکاری
- عیوب عمده: سرعت کم و دستمزد بالا

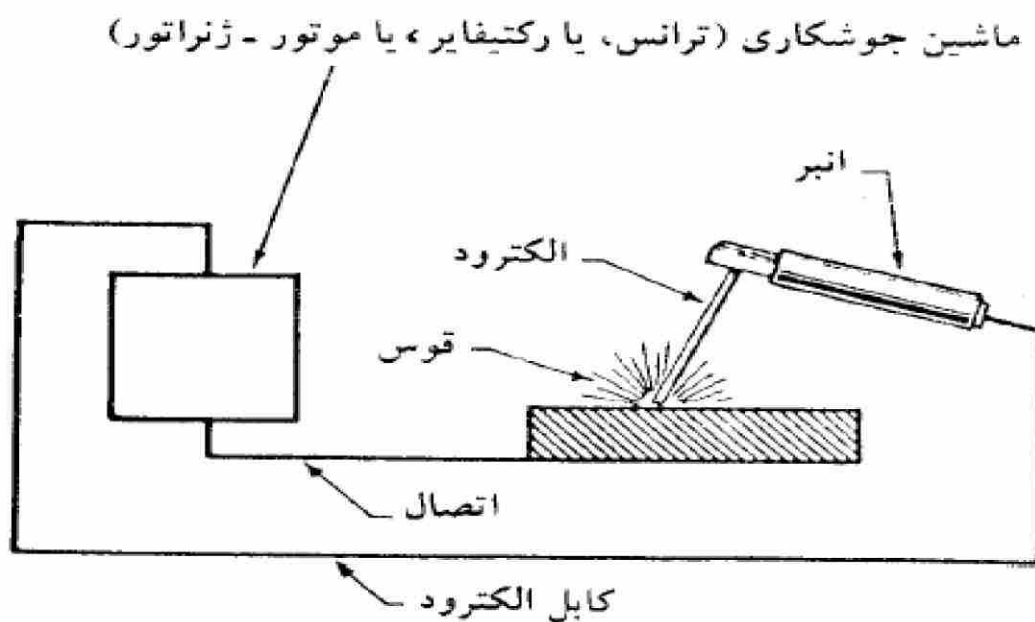


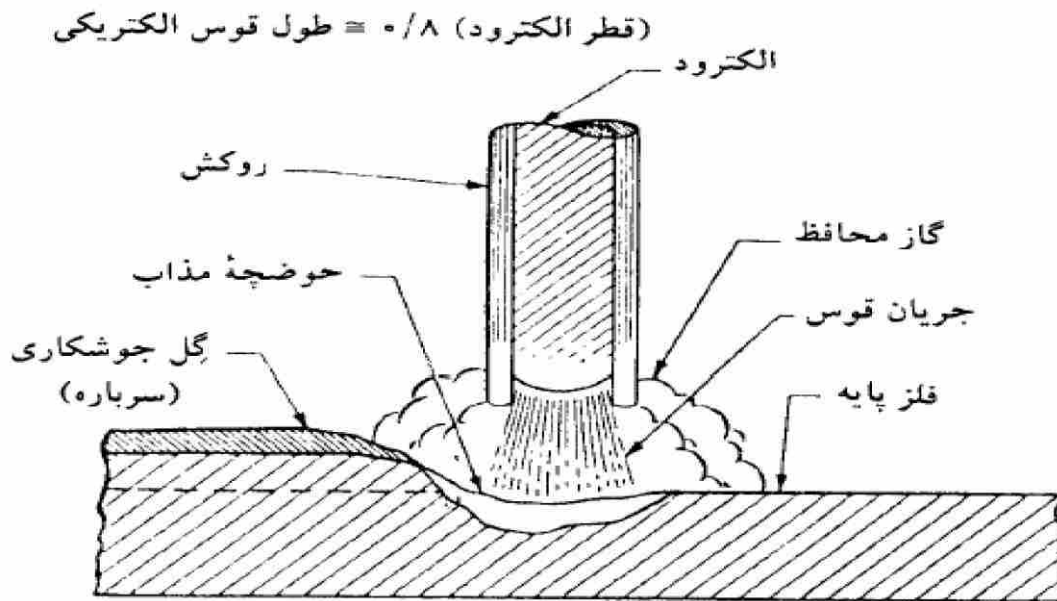
قابلیت های جوشکاری قوس الکتریکی

- ۱- تجهیزات ساده، قابل حمل و ارزان قیمت
- ۲- امکان اجرا در هر مکان و موقعیت
- ۳- سازگاری الکتروود ها با بسیاری از فلزات پایه:
- ✓ امکان جوشکاری فولاد کم آلیاژ و کم کربن، فولاد زنگ نزن و فولاد اصلاح شده
- ✓ امکان جوشکاری چدن و فولاد پر مقاومت با تمهیدات خاص در مورد پیش گرمایش و پس گرمایش
- ✓ امکان جوشکاری آلیاژهای مس و نیکل، البته جوشکاری تحت حفاظت گاز با الکتروود تنگستن ارجحیت دارد.

نکته

جوشکاری با الکتروود روکش دار برای فلزات نرم مانند روی، برنج و قلع که نقطه جوش و نقطه ذوب پایینی دارند، مورد استفاده نیست.





قطبیت

انواع جریان:

- ۱- جریان یکسو یا مستقیم
 - ✓ الف- اتصال با قطبیت منفی یا مستقیم: قطب منفی به الکترود متصل می شود. در این حالت حدود $2/3$ حرارت حاصله در فلز پایه و $1/3$ در الکترود آزاد می شود.
 - ✓ ب- اتصال با قطبیت مثبت یا معکوس: قطب مثبت به الکترود متصل می شود. در این حالت حدود $1/3$ حرارت حاصله در فلز پایه و $2/3$ در الکترود آزاد می شود.
- ۲- جریان متناوب
 - چون جهت جریان متناوباً عوض می شود، اتصال با قطبیت منفی یا مثبت معنا ندارد و نیمی از حرارت حاصل از قوس الکتریکی در الکترود و نیمی در قطعه آزاد می شود.

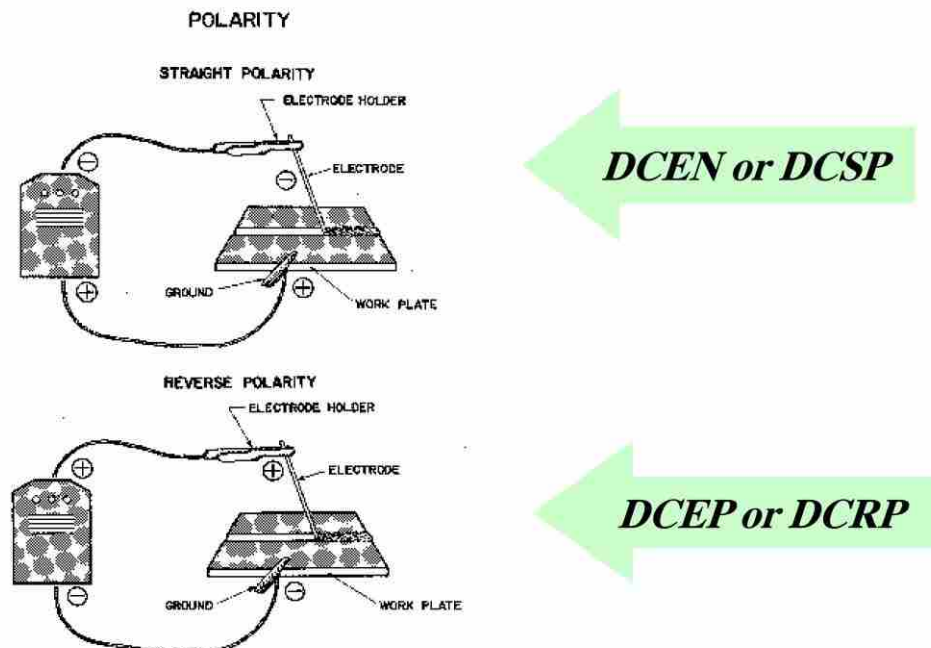
POLARITY

• 1- (DCEN) Direct Current Electrode Negative

(DCSP) Direct Current Straight Polarity

• 2- (DCEP) Direct Current Electrode Positive

(DCRP) Direct Current Reverse Polarity



عوامل مهم جوشکاری

- ۱- شدت جریان
- ۲- طول قوس یا ولتاژ قوس
- ۳- سرعت پیشروی
- ۴- زاویه الکتروود

شدت جریان

- مقدار آمپری که در زمان جوشکاری و برقراری قوس از مدار جوشکاری عبور می کند به شدت جریان جوشکاری موسوم است.
- شدت جریان قوس متناسب با قطر الکتروود مصرفی (قطر سیم مغزه) تنظیم می شود: در جوشکاری با الکتروودهای روکش دار استاندارد، عدد آمپر تقریباً با عدد قطر بر حسب هزارم اینچ برابر است
- مثال: الکتروود به قطر ۳/۲۵ mm (۰/۱۲۵ in) با ۱۲۵ آمپر خوب کار می کند.

طول قوس

- طول قوس برابر است با فاصله بین سر الکتروود تا سطح قطعه مورد جوشکاری به هنگام برقراری قوس
- طول قوس با ولتاژ دو سر قوس رابطه مستقیم دارد.
- به ازای هر ۱/۱۶ اینچ طول قوس، ۱۰ ولت لازم است (به ازای هر یک میلیمتر طول قوس ۶/۳ ولت)
- طول قوس باید قدری کمتر از قطر الکتروود باشد
- مثال: با الکتروود به قطر ۴ میلیمتر، طول قوس بین ۳ تا ۴ میلیمتر و ولتاژ ۲۰ تا ۲۲ ولت مناسب است.

نکته

الکتروودها بسته نوع و اندازه شان به ولتاژی حدود ۱۷ تا ۴۵ ولت و جریان تقریبی بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ آمپر نیاز دارند.

سرعت پیشروی

- سرعت پیشروی قوس به عوامل زیر بستگی دارد:
- ✓ ضخامت فلز مورد جوشکاری
- ✓ مقدار جریان
- ✓ اندازه، شکل یا گرده دلخواه جوش
- سرعت پیشروی مناسب عبارتست از: سرعتی که در اجرای یک جوش تک پاس ساده با طول قوس ثابت، حوضچه مذاب دو برابر قطر الکتروود باشد.

زاویه الکتروود

- در جوشکاری ورق حالت تخت: الکتروود عمود بر ورق
- در حالت های دیگر: الکتروود زاویه موجود جوشکاری را نصف کند
- ✓ انحراف از مقادیر فوق تا ۱۵ درجه اشکالی ندارد.

انواع ماشینهای جوشکاری در SMAW

- ۱- موتور- مولد (موتور- ژنراتور و دینام)
- ۲- مبدل- یکسو کننده (رکتیفایر)
- ۳- مبدل جریان متناوب (ترانس)

ماشین های جوشکاری موتور- مولد

معمولا تنها جریان مستقیم تولید می کنند، ولی برای تولید جریان متناوب نیز ساخته می شوند.

انواع موتور- مولد:

- ۱- موتور- مولد برقی (دینام): جریان متناوب سه فاز، الکتروموتور را به کار انداخته و این موتور مولدی را به کار می اندازد که جریان لازم برای جوشکاری را تولید می کند.
- ۲- موتور- ژنراتور: موتور بنزینی یا دیزلی به عنوان منبع انرژی، مولد را راه اندازی می کند.



ماشین های جوشکاری مبدل – یکسو کننده D.C (رکتیفایرها)

قسمت های اصلی همه رکتیفایرها :

- ۱- مبدل (ترانسفورماتور) جهت تنظیم شدت جریان متناوب ورودی به ماشین
- ۲- یکسو کننده که جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل می کند.
- ۳- پروانه تهویه جهت جلوگیری از افزایش حرارت در حین کار و در نتیجه کاهش طول عمر مفید

مزایا:

- ۱- امکان تحویل جریان با قطبیت منفی یا مثبت
- ۲- امکان سرویس دهی همزمان به چند کاربر
- ۳- مصرف انرژی کمتر در هنگام عدم استفاده و یا کارکرد آهسته
- ۴- نیاز به نگهداری و مراقبت کمتر

ماشین های جوشکاری مبدل – یکسو کننده AC-DC

- امکان انتخاب جریان مستقیم یا متناوب
- امکان انتخاب قطبیت مستقیم یا معکوس



ماشین های جوشکاری مبدل جریان متناوب (ترانس ها)

- کار این ماشین ها، کاهش ولتاژ ورودی و افزایش آمپر می باشد.

انواع اتصالات جوشی

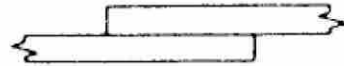
- ۱- اتصال لب به لب
- ۲- اتصال پوششی (روی هم)
- ۳- اتصال سپری
- ۴- اتصال گونیا
- ۵- اتصال پیشانی



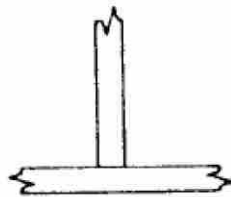
انواع اتصالات جوشی



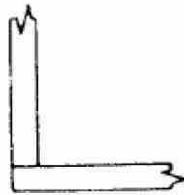
اتصال لب به لب



اتصال پوششی



اتصال سپری



اتصال گونیا



اتصال پیشانی

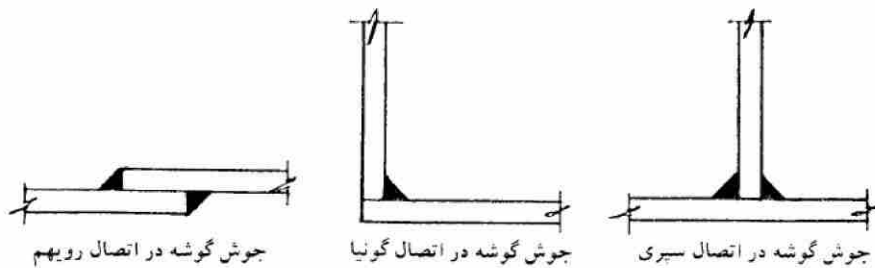
انواع جوش

- ۱- جوش گوشه
- ۲- جوش شیار
- ۳- جوش کام
- ۴- جوش انگشتانه

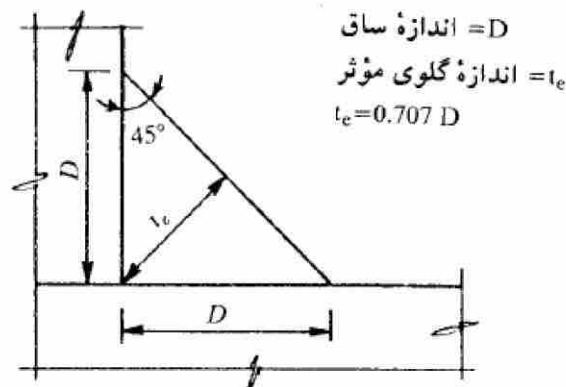


جوش گوشه

- متداول ترین جوش در ساختمان های فولادی است که در اتصالات روی هم، سپری و گونیا استفاده می شود.



جوش گوشه



هندسه جوش گوشه با ساق های مساوی

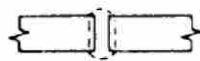
جوش شیاری

- پس از جوش گوشه متداول ترین جوش در ساختمان های فولادی است.
- برای یکسره کردن تمام قدرت ورق ها و برقراری درز جوش های تمام قدرت استفاده می شود.
- برای انجام جوش شیاری در دو لبه مجاور هم، باید اول لبه های کار به منظور نفوذ کامل جوش آماده شوند.



انواع جوش شیاری

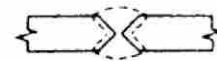
در عمل اغلب از درز ساده و یا درز جناغی استفاده می شود.



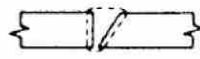
(الف) ساده



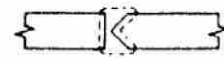
(ب) جناغی یک طرفه (V)



(پ) جناغی دو طرفه (X)



(ت) نیم جناغی



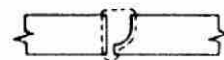
(ث) نیمه جناغی دو طرفه (K)



(ج) لاله ای (U)



(چ) لاله ای دو طرفه



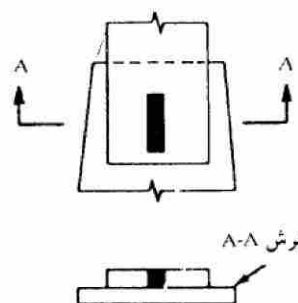
(ح) نیم لاله ای



(خ) نیم لاله ای دو طرفه

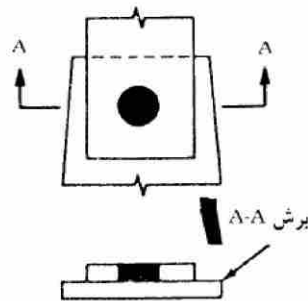
جوش کام

• اگر مقاومت جوش انجام شده در لبه ها کافی نباشد از این جوش استفاده می شود.



جوش انگشته

- اگر مقاومت جوش انجام شده در لبه ها کافی نباشد از این جوش استفاده می شود.

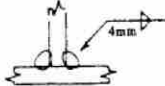
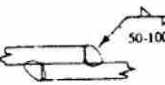
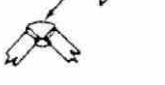
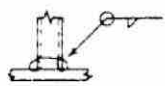
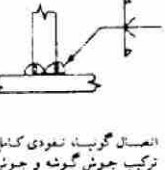


علائم اصلی جوش

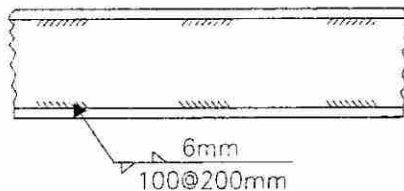
حوض پشت یا پشت بند	گونه	کام یا انگشته	شماره						
			ساده	جانبی	نیم جانبی	لااله ای	نیم لاله ای	جانبی گرد	نیم جانبی گرد

علائم تکمیلی جوش

جوش دورنادر	جوش در محل (موقع نصب)	شکل سطح جوش	
		تخت	محدب
			

جوشهای گوشه	جوشهای شیار	جوشهای شیار مخصوص
 عدد نماینده اندازه ساق جوش وقتی جوشهای دوطرف یکی باشد تنها در یک طرف گذارده می‌شود	 جوش شیار ساده یا جوشکاری از دوطرف	 جوش گویا برای پارهای سبک
 نشان‌دهنده این است که جوشها یکی در میان بوده نگاههای جوش ۵ سانتی متری هستند و به‌فاصله مرکز به‌مرکز ۱۰ سانتی متری قرار دارند	 جوش نیم جناهی یا شکاف ریشه ۳ میلیمتر یا پنج ۴۵ درجه در قاعده بالایی و استفاده از جوش پشت بند	 جوش گویا با خط جوش داخلی برای مقاومت بیشتر
 جوش دور تا دور	 نیم جناهی دوطرفه جناهی با زاویه پهنی ۶۰ درجه و شکاف ریشه ۲/۵ میلیمتر	 اتصال گویا، تعدادی کامل ترکیب جوش گوشه و جوش شیاری مورد استفاده در اتصالات تحت بارهای ضربه‌ای یا در معرض خستگی

۳۱- در یک نقشه اجرایی، برای اتصال از نوع جوش گوشه جان به بال از علامت زیر استفاده شده است. کدامیک از گزینه‌ها در خصوص علامت فوق صحیح است؟



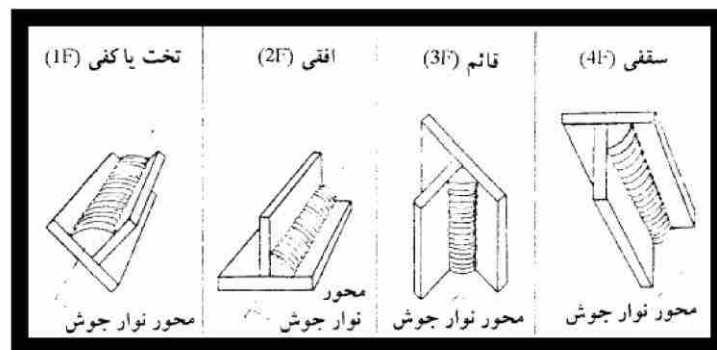
- (۱) منظور از ۲۰۰ mm @ ۱۰۰، جوش ۲۰۰ mm و ۱۰۰ mm خالی می‌باشد.
- (۲) منظور از عدد ۶ mm در شکل فوق همان گلوئی مؤثر جوش گوشه است.
- (۳) منظور از ۲۰۰ mm @ ۱۰۰، جوش ۱۰۰ mm و ۲۰۰ mm خالی می‌باشد.
- (۴) منظور از ۲۰۰ mm @ ۱۰۰، جوش ۱۰۰ mm و ۱۰۰ mm خالی می‌باشد.

وضعیت های جوشکاری

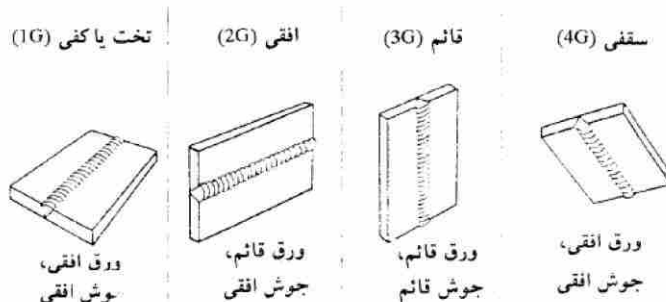
بر حسب وضعیت قطعه مورد جوش و الکتروود نسبت به هم چهار وضعیت جوشکاری وجود دارد:

- ۱- وضعیت تخت یا کفی: با علامت 1F در جوش گوشه و 1G در جوش شیاری
- ۲- وضعیت افقی: با علامت 2F در جوش گوشه و 2G در جوش شیاری
- ۳- وضعیت سربالا یا قائم: با علامت 3F در جوش گوشه و 3G در جوش شیاری
- ۴- وضعیت سقفی: با علامت 4F در جوش گوشه و 4G در جوش شیاری

جوش های گوشه



جوش های شیاری



کاربرد انواع جوش در ساختمان

- **جوش گوشه:** اغلب اتصالات شامل اتصالات نبشی ها، مهاربندها و ورق های مهاربندی توسط جوش گوشه انجام می شود.
- **جوش شیاری:** برای یکسره کردن ورق ها جهت ساخت تیروورق ها و ستون های ورقی و اتصالات صلب تیر به ستون (اتصال ورق های زیر سری و رو سری به ستون)

جوش پذیری

- **تعریف جوش پذیری:** قابلیت سهولت در حصول جوش سالم و بدون ترک فولادی جوش پذیر است که بدون مخارج اضافی و مشکلات جنبی بتوان آن را به صورت متعارف جوش نمود.
- آلیاژهای غیرآهنی موجود در فولاد، عوامل عمده موثر بر جوش پذیری آن می باشند.

حدود مناسب آلیاژهای فولاد برای حصول قابلیت جوشکاری مناسب

عنصر		دامنه مناسب (درصد)	در صورتی که مقدار هر یک از عناصر از مقادیر زیر تجاوز نماید، احتیاج به روش ها و توجهات خاص در هنگام جوشکاری دارد
کربن	C	۰/۰۶~۰/۲۵	۰/۳۵
منگنز	Mn	۰/۳۵~۰/۸	۱/۴
سیلیسیم	Si	۰/۱ (حداکثر)	۰/۳
سولفور	S	۰/۰۳۵ (حداکثر)	۰/۰۵
فسفر	P	۰/۰۳ (حداکثر)	۰/۰۴

جوش پذیری

❖ فولادهای نرمه غالباً جوش پذیرند زیرا آلیاژهای غیر آهنی آن ها غالباً در محدوده های مجاز قرار دارند.

❖ در هنگام جوشکاری ورق های ضخیم (حتی از نوع فولادهای نرمه) و یا فولادهای پرمقاومت و آلیاژدار، نیاز به دستورالعمل های خاص جوشکاری برای جلوگیری از وقوع ترک می باشد. این دستورالعمل ها در برگیرنده یک و یا تمام عوامل زیر می باشند:

- ✓ ۱- شکل و هندسه درز جوش
- ✓ ۲- حداقل نفوذ به منظور جلوگیری از رقیق شدگی فلز جوش با عناصر آلیاژ ورق
- ✓ ۳- پیش گرمایش، دمای کنترل شده برای پاس های میانی و کنترل حرارات القایی از عمل جوش کاری به منظور به تاخیر انداختن سرعت سرد شدن و کاهش تنش های انقباضی

پیش گرمایش

پیش گرمایش از عوامل مهم جلوگیری از ایجاد ترک در جوش می باشد.

❖ دلایل استفاده از پیش گرمایش:

- ✓ ۱- به منظور کاهش تنش های انقباضی در جوش و فلز پایه مجاور آن، به خصوص در درزهایی که درجه گیرداری آنها زیاد است.
- ✓ ۲- برای کاهش سرعت انجماد در گذر از محدوده دمای بحرانی (۷۲۰ تا ۹۹۰ درجه سلسیوس) به منظور جلوگیری از تردی و افزایش شکل پذیری نوار جوش و ناحیه تفتیده در فلز پایه
- ✓ ۳- برای کاهش سرعت سرد شدن در محدوده ۲۰۰ درجه سلسیوس برای اجازه دادن به خروج هر گونه هیدروژن جذب شده توسط مصالح جوش و ناحیه تفتیده در فلز پایه
- ✓ ۴- برای افزایش سرعت بحرانی مجاز سرد شدن در زیر دمایی که خطر ترک خوردگی در زیر نوار جوش از بین رفته است
- ✓ ۵- به منظور افزایش طاقت زخم در ناحیه جوش
- ✓ ۶- کاهش دمای انتقال در فلز پایه اطراف آن

پیش گرمایش

در صورت استفاده از الکتروود کم هیدروژن، پیش گرمایش را می توان به حداقل رسانید. در وضعیت هایی نظیر جوشکاری ورق های خیلی ضخیم یا پر آلیاژ و یا درزهای با درجه گیرداری بالا، به پیش گرمایش بیشتری نیاز است. هر چند که پیش گرمایش فواید زیادی در بر دارد، اما به دلیل افزایش مخارج استفاده از آن در مواردی توصیه می شود که به آن نیاز است.

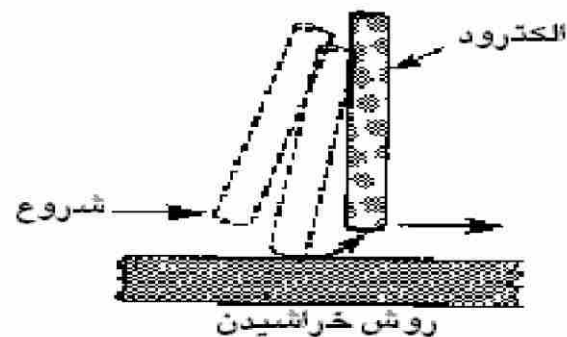
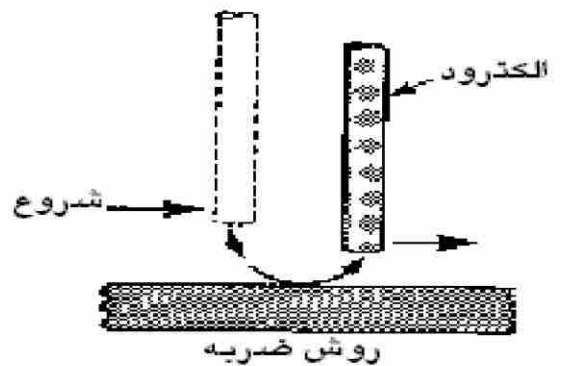
حداقل دمای پیش گرمایش و دمای پاس های میانی طبق AWS

این حداقل ها باید با توجه به حرارت جذب شده در حین جوشکاری، تجزیه شیمیایی فولاد، هندسه درز و سایر عوامل اصلاح گردد (جدول اصلاحی بر اساس مبحث ۱۰)

جدول ۱۰-۲-۵ حداقل دمای پیش گرمایش

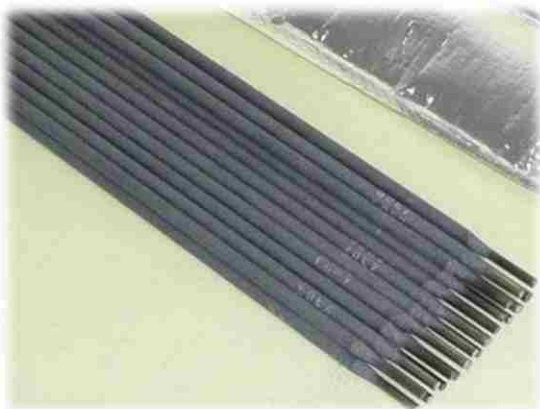
ضخامت (mm)	دمای پیش گرمایش در فرآیند غیر کم هیدروژن (درجه سلسیوس)	دمای پیش گرمایش در فرآیند کم هیدروژن (درجه سلسیوس)
$t \leq 20$	۲۰*	۱۰*
$20 < t \leq 40$	۶۵	۲۰*
$40 < t \leq 65$	۱۱۰	۶۵
$t > 65$	۱۵۰	۱۱۰

* این دما در حد لمس کردن ورق قابل حس است و در سایر موارد باید از روش های دماسنجی سطحی (مثلاً گچ های حساس به دما) استفاده شود.



انواع الکتروود از نظر مغزی فلزی

- ۱- الکتروود فولاد نرمه
- ۲- الکتروود فولاد پر کربن
- ۳- الکتروود فولادهای آلیاژی خاص
- ۴- الکتروود چدن
- ۵- انواع الکتروودهای غیر آهنی
(مس، آلومینیوم، نقره، برنج و برنز)



انواع الکتروود از نظر پوشش

- ۱- **الکتروود مداوم:** الکتروود لخت پیوسته که به دور قرقره پیچیده شده و در جوشکاری خودکار و نیمه خودکار زیر پودری و تحت حفاظت گاز استفاده می شود.
- ۲- **الکتروود مغزه دار:** یک نوع الکتروود مداوم که پودر جوشکاری در مغزه آن قرار دارد و در جوشکاری خودکار و نیمه خودکار استفاده می شود.
- ۳- **الکتروود روکش دار:** الکتروود فلزی با طول محدود (استیک) و روکش نسبتاً ضخیمی از موادی که دو هدف را برآورده می کند: تثبیت قوس الکتریکی- بهبود خواص فلز جوش

مقایسه الکتروودهای بدون روکش (لخت) و روکش دار

در سال های نه چندان دور، الکتروودهای بدون روکش بطور وسیعی در جوشکاری قوسی بکار می رفتند. حاصل کار، ظاهر ناخوشایندی بود. با وجود داشتن مقاومت کششی رضایت بخش، شکل پذیری آنها پایین و مقاومیشان در برابر بارهای خستگی و بارهای ضربه ای کم بود.

استفاده از الکتروود روکش دار، باعث غلبه برعیوب الکتروودهای بدون روکش گردید. وجود روکش در روی مفتول فولادی الکتروود، قوس الکتریکی و فلز جوش را در حین عملیات جوشکاری از مرحله ذوب تا انجماد از هوای اطراف محافظت می کند. حاصل این محافظت، ترکیب فلز جوشی است که دارای خواص قابل مقایسه با فلز پایه می باشد.

نقش و خصوصیات روکش الکتروود

- ۱- پایدارکننده قوس
- ۲- ایجاد اتمسفر گازی و سرباره محافظ و جلوگیری از نفوذ اتمسفر مجاور O_2 , N_2 به حوضچه جوش
- ۳- تشکیل سرباره و واکنش های سرباره و فلز مذاب، که در تصفیه ناخالصی ها از حوضچه مذاب کمک خواهد کرد
- 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
- ۷- کاهش دهنده پاشش فلز جوش به اطراف و تسهیل عمل رسوب فلز به حوضچه
- ۸- افزودن برخی عناصر آلیاژی به حوضچه جوش

همانطور که می توان انتظار داشت الکتروودی ساخته نشده است که کلیه خواسته ها را در تمام شرایط پاسخگو باشد؛ بنابراین انواع گوناگون الکتروود تولید میشود که هر نوع آن مناسب برای درخواست های خاصی است. عناصر مختلفی در پوشش الکتروود بکار گرفته می شود که در هنگام ساخت الکتروود پس از انتخاب مواد پوشش آنها را مخلوط کرده و با اضافه کردن مواد چسبنده (چسب شیشه) بصورت خمیر در می آورند. سپس این خمیر را از طریق اکستروود (Extrude) بر روی میله فولادی بصورت یکنواخت پوشش می دهند و پس از خشک کردن در کوره پخته می شوند.

مواد تشکیل دهنده روکش الکتروود

- الف) مواد چسباننده (حامل یا ملات): مثل سیلیکات سدیم و پتاسیم و برخی چسب های گیاهی به طور محدود.
- الف) مواد گدازآور و سرباره ساز: سیلیکا، آلومینا، رس، سنگ معدن آهن، اکسید تیتانیوم (روتیل)، سنگ آهک، مگنیزیت، پنبه نسوز و میکا و مواد معدنی
- ب) مواد تشکیل دهنده گاز: این مواد حفاظی در مقابل گازهای اتمسفر و آلودگی هوا ایجاد می کنند. موادی مثل: خاکاره، خمیر چوب، سلولز، کتان، نشاسته، شکر، مواد گیاهی، زغال چوب و آرد. با سوختن این مواد H_2 و CO تولید می شود و N_2 و O_2 اتمسفر را کنار می زند.
- ج) عوامل احیاکننده: اکسید آهن بوجود آمده توسط این مواد احیا می شوند و تبدیل به آهن می شوند. موادی مثل فرو منگنز، فروسیلیسیم، فروکروم، فرومولیبدن و آلومینیوم
- د) عوامل آلیاژ دهنده: این عوامل عناصر لازم برای بهبود خواص مکانیکی را به داخل فلز جوش وارد می کنند. موادی مثل فرومنگنز، فروسیلیسیم، فروکروم، اکسید نیکل و غیره
- ❖ در اغلب پوشش الکتروودها عامل آلیاژکننده فرومنگنز است که هم خاصیت احیاکنندگی و هم خاصیت آلیاژسازی دارد .

الکتروودهای روکش دار حاوی پودر آهن

- در حرارت شدید قوس الکتریکی، پودر آهن روکش به فولاد تبدیل شده و بر فلز جوش می افزاید.
- با افزودن مقدار نسبتاً زیاد پودر آهن (حدود ۳۰ درصد یا بیشتر) به ترکیب روکش الکتروود موارد زیر را شاهد خواهیم بود:
- ✓ افزایش محسوس سرعت جوشکاری
- ✓ تثبیت قوس
- ✓ کاهش پاشیدگی جوش
- ✓ جدا شدن راحت گل جوش
- ✓ سطح جوش صاف

روکش های کم هیدروژن

مزایا:

- جلوگیری از ایجاد ترک های زیر و مجاور نوار جوش
- امکان جوشکاری فولادهای ضخیم و سخت بدون پیش گرمایش یا با پیش گرمایش کم
- تولید نوار جوش غیر متخلخل در فولادهای پر گوگرد
- جلوگیری از ایجاد انقباض بعد از جوش در فولادهای فسفردار

روکش های کم هیدروژن

- این الکترودها نباید در هوای مرطوب قرار گیرند.
- قوس ایجاد شده با این الکترودها تند و شدید نبوده و دارای نفوذ متوسطی است.
- گل جوش ضخیم و ترد بوده و به راحتی تمیز می شود.
- در جوشکاری باید از قوس کوتاه استفاده شود. قوس بلند باعث مکش هیدروژن (افزایش رطوبت) شده که موجب تخلخل و دخول سرباره در نوار جوش می شود.



تاثیر روکش بر قطبیت

- ترکیب روکش در انتخاب قطبیت در جوشکاری با جریان یکسو نقش اساسی دارد.
- برخی روکش ها با قطبیت منفی و برخی با قطبیت معکوس بازده بیشتری دارند.

طبقه بندی و شماره گذاری الکترودها طبق AWS

الکترودها بر حسب خواص مکانیکی مفتول فولادی، نوع پوشش و وضعیت جوشکاری طبقه بندی و شماره گذاری می شوند.

EXXX(X)

- حرف E : مخفف الکتروده می باشد که در روش جوشکاری با قوس الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد.
 - دو رقم اول یا سه رقم اول بعد از علامت E (اگر چهار عدد بود دو رقم اول و اگر پنج عدد بود سه رقم اول) حداقل مقاومت کششی مفتول الکتروده بر حسب کیلو پوند بر اینچ مربع را نشان می دهد. اگر این عدد در ۷۰ ضرب شود، مقاومت بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع بدست می آید.
- مثال: E60XX یعنی مقاومت کششی الکتروده حداقل ۶۰۰۰۰ psi (4200 kg / Cm^2) می باشد.



طبقه بندی و شماره گذاری الکترودها طبق AWS

- دومین رقم از سمت راست: موقعیت جوشکاری را مشخص می کند.
- ✓ عدد ۱: مناسب همه موقعیت های جوشکاری (تخت، افقی، سربالا و سقفی)
- ✓ عدد ۲: مناسب همه موقعیت های تخت و افقی
- ✓ عدد ۳: مناسب موقعیت جوشکاری تخت
- رقم آخر: نوع جریان و نوع روکش را تعیین می کند.



طبقه بندی و شماره گذاری الکترودها طبق AWS

نوع پوشش	نوع قوس	جریان	رقم آخر
آلی	قوس نفوذی	فقط DCRP	0
آلی	قوس نفوذی	DCRP یا A.C	1
روتیلی	قوس متوسط	DCSP یا A.C	2
روتیلی	قوس نرم	A.C یا D.C قطب آزاد	3
روتیل با پودر آهن (حدود ۳۰٪)	قوس نرم	A.C یا D.C قطب آزاد	4
کم هیدروژن	-	فقط DCRP	5
کم هیدروژن	قوس متوسط	DCRP یا A.C	6
پودر آهن	-	D.C یا A.C	7
کم هیدروژن - پودر آهن	-	DCRP یا A.C	8

۴۳- در اتصال دو قطعه فولادی به همدیگراز الکتروود نوع E ۷۰ استفاده شده است، منظور از عدد ۷۰ در الکتروود مذکور چیست؟

- (۱) مقاومت کششی فلز الکتروود برابر ۷۰۰۰ kg/cm^2 می باشد.
- (۲) مقاومت تسلیم فلز الکتروود برابر ۷۰ MPa می باشد.
- (۳) مقاومت کششی فلز الکتروود برابر ۷۰ ksi می باشد.
- (۴) مقاومت تسلیم فلز الکتروود برابر ۷۰۰۰ kg/cm^2 می باشد.

۴۴- کدام عبارت درخصوص نوع پوشش الکتروود E6010 صحیح است؟

- (۱) کم هیدروژن
- (۲) روتیلی
- (۳) آلی
- (۴) روتیل با پودر آهن

۴۷- در مورد الکتروود E6013، کدام گزینه درست است؟

- (۱) این الکتروود با روکش روتیلی فقط برای جوشکاری تخت مناسب است.
- (۲) این الکتروود با روکش آلی برای جوشکاری در تمام وضعیتها مناسب است.
- (۳) این الکتروود با روکش روتیلی برای جوشکاری در تمام وضعیتها مناسب است.
- (۴) این الکتروود با روکش آلی فقط برای جوشکاری تخت مناسب است.

انتخاب نوع و قطر الکتروود

• نکات مورد توجه:

- ✓ **هندسه درز:** جوش گوشه می تواند با الکتروود بزرگتری نسبت به جوش لب به لب انجام شود.
- ✓ **ضخامت فلز پایه:** با افزایش ضخامت فلز پایه، قطر الکتروود می تواند افزایش یابد.
- ✓ **ضخامت لایه جوش:** در جوشکاری تخت و افقی، ضخامت فلز جوش رسوب کرده بیشتر از جوش سربالا یا سقفی است.
- ✓ **موقعیت جوشکاری:** در جوشکاری تخت و افقی می توان قطر الکتروود را نسبت به موقعیت سربالا یا سقفی افزایش داد.
- ✓ **نوع و شدت جریان:** با افزایش شدت جریان، الکتروود بزرگتری نیاز است.
- ✓ **مهارت جوشکار:** مهارت بیشتر جوشکار، امکان استفاده از الکتروود بزرگتر در جوشکاری سربالا و سقفی را فراهم میکند.
- ✓ **شرایط بهره برداری:** مقاومت کششی، شکل پذیری، مقاومت خستگی و مقاومت در مقابل خوردگی می تواند فاکتورهای مهمی در انتخاب الکتروود باشند.

انواع الکتروود

با توجه به ویژگی های کاربردی و نوع درز اتصال

- الکتروودهای پر جوش (پربازده) Fast Fill
- الکتروودهای زود جوش (نفوذی) Fast Freeze
- الکتروودهای پر جوش و زود جوش (زودرو) Fast Follow

الکتروود پر جوش (پربازده)

- درز جوش را زود پر می کند (نقطه مقابل الکتروودهای زود جوش)
- دارای روکش ضخیم محتوی پودر آهن است که کاربرد وسیعی در جوشکاری گوشه و جوش شیاری عمیق دارد.
- میزان رسوب زیاد و پاک کردن سرباره جوش به راحتی انجام می شود .
- بریدگی لبه درز جوش کم است
- عمق نفوذ زیاد نیست.
- ظاهر جوش بسیار صاف و سطح جوش تخت تا کمی محدب
- الکتروودهای پر جوش با کد EXX14, EXX24, EXX27, EXX28 در جوش های شیاری در وضعیت تخت و افقی به کار می روند.
- اگر در دستور العمل جوشکاری، جریان یکسو ذکر شده باشد، امکان استفاده از جریان متناوب وجود دارد که باعث کاهش پدیده انحراف قوس می شود.

الکتروود زودجوش یا از نوع سلولزی (نفوذی)

- دارای قابلیت انجماد سریع فلز جوش
- مناسب همه موقعیت های جوشکاری و هرنوع عملیات ساخت کارخانه ای و کارهای تعمیراتی، به ویژه مناسب جوشکاری سربالا و سقفی و جوشکاری لوله ها و مخازن تحت فشار
- دارای قوس قوی و نفوذی
- عموماً با جریان یکسو و قطبیت معکوس بکار می رود .
- سرباره کم و خط جوش تخت
- E6010 با جریان DC و E6011 با جریان AC مثال هایی از نوع الکتروود هستند.

الکتروود پر جوش و زودجوش (زودرو)

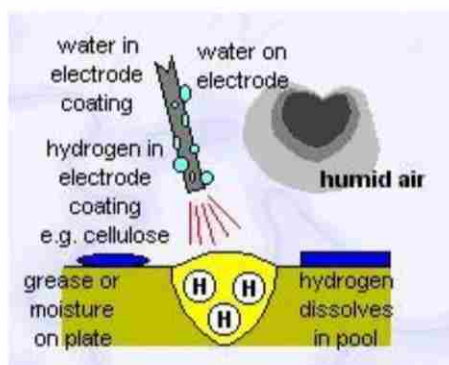
- در بعضی درزها نیاز به هر دو خصوصیت پربازدهی و نفوذی بودن است.
- الکتروود EXX14 با روکش حاوی پودر آهن دارای هر دو خاصیت بوده و در همه وضعیت ها قابل استفاده است.
- قوس ملایم، قدرت نفوذ متوسط، شدت جریان و حرارت ورودی کم مشکلات سوختگی و سوراخ شدن را کم می کند.

الکترودهای کم هیدروژن

- دارای روکش بدون هیدروژن می باشد.
- جوشی عاری از ترک، زیر ترک و ریز ترک ایجاد می کند.
- جوش حاصله دارای شکل پذیری استثنایی است.
- تولید نوار جوش غیر متخلخل در فولادهای پر گوگرد
- امکان جوشکاری فولادهای ضخیم و سخت جوش و آلیاژ دار بدون پیش گرمایش یا با پیش گرمایش کم
- مثال هایی از این نوع الکتروود: EXX18 و EXX28
- قابل استفاده با DCRP یا AC

راههای ورود هیدروژن به جوش

- 1- رطوبت جذب شده در پوشش الکتروود
 - 2- آب موجود در مواد چسبنده تشکیل دهند پوشش
 - 3- تجزیه ترکیبات اورگانیکی که همراه با آب یا هیدروژن در ترکیباتی مثل سلولز
 - 4- آب تبلور همراه کریستالها
- *الکترودهای کم هیدروژن قبل از استفاده در دمای ۶۰۰ درجه فارنهایت پخت می شوند و در دمای ۲۵۰ درجه فارنهایت نگهداری می شوند و با جریان DCRP و AC بکار گرفته می شود .



نکات مهم

- ۱- زیر ترک دارای علائم خاص نیست و در منطقه تفتیده در فلز پایه به وجود می آید و عامل آن نفوذ هیدروژن از فلز جوش یا انجماد سریع است.
- ۲- الکتروود مصرفی باید با فلز پایه سازگار باشد ، یعنی علاوه بر خواص شیمیایی هم ارز با فلز پایه، باید مقاومت نهایی فلز الکتروود بیش از فلز پایه باشد.
- ۳- هرگز از الکتروودی با قطر بیش از ضخامت فلز پایه استفاده نشود.
- ۴- در سری کاری ها، بزرگترین الکتروودی که قابل کارکردن و کنترل دستی است بکار رود.
- ۵- در جوشکاری قائم و سقفی: الکترودهای 28 , 27 , 24 , EXX20 قابل استفاده نیستند و الکترودهای 16 , 11 , EXX10 بهترین انتخابند. البته استفاده از EXX12,13 در جوشکاری قائم رو به پایین سهولت بیشتری دارد.
- ۶- در جوشکاری افقی و تخت: الکترودهای 28 , 27 , 24 , 20 , 13 , EXX12 دارای کنترل آسان تری می باشند.

عوامل آسیب رسان به الکترودهای روکش دار

- خسارت مکانیکی
- جذب رطوبت
- فساد روکش الکتروود

خسارت مکانیکی

- روکش الکترودها از انعطاف پذیری بالایی برخوردار نبوده و نسبت به ضربه مقاومت پایینی دارند.
- روکش بعضی الکترودهای خاص مانند الکترودهای قلیایی خشک، در مقایسه با الکترودهای معمولی بسیار شکننده تر هستند.

جذب رطوبت

- اغلب الکترودها با داشتن حداقل رطوبت روکش، بهترین عملکرد جوشکاری را نشان می دهند.
- تنها در الکترودهای سلولزی، رطوبت در روکش عملکرد جوشکاری را بهبود می بخشد، لذا باید در قوطی های فلزی در بسته نگهداری شوند و چنانچه در قوطی باز شود نباید مدت طولانی بدون استفاده باقی بمانند زیرا روکش آن ها خشک می شود.
- در رطوبت نسبی ۹۰ درصد محیط، الکترودها در کمتر از یک روز غیر قابل استفاده می شوند.
- در رطوبت نسبی ۷۰ درصد، روکش الکترودها فقط تا یک هفته مقاومت می کنند و پس از آن جوش حاصله کاملاً معیوب خواهد شد.
- تنها در رطوبت نسبی کمتر از ۴۰ درصد، می توان الکترودها را برای مدت نسبتاً طولانی در مجاورت هوا و در خارج از بسته بندی نگهداری کرد.

راه های تشخیص الکتروود مرطوب

- ۱- روش توزین: توزین حدود ۱ گرم نمونه روکش قبل و بعد از خشک کردن در کوره
- ۲- شنیدن صدای برخورد الکتروودهای داخل جعبه
- ۳- جوشکاری: پس از جوشکاری با الکتروود و استفاده از نیمی از طول الکتروود، مشاهده شعله روی پوشش الکتروود و نیز مشاهده ترک های طولی روی روکش الکتروود از سمت نوک به بالا نشانه مرطوب بودن روکش است.
- **نکته:** بسته های الکتروود باید پیش از استفاده به مدت کافی در محلی نگهداری شوند تا به دمای محیط برسند.



فاسد شدن روکش الکتروود

- روی سطح الکتروودهای تاریخ مصرف گذشته، کریستال ها یا پوسته های سفیدی مشاهده می شود که ناشی از خروج سیلیکات سدیم از پوشش الکتروود است و نباید در کارهای حساس از آن ها استفاده شود.
- الکتروودهای با درصد بالای پودر آهن در روکش خود، اگر مدت طولانی بدون محافظ در معرض رطوبت باشند، روی پوشش آنها آثار اکسید شدن مشاهده می شود و باید دور ریخته شوند.



معایب جوش در اثر استفاده از الکتروود معیوب

- ۱- ایجاد قوس الکتریکی شعله ور
- ۲- افزایش مقدار و مسافت پاشش جرقه های جوش
- ۳- ایجاد آخال و حفرات در فلز جوش
- ۴- پودر شدن پوشش الکتروود
- ۵- تاول زدن پوشش الکتروود
- ۶- احتیاج به ولتاژ بالای جوشکاری

معایب جوش در اثر استفاده از الکتروود معیوب

- ۷- افزایش احتمال ورود هیدروژن به فلز جوش به ویژه در فولادهای سختی پذیر و افزایش سختی و تردی فلزی جوش
- ۸- ایجاد کریستال سفید رنگ (FUR) روی پوشش الکتروود فاسد
- ۹- عدم پایداری قوس و خاموش و روشن شدن آن
- ۱۰- ظاهر نامناسب مهره های جوش و کاهش اندازه و ابعاد آنها
- ۱۱- بروز سوختگی های (بریدگی های) کناره جوش
- ۱۲- باقی ماندن سرباره در داخل فلز جوش
- ۱۳- ترک های زیاد در منطقه HAZ

خشک کن الکترو

استفاده از خشک کن در موارد زیر اجباری است:

- برای الکترودهای کم هیدروژن
- برای الکترودهای دارای عناصری مانند: پودر آهن - فولاد ضد زنگ - آلومینیوم - اینکل - مونل - برنج - برنز



ضوابط بازرسی ظاهری الکترودها

• صفحات ۱۰۰ تا ۱۰۳

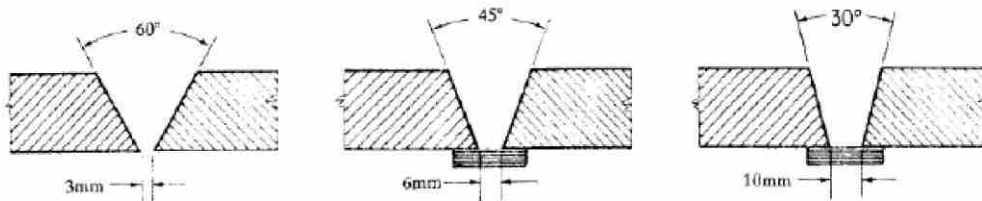
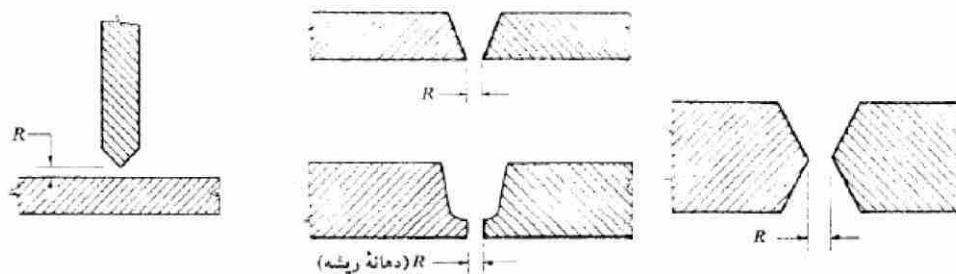


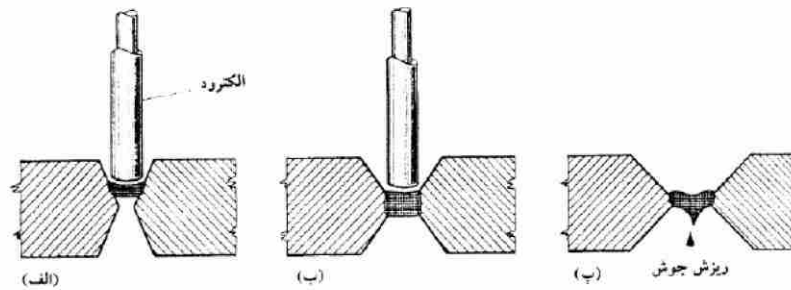
هندسه درز

- هندسه درز از عوامل مهم و تاثیر گذار بر اقتصاد و کیفیت جوش است.
- هندسه درز با سه پارمتر زیر تعریف می شود:
 - ✓ زاویه پخی لبه
 - ✓ بازشدگی یا دهانه ریشه (R)
 - ✓ پیشانی یا ضخامت ریشه

دهانه یا بازشدگی ریشه (R)

- دهانه ریشه همان فاصله بین دو لبه در محل ریشه درز می باشد.
- دهانه ریشه برای این به کار می رود که الکتروود بتواند به ریشه جوش برسد.
- هر چه زاویه پخی لبه ها کم تر باشد، باید دهانه ریشه را بیشتر در نظر گرفت.
- اگر دهانه ریشه خیلی کوچک باشد باید از الکتروودهای نازک استفاده شود که باعث کندی کار خواهد شد.
- دهانه ریشه خیلی بزرگ بر کیفیت جوش تاثیری ندارد، ولی مصرف الکتروود را افزایش می دهد که باعث افزایش هزینه و اعوجاج قطعه می شود.
- وقتی دهانه ریشه زیاد می شود باید از تسمه پشت بند استفاده شود.



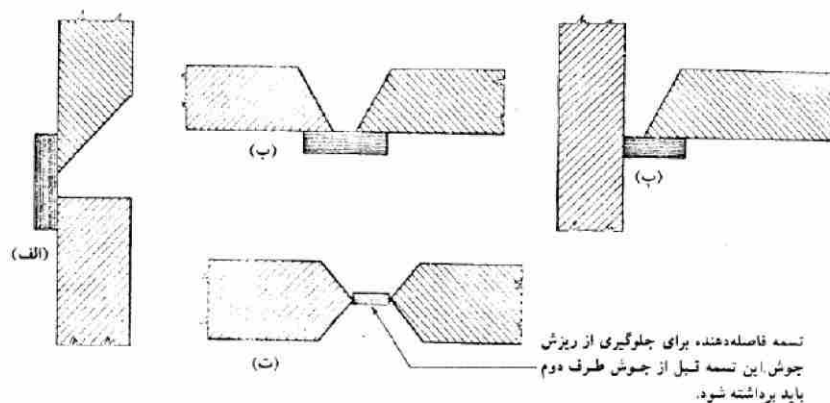


۴۸- کدام گزینه درخصوص دهانه یا بازشدگی ریشه در اتصال لب به لب، درست نمی باشد؟

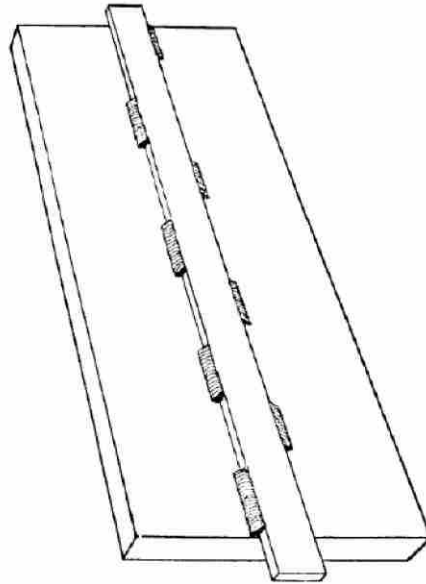
- (۱) دهانه ریشه خیلی بزرگ موجب بهبود کیفیت جوش و جلوگیری از اعوجاج می شود.
- (۲) دهانه ریشه برای این منظور بکار می رود که الکترود بتواند به ریشه جوش برسد.
- (۳) هر چقدر زاویه پخی لبه ها کمتر باشد بهتر است دهانه ریشه را بیشتر بگیریم.
- (۴) در صورت استفاده از دهانه ریشه خیلی کوچک، باید از الکترود نازک کمک گرفت.

تسمه های پشت بند

- وقتی جوشکاری از یک طرف بوده و فاصله لبه ها نیز زیاد باشد، از تسمه های پشت بند استفاده می شود.
- این تسمه ها پس از جوشکاری در جای خود مانده و جزئی از اتصال می شوند، البته در جوشهای شیار با بارگذاری عرضی باعث تمرکز تنش شده و بهتر است بعد از جوشکاری حذف شوند.
- تسمه های فاصله دهنده اغلب در درزهای جناغی دورو مورد استفاده قرار می گیرند. در این حالت قبل از جوشکاری طرف دوم نیاز به سنگ زدن ریشه می باشد.
- تسمه ها باید کاملاً به زیر ورق بچسبند تا باعث بوجود آمدن تفاله جوشکاری در ناحیه ریشه جوش نشوند.

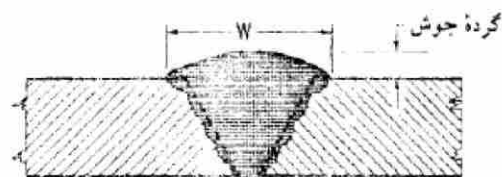
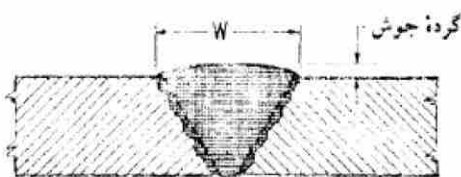


اجرای خال جوش های متناوب برای اتصال تسمه پشت بند



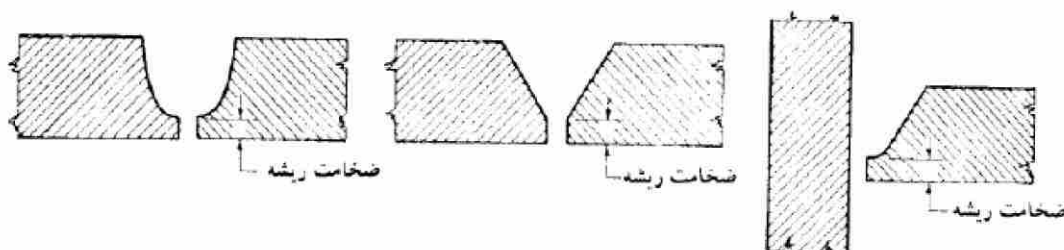
گرده جوش

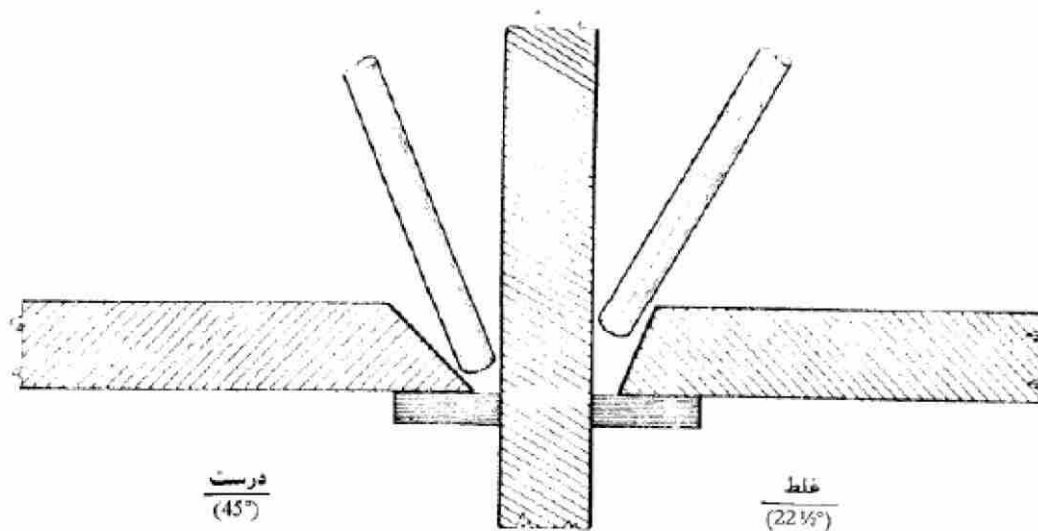
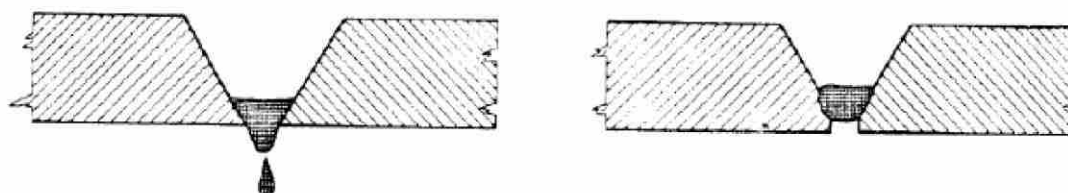
- در درزهای لب به لب، تحدب اسمی تقریباً $1/5$ میلیمتر بالای سطح تراز لازم است.
- تحدب زیاد فایده ای ندارد و باعث افزایش تمرکز تنش و هزینه جوشکاری می شود.



ضخامت ریشه (پیشانی)

- برای جلوگیری از سوختن ریشه جوش و پرهیز از ریزش جوش، به جای اینکه لبه جوش در محل ریشه به صورت تیز باشد، ضخامتی برای آن قائل می شوند که به ضخامت ریشه معروف است.
- اگر هدف به دست آوردن جوش صد در صد (تمام قدرت) بوده و لبه دارای پیشانی باشد، قبل از جوش روی دوم (پشت کار) احتیاج به سنگ زدن ریشه است.
- در صورت استفاده از تسمه پشت بند نباید ضخامتی برای ریشه در نظر گرفت زیرا یک فضای خالی پیدا می شود که در هنگام جوشکاری درون آن با گاز پر می شود.
- زاویه پخی حداقل برابر ۴۵ درجه توصیه می شود.





درزهای لاله ای و نیم لاله ای

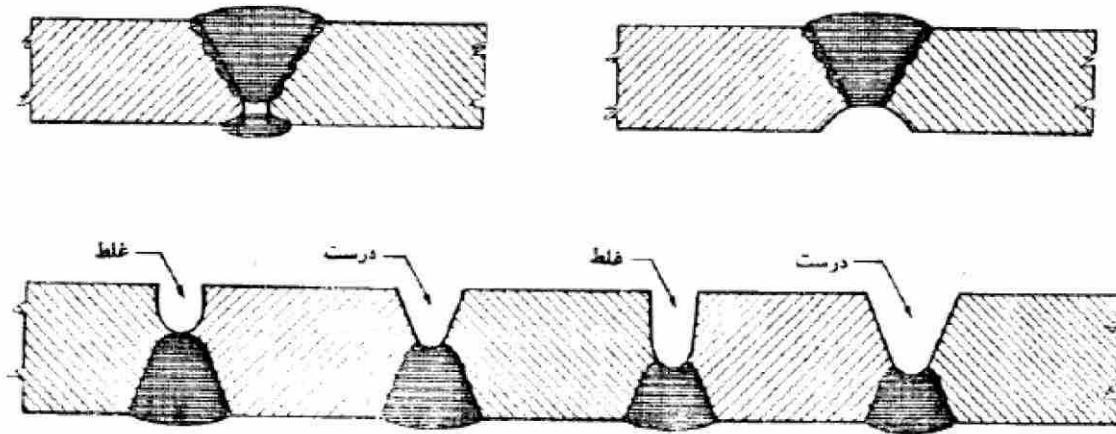
- برای جوشکاری بسیار عالی هستند ولی هزینه ساخت آن ها گران تمام می شود.



سنگ زدن ریشه از پشت (شیارزنی پشت)

- برای دستیابی به ذوب و امتزاج کامل در تمام مقطع جوش و در نتیجه یک جوش صد در صد (تمام قدرت)، باید در تمام انواع درزها طرف دوم یا پشت کار نیز جوش شود.
- قبل از جوش پشت کار باید ریشه جوش برداشته شود.
- سنگ زدن ریشه باید آنقدر عمیق باشد تا مصالح اصلی جوش طرف اول ظاهر شوند.
- شکل شیار پشت باید طوری باشد که الکتروود برای جوشکاری بتواند داخل آن گردد.





عیوب اصلی جوش

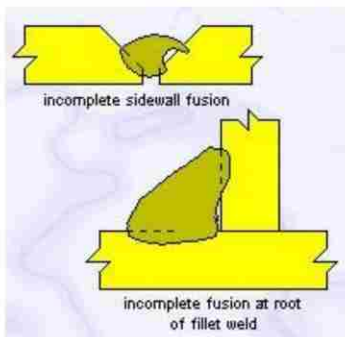
- ذوب ناقص
- نفوذ ناقص
- تخلخل
- بریدگی کناره جوش
- ناخالصی های حبس شده
- سر رفتن جوش روی فلز پایه، لوچه
- گرده اضافی در جوش
- لکه قوس
- انواع ترک
- عدم پرشدگی شیار
- جرقه و پاشش

ذوب ناقص (Lack of Fusion-LOF)

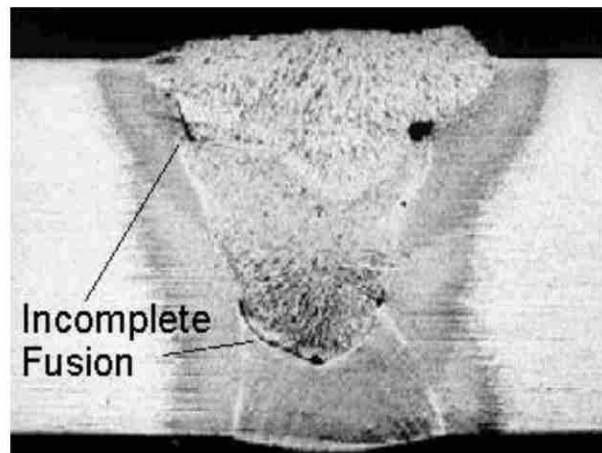
عبارت است از عدم امتزاج کامل فلز پایه و فلز جوش مجاور آن

• دلایل ایجاد:

- ✓ کافی نبودن حرارت ورودی
- ✓ انتخاب نادرست قطبیت جریان و گاز محافظ
- ✓ طرح اتصال نامناسب
- ✓ سطح آلوده ورق
- ✓ نوع یا اندازه نامناسب الکتروود
- ✓ تنظیم نادرست جریان و سرعت جوشکاری



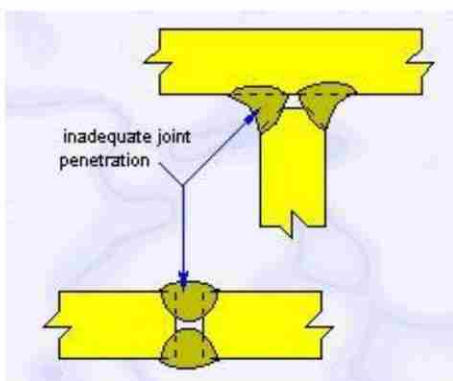
LOF



نفوذ ناقص (Lack of Penetration-LOP)

- **نفوذ ناقص یعنی :** فلز جوش تا عمق کمتری از آن چه در طراحی در نظر گرفته شده است در داخل درز یا شیار نفوذ می نماید (عمدتاً به جوش های شیار نفوذی مربوط است).
- نفوذ ناقص تنها هنگامی که در دستورالعمل ها چنین مشخص گردیده، مورد قبول است.

دلایل ایجاد:

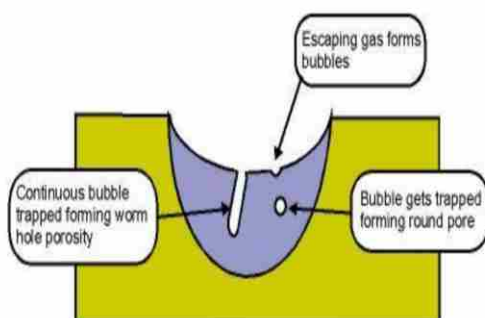


- ✓ ضخامت پیشانی ریشه بیش از نیاز دهانه ریشه است.
- ✓ دهانه ریشه خیلی کوچک است.
- ✓ زاویه پخی شیار V شکل خیلی کوچک است.
- ✓ اندازه الکتروود خیلی بزرگ است.
- ✓ سرعت حرکت الکتروود خیلی زیاد است.
- ✓ شدت جریان جوشکاری خیلی پایین است.

تخلخل (Porosity)

تخلخل در صورت ایجاد حفره های خالی یا محبوس شدن گازها در فلز جوش هنگام سرد شدن آن اتفاق می افتد.

دلایل :



- ✓ شدت جریان خیلی زیاد
- ✓ طول قوس خیلی بلند
- ✓ رطوبت
- ✓ وزش باد در سطح جوش
- ✓ کاربرد الکتروود نامرغوب

تخلخل (Porosity)

- تخلخل ممکن است به طور یکنواخت در طول جوش پراکنده شود یا به صورت یک حفره بزرگ در ریشه جوش گوشه یا شیار در مجاورت تسمه پشت بند متمرکز گردد (به علت روش جوشکاری نامناسب و استفاده نادرست از تسمه).
- تخلخل سطحی، تاثیر مستقیم و مضر در مقاومت خستگی جوش دارد. حفرات سطحی خیلی خطرناک تر از حفراتی با همان اندازه در عمق جوش هستند.

روش های جلوگیری از بروز تخلخل

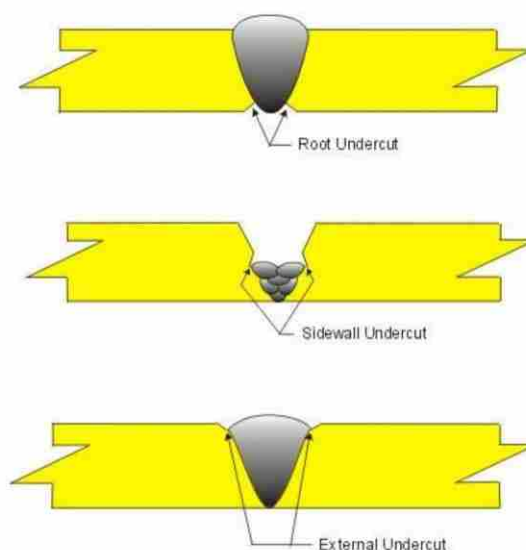
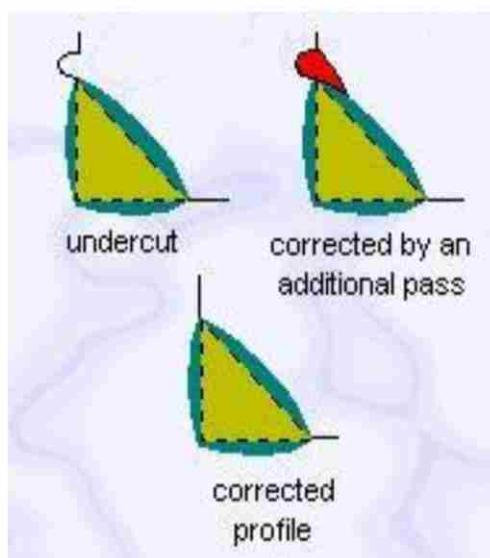
- خشک کردن الکترود در خشک کن قبل از مصرف
- تنظیم شدت جریان جوشکاری
- تنظیم طول قوس
- عدم جوشکاری در شرایط جوی نامناسب



بریدگی کناره جوش (Undercut)

- **تعریف:** شیار ذوب شده ای در فلز مبنا که در انتهای ساق جوش قرار گرفته و به وسیله فلز جوش پر نشده است.
- این عیب به راحتی با چشم قابل مشاهده است و می توان آن را با جوشکاری مجدد ناحیه بریدگی، با الکترودهای نمره پایین تر رفع کرد.
- **دلایل ایجاد:**
 - ✓ شدت جریان زیاد
 - ✓ طول قوس بلند
 - ✓ تکنیک جوشکاری نامناسب
 - ✓ سرعت جوشکاری زیاد

Undercut



حبس یا آخال سرباره (Slag Inclusion)

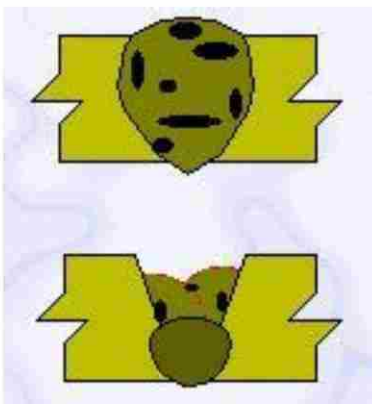
• عبارت است از: ناخالصی های غیر فلزی گرفتار شده در حوضچه جوش که معمولاً منشأ آن از پوشش الکتروود است.

• بیشتر در جوش های سقفی پیش می آید و باید به دقت بازرسی شوند.

• دلایل ایجاد:

✓ سرد شدن سریع جوش

✓ عدم حذف گل جوش بین پاس های متوالی



سرفتن جوش روی فلز پایه، لوجه (Overlap)

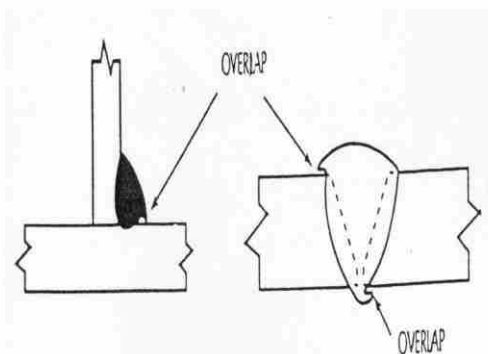
• تعریف: جاری شدن فلز جوش روی فلز پایه، بدون ذوب نمودن کامل آن.

• یک ناپیوستگی خطرناک محسوب می شود، زیرا باعث ایجاد یک شیار تیز روی سطح قطعه و تمرکز تنش در آن محل و ایجاد و رشد ترک خواهد شد.

• بیشتر در وضعیت جوش افقی رخ می دهد.

• دلیل ایجاد:

✓ تکنیک نامناسب جوشکاری (سرعت کم جوشکاری)



گرده اضافی در جوش (*Excess Weld*)

- **تعریف:** فلز جوش اضافه بر مقدار مورد نیاز جهت پر کردن اتصال.
- مشکل اصلی گرده اضافی، احتمال ایجاد گوشه های تیز در نواحی پنجه جوش می باشد.
- گرده اضافی می تواند در پاس ریشه یا پاس نهایی اتفاق بیفتد.

لکه قوس (*Arc Strike*)

- لکه قوس در اثر روشن کردن قوس روی سطح فلز پایه، خارج از درز اتصال به وجود می آید که در اثر آن، مناطق کوچکی روی سطح فلز پایه به طور سطحی ذوب شده و سریعاً سرد می گردد.
- لکه قوس قابل پذیرش نیست و باعث ترک در فلز پایه می گردد.

عدم پرشدگی شیار (*Under Fill*)

- این عیب سطحی در اثر کمبود رسوب فلز جوش در مقطع جوش شیار رخ می دهد.

جرقه و پاشش (*Spatter*)

- عبارت است از ذرات فلزی که در حین جوشکاری ذوبی به اطراف پرتاب شده و به عنوان بخشی از فلز جوش محسوب نمی شوند.
- در بین معایب جوشکاری از اهمیت و حساسیت کمتری برخوردار است ، ولی اگر پاشش به صورت یک قطره بزرگ باشد، گرمای کافی جهت ایجاد حساسیت به ترک ایجاد خواهد کرد.

ترک ها (Cracks) زیان بارترین معایب جوش

- **تعریف:** شکستگی های فلز جوش که در اثر تنش های داخلی در امتداد خط جوش و یا عمود بر آن به وجود می آیند.
- ترک ها ممکن است از فلز جوش به فلز مبنا امتداد پیدا کنند و یا کاملاً در فلز مبنا و در مجاورت خط جوش باشند.

انواع ترک ها

- **ترک خوردگی گرم:** در درجه حرارت زیاد و در خلال سرد شدن ناگهانی جوش پس از آن که فلز جوش رسوب و شروع به انجماد نماید، اتفاق می افتد. اکثر ترک های جوشکاری، ترک خوردگی گرم هستند.
- **ترک خوردگی سرد:** در دمای معمولی اتفاق می افتند و ممکن است ساعت ها یا روزها پس از سرد شدن جوش ایجاد شوند. ترک سرد در فولاد در مقایسه با سایر فلزات بیشتر روی می دهد (استفاده از الکترودهای کم هیدروژن همراه با پیش گرمایش مناسب، از وقوع این ترک جلوگیری می کند).
- **ترک های مویی:** ممکن است از نوع ترک های گرم یا سرد باشند و با چشم غیر مسلح قابل مشاهده نیستند. این ترک ها عمر مفید سازه های معمولی (تحت بارهای ایستا) را کاهش نمی دهند.



علل عمده ایجاد ترک

- ۱- نفوذ هیدروژن
- ۲- نسبت عمق به عرض زیاد
- ۳- تقعر سطح جوش
- ۴- عدم پیش گرمایش مناسب درز جوش
- ۵- وجود چاله انتهای جوش پر نشده
- ۶- وجود رطوبت در الکتروود یا درز جوش
- ۷- طرح نامناسب درز جوش

عوامل وقوع ترک در نوار جوش

- ۱- گیرداری درز که باعث به وجود آمدن تنش های انقباضی زیاد در جوش می شود.
- ۲- هندسه مقطع نوار جوش
- ۳- میزان کربن و آلیاژها در فلز پایه
- ۴- وارد شدن حباب های هیدروژن از روکش الکتروود به نوار جوش
- ۵- وجود رطوبت در سطح شیار جوش در فلز پایه و آلودگی سطح مذکور
- ۶- سرد شدن سریع جوش

عوامل وقوع ترک در ناحیه تفتیده (ترک در زیر نوار جوش)

- ۱- میزان کربن یا آلیاژ زیاد
- ۲- تردی هیدروژنی ناحیه ذوب شده به دلیل وارد شدن هیدروژن از فلز جوش
- ۳- سرعت سرد شدن

عوامل وقوع ترک در هنگام بهره برداری (ترک مقاومتی)

- ۱- تردی ناشی از زخم که باعث شکست جوش یا فلز پایه در ناحیه تفتیده، تحت بارهای ضربه ای بزرگ در درجه حرارت پایین می گردد.
- ۲- ترک خستگی به علت اثر زخم ناشی از هندسه نامناسب درز: این نوع شکست تحت بارهای متناوب با تکرار و دامنه بزرگ به وجود می آید.



عواملی که باید کنترل گردند

- ۱- هندسه نواری
- ۲- گیرداری درز
- ۳- میزان کربن و آلیاژها
- ۴- وارد شدن هیدروژن
- ۵- حرارت ورودی

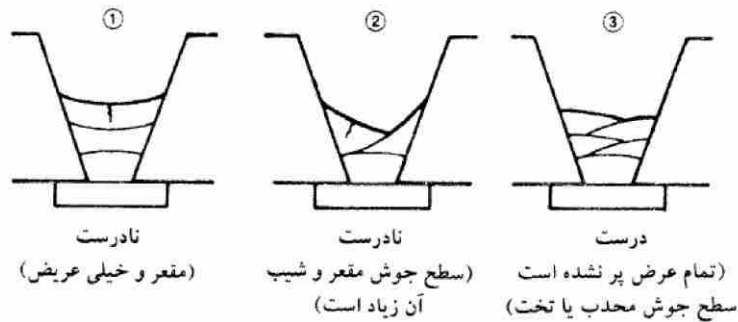
نکات مهم

- ۱- برای خال جوش ورق های ضخیم تر از ۲۵ میلی متر از الکترودهای کم هیدروژن استفاده گردد.
- ۲- در جوشکاری ورق های نازک، ترک خوردگی تقریباً هیچ وقت مشکلی مهمی نمی باشد، مگر اینکه میزان کربن و آلیاژ فولاد زیاد باشد.
- ۳- برای کاهش تنش های انقباضی در جوشکاری ورق های ضخیم، باید فاصله ای حدود ۱ تا ۲ میلی متر به کمک مفتول نرمه، بین دو ورق ایجاد گردد. برش مضرس لبه ها با دندانها یی در همین حدود می تواند تامین کننده این فاصله باشد.
- ۴- پاس اول جوش گوشه حتماً به صورت محدب اجرا شود تا از ترک خوردگی جلوگیری شود.



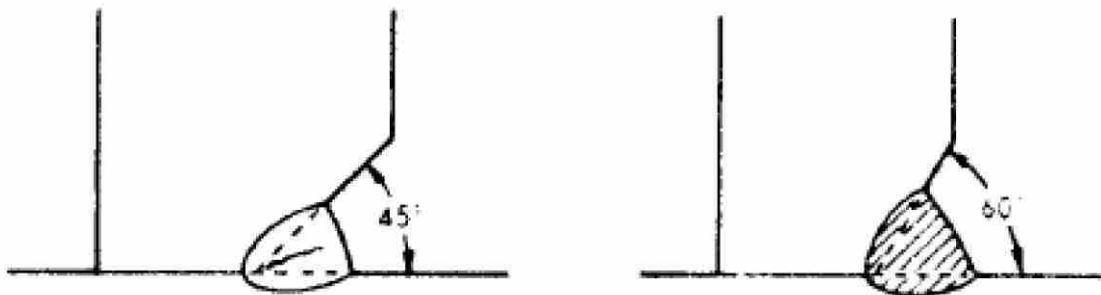
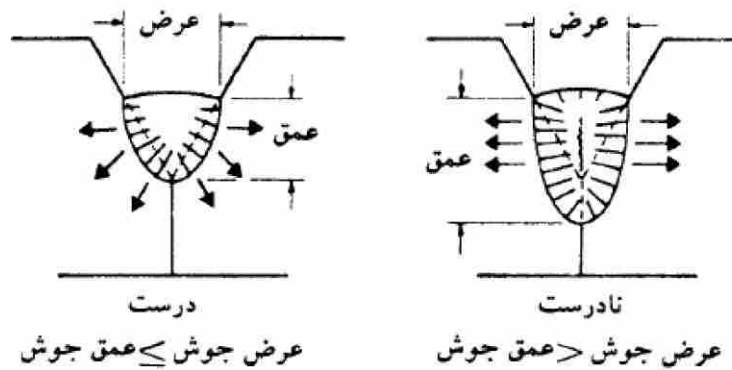
نکات مهم

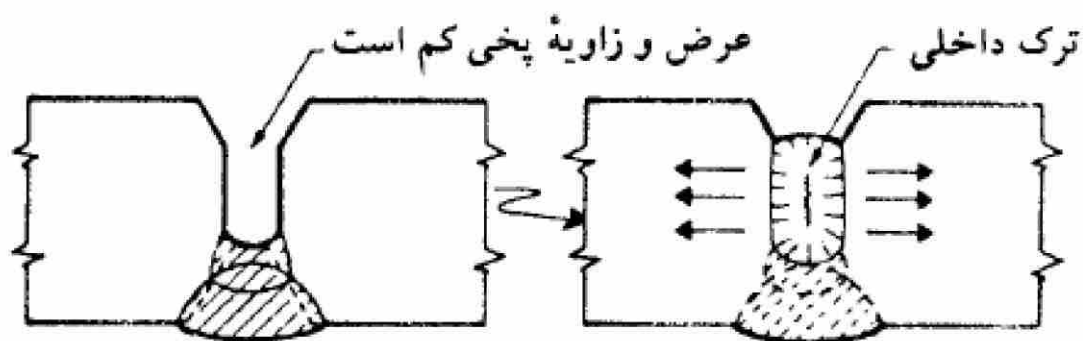
- ۵- در جوش شیاری ورق های ضخیم، پاس اول جوش باید محدب و پاسهای بعدی نیز به صورت نوارهای پهلوی به پهلوی با عرض کمتر و تحدب بیشتر اجرا گردد.



نکات مهم

- ۶- برای جلوگیری از ترک های داخلی در نوار جوش: نسبت مناسب عرض جوش به عمق ذوب بین ۱ تا ۱/۴ می باشد.





ترک در زیر نوار جوش

- در زیر نوار جوش در ناحیه تفتیده فلز پایه به وجود می آید. در فولادهای نرمه کم کربن مشاهده نمی شود. با افزایش کربن و آلیاژها و ضخامت ورق امکانش بیشتر می شود.
- یک روش جلوگیری استفاده از الکتروود کم هیدروژن است
- کاهش سرعت انجماد، کاهش سرعت جوشکاری و پیش گرمایش از شدت بروز ترک می کاهند.

روش های پیشگیری از ترک

- انتخاب دستورالعمل جوشکاری مناسب به همراه مقطع مناسب برای درز و نوار جوش و کنترل مواد مضاف.
- کاهش گیرداری درز با تعبیه فاصله بین دو لبه ورق.
- استفاده از مصالح جوش کم هیدروژن
- کنترل سرعت انجماد با کاهش شدت جریان الکتریسیته، کاهش سرعت جوشکاری و در صورت نیاز استفاده از پیش گرمایش و کنترل دما در پاس های میانی.



۵۲- کدامیک از عوامل زیر باعث وقوع ترک در نوار جوش نمی‌شود؟

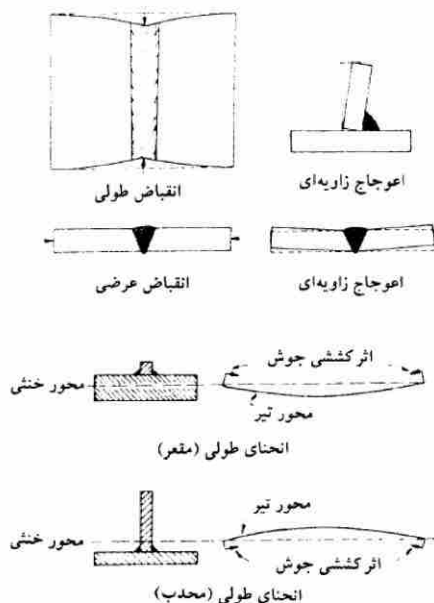
- (۱) گیرداری درز جوش
- (۲) بالا بودن میزان کربن و آلیاژ در فلز پایه
- (۳) وجود رطوبت در سطح شیار جوش در فلز پایه
- (۴) سرد شدن تدریجی جوش

۴۵- کدام یک از تمهیدات زیر برای جلوگیری از وقوع ترک در جوش صحیح نمی‌باشد؟

- (۱) استفاده از مصالح جوش کم هیدروژن
- (۲) کاهش گیرداری درز با تعبیه فاصله بین دو لبه ورق
- (۳) کنترل سرعت انجماد با افزایش شدت جریان الکتریسیته
- (۴) انتخاب دستورالعمل جوشکاری مناسب به همراه مقطع مناسب برای درز و نوار جوش و کنترل مواد مضاف



انواع تغییر شکل های ناشی از جوشکاری



عملیات پس گرم

- عملیات پس گرم عبارت است از حرارت دادن یکنواخت قطعه پس از عملیات جوشکاری. عملیات پس گرم به منظور آزاد کردن تنش های پس ماند که در اثر شیب های حرارتی و دماهای بالا ناشی از جوشکاری بوجود می آیند ، انجام می شود.
- عملیات پس گرم موجب ادامه عملیات پیشگرم شده و با افزایش دمای قطعه بعد از جوشکاری موجب سهولت نفوذ هیدروژن به خارج قطعه شده و احتمال بوجود آمدن ترک های سرد یا هیدروژنی کاهش می یابد.
- معایبی مانند کماتش، شمشیری و ناگونیایی خارج از رواداری را می توان به روش حرارتی اصلاح نمود.
- دمای گرم کردن قطعات حداکثر ۶۵۰ درجه سانتیگراد است و فقط مجاز به گرم کردن قطعاتی هستیم که تحت بار نباشند.

انتقباض عرضی

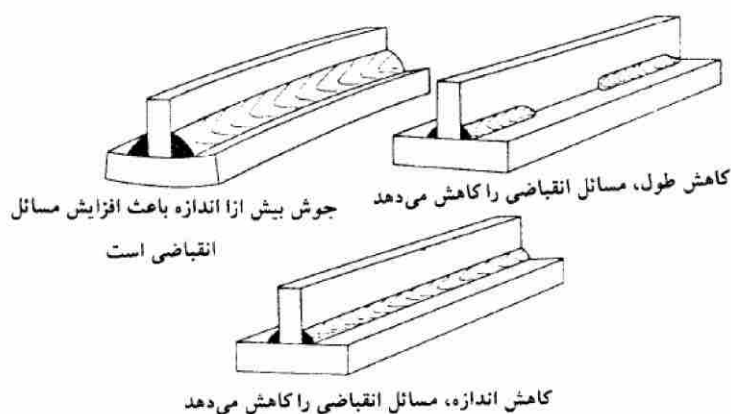
- بستگی به درجه گیرداری دارد.
- مقدار آن در حدود ۱۰ درصد متوسط درز جوش است.
- مقدار آن با افزایش سطح مقطع جوشکاری، افزایش می یابد.
- مقدار آن با افزایش دهانه ریشه و شیب پخی لبه، افزایش می یابد.
- مقدار آن متناسب با دمای القایی در هنگام جوش است.

راه کارهای کاهش انتقباض زاویه ای

- استفاده از جوش های جناغی V و لاله ای U دوطرفه
- انجام جوش های پشت و رو به صورت یک درمیان
- پخ زدن لبه به منظور کاهش بازوی لنگر و در نتیجه کاهش اعوجاج
- استفاده از جوش های گوشه با اندازه کم.
- استفاده از ورق بال ضخیم تر. مقدار انحنای نسبت عکس با توان دوم ضخامت دارد.

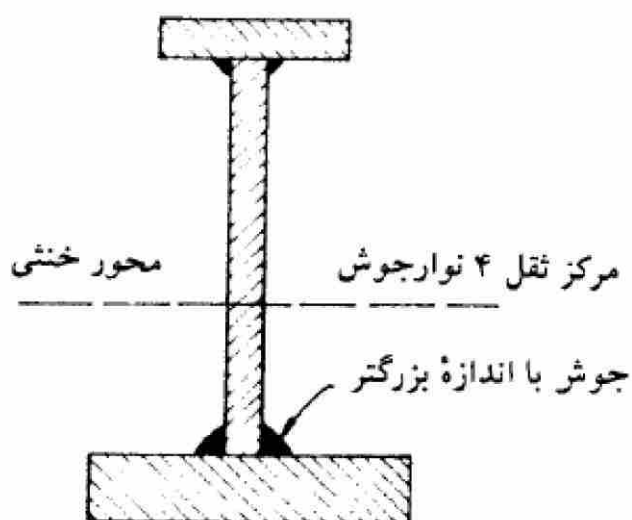
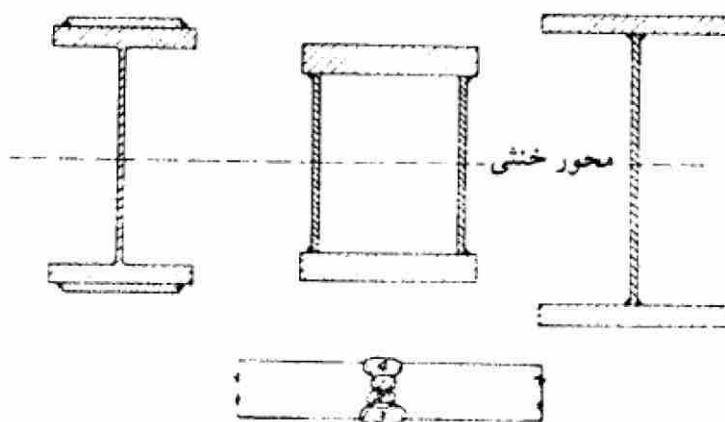


تأثیرات نا مطلوب جوش بیش از حد



راه کارهای کاهش انحنای طولی (شمشیری شدن)

- ۱- متعادل کردن جوش ها در حول محور ختثای مقطع به دو روش زیر:
- الف- هم اندازه کردن جوش های هم فاصله در دو طرف تار ختثی
- ب- در صورتی که جوش های دو طرف تار ختثی هم اندازه نباشند، اندازه جوش هایی که در فاصله نزدیک تری نسبت به تار ختثی قرار دارند، باید افزایش یابد.

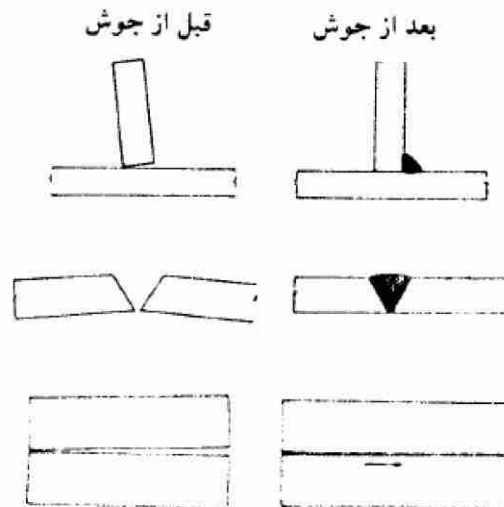


راه کارهای کاهش انحنای طولی (شمشیری شدن)

- ۲- اگر جوش ها نسبت به تار خنثی متقارن نباشند، می توان از تدابیر زیر استفاده نمود:
- الف- پیش انحنای عضو (پیش خیز)
- ب- تکیه دادن عضو در نواحی میانی و طره کردن دو انتهای آن، به طوری که عضو به صورت محدب در آمده و این تحدب در هنگام جوشکاری به صورت مستقیم درآید.
- پ- تقسیم کردن عضو به مجموعه های کوچکتر، به طوری که جوشکاری در مقطع در هر مجموعه به صورت متقارن باشد. اگر بال طویل تر یک عضو خمیده حرارت داده شود، به صورت مستقیم در می آید.

روش های مناسب برای کنترل اعوجاج

- ۱- بستن عضو به شاسی کار و نگهداری آن در حین جوشکاری.
- ۲- تنظیم لبه ها و ورق ها به صورت غیر هم راستا، به طوری که بعد از جوش به صورت مستقیم درآیند.
- ۳- پیش انحنای عضو (پیش خیز).
- ۴- بستن دو عضو به صورت پشت به پشت با مقداری پیش انحنا (استفاده از پشت بند).
- ۵- استفاده از گیره و قالب (در نهایت باعث افزایش تنش پسماند می شود).
- ۶- پیش بینی فاصله برای خنثی کردن انقباض در هنگام مونتاژ قطعات.
- ۷- امکان آزادی حرکت برای قطعات در هنگام جوشکاری.
- ۸- تقسیم قطعات اصلی به قطعات کوچکتر و سپس سر هم کردن قطعات.
- ۹- ابتدا قطعات انعطاف پذیرتر جوش داده شوند، به طوری که راست کردن آن ها ساده باشد.



۴۸- کدام عبارت در خصوص انقباض عرضی جوش صحیح نمی باشد؟

- (۱) مقدار آن با افزایش دهانه ریشه و شیب پخی لبه، افزایش می یابد.
- (۲) مقدار آن در حدود ۱۰ درصد عرض حداکثر درز جوش است.
- (۳) مقدار آن با افزایش سطح مقطع جوشکاری افزایش می یابد.
- (۴) مقدار آن متناسب با دمای القایی در هنگام جوش است.

پنج دستورالعمل حصول کیفیت در جوش ساختمانی (قانون 5p)

- ۱- روش جوشکاری (process selection)
- ۲- آماده سازی مناسب لبه ها (preparation)
- ۳- دستورالعمل جوشکاری (procedure)
- ۴- پرسنل (personnel)
- ۵- بازرسی و تایید جوش (prove)

دستورالعمل جوشکاری (WPS)

- بهترین روش برای تدوین دستورالعمل جوشکاری قابل اعتماد، استفاده از نمونه های آزمایشی است.
- دستورالعمل جوشکاری کامل، باید شامل اطلاعات زیر باشد:
 - ۱- جزییات اتصال
 - ۲- هندسه و رواداری های درز
 - ۳- روش جوشکاری
 - ۴- نوع و اندازه الکترود
 - ۵- نوع پودر و یا گاز محافظ
 - ۶- شدت جریان و ولتاژ (و تغییرات آنها در پاسهای مختلف) و قطبیت

دستورالعمل جوشکاری (WPS)

- ۷- پیش گرمایش و درجه حرارت عبورهای میانی
- ۸- توالی عبورها (همراه با یک طرح)
- ۹- نوع بازرسی مورد نیاز
- ۱۰- هر اطلاعات دیگر از قبیل زاویه الکتروود، قرارگیری نوار جوش و یا تکنیک های خاصی که کمکی برای حصول جوش خوب توسط جوشکار باشد.

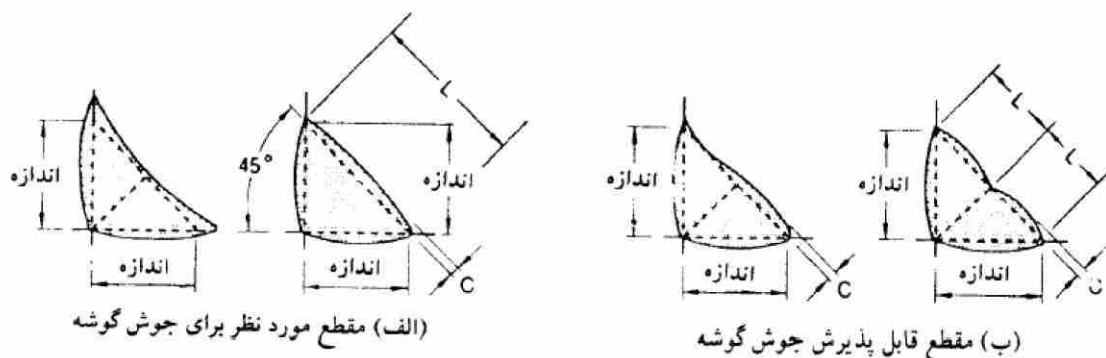
بازرسی عینی (V.I)

- صد درصد جوش های انجام شده باید بازرسی عینی گردند.
- مراحل بازرسی عینی:
 - ۱- قبل از جوشکاری
 - ۲- در حین جوشکاری
 - ۳- بعد از جوشکاری



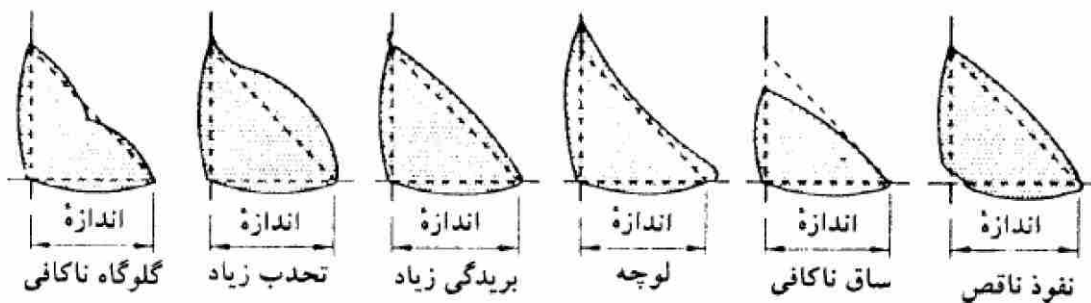
ضوابط پذیرش بازرسی چشمی جوش

- وجود هر عیب در جوش به معنای مردود اعلام نمودن آن نیست و تحت رواداری هایی می توان عیوبی را در جوش پذیرفت.
- جوشی تحت آزمایش های غیر مخرب قرار می گیرد که در بازرسی های عینی مورد پذیرش قرار گرفته باشد.
- ضوابط پذیرش در بازرسی عینی مطابق AWS در صفحه ۲۱۱ آمده است.



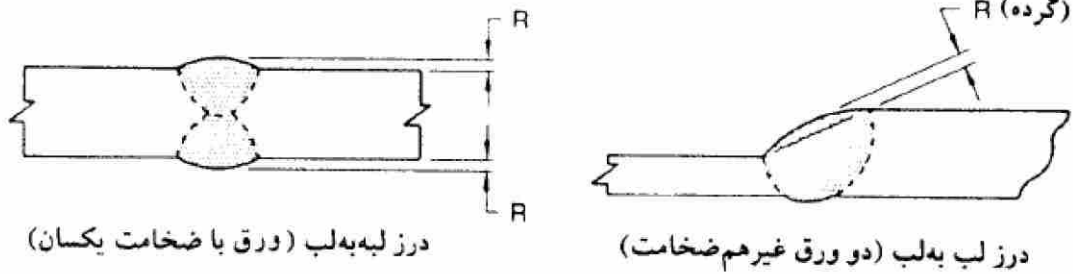
اصلاحی بر اساس مبحث ۱۰

اندازه ساق یا طول L	حداکثر گرده (mm)
$L \leq 8 \text{ mm}$	1/6mm
$8 < L < 25$	3 mm
$L \geq 25 \text{ mm}$	5 mm



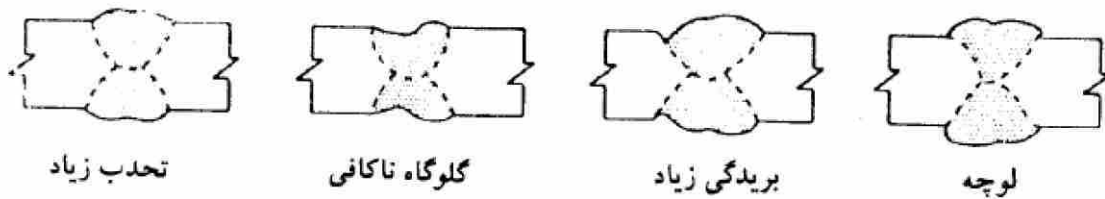
(پ) مقاطع غیرقابل پذیرش جوش گوشه





توجه: میزان گرده جوش نباید بیش از ۳ میلی متر باشد

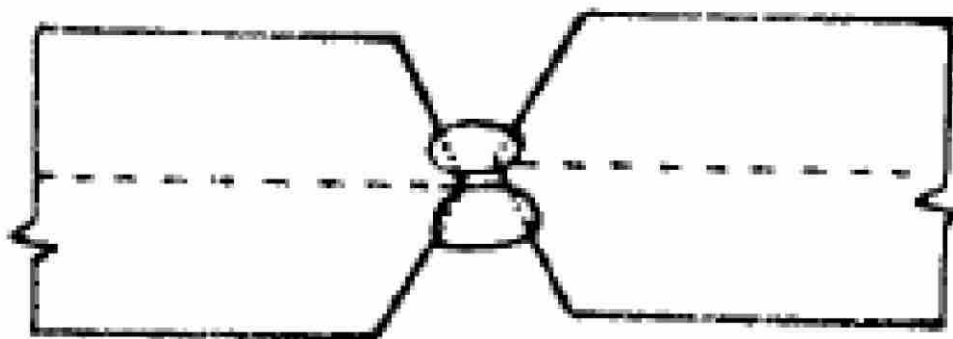
(ت) مقاطع جوش های شیاری قابل پذیرش در درزهای لب به لب



(ث) مقاطع غیر قابل پذیرش جوش شیاری در درزهای لب به لب

نکات بازرسی چشمی

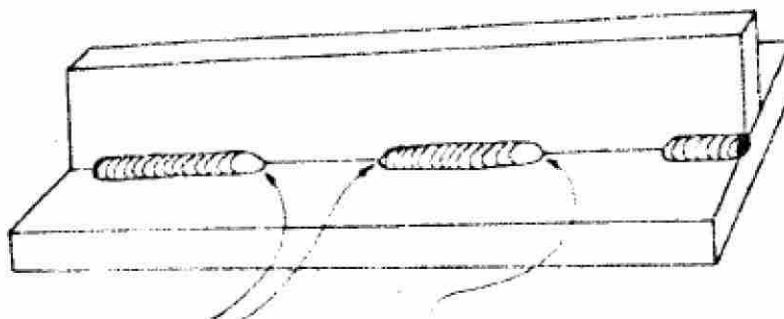
- ۱- عدم هم محوری صحیح باعث تشکیل قسمت هایی با نفوذ ناقص جوش می شود.
- ۲- اگر سرعت حرکت الکتروود خیلی آهسته باشد، فلز جوش ذوب شده و گل جوشکاری، به سمت جلوی الکتروود فرار کرده و شروع به سرد شدن می نماید. در نتیجه جوش اصلی که به روی این قسمت اجرا می گردد، شانس نفوذ کافی به ریشه را از دست می دهد، علاوه بر این مقداری از فلز جوش به بیرون سرریز (لوچه-شره) می کند.



چاله انتهای جوش (Filled Crater)

- چاله انتهای جوش می تواند دو مشکل ایجاد کند:
 - ۱- ضخامت گلوله جوش کمتر در مقایسه با سایر قسمت های جوش
 - ۲- امکان وقوع ترک ستاره ای در آن ها در هنگام سرد شدن
- در جوش های با طول محدود، باید انتهای جوش در محلی واقع گردد که میزان تنش کم است، در غیر این صورت باید دقت شود که در انتهای جوش چاله کاملاً پر شود.
- در جوش گوشه ورق فوقانی اتصال صلب به بال تیر، در شروع و ختم جوش باید دقیق بود تا چاله ایجاد نشود.
- در جوش نبشی نشیمن، جوش از پشت بال نبشی شروع شده و به لبه آن ختم می شود تا چاله در این محل که تنش های کمتری دارد ایجاد شود.
- در جوش های منقطع، تشکیل چاله در دو انتهای هر قطعه جوش مشکل مهمی نیست، اما با روش کار مناسب نباید اجازه تشکیل آن را بدهیم. مکت جوشکار در انتها و کمی برگشت دست به عقب مشکل را حل می کند.



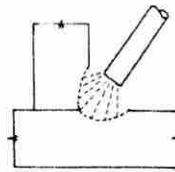


پُر کردن چاله انتهای
اثر زخم را کم می‌کند

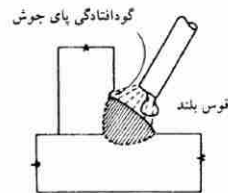
اثر زخم در ابتدا و انتهای جوش
مشکل مهمی نیست

بریدگی لبه‌های جوش (Under Cut)

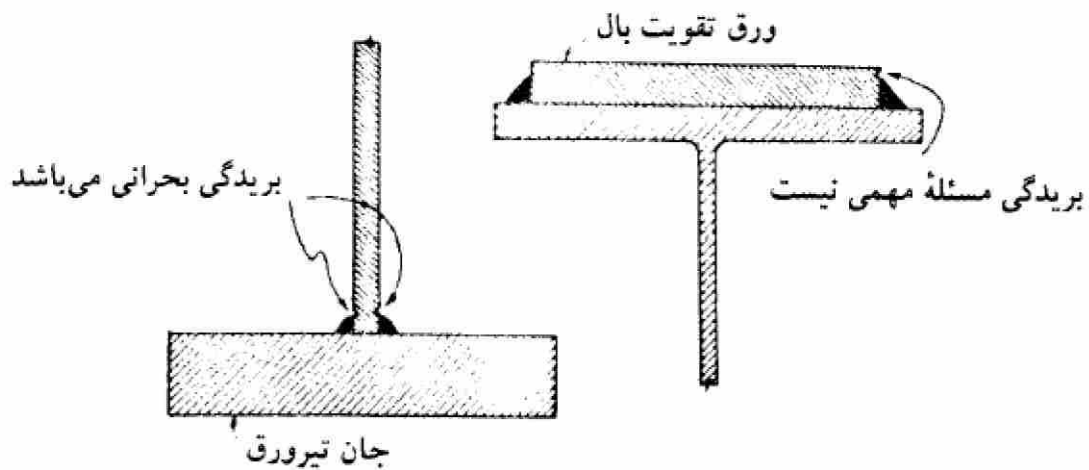
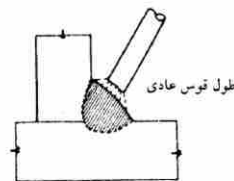
- اگر طول قوس بلند باشد، مصالح جوش نمی‌تواند تمام فضای ذوب شده را پر کند و در نتیجه در لبه جوش گود افتادگی یا بریدگی به وجود می‌آید. با نزدیک کردن نوک الکترود به سطح جوش مشکل حل می‌شود.
- اگر بریدگی باعث کاهش عمده در ضخامت یا سطح مقطع گردد، وقوع آن مردود است.
- اگر تنش در امتداد عرضی اعمال گردد، بریدگی همانند یک زخم عمل کرده و زیان بار خواهد بود.
- بر اساس AWS در حالتی که نیرو به طور عرضی بر بریدگی اعمال می‌گردد، بریدگی تا عمق $0/25$ میلیمتر و در صورتی که نیرو موازی بریدگی باشد، تا عمق $0/8$ میلی‌متر قابل قبول است.
- بریدگی تحتانی زیان بارتر از بریدگی فوقانی است.
- هر گونه برون محوری، باعث ایجاد تنش خمشی در بریدگی تحتانی می‌گردد.

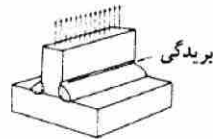


ب: اگر طول قوس بلند باشد (فاصله نوک الکترود تا سطح جوش)، مصالح جوش نمی تواند تمام فضای ذوب شده را پر کند، در نتیجه در لبه جوش گودافتادگی یا بریدگی به وجود می آید.

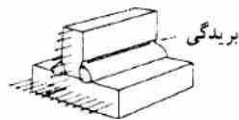


پ: با کاهش طول قوس (نزدیک کردن نوک الکترود به سطح جوش)، مصالح جوش تمام فضای ذوب شده را پر می کند.

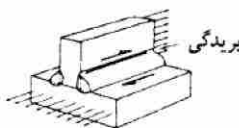




در شکل روبرو بریدگی زیانبار است.



در شکل روبرو بریدگی خیلی مضر نیست.



در شکل روبرو نیز تنش برشی به موازات بریدگی عمل نموده و زیانبار نخواهد بود.

آزمایش های ارزیابی و تایید

• الف- آزمایش های ارزیابی (Q/A):

- ۱- آزمایش های ارزیابی و تایید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری (W.P.S)
- ۲- آزمایش های ارزیابی، تعیین صلاحیت و رده بندی جوشکاران

• ب- آزمایش های تایید (Q/C):

- ۳- آزمایش های بازرسی و تایید

آزمایش های ارزیابی و تایید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری (W.P.S)

مراحل :

۱. آماده سازی ورق و طرح اتصال طبق دستورالعمل
۲. انجام عملیات جوشکاری مطابق با دستورالعمل جوشکاری
۳. بازرسی چشمی جوش
۴. انجام آزمایشات غیر مخرب و مخرب
۵. ثبت نتایج آزمایشات (گزارش هر آزمایش در فرم مربوطه ثبت می شود)

آزمایش های ارزیابی، تعیین صلاحیت و رده بندی جوشکاران

- یک جوش که دستور العمل آن مورد تایید است توسط جوشکار در وضعیت مورد نظر انجام می گیرد . بر حسب نتایج حاصل از آزمایشات ، صلاحیت جوشکار مورد ارزیابی قرار می گیرد.
- برای بررسی قطعه جوشکاری شده ابتدا قطعه بصورت چشمی مورد ارزیابی قرار می گیرد، در صورت تایید با روش رادیوگرافی بررسی می شود و یا تحت آزمایش های مکانیکی قرار می گیرد .



انواع آزمایش ها

- الف- آزمایش های مخرب (D.T):
نسبتاً ارزان قیمت و بسیار کاربردی هستند و در برنامه تضمین کیفیت مورد توجه قرار می گیرند. آزمایش هایی نظیر آزمایش کشش، خمش، شکست، حک و ضربه در این گروه قرار می گیرند.
- ب- آزمایش های غیر مخرب (N.D.T):
در برنامه کنترل کیفیت و برای تایید جوش تمام شده استفاده می شوند.

انواع آزمایش های غیر مخرب

- ۱- بازرسی با مواد نافذ (Penetration Test- PT)
- ۲- آزمون ذرات مغناطیسی (Magnetic Particle Testing- MT)
- ۳- آزمون فراصوتی (Ultrasonic Testing- UT)
- ۴- آزمون پرتو نگاری (Radiographic Inspection Testing- RT)
- ۵- آزمایش جریان گردابی (Eddy Current Testing)
- ۶- آزمایش نشت
- ۷- آزمایش سختی

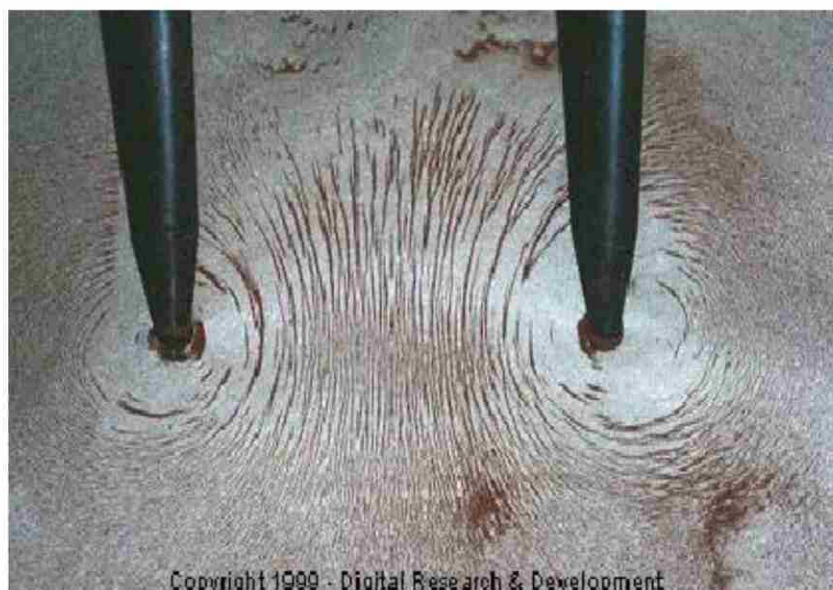
بازرسی با مواد نافذ (Penetration Test- PT)

- برای مکان یابی معایب سطحی استفاده می شود و عیوب داخلی را نشان نمیدهد.
- برای فلزات غیر مغناطیسی نظیر فولاد ضد زنگ، آلومینیوم، منیزیم و تنگستن و پلاستیک ها نیز کاربرد دارد.
- محدودیت این آزمایش عدم امکان استفاده از آن برای مواد متخلخل (porous) می باشد.
- **مراحل کار:**
 ۱. تمیزکاری سطح کار به وسیله پرایمر
 ۲. پاشیدن ماده نافذ قرمز رنگ روی سطح کار
 ۳. زدودن رنگ اضافی از روی سطح
 ۴. پاشیدن یک مایع فوق العاده فرار (ماده ظهور) حاوی ذرات ریز سفید رنگ روی سطح کار

آزمون ذرات مغناطیسی (Magnetic Particle Testing- MT)

- یکی از آسان ترین آزمایشهای غیر مخرب است.
- برای بررسی و بازبینی عیوب سطحی و نزدیک به سطح ورق ها قبل از جوشکاری و برای معایبی از قبیل ترک های سطحی، ذوب ناقص، تخلخل، بریدگی، نفوذ ناقص ریشه و اختلاط سرباره در نوار جوش به کار می روند. البته عیوب تا عمق حدود ۵ تا ۷ میلی متری زیر سطح جوش قابل تشخیص هستند.
- این روش محدود به مواد مغناطیسی شونده نظیر چدن، فولاد، نیکل و کروم بوده و برای مواد و فلزات غیر مغناطیسی مانند فولاد ضد زنگ، آلومینیوم و مس کاربرد ندارد.
- **مراحل کار:**
 ۱. مغناطیسی کردن قطعه با استفاده از جریان الکتریکی
 ۲. پوشاندن سطح قطعه با لایه نازکی از گرد مغناطیسی نظیر اکسید آهن قرمز
 ۳. تجمع پودر در محل ناپیوستگی های جوش، عیب را نشان می دهد.

وجود عیوب سطحی یا زیر سطحی در قطعه باعث نشتی میدان شده و یک آهن ربای موضعی روی سطح قطعه بوجود می آید که پودر آهن در این محل جذب قطعه شده و طرحی از عیب موجود در قطعه را نمایش میدهد.



Copyright 1999 - Digital Research & Development

ضوابط رد یا پذیرش عیوب در آزمون ذرات مغناطیسی

- ۱- کلیه نشانه ها (Indications) کوچکتر از $\frac{1}{6}$ میلی متر قابل پذیرش می باشند.
 - ۲- کلیه عیوب خطی با ابعاد بزرگتر از $\frac{1}{6}$ میلی متر غیر قابل پذیرش بوده و باید تعمیر گردد.
 - ۳- کلیه عیوب کروی با ابعاد بزرگتر از $\frac{4}{8}$ میلی متر غیر قابل پذیرش بوده و باید تعمیر گردد.
- علائمی که طول آن ها بزرگتر از ۳ برابر عرض آن ها باشد، عیوب خطی ارزیابی می شوند.

آزمون فراصوتی (Ultrasonic Testing- UT)

- یکی از آزمایش های نسبتاً پیشرفته و روشی سریع برای تشخیص، مکان یابی و اندازه گیری معایب سطحی و داخلی فلز جوش و فلز پایه است.
- این روش بر اساس زمانی که امواج فراصوتی از ماده مورد آزمایش عبور می کند پایه گذاری شده است. اگر یک ناپیوستگی در قطعه وجود داشته باشد موج التراسونیک به جای ادامه حرکت به طرف جلو به عقب برمی گردد و زمان کوتاهتری نسبت به قطعه سالم، توسط پروب دریافت می گردد.

• مراحل کار:

۱. انتشار امواج فراصوتی از یک فرستنده (مشابه امواج صوتی ولی با فرکانس بالاتر)
۲. عبور امواج فراصوتی از داخل قطعه
۳. انعکاس امواج با هر گونه تغییر در تراکم داخلی قطعه
۴. جذب امواج منعکس شده توسط گیرنده و نمایش روی صفحه اسیلوسکوپ به صورت منحنی

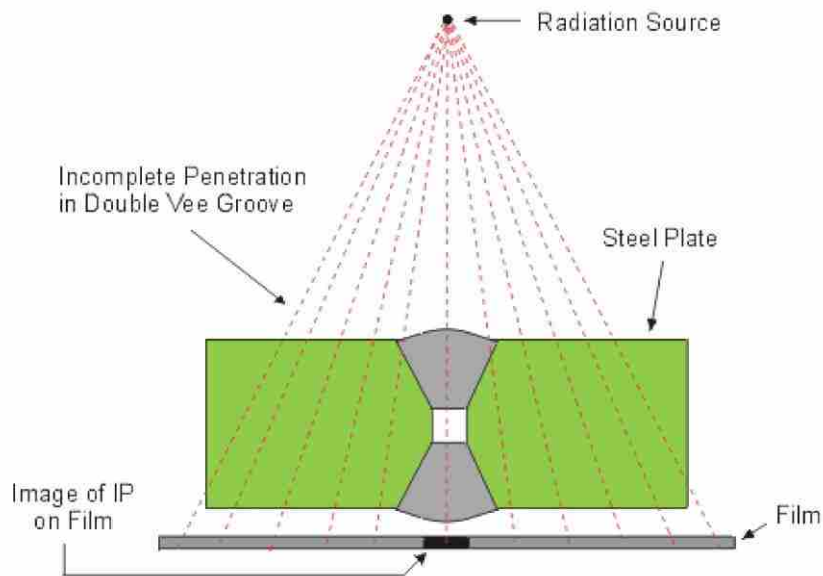
آزمون پرتونگاری (Radiographic Inspection Testing- RT)

- عکسی از وضعیت داخلی فلز جوش گرفته می شود که نوع و محل عیوب داخلی و بسیار ریز (میکروسکوپی) جوش را نشان می دهد.

• مراحل کار:

۱. قرار دادن فیلم در یک طرف قطعه و منبع پرتوزا (X یا گاما) در سمت دیگر
۲. نفوذ پرتو رادیویی در ضخامت فلز و ایجاد لکه ای بر روی فیلم
۳. رسیدن پرتو بیشتر به فیلم در حوالی قسمت های معیوب جوش و ثبت لکه های تاریک روی فیلم





ضوابط پذیرش بازرسی های پرتونگاری

- در عکس های پرتونگاری، جوش نباید حاوی ترک باشد.
- شرایط پذیرش سایر ناپیوستگی ها (حفرات) بستگی به هندسه حفره دارد که آیا سوزنی است یا گرد.
- حفره سوزنی آن است که نسبت طول به عرضش بزرگتر از ۳ باشد.
- حفره گرد آن است که نسبت طول به عرض کوچکتر یا مساوی ۳ باشد و از لحاظ شکل می تواند به صورت گرد یا نامنظم دم دار باشد.
- $E =$ اندازه جوش یا گلوی موثر

ضوابط پذیرش بازرسی های پرتونگاری

• عیوب غیر قابل پذیرش:

۱. حفرات گرد با اندازه بزرگتر از $E/3$ یا ۶ میلیمتر. در صورتی که ضخامت قطعه بزرگتر از ۵۰ میلی متر باشد، محدودیت ۶ میلی متر می تواند به ۱۰ میلی متر افزایش یابد. حداقل فاصله آزاد این نوع حفره با بعد بزرگتر از ۲ میلی متر، تا یک حفره سوزنی و یا گرد قابل پذیرش و یا تا لبه جوش تقاطعی، سه برابر بزرگترین بعد حفره مورد نظر است.
۲. مجموع بعد حفرات تک با بعد حداکثر ۲ میلی متر، در هر ۲۵ میلی متر طول جوش، نباید بزرگتر از $2E/3$ یا ۱۰ میلی متر (هر کدام که کوچکتر است) باشد. این محدودیت مستقل از بند قبل می باشد.
۳. در حفرات سوزنی وقتی که مجموع بعد بزرگتر حفرات، بزرگتر از E در هر $6E$ طول نوار جوش باشد. وقتی که کل نوار جوش کوچکتر از $6E$ باشد، مقدار مجاز مجموع حفرات به تناسب کاهش می یابد.

آزمایش جریان گردابی (Eddy Current Testing)

- مشابه روش ذرات مغناطیسی، از انرژی الکترومغناطیسی جهت آشکارسازی معایب و نواقص در مصالح استفاده می کند.
- این روش هم برای مصالح آهن دار و هم ترکیبات غیر آهنی مناسب بوده و به ویژه در بازرسی جوشکاری خطوط لوله کاربرد دارد.
- عیوبی از قبیل تخلخل، نفوذ یا اختلال گل جوشکاری، ترک و ذوب ناقص فلز جوش را ظاهر می سازد.



آزمایش نشت

- معمولاً برای آزمایش جوشکاری مخازن تحت فشار و خطوط لوله به کار می رود.
- اگر آزمایش فقط برای تعیین نشتی انجام شود، اعمال فشاری بیش از فشار بهره برداری وارد بر جوش لازم نیست.
- اگر گسیختگی قطعه جوشی صدمات مالی و جانی بزرگی در پی دارد، فشاری اضافه بر شرایط بهره برداری اعمال می شود.
- در آزمایش مخرب، فشار تا حد ترکیدن (گسیختگی) قطعه وارد می شود.
- معمولاً از آب جهت تعیین محل نشت استفاده می شود، ولی برای روزنه های خیلی کوچک از هوا یا روغن تحت فشار و چسبندگی کم هم استفاده می شود.

آزمایش سختی

- اطلاع از میزان سختی جوشی که ماشین کاری می شود یا در معرض ساییدگی قرار دارد، مهم و ضروری است.
- یکی از آزمایشات سختی غیر مخرب، آزمایش برینل است که برای سطوح بزرگ که اثرگذاری روی آن ها مجاز است به کار می رود.
- آزمایش برینل شامل اثر گذاری یک گلوله فولادی سخت بر روی قطعه فلزی مورد آزمایش تحت فشار معین و زمان از پیش تعریف شده می باشد. قطر اثر گلوله روی قطعه اندازه گیری می شود و بر اساس آن یک عدد برینل از جدول استخراج می شود.

زمان انجام آزمایش های غیر مخرب

- به غیر از جوشکاری ورق ها با تنش تسلیم بزرگتر از ۶۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، تمام بازرسی های غیر مخرب جوشکاری را می توان بلافاصله بعد از خنک شدن جوش انجام داد.
- در مورد جوشکاری فولادهای خیلی پرمقاومت ($F_y > 6000 \text{ kg/cm}^2$)، بازرسی ها ۴۸ ساعت بعد از خنک شدن جوش آغاز می شود.
- در خصوص برنامه ریزی آزمایش های غیر مخرب و ضوابط پذیرش عیوب داخلی جوش به جداول صفحات ۳۰۱ تا ۳۰۸ کتاب مراجعه شود.

مراحل عملیات اجرایی در کارهای فولادی

- ۱- تهیه نقشه های ساخت با توجه به نقشه های محاسباتی (Shop Drawing)
- ۲- عملیات برشکاری و سوراخ کاری
- ۳- عملیات ساخت اعضا
- ۴- تمیزکاری و رنگ
- ۵- حمل
- ۶- عملیات پیش مونتاژ و مونتاژ در پای کار
- ۷- عملیات واداشتن، نصب، خال جوش و اتصالات موقت
- ۸- تنظیم نهایی، شاقولی کردن ستون ها، هم محور کردن تیرها و تکمیل اتصالات
- ۹- بازرسی و تایید نهایی
- ۱۰- رنگ آمیزی و لکه گیری

عملیات برشکاری و آماده سازی لبه ها

- عملیات آماده سازی لبه ها برای ضخامت های کم را می توان به کمک دستگاه لبه زن انجام داد. اما چون لبه زن زاویه را با له کردن ورق ایجاد می کند، لبه ایجاد شده از کیفیت خوبی برخوردار نیست و پس از جوشکاری، ترک هایی در نواحی مجاور جوش به وجود می آید.
- در برش حرارتی، اگر ورق از یک طرف بریده شود به صورت شمشیری در می آید. به همین دلیل باید هر دو سمت ورق به صورت همزمان برش داده شوند.

عملیات سوراخ کاری

عملیات سوراخ کاری به دو روش ممکن است:

۱- مته:

سوراخ ایجاد شده کیفیت بسیار خوبی دارد ولی عملیات پر هزینه است. عملیات معمولاً توسط مته های رادیال انجام می شود که دارای بازده خوبی می باشد.

۲- دستگاه پانچ (ضربه زن):

مناسب ورق های با ضخامت تا حدود ۱۵ میلی متر

❖ نکته:

اطراف سوراخ های ایجاد شده توسط پانچ ترک های میکروسکوپی وجود دارد که در محاسبات تاثیر این ترک ها را با افزودن ۲ میلی متر به قطر سوراخ منظور می نمایند. راه حل میانه این است که ابتدا سوراخی با قطر کوچکتر توسط سوراخ زن ایجاد شود و سپس توسط مته کاری گشاد شده و به قطر مورد نظر افزایش یابد.

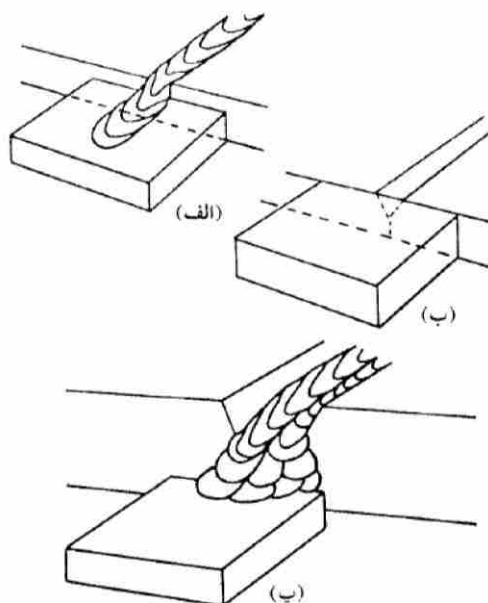


ساخت اعضا

- چنانچه اعضا از ورق ساخته شوند، پس از برشکاری ورق ها باید آن ها را یکسره کرده و درزها را جوش دهیم و سپس ورق های بال و جان را مونتاژ کنیم.
 - اگر ابتدا ورق های بال و جان مونتاژ و سپس جوش درزها انجام شود، این کار ممکن است از نظر کنترل تغییر شکل ها مفید باشد ولی به دلیل به وجود آمدن دو عیب عمده زیر غیرمجاز می باشد:
- ۱- ایجاد تنش های پسماند با توجه به قیدهای موجود در مقابل تغییر شکل های حرارتی جوش و فلز جوش شده.
 - ۲- دشواری اجرای جوش درزها به صورت پیوسته و بی عیب.

نکات

- در درزهای لب به لب اگر تسمه پشت بند استفاده نشود، دهانه ریشه باید حدود ۳ میلی متر باز نگه داشته شود.
- به علت ریزش مواد مذاب جوش، انتهای جوش درزهای لب به لب به صورت تمام ضخامت در نمی آید. برای رفع این عیب، غالباً در انتهای درز به کمک تسمه، اضافه طولی برای ایجاد می شود که بعد از اتمام جوشکاری این قطعه سنگ زده می شود. به این اضافه طول ناودان می گویند.



مونتاژ وجه چهارم ستون های جعبه ای

- ستون های جعبه ای از ورق ساخته می شوند و دارای دو بال و دو جان می باشند (مشابه ستون قوطی).
- چنانچه چهار ورق دور ستون به هم جوش شوند، دیگر امکان دسترسی به داخل ستون و جوشکاری سخت کننده های داخلی نخواهد بود. لذا یک وجه از چهار وجه ستون در آخر کار مونتاژ می شود.
- مونتاژ وجه چهارم به یکی از دو صورت زیر انجام می شود:
 - ۱- ورق وجه چهارم به صورت کامل بندزنی و جوش شده و جهت اتصال به سخت کننده های داخلی از جوش کام استفاده می شود.
 - ۲- وجه چهارم ستون به صورت تکه تکه در حدفصل میان ترازهای ستون روی U مونتاژ شده به نحوی که ورق های سخت کننده را بتوان به آن از داخل جوشکاری نمود. عموماً این روش در مورد مقاطع بزرگ کاربرد دارد.

موقعیت جوشکاری

- می توان تیرها را در موقعیتی که جان آن ها زاویه ای بین ۳۰ تا ۴۵ درجه با افق می سازد قرار داد، تا امکان اجرای جوش ها در موقعیت تخت فراهم شود. این موقعیت امکان جوشکاری ساده تر و کمی سریع تر، امکان کنترل و بازرسی بهتر از شکل نوار جوش و انجام جوش های بزرگتر در یک بار عبور را فراهم می کند.
- بزرگترین نوار جوش در یک بار عبور که در موقعیت افقی اجرا می شود، حدود ۸ میلی متر است. حال آن که در موقعیت تخت این اندازه می تواند تا ۲۰ میلی متر افزایش یابد.
- برای نوار جوش با ساق ۶ تا ۸ میلی متری، موقعیت اجرای جوش (به صورت افقی یا تخت) اختلاف زیادی ایجاد نمی کند.
- اگر نوار جوش ۱۰ میلی متر یا ۱۳ میلیمتری نیاز باشد، سازنده موقعیت های مختلفی را می تواند انتخاب کند.

وصله کاری کارگاهی

- متداول ترین روش به کار رفته در وصله کارگاهی تیرها، جوش یک در میان بال و جان به صورت زیر است:
- ۱- بخشی از ضخامت هر دو بال (حدود نصف تا یک سوم) در تمام عرض جوش می شود.
- ۲- قسمتی از ضخامت جان (حدود نصف) در تمام عرض جوش می شود.
- ۳- جوشکاری بال ها کامل می شود.
- ۴- در نهایت جوشکاری جان نیز تکمیل می گردد.
- در مورد جان های مرتفع، گاهی اوقات جوش های قائم به دو یا سه قسمت تقسیم شده و روش گام به عقب مورد استفاده قرار می گیرد. این عمل انقباض یکنواخت تری را در درز نتیجه خواهد داد.

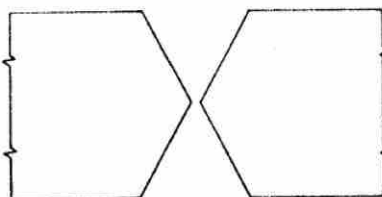


وصله کاری کارگاهی

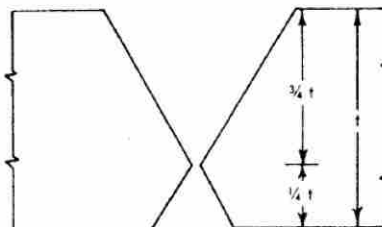
بیشترین درزهای لب به لب در وصله های کارگاهی از نوع جناغی یک طرفه (V) می باشند. در مورد ورق های ضخیم (۲۰ میلی متر و بزرگتر) به منظور کاهش مقدار جوشکاری و تعادل جوش در هر دو طرف و حذف تغییر شکل زاویه ای، از درز جناغی دو طرفه (X) استفاده می شود.



(الف) درز V (جناغی یکطرفه)، ساده ترین آماده سازی و دارای تمایل به تغییر شکل زاویه ای



(ب) درز X (جناغی دوطرفه)، برای ورق ضخیم تر مقدار فلز جوش را کاهش می دهد. چنانچه جوش ها به صورت متناوب در بالا و پایین اجرا شود، هیچ تغییر شکل زاویه ای ایجاد نمی شود. جز آنکه ورق برگردانده شود، جوشکاری در موقعیت سقفی، لازم خواهد بود.



(پ) زمانی که ورق ها نمی توانند برگردانده شوند، مقدار جوش سقفی می تواند با ادامه دادن بخش بالایی درز X تا حداکثر $\frac{1}{4}t$ ضخامت ورق، کاهش یابد (جناغی دوطرفه نامتقارن).

عملیات حمل

- در هنگام تولید اعضا در کارخانه، طول، عرض، ارتفاع و وزن قطعه تولیدی باید طوری انتخاب شود که در هنگام حمل، شرایط بار ترافیکی ایجاد نگردد.
- شرایط بار ترافیکی:
 - ۱- داشتن عرض بیشتر از عرض تریلی (حدود ۲/۸۰ متر)
 - ۲- داشتن طول بیشتر از طول تریلی (حدود ۱۲ متر)
 - ۳- داشتن ارتفاع بیش از حد (ارتفاع بالای بار از سطح جاده بیش از ۴ متر)
 - ۴- داشتن وزن غیر عادی

رواداری نصب ستون

- حداکثر میزان جابجایی مجاز محور ستون از محل فرضی، مساوی ± 6 میلی متر می باشد.
- ناشاقولی مجاز ستون ها، تا طبقه بیستم به ازای هر طبقه مساوی یک پانصدم ارتفاع و حداکثر ۲۵ میلی متر به سمت نما و ۵۰ میلی متر به سمت داخل ساختمان می باشد.

۳۷- پیچیدگی در جوشهای شیاری (Buff weld) وقتی بطور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد که:

- (۱) سرعت جوشکاری کاهش یابد.
- (۲) جوش از گرده بیشتری برخوردار باشد.
- (۳) بجای لبه سازی V از لبه سازی Double V استفاده شود.
- (۴) دهانه ریشه جوش (Gap) و زاویه پخ افزایش یابد.

۴۱- برای پخ زنی لبه یک ورق فولادی کدامیک از روشهای زیر مجاز نیست ؟

- (۱) استفاده از دستگاه پخ زنی که با ساز و کار لهیدگی عمل می کند
- (۲) سنگ زنی
- (۳) برش حرارتی
- (۴) براده برداری

۳۹- جهت بالا بردن سرعت جوشکاری، کاهش زمان ساخت و افزایش راندمان، کدامیک از روشهای زیر را

پیشنهاد می کنید ؟

- الف) استفاده از الکترودهایی که در روپوش آنها پودر آهن وجود دارد
- ب) استفاده از الکترودهای قلیائی
- ج) استفاده از الکترودهای سلولزی
- د) استفاده از الکترودهای کم هیدروژن

۴۰- حرف ضمیمه در سیستم شماره گذاری الکترودها طبق AWS نشانگر :

- الف) سلولزی بودن الکتروده است.
 ب) آلیاژی بودن الکتروده است.
 ج) اسیدی بودن الکتروده است.
 د) کم هیدروژن بودن الکتروده است.

۴۱- بنظر شما کدامیک از فولاد های زیر از جوش پذیری بهتری برخوردارند ؟

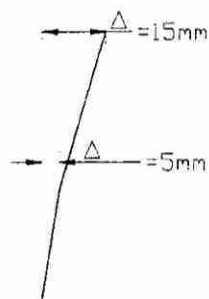
- الف) فولاد کربنی با ۰/۲ درصد کربن
 ب) فولاد کربنی با ۰/۴ درصد کربن
 ج) فولاد آلیاژی با ۰/۳ درصد کربن
 د) فولاد های پرمنگنز

۲۱- در مورد الکتروده E ۷۰۱۰ کدام عبارت صحیح است؟

- ۱) مقاومت نهایی الکتروده در کشش $4900 \frac{kg}{cm^2}$ بوده و فقط در جوش تخت می تواند مورد استفاده قرار گیرد.
 ۲) مقاومت نهایی الکتروده در کشش $4900 \frac{kg}{cm^2}$ بوده و در تمام وضعیت های جوشکاری قابل استفاده است.
 ۳) فقط با جریان الکتریسیته یکسو مورد استفاده قرار می گیرد و در آن قطب مثبت مولد به اثر جوشکاری وصل می شود.
 ۴) هر دو مورد ۲ و ۳

۲۵- در کدام یک از دستگاه‌های زیر قطبیت و تقسیم حرارت روی فلز پایه و الکتروود را نمی‌توان تغییر داد؟
 (۱) ترانس (۲) دینام (۳) ترانس رکتیفایر (۴) موتور ژنراتور

۳۴- در یک ساختمان دو طبقه که ارتفاع ستونهای طبقه اول و دوم به ترتیب ۴ و ۵ متر می‌باشد، در اثر اشتباه اجرایی، ستونهای کناری به طرف بیرون ساختمان ناشاغول شده‌اند. مطابق شکل میزان انحراف در طبقه اول ۵ mm و در طبقه دوم ۱۵ mm است. در این ارتباط کدام گزینه صحیح می‌باشد؟



- (۱) از نظر مقررات ملی ساختمان، وضعیت نشان داده شده قابل قبول نمی‌باشد.
- (۲) از نظر مقررات ملی ساختمان، وضعیت موجود در حد رواداری‌های مجاز می‌باشد.
- (۳) وضعیت موجود را نمی‌توان قابل قبول دانست، مگر با انجام محاسبات سازه کفایت آن به اثبات برسد.
- (۴) وضعیت نشان داده شده را می‌توان قابل قبول دانست، اگر ساختمان دارای مهار بند فولادی یا دیوار برشی باشد.

۳۴- میزان حداکثر ناشاقولی مجاز ستونهای داخلی یک ساختمان ۱۰ طبقه به ارتفاع هر طبقه برابر ۳.۲ متر در تراز بام نسبت به تراز شالوده چقدر است؟

- | | |
|-----------|-----------|
| ۲۵ mm (۱) | ۳۲ mm (۲) |
| ۵۰ mm (۳) | ۶۴ mm (۴) |

۳۱- حداکثر ناشاقولی مجاز ستون‌ها در بام به سمت نما در یک ساختمان 10 طبقه فولادی با ارتفاع طبقات 3.5 متر چقدر می‌باشد؟

- (۱) 50 mm (۲) 70 mm
(۳) 25 mm (۴) 60 mm

۳۷- در وصله‌ی نیم رخ‌های مرکبی، که باورق‌های ضخیم‌تر از ۴۰ mm ساخته می‌شوند، چنانچه از جوش نفوذی لب به لب استفاده شود، برای جلوگیری از اثر انقباض ناشی از سردشدن و شکست ناشی از تردی در جوش، استفاده از کدام الکترود مناسب‌تر است؟

- (۱) روتیلی (۲) سلولزی (۳) کم هیدروژن (۴) روتیلی پودر آهن‌دار

۴۷- مشخصات الکترود E7016، کدام است؟

- (۱) الکترود کم هیدروژن با مقاومت کششی فلز جوش $4900 \frac{kg}{cm^2}$ ؛ که در همه‌ی وضعیت‌ها، قابل استفاده است.
(۲) الکترود روتیلی معمولی با مقاومت کششی فلز جوش $4900 \frac{kg}{cm^2}$ ؛ که فقط در وضعیت تخت قابل استفاده است.
(۳) الکترود سلولزی با مقاومت کششی فلز جوش $4200 \frac{kg}{cm^2}$ ؛ که در همه‌ی وضعیت‌ها قابل استفاده است.
(۴) الکترود روتیلی پودر آهن‌دار با مقاومت کششی فلز جوش $4200 \frac{kg}{cm^2}$ ؛ که فقط در وضعیت تخت قابل استفاده است.

۴۸- در فرآیند مونتاژ وجه چهارم ستون‌های جعبه‌ای، پس از تکمیل جوش سخت‌کننده‌های داخل ستون، ورق وجه چهارم به صورت کامل بندزنی و جوش می‌شود؛ و برای اتصال به سخت‌کننده‌های داخلی از جوش استفاده می‌شود.
(۱) کام (۲) گوشه (۳) شیار (۴) انگشتانه

۵۰- علامت اجرای جوش گوشه در وضعیت سقفی، کدام است؟
(۱) 1F (۲) 2F (۳) 3F (۴) 4F

۲۰- کدامیک از گزینه‌های زیر در انتخاب قطر الکترود تاثیر عمده‌ای دارد؟

- (۱) ضخامت ورق‌های اتصال، مهارت جوشکار و مشخصات مکانیکی فلز پایه
- (۲) نوع و وضعیت جوش، ضخامت ورق‌های اتصال، مهارت جوشکار و دمای محیط
- (۳) نوع و وضعیت جوش، نوع درز، ضخامت ورق‌های اتصال و مهارت جوشکار
- (۴) نوع و وضعیت جوش، نوع درز، ضخامت ورق‌های اتصال و رطوبت محیط

۵۱- دامنه مناسب نسبت عرض جوش به عمق ذوب جوش برای جلوگیری از وقوع ترک‌های داخلی در جوش گوشه بطور تجربی چقدر است؟

- | | |
|-----------------|------------------|
| (۱) نیم تا یک | (۲) بیشتر از 1.4 |
| (۳) کمتر از نیم | (۴) یک تا 1.4 |

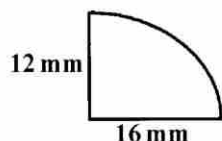
۵۲- در صورتی که انجام جوشکاری در موقعیت سقفی و یا قائم ضروری باشد کدام الکتروود قابل استفاده نمی‌باشد؟

- | | |
|-----------|-----------|
| EXX20 (۱) | EXX10 (۲) |
| EXX16 (۳) | EXX11 (۴) |

۵۳- حداکثر ابعاد حفرات گرد آشکار شده در عکس پرتونگاری از جوش با اندازه 12 میلیمتر چقدر باشد تا بتوان جوش را قابل پذیرش دانست؟

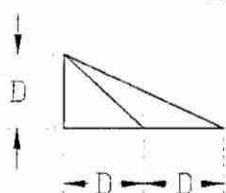
- | | |
|---------------|----------------|
| (۱) 8 میلیمتر | (۲) 10 میلیمتر |
| (۳) 4 میلیمتر | (۴) 6 میلیمتر |

۳۲- اندازه‌ی گلوئی جوش در جوش گوشه با ساق‌های نامساوی ۱۲mm و ۱۶mm، چند میلی‌متر است؟



- (۱) ۸٫۵
- (۲) ۹٫۶
- (۳) ۱۱٫۳
- (۴) ۱۲

۴۸- در یک اتصال جوشی با جوش گوشه، چنانچه با افزایش فقط یکی از ساقها به اندازه D سطح کار جوشکاری ۱۰۰ درصد افزایش یابد، مقاومت جوش گوشه حدوداً چند درصد افزایش می‌یابد؟

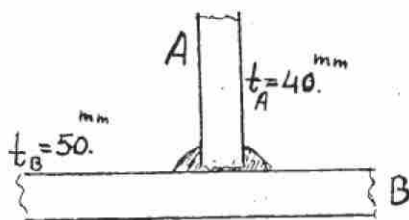


- (۱) ۵۰
- (۲) ۲۵
- (۳) ۱۰۰
- (۴) ۷۵

۲۴- برای تشخیص عیوب داخلی در جوش‌های شیاری با ضخامت ۱۰ تا ۵۰ mm مانند ترک خوردگی، گل جوش و عدم ذوب کدام یک از روش‌های NDT را به کار می‌برید؟

- (۱) بازرسی چشمی و مایعات نافذ
- (۲) بازرسی‌های چشمی، مایعات نافذ و ذرات مغناطیسی
- (۳) بازرسی مایعات نافذ و یا بازرسی به کمک ذرات مغناطیسی
- (۴) آزمایش رادیوگرافی یا اشعه γ، درغیراین صورت آزمایش التراسونیک

۵۶- ورق A مطابق شکل به ورق B جوش داده خواهد شد. لبه ورق A در محل تماس با ورق B کاملاً صاف نبوده و دارای دندانه‌هایی است که باعث شده لبه ورق A با اندازه یک میلی‌متر از روی ورق B فاصله داشته باشد. کدام گزینه صحیح است؟



- (۱) فاصله مذکور تنش‌های انقباضی زمان جوشکاری را کاهش می‌دهد.
- (۲) فاصله مذکور تنش‌های انقباضی زمان جوشکاری را افزایش می‌دهد.
- (۳) فاصله موجود باعث عدم نفوذ جوش می‌شود و لازم است ابتدا دندانه‌ها سنگ زده شود و سپس جوشکاری گردد.
- (۴) هیچ‌کدام