به نام خدا

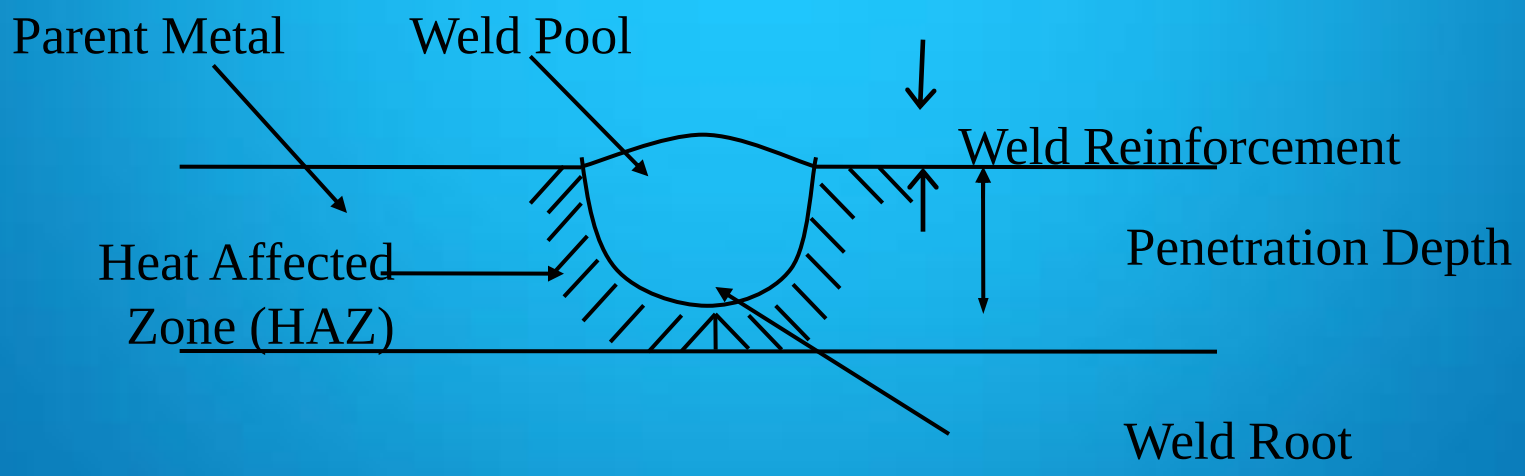
انواع روشهای جوشکاری و عیوب جوش

تهیه کننده: امید رفیعی

مقدمه

جوشکاری چیست ؟

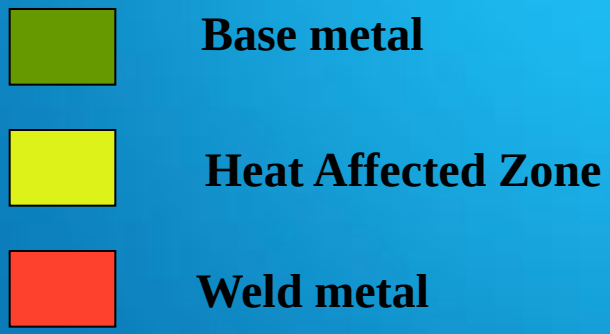
جوشکاری روند اتصال است که در آن فلزی گرم و ذوب شده و با فلز پایه ترکیب، تا اتصالی شبیه به یکدیگر تولید کند.

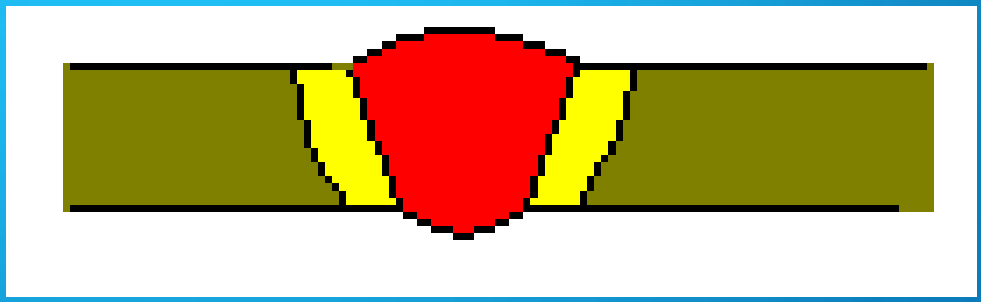


مناطق سه گانه جوش

- **تعریف جوش ایده آل :**

جوشی است که در آن ظاهر و خواص فیزیکی و مکانیکی مناطق سه گانه جوش به هم نزدیک باشد.

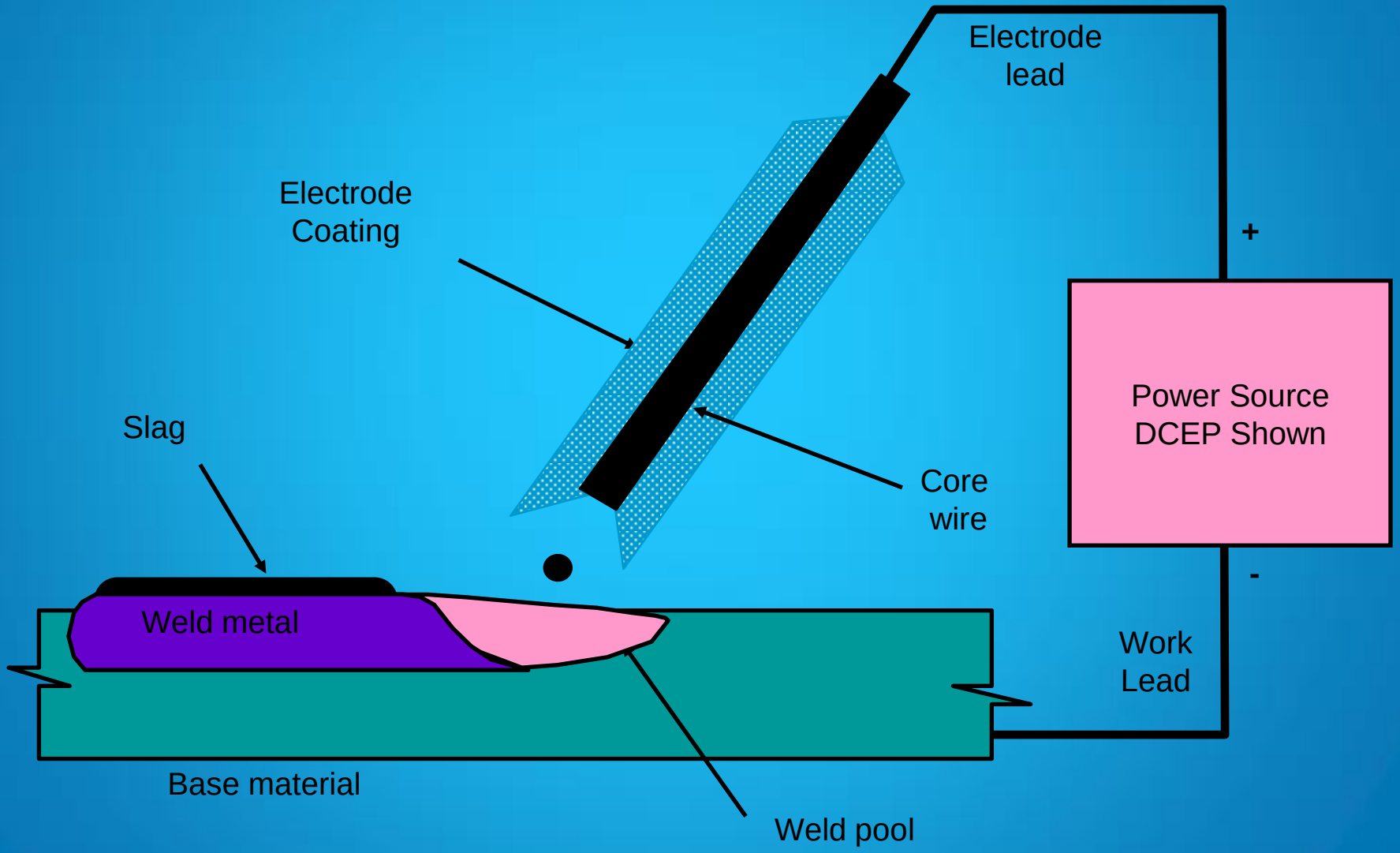




انتخاب بهترین روش جوشکاری

- هندسه اجزای جوش شونده
- مصالح
- دسترسی به امکانات و مصالح
- تعداد قطعات
- تجهیزات
- وضعیت جوشکاری
- نیاز امکانات
- سودبخشی

پروسه جوشکاری



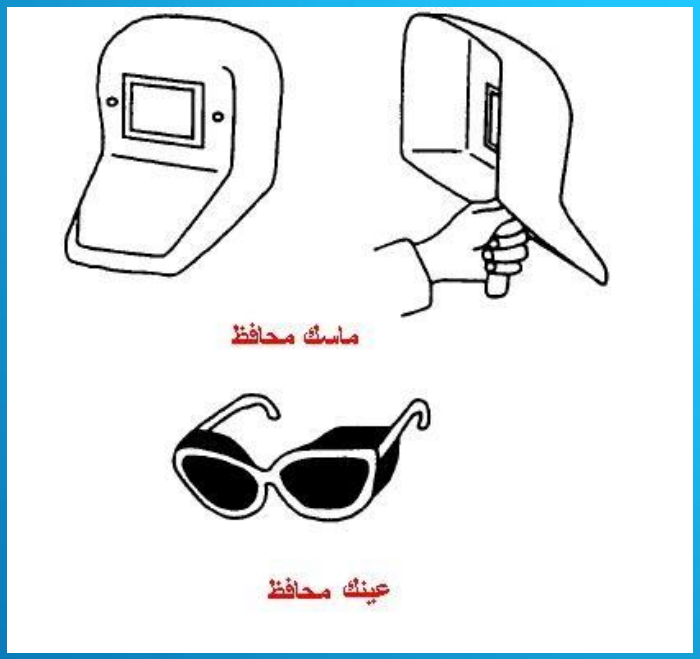
تجهیزات و مواد مصرفی جوشکاری با الکترود دستی

- منبع قدرت
- تجهیزات جانبی

مانند برس، گیره اتصال به زمین، ماسک، دستکش و روپوش

- سیم جوش

هسته، پوشش



وظایف پوشش الکترودها

- محافظت از منطقه جوش
- کمک در پایداری قوس
- تصفیه مذاب
- آرام تر سرد شدن جوش
- دادن شکل مناسب به جوش
- کنترل ترکیب شیمیایی مذاب

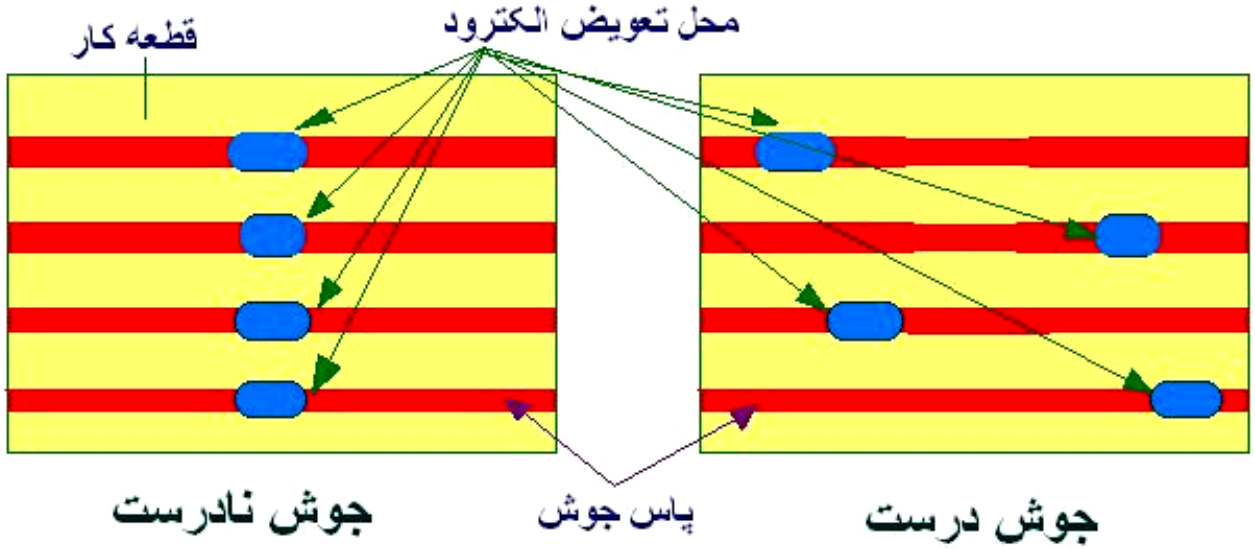
شرایط الکترود غیر قابل استفاده

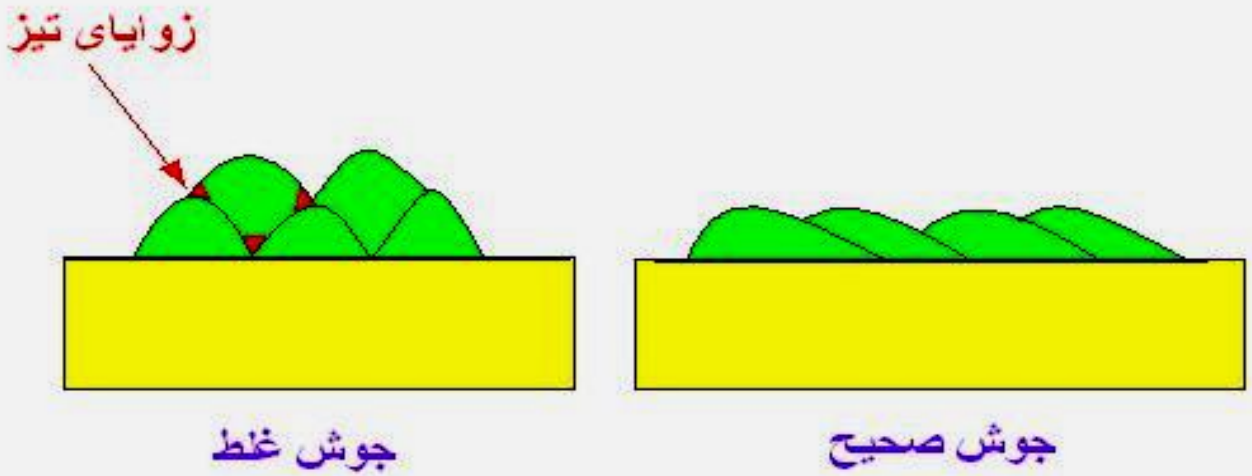
- رطوبت
- شکسته شدن و خرد شدن پوشش الکترود
- چربی و آلودگی های دیگر
- سوختن الکترود

انتخاب الکترود

انتخاب الکترود تابع دو عامل نوع الکترود و اندازه الکترود می باشد.

لازم به ذکر است که انتخاب الکترود شرط لازم برای رسیدن به جوش سالم است و شرط کافی آن رعایت دستور العمل جوشکاری می باشد.


قطعه کار
محل تعویض الکترود
جوش نادرست
پاس جوش
جوش درست


زوایای تیز
جوش غلط
جوش صحیح

پارامتر های موثر فرایند جوشکاری با الکترود دستی

- جریان الکتریکی
- ولتاژ
- سرعت جوشکاری
- الکترود
- طول قوس
- زاویه الکترود
- مهارت جوشکار

مزاياي فرايند جوشكاري با الكترود دستي

- فرایندی انعطاف پذیر است.
- فرایندی ارزان است.
- در بسیاری مواقع ناگزیر به استفاده از این فرایند هستیم.

معایب فرایند جوشکاری با الکترود دستی

- کیفیت جوش تابعی از مهارت جوشکار می باشد.
- برای بسیاری از آلیاژها قابل اعمال نمی باشد.(مثل منیزیم)
- برای تعویض الکترود زمان زیادی هدر می رود و عیوب زیادی در اثر تعویض ایجاد می شود.
- نسبت به وزش باد حساس است.
- کاملا دستی می باشد و خستگی نیروی انسانی را به دنبال دارد.

جوشکاري قوس زير پودري(SAW)

Sub Merged Arc Welding (SAW)

- پودر جوش در پیشاپیش قوس ریخته می شود.
- طول قوس از روش خود تنظیمی یا تغییر سرعت غذا دادن کنترل می شود.
- سیم جوشها به صورت کلافهای ۲۵ تا ۱۰۰ کیلویی با پوشش نازک مسی می باشند.
- گاهی از چند الکترود برای زیاد کردن بعد جوش استفاده می شود.
- گاهی از الکترودهای تسمه ای برای پوشش دادن استفاده می شود.
- به ندرت برای جوشکاری فلزات غیر آهنی به کار می رود.

مواد مصرفی جوشکاری زیر پودری سیم جوش و پودر جوش می باشد.

سیم جوش :

- سطح مقطع گرد یا تسمه ای دارد.
- جنس آن از فولاد معمولی می باشد.
- ناخالصی های خیلی کمی دارد.
- پوشش نازکی از مس دارد.

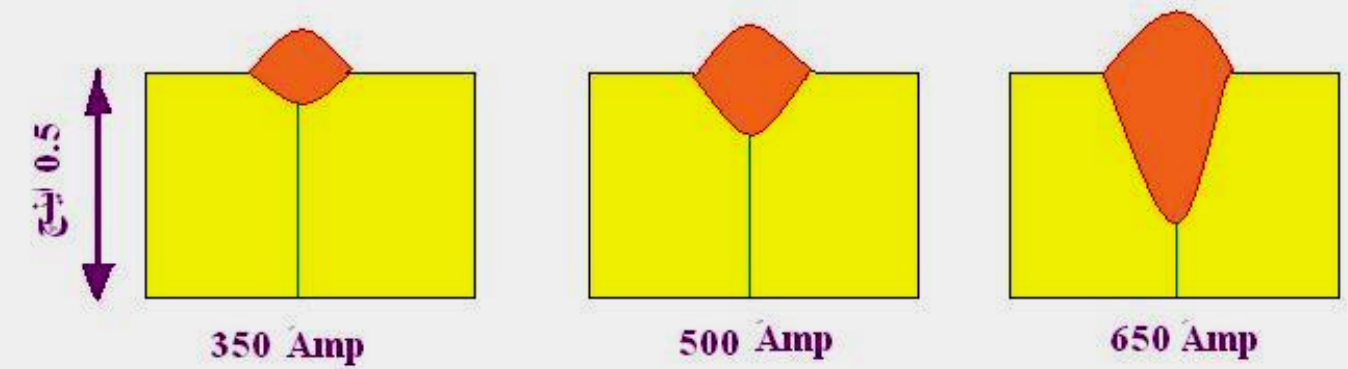
پودر جوش :

- محافظت از حوضچه جوش
- پایدار کردن قوس
- تصفیه ترکیب شیمیایی
- کنترل خواص فیزیکی جوش

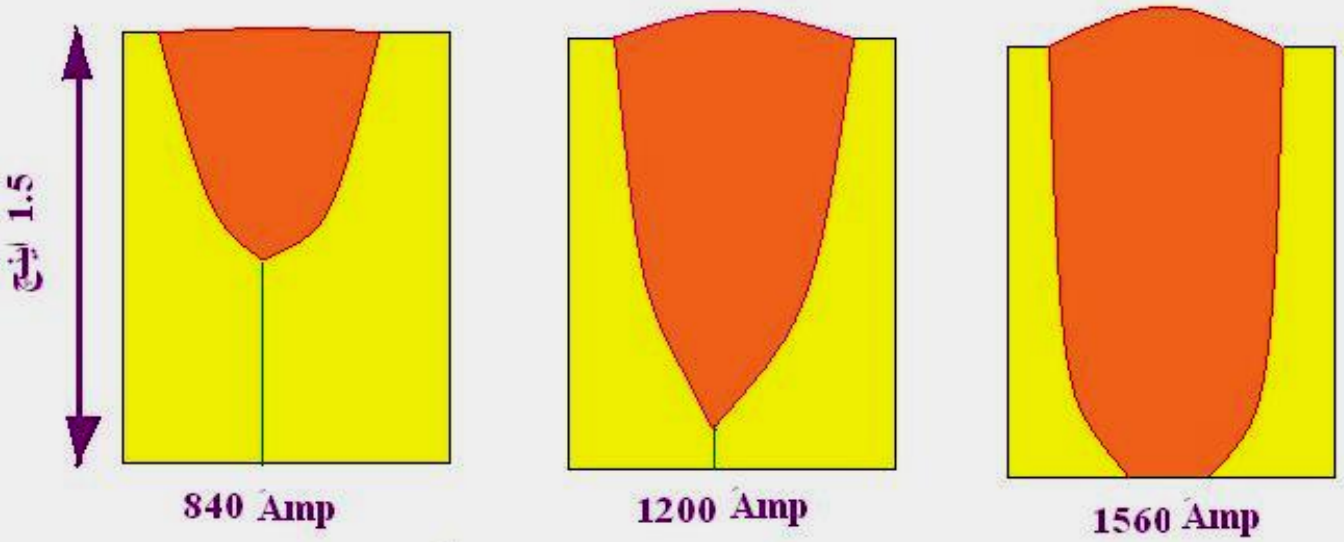
پارامتر هاي موثر بر فرايند جوشكاري زير پودري

- جریان الکتریکی
- ولتاژ
- سرعت جوشکاری
- سیم جوش
- پودر جوش
- طول موثر سیم جوش

اثر شدت جریان بر عمق نفوذ

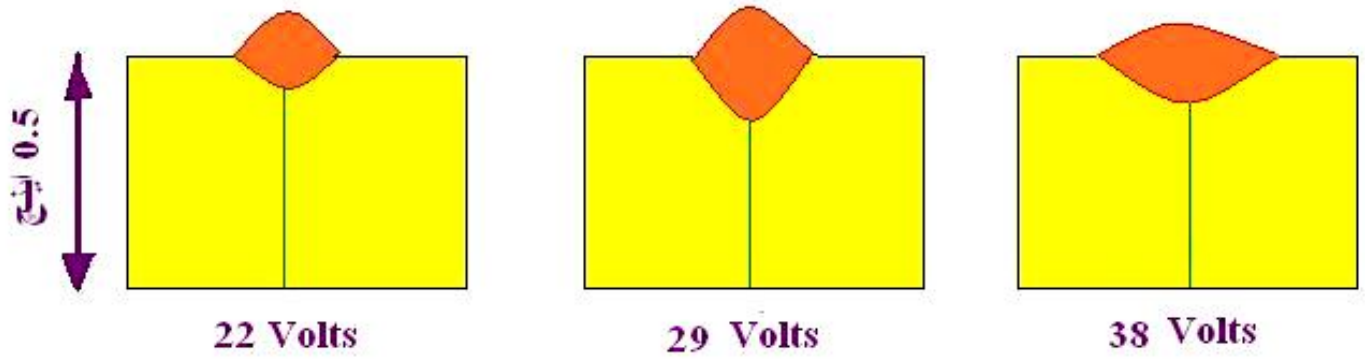


اتصال سر به سر با لبه ی تخت

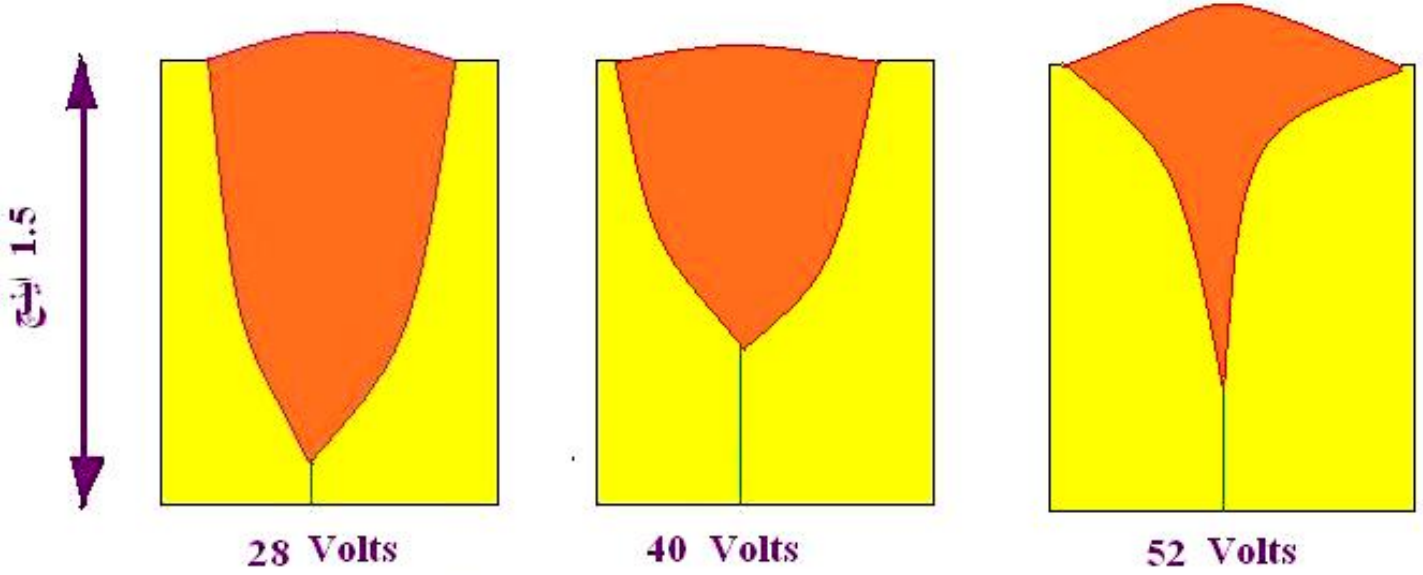


اتصال سر به سر با لبه ی جناقی 45 درجه

اثر ولتاژ بر مقطع جوش



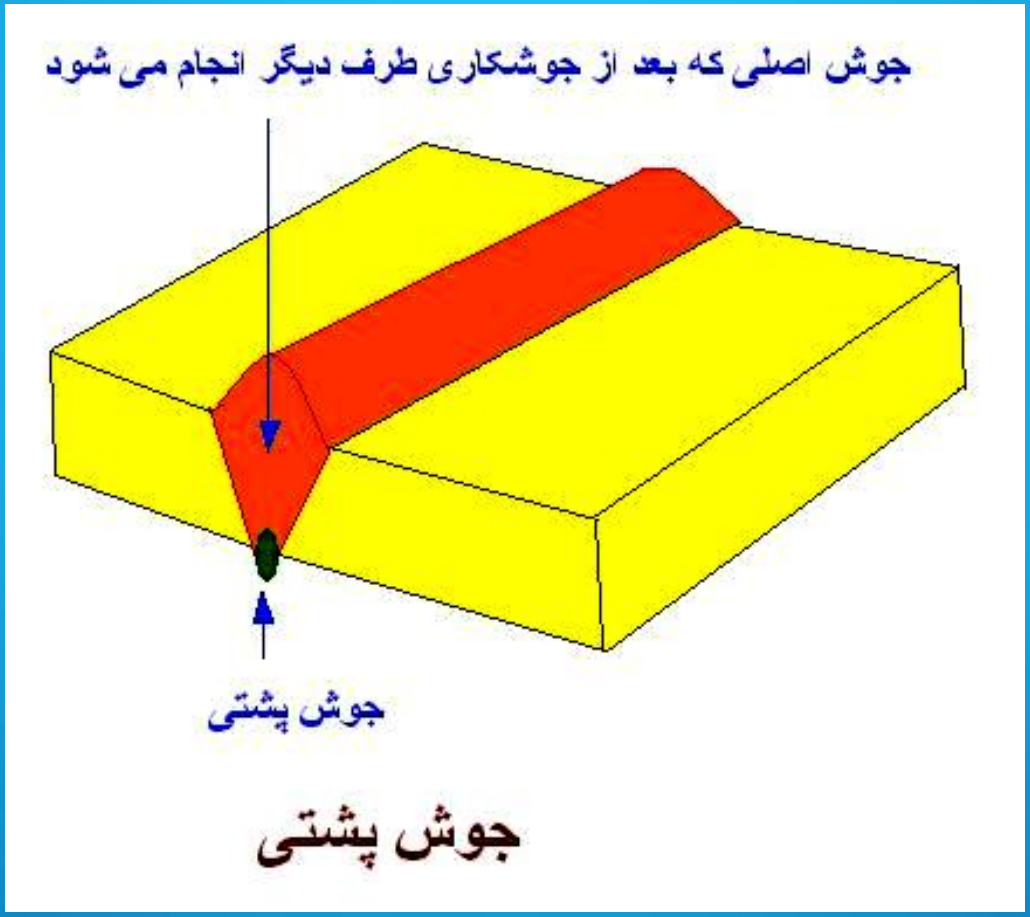
اتصال سر به سر با لبه ی تخت



اتصال سر به سر با لبه ی جناقی 45 درجه

جوش پشتی

معمولا پس از انجام جوش به روش زیر پودری از این جوشکاری برای پر کردن پشت آن استفاده می کنند.



مزایای فرایند جوشکاری زیر پودری

- به علت عمق نفوذ زیاد، ورقهای با ضخامت کمتر از ۳۲ میلیمتر بدون پخ سازی لبه ها جوش داده می شود.
- نیاز به زاویه پخ سازی کمتری است.
- به علت پنهان بودن قوس الکتریکی، محافظت ویژه ای از اشعه های مضر لزومی ندارد و جرقه کمتری تولید می شود.
- هزینه ی جوشکاری در حالت کلی کم می باشد.
- امکان استفاده در محیطهای باد خیز وجود دارد.

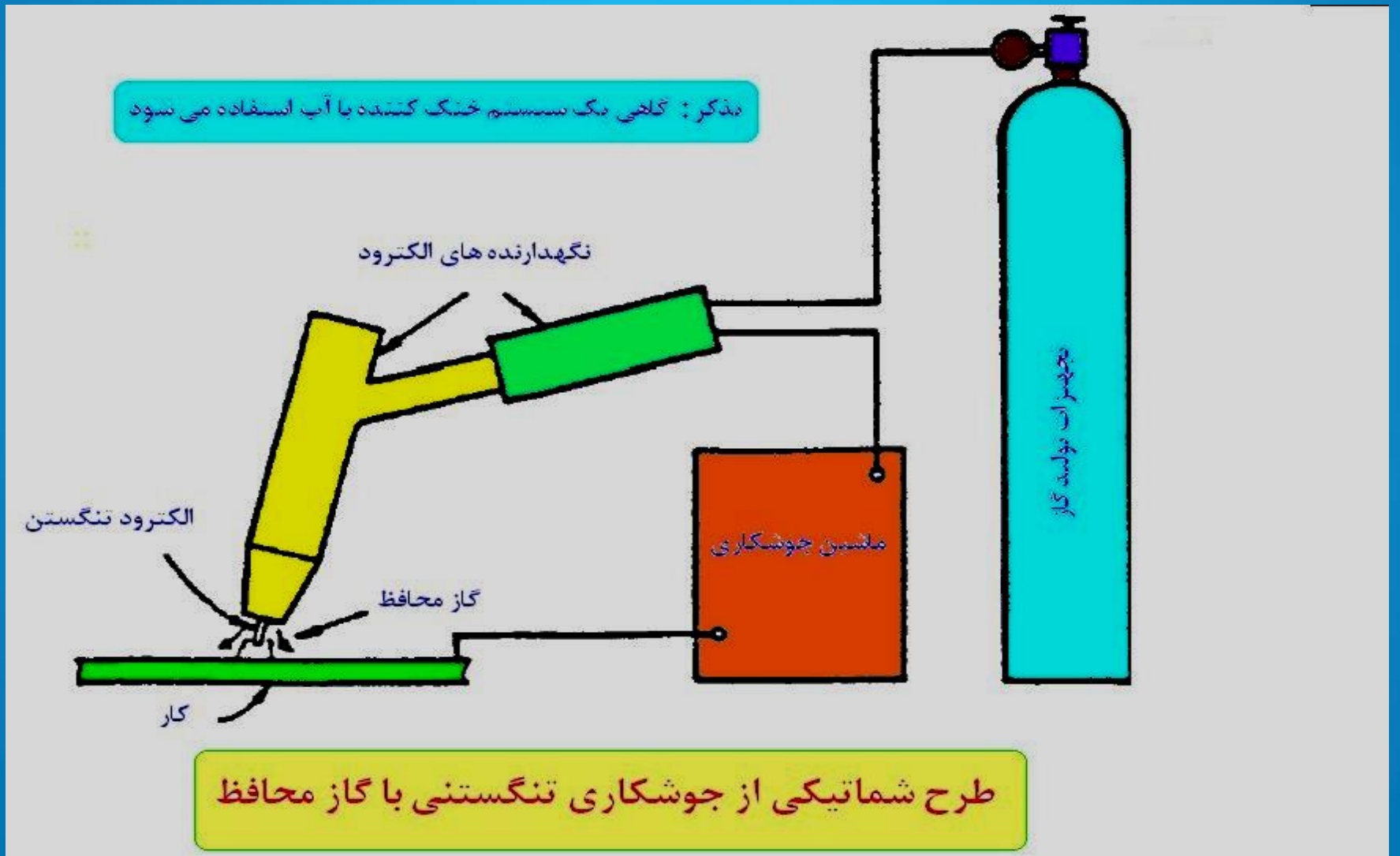
معایب فرایند جوشکاری زیر پودری

- نیاز به نگهداری پودر روی موضع جوش می باشد.
- معمولا نیاز به جوش پشت می باشد.
- به علت حضور ناخالصی در پودر جوش، امکان وجود خلل و فرج در جوش وجود دارد.
- اگر درز جوشها اکسیده باشد، کیفیت جوش نامطلوب می شود.
- امکان ایجاد ذرات سرباره محبوس شده در این فرایند بیشتر است.
- این فرایند برای جوشکاری ورقهایی با ضخامت کمتر از ۴.۵ میلیمتر مناسب نیست.
- این فرایند برای وضعیتهایی که تخت یا افقی نیستند مناسب نمی باشد.
- به علت مخفی بودن قوس، کنترل دقیق محل جوشکاری را مشکل می سازد.

جوشكاري الكترود تنگستن با گاز خنثي

Tungsten-Inert gas arc Welding (TIG)

این فرایند با قوس الکتریکی انجام می گیرد و تفاوت آن با روش زیر پودری، جایگزین شدن گاز به جای پودر برای محافظت جوش می باشد.



طرح شماتیکی از جوشکاری تنگستنی با گاز محافظ

تجهیزات فرایند جوشکاری قوس الکترود تنگستن

- منبع قدرت
- سیستم کنترل کننده
- سیستم گاز محافظ
- سیستم خنک کننده
- مشعل
- وسایل جانبی

منبع قدرت

- معمولا از ترانس یکسو کننده دار استفاده می شود.
- رنج آمپر بین ۰.۵ تا ۸۰۰ آمپر می باشد.
- این فرایند توانایی جوشکاری ورقهای خیلی نازک را هم دارد.

الکترود تنگستن

- وظیفه الکترود تنگستن، ایجاد قوس و تامین حرارت لازم برای جوشکاری است.
- تنگستن دارای قابلیت هدایت الکتریکی خیلی کم است و هنگام عبور جریان الکتریکی از آن، گرم می شود.

تاثیر گاز محافظ

- گاز محافظ حوضچه جوش و نوک الکترود را از اکسید شدن حفظ می کند.
- گاز محافظ مخلوطی از گازهای بی اثر با گازهای دیگری نظیر هیدروژن و یا ازت باشد، اما معمولا از آرگون استفاده می شود.
- خلوص گاز محافظ مهم می باشد و اکسیژن، ازت، هیدروژن و رطوبت جزء ناخالصی های گاز محافظ محسوب می شوند.

مزایای فرایند جوشکاری قوس با الکترود دستی

- شدت تمرکز حرارتی بالایی داریم هم درجه حرارت قوس خیلی بالاست و هم قوس متمرکز می باشد به همین دلیل این فرایند برای جوشکاری فلزاتی که ضریب هدایت حرارتی بالایی دارند، بکار می رود. مانند مس و آلومینیوم.
- این فرایند به هر سه شکل دستی، نیمه اتومات و تمام اتومات قابل اجرا می باشد.
- این فرایند، محدودیت پوزیشن ندارد و در هر چهار موقعیت جوشکاری قابل استفاده می باشد.
- این فرایند تمیز است و سرباره ندارد و منطقه جوش شفاف است و از نظر ورود ناخالصی ها به داخل جوش نیز این فرایند تمیز می باشد.

معایب جوشکاری قوس با الکترود تنگستن

- دمای قوس در این فرایند خیلی بالاست(حدود ۲۰۰۰ درجه سانتی گراد) و رعایت اصول ایمنی اهمیت بالایی دارد.
- سطح ذوب با گاز محافظت می شود و این فرایند برای جوشکاری فلزات اکتیو با اکسیژن به کار می رود، نسبت به وزش باد حساس می باشد.
- از نظر اقتصادی تا حدودی گران قیمت است؛ دستگاه جوش آن گران قیمت بوده و گاز محافظ مورد استفاده نیز گران است(آرگون و هلیم).
- از آنجا که الکترود مصرف نشدنی است تا حدودی تلفات انرژی زیاد می شود.
- جوش در این فرایند سریعتر از فرایندهای دیگر سرد می شود؛ زیرا سرباره ای وجود ندارد و از طرف دیگر جریان گاز محافظ نیز باعث سریع تر سرد شدن جوش می شود.

جوشکاری MIG,MAG

تجهیزات این روش:

- دستگاه جوش
- سیستم کنترل کننده
- سیستم تأمین گاز محافظ
- سیستم سردکننده
- مشعل

تنها تفاوت این روش با روش قوس الکتریکی در این است که سیم مصرفی به صورت خودکار تنظیم می شود.

دستگاه جوش

- در این فرایند بیشتر از ترانسفورماتور استفاده می شود.
- معمولاً از جریان با پلاریته DCEP استفاده می شود و کمتر از جریان DCEN و یا AC استفاده می شود.
- رنج آمپر در این فرایندها ۱۰۰ – ۱۲۰۰ آمپر می باشد.

مواد مصرفی

- **سیم جوش**

در این فرایندها بایستی از سیم جوش استفاده کرد و نسبت به فرایند جوشکاری الکترود دستی و فرایند جوشکاری قوس زیرپودری از طیف گسترده تری از سیم جوشها می توان استفاده کرد.

- **گاز محافظ**

در این فرایند بسته به ترکیب سیم و ترکیب قطعه می توان گاز محافظ خنثی یا فعال انتخاب نمود. نسبت به فرایند جوشکاری قوس با الکترود تنگستن و گاز محافظ از طیف گسترده تری از گازهای محافظ می توان استفاده نمود.

مزایای فرایندهای جوشکاری MIG و MAG

- به صورت دستي، نيمه اتومات و اتومات قابل اجرا هستند.
- محدوديت پوزيشن نداريم.
- با توجه به نوع كار و شرايط كار مي توان هم از گاز خنثي، هم از گاز اكتيو و هم از گاز CO_2 استفاده كرد.
- در اين فرايندها سرباره نداريم و تميز كردن سطح جوش و همچنين تعويض الكترود را هم نداريم.

معایب فرایندهای MIG و MAG

- این فرایندها نسبت به وزش باد حساس هستند. این مساله در مورد جوشکاری فلزاتی که نسبت به اکسیژن و ازت حساس هستند، اهمیت دارد.
- گاز خنثی از نظر اقتصادی گران قیمت می باشد، ولی اگر از گاز CO_2 استفاده شود، از نظر اقتصادی رقیب فرایند جوشکاری با الکترود دستی باشد.
- جوش سریع سرد می شود.

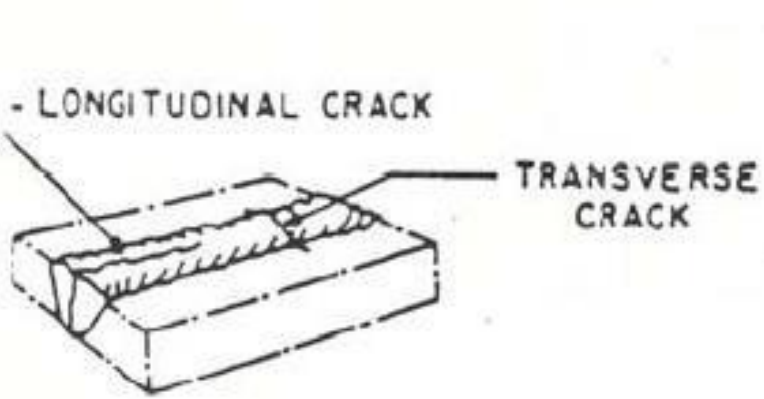
معایب جوشکاری

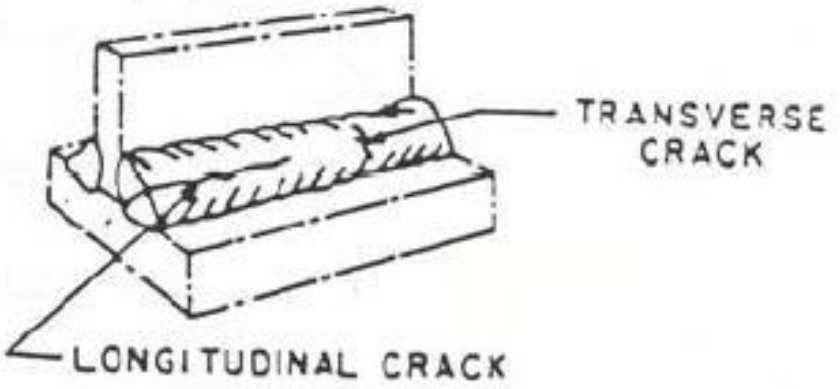
- ترک‌ها
- ذوب و نفوذ ناقص
- ناخالصی سر باره ای
- تخلخل
- بریدگی کنار جوش
- پرشدن ناقص
- سر رفتن
- تحدب بیش از حد
- لکه قوس و پاشش
- اعوجاج
- تورق و پارگی سراسری
- جا به جا شدن و ناپیوستگی های ابعادی

ترک‌ها

- مهمترین عیوب به وجود آمده در اتصالات جوشی، ترک‌ها هستند.
- ترک‌ها بحرانی‌ترین نوع ناپیوستگی‌ها می‌باشند که در بیشتر موارد غیر قابل پذیرش می‌باشند.
- در صورت اعمال بارهای کششی و تنشهای موجود ترک ها بازتر می شود.
- ترک‌ها به روش های متفاوتی طبقه‌بندی می‌شوند.
- می توان ترک ها را به دو نوع گرم و سرد تقسیم بندی کرد.

- ترکها را می توان توسط جهت آنها نسبت به محور طولی جوش توصیف نمود.
- ترکهای طولی به علت تنشهای انقباضی عرضی جوشکاری ایجاد می شوند.
- انواع مختلف ترک با توصیف دقیق موقعیتهای آنها نسبت به اجزا مختلف شامل: ترکهای گلویی، ریشه، کناره، چاله جوش، زیرگرده منطقه متاثر از حرارت و فلز پایه هستند.
- ترکهای گلویی که از میان گلویی جوش یا کوتاهترین مسیر در سطح مقطع جوش گسترش می یابد، از نوع ترکهای طولی بوده و اغلب در طبقه بندی ترک گرم قرار دارند.





ترکهای طولی و عرضی در جوشهای شیاری و گوشه

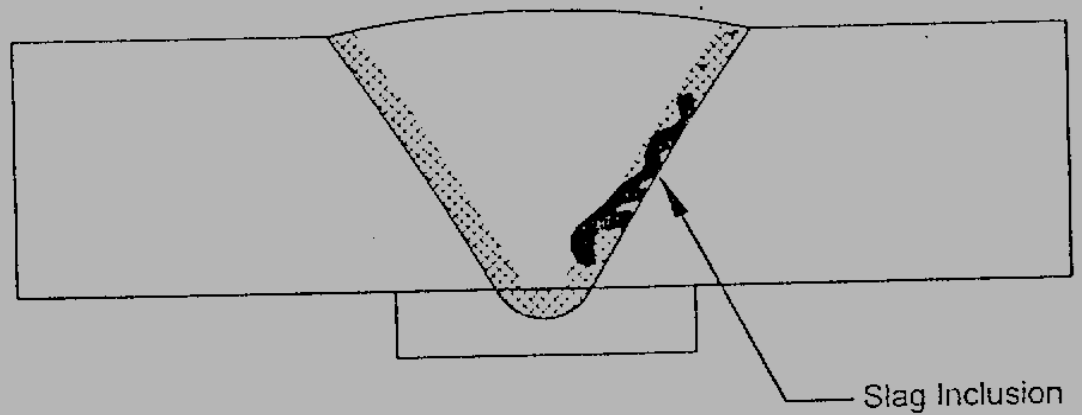
- ترکهای ریشه در فلز پایه یا در خود جوش جزو ترکهای طولی هستند.
- ترکهای کناره جوش در فلز پایه ایجاد شده و در کناره جوش ادامه می یابند.
- ترکهای چاله جوش در نقطه پایانی جوش در صورت عدم مهارت جوشکار ایجاد می شوند.
- در دسته بندی ترکها، ترک زیر جوش به علت حضور هیدروژن است.

ذوب و نفوذ ناقص

- ذوب ناقص در صورتی است که ذوب شدن بین فلز جوش و سطوح ذوب و یا لایه های جوش رخ نداده باشد.
- ذوب ناقص از ناپیوستگی های بارز درجوش است زیرا خطی بوده و انتهای آن تیز می باشد.
- نفوذ ناقص معرف حالتی است که فلز جوش به طور کامل در سراسر ضخامت ورق کامل نشده باشد.
- موقعیت این عیب در مجاورت ریشه جوش است.
- ذوب و نفوذ ناکافی به علت عدم مهارت جوشکار، شکل نامناسب اتصال یا آلودگی اضافی در سطح ایجاد می شود.

سرباره‌های محبوس شده

- مناطقی در سطح مقطع یا در سطح جوش هستند که سرباره محافظ حوضچه جوش به طور مکانیکی درون فلز منجمد شده محبوس شده است.
- سرباره منجمد شده بخشی از سطح مقطع جوش را نمایش می‌دهد که فلز جوش به یکدیگر ذوب نشده‌اند این پدیده خود سبب ایجاد بخشی ضعیف در نمونه خواهد شد.



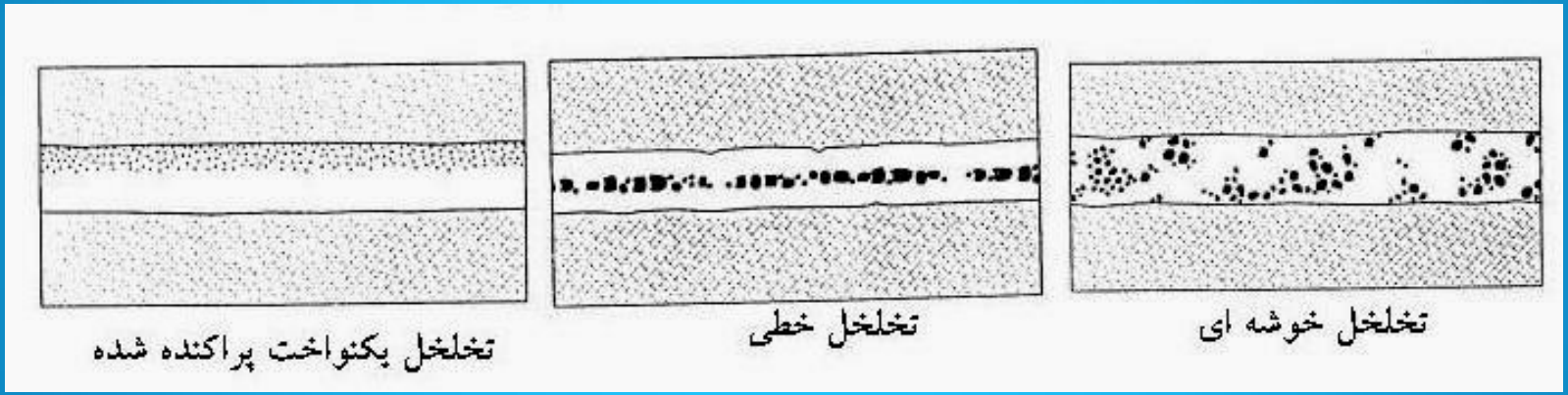
Slag inclusions.

تخلخل

- این نوع ناپیوستگی در حین انجماد مذاب جوش و در اثر حبس گازهای ایجاد شده در مذاب جوش به وجود می‌آید.
- هر گاز دارای حد حلالیت مشخصی در مذاب می‌باشد که این مقدار با افزایش درجه حرارت، افزایش می‌یابد.
- به علت کروی بودن شکل گازها، تخلخل کمترین خطر را در میان ناپیوستگی ها دارد ولی در زمانیکه جوش باید تحمل فشارهای بالا را داشته باشد حضور تخلخل خطرناک می باشد.
- منابع مختلفی برای حضور رطوبت یا آلودگی وجود دارد مانند:
الکترود فلز پایه، گازمحافظ یا محیط

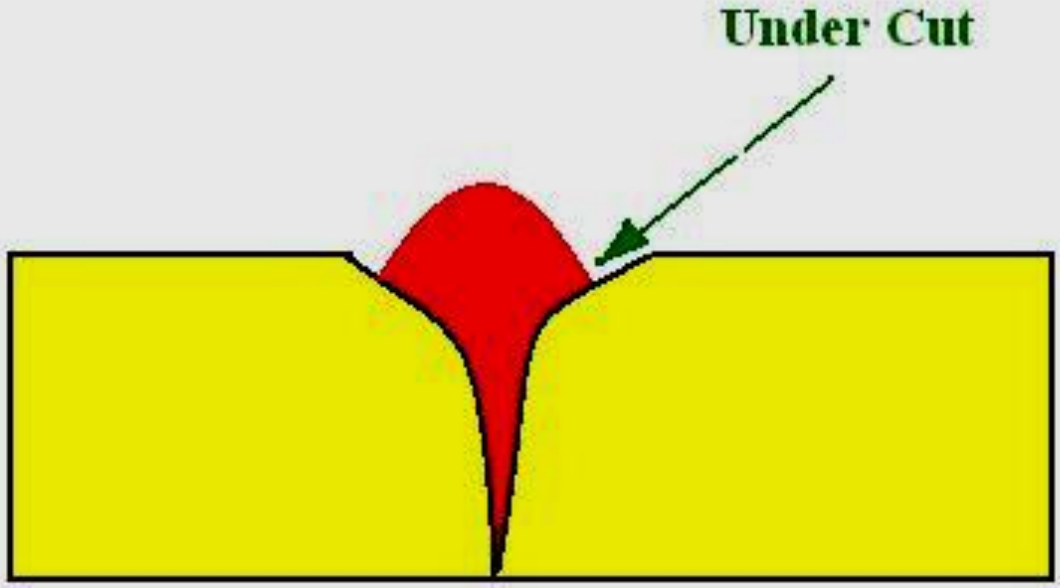
- تغییر در تکنیک جوشکاری نیز می تواند سبب ایجاد تخلخل شود.
- در حین سرد شدن جوش گازهای آن کم کم به سطح می آیند و پس از سرد شدن کامل حبابهایی بر روی جوش نمایان می گردد.
- عامل دیگر ایجاد تخلخل، حباب‌های گاز مونواکسید کربن می‌باشد که از ترکیب اکسیژن حل شده در مذاب جوش با کربن غنی شده، حاصل می‌شود.

انواع تخلخل



بریدگی کنار جوش

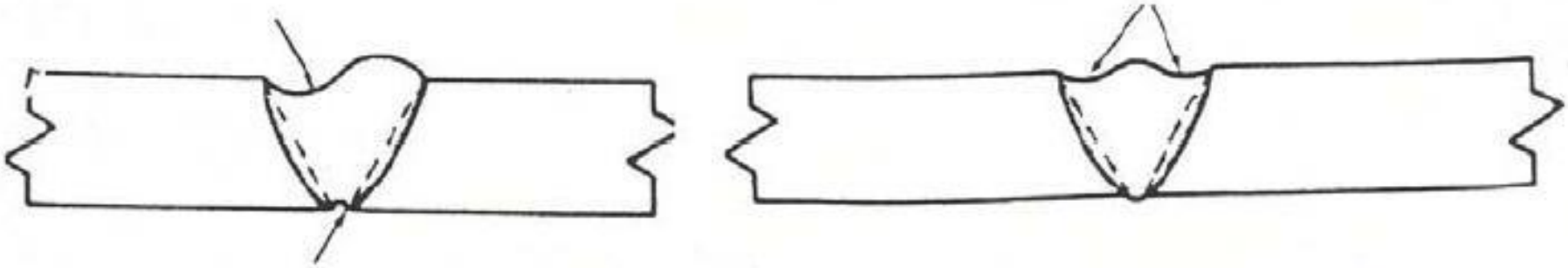
- بریدگی کنار جوش یک ناپیوستگی سطحی است که در فلز پایه مجاور فلز جوش رخ می‌دهد.
- در شرایطی که فلز پایه شسته شده ولی با فلز پر کننده جبران نمی‌شود ایجاد می شود.
- یک شیار خطی با شکلی نسبتاً تیز است که در فلز پایه تشکیل می‌شود.
- به علت سطحی بودن ماهیت این عیب، برای بارگذاری خستگی بسیار خطرناک است.



عیب سوختگی کنار جوش

پر شدن ناقص

- یک نوع ناپیوستگی سطحی است که به علت کمبود ماده در مقطع عرضی ایجاد می‌شود.
- پر شدن ناقص در فلز جوش اتفاق می افتد ولی بریدگی کنار جوش در فلز پایه یافت می‌شود.
- پر شدن ناقص، زمانی رخ می‌دهد که فلز پر کننده به اندازه کافی برای پر کردن اتصال جوش در دسترس نباشد.



پرشدن ناقص در فلز جوش

سررفتن

- نوع دیگر ناپیوستگی سطحی جوش که از تکنیک نامناسب جوشکاری(سرعت جوشکاری خیلی آرام) ناشی می شود.
- در این حالت فلز جوش روی فلز پایه مجاورش سر می رود و درکناره جوش، شیاری تیز را ایجاد می نماید.
- در صورتی که مقدار سر رفتن زیاد باشد می تواند ترکی که از این تمرکز تنش ایجاد می شود را پنهان نماید.

تحدب بیش از حد

- تحدب به حداکثر فاصله از رویه محدب یک جوش گوشه تا خط واصل بین کناره های جوش است .
- این ناپیوستگی برای جوشهای گوشه است.
- از نظراستحکام مقدار تحدب در جوش گوشه ضروری است ولی اگر از حدی بیشتر باشد، به عنوان یک عیب تلقی می شود.
- از نظر اقتصادی(مصرف فلز پرکننده بیشتر) و از نظر حضور مناطق تیز اطراف جوش بیشتر در بارگذاری خستگی مطرح می شود.
- دلیل ایجاد تحدب، آرام بودن سرعت جوشکاری یا تکنیک نادرست جوشکاری است.

لکه قوس و پاشش جوش

- لکه های قوس در نتیجه شرو ع قوس عمدا یا تصادفی روی سطح فلز پایه دور از اتصال به وجود می آیند.
- در اثر این اتفاق، منطقه ای متمرکز شده از سطح فلز پایه، ذوب شده و سریعا سرد و شکننده می شود.
- پاشش به ذرات فلزی پراکنده شده در خلال جوشکاری گفته می شود که در تشکیل جوش نقشی ندارند.

- پاشش ممکن است زیاد مهم تلقی نشود، ولی در هر حال مقادیر زیاد پاشش می‌توانند گرمای موضعی زیادی را به سطح فلز پایه ایجاد کنند.
- حضور پاشش می‌تواند مناطقی با تمرکز تنش و یا مناطق تحت تاثیر حرارت (H.A.Z.) را ایجاد نماید.
- دلیل ایجاد پاشش را می‌توان جریان بالای جوشکاری دانست.

اعوجاج

- خمیدگی یا اعوجاج از مشکلات مهم جوشکاری است که باید برطرف گردد.
- این مشکل در اثر انقباضی که به هنگام گرم و سرد شدن پس از عملیات جوشکاری در فلز پایه و جوش بوجود می آید، شکل می گیرد.
- برای کنترل اعوجاج باید شرایط لازم برای جوشکاری شامل کنترل قبل، حین و بعد از جوشکاری تامین گردد.

تورق و پارگی سراسری

- این ناپیوستگی مربوط به فلز پایه است.

- تورق در اثر حضور آلودگی و ناخالصی غیر فلزی موجود در زمان تولید فولاد ایجاد می شود. این ناخالصی ها در زمانیکه فولاد هنوز مذاب است تشکیل شده و در خلال عملیات بعدی نورد کشیده شده و موجب تورق می شوند.

- پارگی سراسری زمانی رخ می دهد که در جهت تمام ضخامت در اثر جوشکاری تنشهای انقباضی بزرگی ایجاد شده باشد.
- پارگی عموما موازی سطح نورد شده زیر فلز پایه و معمولا موازی مرز ذوب جوش رخ می دهد.
- پارگی سراسری یک ناپیوستگی است که مستقیما به طرز قرارگیری اتصال مرتبط می شود.

جابجا شدن و ناپیوستگی های ابعادی

- دراثر سوار کردن و مونتاژ غلط اجزای مورد جوش در کنار یکدیگر رخ می دهد.
- جابجایی بصورت هم محور نبودن دو سطح قطعه کار در جوشهای لب به لب است.
- برای رفع این مشکل می توان از برشکاری قطعه و یا بریدن جوش و اتصال مجدد آن استفاده گردد.
- ناپیوستگی های ابعادی، نقائص شکل یا ابعاد هستند.
- این ناپیوستگی ها هم درجوش و هم در سازه جوش شده بروز می کنند.

نگاه کلی به ناپیوستگی های جوش