

بازرسی جوش

ایمان الیاسیان-کارشناس ارشد سازه eman.Elyasian@gmail.com

سازه های جوش داده شده نظیر سایر قطعات مهندسی به بازرسی در مراحل مختلف وساخت همین طور در خاتمه ساخت نیاز دارند. بازرسی جوش ها می تواند از انجام کار طبق دستورالعمل های توافق شده به کارفرما اطمینان دهد. برای حصول اطمینان از مرغوبیت جوش ومطابقت آن با نیازمندیهای طرح باید کلیه عوامل موثر در جوشکاری در مراحل مختلف اجرا مورد بررسی قرار گیرد.

اصول بازرسی جوش

- ضرورت بازرسی
- جنبه های مختلف بازرسی مواد
- استانداردها و آیین نامه های جوشکاری
- واژه ها و تعاریف اولیه در جوش
- انواع سیستم های بازرسی
- خواص مواد فلزی و آزمون های مخرب
- ناپیوستگی ها در جوش و فلز پایه
- آزمون های غیر مخرب

وظایف بازرسی جوش

- ۱- قبل از جوشکاری
- ۲- حین جوشکاری
- ۳- بعد از اتمام جوشکاری



قبل از جوشکاری

بازرس باید قبل از جوشکاری موارد زیر را کنترل کند.

۱- مستندات (مدارک و دستورالعمل ها)

۲- مواد (فلز پایه و الکتروود)

۳- آماده سازی ها

۴- مونتاژ اولیه

۵- تجهیزات جوشکاری

مواد: مطابقت نقشه و دستورالعمل جوشکاری
دارای مشخصات و گواهی
شرایط مناسب (استاندارد ساخت)

دستورالعمل جوشکاری: دارای تاییدیه (PQR) و درد سترس جوشکار و بازرس
قابل اجرا برای اتصال مورد نظر

آماده سازی لبه: مطابق دستورالعمل یا نقشه

جوشکار: دارای تاییدیه (برای جوش مورد نظر)
دارای مدرک دارای اعتبار زمانی

مواد مصرفی جوشکاری: مطابق دستورالعمل
انبار داری و نگهداری مطابق دستورالعمل

پیش مونتاژ: مطابقت نقشه و دستورالعمل جوشکاری
جوش های تکی مطابق استاندارد ساخت

لبه های جوش: فاقد هر گونه آلودگی و کاملاً تمیز

پیشگرم (در صورت نیاز): مطابق دستورالعمل

فرآیند جوشکاری: مطابق دستورالعمل

وظایف بازرسی جوش قبل از جوشکاری

<ul style="list-style-type: none"> • بازنگری کله نقشه ها و استانداردهای کاری • تأییدیه دستورالعمل جوشکاری و در دسترس بودن آن برای جوشکاران • اعتبار تأییدیه صلاحیت جوشکار به لحاظ زمان و موقعیت 	Documentation مستندات
<ul style="list-style-type: none"> • کنترل مستندات مواد خام و مواد مصرفی جوشکاری (سفارش خرید، مستندات تحویل گیری و مشخصات • کنترل تطابق مواد مصرفی با مندرجات دستورالعمل جوشکاری • کنترل شرایط نگهداری و حمل مواد اولیه و مواد مصرفی جوشکاری 	Materials مواد
<ul style="list-style-type: none"> • کنترل تطابق آماده سازی لبه ها و طرح اتصال با دستورالعمل جوشکاری • کنترل تمیزی سطح مورد جوشکاری • کنترل دمای پیشگرم با دستورالعمل جوشکاری 	Weld preparations آماده سازی
<ul style="list-style-type: none"> • تطابق مونتاژ قطعات با مندرجات نقشه ها و دستورالعمل جوشکاری • کنترل قید و بست ها و خال جوش های به کار رفته 	Fit up for welding مونتاژ کاری اتصال
<ul style="list-style-type: none"> • کالیبراسیون و صحت گذاری تجهیزات جوش • کنترل تجهیزات از لحاظ ایمنی • تطابق فرآیند جوشکاری با دستورالعمل 	Welding equipment تجهیزات جوشکاری

حین جوشکاری

بازرسی باید در حین جوشکاری موارد زیر را کنترل کند.

۱- پارامترهای جوشکاری

۲- دستورالعمل جوشکاری (WPS)

۳- تمیز کاری بین دو پاس

۴- دمای بین پاسی

۵- الکتروود

۶- اجرای پیشگرم

محل جوشکاری: شرایط هوا

فرآیند جوشکاری: مطابق دستورالعمل جوشکاری

پیشگرم: مطابق دستورالعمل

پارامترهای جوشکاری: مطابق دستورالعمل

تمیز کاری بین پاسی: صحیح و مناسب

درجه حرارت بین پاسی: مطابق دستورالعمل

مواد مصرفی: مطابق دستورالعمل و شرایط صحیح

مشخصات جوشکار: مطابق با الزامات

وظایف بازرس جوش در حین جوشکاری

موارد
کنترل شرایط محیطی و جوی
کنترل شرایط و الزامات مندرج در دستورالعمل جوشکاری
کنترل رعایت ترتیب و توالی جوشکاری جهت کنترل پیچیدگی
کنترل فرآیند جوشکاری
کنترل پارامترها و متغیرهای جوشکاری
بررسی وضعیت جوشکاران و ایتراتورهای جوشکاری
کنترل دمای بین پاسی و تطابق با ملزومات دستورالعمل جوشکاری
کنترل تمیزکاری بین پاسی
کنترل نحوه سنگ زنی و گوجینگ
کنترل کیفی تک تک پاس های جوش کاری
تأیید انجام بازرسی های غیر مخرب در صورتی که نیاز به انجام باشد

بعد از جوشکاری

بازرس باید بعد از جوشکاری موارد زیر را کنترل کند.
 ۱- انجام بازرسی چشمی و ثبت نتایج

- ۲- تست های غیرمخرب
- ۳- عملیات حرارتی بعد از جوش (در صورت نیاز)
- ۴- تست های تکمیلی
- ۵- تمیزکاری نهایی
- ۶- تهیه پکیج مستندات و ارایه به مافوق

مشخصات جوش و جوشکار: مشخصات جوشکار و جوش روی قطعه کار
 مارک شود

بازرسی چشمی و گزارش: بازرسی چشمی و بررسی شرایط سطحی
 لازم برای تست غیر مخرب

کنترل ابعادی: بررسی اندازه مطابق طرح

تطابق نقشه مطابق ساخت: بروز رسانی طرح مطابق اجرا

بازرسی غیر مخرب: انجام بازرسی و گزارش دهی

تعمیرات: نظارت مطابق دستورالعمل

پسگرم: نظارت مطابق دستورالعمل

تست نهایی: نظارت بر تست بار یا فشار

وظایف بازرسی جوش پس از جوشکاری

سرفصل ها	عملکرد
مشخصات جوشکار	کنترل ثبت مشخصات و شماره جوشکار بر روی قطعه
بازرسی چشمی و ثبت نتایج	انجام بازرسی چشمی و کنترل کیفیت سطح جهت انجام آزمون های بعدی
بررسی ابعادی	کنترل ابعادی جوش و تطابق با الزامات نقشه و طراحی
نقشه های پس از ساخت	به روز سازی نقشه های ساخت
بازرسی های غیر مخرب	تایید به انجام رسیدن بازرسی های مورد نیاز و تأیید شدن گزارش ها توسط بازرسی غیر مخرب
تعمیر	نظارت بر انجام عملیات و متذکر نمودن موارد خلاف دستورالعمل
عملیات حرارتی پس از جوشکاری	نظارت بر انجام عملیات و متذکر نمودن موارد خلاف دستورالعمل
انجام آزمونهای نهایی	پایش انجام آزمون بارگذاری و هیدروستاتیک
تمیزکاری، رنگ کاری، حفاظت و بسته بندی	نظارت بر عملیات تمیز کاری نهایی، رنگ کردن و بسته بندی بر اساس دستورالعمل
مستند سازی نهایی	مستند سازی نتایج بازرسی

خصوصیات مهم بازرسی جوش



مراحل بازرسی جوش :

بازرسی قبل از جوشکاری بمنظور آماده کردن مقدمات کار جوشکاری است بطوریکه موجب بروز عیوب جوش را از بین برده و یاباه حدود قابل قبولی تقلیل دهد.

به مصداق پیشگیری موثرتر از درمان است می توان گفت :

اعمال یک برنامه بازرسی چشمی مسئولانه می تواند از پیدایش ۸۰ تا ۹۰ درصد از عیوب معمول در جوشکاری جلوگیری کند. این بازرسی شامل اقدامات زیر می باشد.

- ۱- اطلاع از کیفیت مورد نظر کار و شرایط بهره برداری از قطعات و مجموعه کار
- ۲- مطالعه دقیق نقشه ها و مشخصات فنی
- ۳- انتخاب استانداردهای اجرایی
- ۴- انتخاب ارزیابی روش جوشکاری
- ۵- انتخاب مصالح
- ۶- بازرسی مصالح
- ۷- انتخاب مواد مصرفی
- ۸- بازرسی مواد مصرفی
- ۹- طرح و تنظیم نحوه اجرای جوشکاری
- ۱۰- بررسی تجهیزات جوشکاری
- ۱۱- آزمون جوشکاری و اپراتورها
- ۱۲- بازرسی درموقع جوشکاری بمنظور اجرای صحیح عملیات جوشکاری ساخت و نصب اطمینان از بکار بردن مصالح و مواد مصرفی درست و جلوگیری از تخلف ها ضروری است .

بازرسی قبل از جوشکاری

- ✓ اطلاع از کیفیت مورد نظر کار و شرایط بهره برداری از قطعات و مجموعه کار
- ✓ مطالعه دقیق نقشه ها و مشخصات فنی
- ✓ مطالعه و انتخاب استانداردهای اجرایی
- ✓ انتخاب ارزیابی روش جوشکاری (دستورالعمل جوشکاری-WPS)
- ✓ انتخاب و بازرسی مصالح
- ✓ انتخاب و بازرسی مواد مصرفی
- ✓ طرح و تنظیم نحوه اجرای جوشکاری
- ✓ بررسی تجهیزات جوشکاری
- ✓ آزمون جوشکاران و اپراتورها
- ✓ بررسی تسهیلات آزمایش

بازرسی مین جوشکاری

✓ بازرسی قطعات متصل شونده و درزهای آماده جوشکاری

- ✓ بازرسی محل‌های جوش و سطوح مجاور بمنظور اطمینان از تمیزی و عدم آلودگی
- ✓ بازرسی سطوح برشکاری شده با شعله یا شیارزده شده به روش قوسی هوایی
- ✓ بازرسی ترتیب و توالی جوشکاری، سایر تمهیدات بمنظور کنترل پیچیدگی
- ✓ بازرسی مواد مصرفی جوشکاری از نظر دارا بودن شرایط مطلوب و گرم و خشک کردن الکتروده‌های روپوش قلبایی طبق دستورالعمل های مصوبه
- ✓ بررسی وضعیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری از نظر داشتن مهارت و قبولی در آزمون مربوطه
- ✓ بازرسی پیش گرم کردن و حفظ درجه حرارت بین پاسی در صورت لزوم

بازرسی بعد از جوشکاری

- ✓ بازرسی چشمی از نظر وجود عیوب مرئی، ترکهای سطحی (چه در جوش و چه در فلز مینا، بریدگی کناره، کندگی، سوختگی، تقعر یا تحدب زیاد نیمرخ جوش، نامساوی بودن ساقها، گروه اضافی، پرنشده‌گی کامل، نفوذ اضافی، موجدار بودن بیش از حد، چاله انتهای جوش، گره قطع و وصل قوس و غیره
- ✓ بازرسی تغییرشکل‌های ناشی از جوشکاری (انقباض موضعی، خیز، خم شدگی، تابیدگی، چرخش، کمانش، موجدار شدن و غیره)، شکستگی محور، بهم خوردگی زاویه ها و غیره
- ✓ بازرسی ابعاد جوش و قطعه جوشکاری شده
- ✓ بازرسی تنش زدایی و سختی سنجی پس از تنش زدایی
- ✓ بازرسی های غیرمخرب (پرتونگاری، امواج مافوق صوت، عیب یابی ذره مغناطیسی، مایع نافذ، جریان گردابی و غیره)

وظایف بازرس جوش

- تفسیر نقشه های جوشکاری
- بررسی سفارش خرید بمنظور حصول اطمینان از درستی تعیین مواد جوشکاری و مواد مصرفی
- بررسی و شناسایی مواد دریافت شده طبق مشخصات سفارش خرید
- بررسی ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی از روی گزارش نورد طبق نیازمندیهای معین شده
- بررسی فلز مبنا از نظر عیوب و انحرافات مجاز
- بررسی نحوه انبار کردن فلز پرکننده و دیگر مواد مصرفی
- بررسی تجهیزات مورد استفاده
- بررسی آماده سازی اتصال جوش
- بررسی جفت و جوری اتصال
- بررسی بکارگرفتن دستورالعمل جوشکاری تایید شده
- بررسی ارزیابی صلاحیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری
- انتخاب نمونه های آزمایش تولیدی
- ارزیابی نتایج آزمایش
- نگهداری سوابق
- تهیه و تنظیم گزارش

چند نمونه از این بازرسی موقع جوشکاری عبارتند از :

- بازرسی قطعات متصل شده و درزهای آماده جوشکاری اطمینان از تمیزک وعدم آلودگی باموادى که اثرات زیانبخش بر جوش دارند.
- بازرسی سطوح برشکاری شده با شعله یا شیار زده شده به روش قوسی هوایی از نظر تضاریس پوسته ترک وغیره
- بازرسی تربیت وتوالی جوشکاری استفاده از قیدها وگیره هاو سایر تمهیدات به منظور کنترل پیچیدگی ناشی از جوشکاری
- بازرسی مواد مصرفی جوشکاری از نظر داربودن شرایط مطلوب وگرم وخشک کردن الکترودهای روپوش قلیایی طبق دستورالعمل های مصوبه
- بررسی وضعیت جوشکاری واپراتورهای جوشکاری از نظر داشتن مهارت وقبولی درآزمون مربوطه
- بازرسی بیش گرم کردن وحفظ درجه حرارت بین پاسی درصورت لزوم
- بازرسی بعداز جوشکاری بمنظور درستی مجموعه ساخته شده یا نصب شده وکنترل کیفیت جوش انجام می شود.
- چند نمونه از فعالیت های بازرسی بعداز جوشکاری عبارتند از :
- بازرسی چشمی از نظر وجود عیوب مریی ترک های سطحی (چه درجوش وچه درفلز مبنا) بریدگی کناره کندگی ، سوختگی ، تقعر یا تحدب زیاد نیمرخ جوش
- نامساوی بودن ساق ها ، گرده اضافی، پرتشدگی کامل، گندگی نفوذ اضافی،موجدار بودن بیش از حد، چاله انتهای جوش،گره قطع ووصل قوس وغیره
- بازرسی تغییر شکل ناشی ازجوشکاری (انقباض موضعی ، خیز، خم شدگی، تابیدگی، چرخش ، گمانش، موجدارشدن وغیره) شکستگی محور به هم خوردگی زاویه ها وغیره .
- بازرسی ابعاد جوش وقطعه جوشکاری شده
- بازرسی تنش زدایی وسختی پس از تنش زدایی

- بازرسی های غیر مخرب (پرتونگاری ، امواج فراصوتی ، عیب یابی ذره مغناطیسی مایع نافذ جریان گردابی وغیره)
- ارزیابی کیفیت جوش بایستی در هر سه مرحله بازرسی قبل از جوشکاری بازرسی درموقع جوشکاری وبازرسی بعداز جوشکاری صورت پذیرد . ج.ش انجام شده و قطعه جوش داده شده بایستی بااستانداردهای مطلوب کیفیت مطابقت داشته باشند ارزیابی کیفیت جوشکاری بعهدده بازرسی است .
- برای ارزیابی کیفیت جوشکاری لازم است استاندارد پذیرش یا معیار پذیرش جوش مشخص باشد ونوع آزمایش غیر مخرب ومیزان آزمایش (صد تصادفی وغیره) تعیین شود بازرسی بایستی نتایج آزمایش ها وبازرسی های انجام شده را تجربه وتحلیل نماید.
- پذیرش جوش درهرسه مرحله بازرسی از اهمیت ویژه ای برخورداراست درواقع پذیرش جوش پس از مقایسه کیفیت جوش حاصل با کیفیت مطلوب انجام می شود.
- پذیرش باید قطعی وغیر مبهم باشد برای پذیرش باید گواهینامه صادر شود یافرم مربوطه تنظیم وامضاء گردد.
- تهیه گزارش برای مراحل مختلف بازرسی وکلیه آزمایش های انجام شده ضروری است .
- گزارش نتایج آزمایش ها وبازرسی های انجام شده بایستی بصورت مرتب ومشخص وجداگانه تهیه وتنظیم شود برای کارهای بازرسی تهیه گزارش خوب که کار ارزیابی وپذیرش نهایی را تسهیل نماید اعتبار ویژه ای دارد.

وظایف بازرسی جوش :

- مسئولیت ایجاب می کند که بازرسی جوش دارای شخصیت حرفه ای با توانایی وشعور خوب باشد بازرش جوش ممکن است با کارخانجات متعدد ساخت وکارگاه های متعددی سروکار داشته باشد که بایستی درهمه موارد ساعات کار ومقررات کاری وسازمان های مربوطه رارعايت نماید.
- مراعات دقیق قواعد ومقررات کار خصوصا درموارد پرسنلی ایمنی وامنیتی الزامی است
- هیچگاه بازرسی نبایستی خود را مستحق امتیازات ویژه بداند بازرسی بایستی درمورد کارگاه ساخت بیطرف باشد بی معطلی تصمیم بگیرد بدون آنکه تحت تاثیر نظر دیگران واقع شود وباتکا به حقایق تصمیم بگیرد وبا عقاید مختلف تصمیم قبلی خود رابه آسانی عوض نکند.

چند نمونه از وظایف بازرسی جوش عبارتند از :

- ۱- تفسیر نقشه های جوشکاری ومشخصات
- ۲- بررسی سفارش خرید بمنظور حصول اطمینان ازدروستی تعیین مواد جوشکاری ومواد مصرفی
- ۳- بررسی وشناسایی مواد دریافت شده طبق سفارش خرید
- ۴- بررسی ترکیب شیمیایی وخواص مکانیکی ازروی گزارش نورد طبق نیازمندی های معین شده
- ۵- بررسی فلز مینا از نظر عیوب وانحرافات مجاز
- ۶- بررسی نحوه انبار کردن فلز پرکننده ودیگر عوامل مصرفی
- ۷- بررسی تجهیزات مورد استفاده
- ۸- بررسی آماده سازی اتصال جوش
- ۹- بررسی بکار گرفتن دستورالعمل جوشکاری تایید شده
- ۱۰- بررسی ارزیابی صلاحیت جوشکاران واپراتورهای جوشکاری
- ۱۱- انتخاب نمونه های آزمایش تولیدی
- ۱۲- ارزیابی نتایج آزمایشات
- ۱۳- نگهداری سوابق

۱۴- تهیه و تنظیم گزارش

دسته بندی بازرسان جوش

بازرسان جوش رابه دسته های ذیل می توان تقسیم بندی نمود

۱- بازرس کد

۲- بازرس نماینده دولت

۳- بازرس خریدار مشترک یا کارفرما Client

۴- بازرس کارخانه سازنده یا پیمانکار Contractor

۵- بازرس نماینده مهندس معمار Inspector

۶- بازرس یا متخصص آزمایش های مخرب DT

۷- بازرس یا متخصص آزمایش های غیرمخرب NPT

گرچه وظایف بازرس داخلی و خارجی (بازرس انتخاب شده از داخل سازمان یا خارج از سازمان) ممکن است با یکدیگر متفاوت باشد ولی در اینجا فقط به ذکر بازرس اکتفا می شود.

مطالبی که در اینجا عرضه می شود گاهی ممکن است به همه دسته بندی های فوق اتلاق شود یا فقط به یک یا چند تاز دسته بندی های فوق محدود گردد

در همه حالات قرض بر آن است که بازرس صلاحیت های لازم را داشته و قادر است نوع سازه مورد نظر را که به او محول شده است بازرسی نماید.

ویژگی بازرس جوش :

برای بازرس شدن دارا بودن ویژگی های ذیل ضروری است .

بمنظور انجام وظایف بازرسی با رعایت جنبه های وجدانی و حرفه ای اهمیت هیچ یک از ویژگی ها رانمی توان سبک شمرد.

۱- آشنایی با نقشه ها و مشخصات فنی

بازرس جوش بایستی با نقشه های مهندسی آشنا بوده و بتواند مشخصات فنی را تفسیر نماید.

بازرس جوش بایستی علاوه بر نقشه خوانی باعلایم قراردادی جوش و آزمایش های غیر مخرب آشنایی کامل داشته باشد.

۲- آشنایی با زبان جوشکاری

بازرس نمی تواند بدون آشنایی با زبان جوشکاری خود را بازرس بنامد بازرس بایستی با فرهنگ جوشکاری آشنا بوده

و اصطلاحات درست برای هر فرایند جوشکاری را بکار ببرد

بازرس احتیاج دارد یافته های بازرسی خود را به جوشکاران و دیگر افراد کارگاه که جوش داده اند یا تعمیرات را انجام می دهند

و به مهندسانی که نقشه کار را کشیده اند و کسانی که سازه نهایی رامی پذیرند تفهیم نماید.

بنابراین بایستی گزارش خود را طوری تنظیم نماید که برای همه افراد مربوطه قابل درک باشد.

بازرس بایستی فرهنگ جوشکاری را مطالعه نموده ناپیوستگی ها و عیوب جوش را بشناسد و باروش های بازرسی آشنا باشد.

در بعضی مواقع برای بعضی از فرایندهای جوشکاری از نام های تجارتي استفاده می شود ولی بازرس بایستی در گفتار ها

و نوشتارهای خود اصطلاحات استاندارد را بکار ببرد.

۳- آشنایی با فرایندی های جوشکاری

بازرس جوش بایستی با فرایندهای مختلف جوشکاری آشنا بوده و منظور از فرایند کاربرد آن شرح فرایند منبع حرارتی با منبع

انرژی مورد استفاده چگونگی کنترل فرایند جنبه های عملیاتی و مسائل ایمنی مربوط را بداند و بطور کلی از مزایا و محدودیت

های فرایند جوشکاری آگاهی کامل داشته باشد.

۴- شناخت روش های آزمایش

برای معلوم شدن انطباق جوش از نظر کیفیت با خواسته های استاندارد از روش های آزمایش متعددی استفاده می شود. هرروش آزمایش محدودیت های خود را دارد بازرس جوش بایستی بداند هرروش آزمایش چه کاربردی دارد و نتایج حاصله چگونه تجزیه و تحلیل می شود.

۵- توانایی گزارش نویسی و حفظ سوابق

بازرس جوش بایستی در حفظ سوابق بازرسی ها مهارت داشته باشد بازرس جوش بایستی قادر به تهیه گزارش کوتاه باشد که بدون هیچگونه مشکلی مفهوم باشد گزارشات بازرس جوش بایستی آنقدر کامل باشد که دلیل تصمیم او برای ماه های آینده روشن باشد. بازرس باید منظور خود را در گزارش طوری بیان نماید که برای خواننده ناآشنا به موضوع نیز درک مطلب آسان باشد بازرس بایستی بخاطر بسپارد حقایقی که در زمان نوشتن گزارش معلومند بعدها و بمرور زمان ممکن است به همان روشنی همانطور کامل یا با همان دقت به یاد نماند. گزارش بازرسی بایستی نه تنها تمام نتایج بازرسی و آزمایشات را دربرداشته باشد بلکه بایستی به موضوع دستورالعمل جوشکاری ارزیابی دستورالعمل جوشکاری و کنترل مواد جوشکاری نیز اشاره نماید تهیه گزارش خوب باعث زیاد شدن اعتبار بازرس می شود.

۶- داشتن وضعیت خوب جسمانی

شرایط جسمانی بازرس بایستی اجازه فعالیت به او بدهد برای بازرس قبل از جوشکاری حین جوشکاری و به بعد از جوشکاری گاهی صعود از داربست مرنفع یا ورود و خروج از دریچه بازدید لازم است. معمولا طوری برنامه ریزی می شود که کار برای جوشکاری با اپراتورهای جوشکاری راحت باشد و از اینرو ممکن است شرایط بازرسی برای بازرس دشوار باشد.

۷- داشتن دید خوب

دارا بودن دید خوب ضروری است بازرس بایستی قادر باشد از نزدیک جوش ها و نتایج رادیوگرافی با سایر آزمایش های غیر مخرب رانگاه کند بازرس ذیصلاح از نظر پزشکی دید قابل قبول داشته باشد.

۸- حفظ متانت حرفه ای

بر حفظ متانت حرفه ای بازرس نبایستی بیش از حد تاکید شود این موضوع در موفقیت یا عدم موفقیت بازرس تاثیر دارد بازرس برای موفق شدن در کار خود نیاز به همکاری دیگر همکاران دارد و بایست به نحوی کمک آنان را جلب نماید بازرس بایستی در بی طرفی و سازگاری در همه تصمیم ها بکوشد بازرس بایستی از دستورالعمل بازرسی مشخص بیرونی کند و بازرس بایستی نه سرسخت و نه به آسانی تغییر عقیده داده و رام شود بازرس تحت هیچ وضعیتی نبایستی طرفداری کند یا بالا جبار تصمیم بگیرد یا تصمیم گرفتن را به تعویق بیندازد.

بازرس ممکن است در موقعیت شغلی جدید در روزها و هفته های نخست مشکل داشته باشد بازرس در این مدت از نظر خط مشی مورد بازرسی قرار می گیرد اسناد قرارداد نیازمندی ها و وظایف اختیارات و مسئولیت های بازرس را مشخص می نماید. اگر بازرس شخص مطلع میانه رو سازگار باشد و منظور مشخصات قرارداد را مراعات نماید احترام و همکاری دیگران را کسب خواهد نمود.

۹- تحصیل و آموزش

گذراندن دوره رسمی مهندسی علوم پایه و متالوژی برای بازرسی با ارزش است و بسیاری از بازرسان عالی معلومات معادل را از طریق تجربه و مطالعه کسب نموده اند

کتاب راهنمایی ارزیابی و تعیین صلاحیت بازرس جوش منتشره از انجمن جوشکاری آمرییکا برای دیپلمه ها می تواند بعنوان درس پیش دانشگاهی با عنوان جایگزین دوسال تجربه در بازرسی جوش تلقی شود.

۱۰- تجربه بازرسی

نگرش فردی و نقطه نظر بازرس خوب فقط از طریق بازرس بدست می آید تجربه بازرسی قطعات بدون جوش نیز برای بازرس جوش فوق العاده مفید است زیرا طور فکر و دیدکاری بازرس را وسعت می بخشد.

در بعضی محافل برای صدور گواهینامه صلاحیت بازرسی جوش از نظر عملی سوابق بازرسی جوش با وظایفی که در رابطه با بازرسی جوش هستند راملک دادن امتیاز می شمارند.

۱۱- تجربه جوشکاری

تجربه واقعی در جوشکاری با پراتوری جوشکاری برای بازرس جوش گرانبهاست تجربه جوشکاری داشتن جوشکاری بازرس را وسیع می کند برای او اعتبار می آورد و در توجیه علل مردود کردن کار وضعیت او را یاری می نماید.

بعضی از کارفرمایان خواستار داشتن تجربه جوشکاری برای بازرس مورد نظر خود هستند.

بازرسی چشمی

کاربرد اطلاعاتی که در این راهنما آمده است برای مسئولیت ها و وظایف عمومی بازرسان چشمی جوش و همچنین کسانی که مسئولیت ها و وظایف دقیقی که در کد و استانداردهای خاصی تعریف شده دارند قابل اجرا می باشد بازرس باید دانش هر یک از اصول و روش های آزمون مورد نیاز جهت یک جوش مشخص را داشته باشند و این جزئی از مسئولیت های آنان می باشد. طراحی و ذکر خصوصیات مناسب مربوط به بازرسی چشمی باید به عنوان قسمتی از قرارداد در نظر گرفته شود در غیاب چنین ملزوماتی از سازنده باید خواسته شود که بصورت کتبی جزئیات روش های مورد استفاده شامل روش های آزمون راتهییه کند استانداردهای پذیرفته شده باید از طریق سازنده و خریدار قبل از هرگونه شروع جوشکاری دقیقا درک و تفهیم شود این مساله فقط به خاطر استفاده موثرتر از روش های آزمون نمی باشد بلکه برای جلوگیری از بوجود آمدن هرگونه اشکال در جوشکاری انجام گرفته است که آیا جوشکاری رضایت بخش و برطبق خصوصیات ذکر شده در قرارداد بوده یا نه .

هدف :

این راهنما شامل بیش زمینه ای از اصول ضروری برای پرسنلی که بازرسی چشمی جوش را انجام می دهند همچون توانایی ها و محدودیت های فیزیکی مثل دانش فنی آموزش ، تجربه، قضاوت و تاییدیه می شود این راهنما اصولا یک معرفی از آزمون های چشمی مربوط به جوشکاری رادر برمی گیرد این بازرسی ها برحسب زمانی که انجام می گیرد در سه بخش طبقه بندی می شوند .

قبل از جوشکاری

در حین جوشکاری

بعد از جوشکاری

بازرسی چشمی ممکن است به وسیله افراد یا سازمان های مختلف انجام گیرد

افرادی که بازرسی چشمی را در مراحل جوشکاری انجام می دهند شامل

جوشکاران ناظران جوش بازرس جوش کارفرما بازرس خریدار یا بازرس هماهنگ کننده می شوند همچنین در این جزوه

در مورد وسایل و تجهیزات بازرسی چشمی که مکررا استفاده می شود همچون وسایل اندازه گیری و دستگاه های نشان دهنده

مروری نموده است یک بخش نیز در مورد رکوردهای ثبت شده است و ابعدادی را که در یک سند رسمی نتایج بازرسی چشمی باید در نظر گرفته شود را بیان می کند.

بالاخره این راهنما مرجع یا مطالب بیشتری را در برمی گیرد که ضرورت هایی با جزییات بیشتر را برای برنامه های بازرسی چشمی ویژه در اختیار قرار می دهد.

اطلاعات عمومی در بسیاری از برنامه های تدوین شده توسط سازنده جهت کنترل کیفیت محصولات از آزمون چشمی به عنوان اولین تست ویا در بعضی موارد به عنوان تنها مند ارزیابی بازرسی استفاده می شود اگر آزمون چشمی بطور مناسب اعمال شود ابزار ارزشمندی می تواند واقع گردد.

بعلاوه یافتن محل عیوب سطحی بازرسی چشمی می تواند بعنوان تکنیک فوق العاده کنترل بروسه برای کمک در شناسایی مسائل ومشکلات مابعد ساخت بکار گرفته شود.

آزمون چشمی روشنی برای شناسایی نواقص ومعايب سطحی می باشد نتیجتا هر برنامه کنترل کیفیت که شامل بازرسی چشمی می باشد باید محتوی یک سری آزمایشات متوالی انجام شده در طول تمام مراحل کاری در ساخت باشد بدین گونه بازرسی چشمی سطوح معیوب که در مراحل ساخت اتفاق می افتد میسر می شود.

کشف وتعمیر این عیوب در زمان فوق کاهش هزینه قابل توجهی را دربر خواهد داشت بطوری که نشان داده شده است بسیاری از عیوبی که بعد ها باروش های تست پیشرفته تری کشف می شوند با برنامه بازرسی چشمی قبل حین وبعد از جوشکاری به راحتی قابل کشف می باشند سازندگان فایده یک سیستم کیفیتی که بازرسی چشمی منظمی داشته است را به خوبی درک کرده اند.

میزان تاثیر بازرسی چشمی هنگامی بهتر می شود که یک سیستمی که تمام مراحل بروسه جوشکاری(قبل حین و بعد از جوشکاری) را بپوشاند نهادینه شود

قبل از جوشکاری یک سری موارد نیاز به توجه بازرسی چشمی دارد که شامل زیر است .

- ۱- مرور طراحی ها ومشخصات
- ۲- چک کردن تاییدیه پروسیجرها وپرسنل مورد استفاده
- ۳- بنا نهادن نقاط تست
- ۴- نصب نقشه ای برای ثبت نتایج
- ۵- مرور مورد استفاده
- ۶- چک کردن ناپیوستگی های فلز پایه
- ۷- چک کردن فیت آب وتراز بندی اتصالات جوش
- ۸- چک کردن پیش گرمایی در صورت نیاز

اگر بازرسی توجه بسیار دقیقی به این آتیم های مقدماتی بکند می تواند از بسیاری مسائل که بعدها ممکن است اتفاق بیافتد جلوگیری نماید مساله بسیار مهم این است که بازرسی باید بداند چه چیزهایی کاملاً مورد نیاز می باشد این اطلاعات را می توان از مرور مستندات مربوطه بدست آورد با مرور این اطلاعات سیستمی باید بنا نهاده شود که تضمین کند رگوده های کامل ودقیقی را می توان بطور عملی ایجاد کرد.

نقاط نگهداری

باید بنا نهادن نقاط تست یا نقاط نگهداری جایی که آزمون باید قبل از تکمیل هرگونه مراحل بعدی ساخت انجام شود در نظر گرفته شود این موضوع در پروژه های بزرگ ساخت یا تولیدات جوشکاری انبوه بیشترین اهمیت را دارد.

روش های جوشکاری

مرحله دیگر مقدماتی این است که اطمینان حاصل کنیم آیا روش های قابل اعمال جوشکاری ملزومات کار برآورده می سازند یا نه؟ مستندات مربوط به تایید با صلاحیت های جوشکاران هر کدام بطور جداگانه باید مرور شود طراحی ها ومشخصات معین می کند که چه فلزهای پایه ای باید به یکدیگر متصل شوند وچه فلز پرکننده باید مورد استفاده قرار گیرد برای جوشکاری

سازه و دیگر کاربردهای بحرانی جوشکاری بطور معمول برطبق روش های تایید شده ای که متغیرهای اساسی بروسه راثبت می کنند و بوسیله جوشکارانی که برای بروسه ماده و موقعیتی که قرار است جوشکاری شود تایید شده اند انجام می گیرد در بعضی موارد مراحل اضافی برای آماده سازی مواد مورد نیاز می باشد بطور مثال در جاهایی که الکترودهای از نوع کم هیدروژن مورد نیاز باشد وسایل ذخیره آن باید بوسیله سازنده در نظر گرفته شود.

مواد پایه

قبل از جوشکاری شناسایی نوع ماده و یک تست کامل از فلزات پایه ای مربوطه باید انجام گیرد اگر یک ناپیوستگی همچون جدالایکی صفحه ای وجود داشته باشد و کشف شده نشده باقی بماند صحت ساختاری کل جوش احتمال تاثیر دارد در بسیاری از اوقات جدالایگی در طول لبه ورقه قابل رویت می باشد بخصوص در لبه هایی که با گاز اکسیژن برش داده شده است .

مونتاز اتصالات

برای یک جوش بحرانی ترین قسمت ماده پایه ناحیه ای است که برای پذیرش فلز جوشکاری به شکل اتصال آماده سازی می شود اهمیت مونتاز اتصالات قبل از جوشکاری رانمی توان به اندازه کافی تاکید کرد بنابراین آزمون چشمی مونتاز اتصالات از تقدم بالایی برخوردار است .

مواردی که قبل از جوشکاری باید در نظر گرفته شود شامل زیر است .

- ۱- زاویه شیار (Groove angle)
- ۲- دهانه ریشه (Root opening)
- ۳- تراز بندی اتصال (Joint alignment)
- ۴- پشت بند (Backing)
- ۵- الکترودهای مصرفی (Consumable insert)
- ۶- تمیز بودن اتصال (Joint cleanliness)
- ۷- خال جوش ها (Tack welds)
- ۸- پیش گرم کردن (Preheat)

هر کدام از این فاکتورها رفتار مستقیم روی کیفیت جوش بوجود آمده دارند اگر مونتاز ضعیف باشد کیفیت جوش احتمالاً زیر حد استاندارد خواهد بود دقت زیاد در طول اسمبل کردن با سوار کردن اتصال می تواند تاثیر زیادی در بهبود جوشکاری داشته باشد اغلب آزمایش اتصال قبل از جوشکاری عیوبی را که در استاندارد محدود شده اند را آشکار می سازد البته این اشکالات محل هایی می باشند که در طول مراحل بعدی به دقت می توان آنها را بررسی کرد برای مثال اگر اتصالی از نوع TT-joint برای جوش های گوشه ای (Fillet welds) شکاف وسیعی از ریشه نشان دهد اندازه جوش گوشه ای مورد نیاز باید به نسبت مقدار شکاف ریشه افزوده شود بنابراین اگر بازرس بداند چنین وضعیتی وجود دارد مطابق به آن نقشه یا اتصال جوش باید علامت گذاری شود و آخرین تعیین اندازه جوش به درستی شرح داده شود.

حین جوشکاری:

در حین جوشکاری چندین آتیم وجود دارد که نیاز به کنترل دارد تا نتیجتاً جوش رضایتبخشی حاصل شود آزمون چشمی اولین مند برای کنترل این جنبه از ساخت می باشد این می تواند ابزار ارزشمندی در کنترل پروسه باشد بعضی از این جنبه های ساخت که باید کنترل شوند شامل موارد زیر می باشد.

- ۱- کیفیت پاس ریشه جوش (Weld root bead)
- ۲- آماده سازی ریشه اتصال قبل از جوشکاری طرف دوم

۳- پیش گرمی و دماهای میان پاسی

۴- توالی پاسهای جوش

۵- لایه های بعدی جهت کیفیت جوش معلوم

۶- تمیز نمودن بین پاسها

۷- پیروی از پروسیجر کاری همچون ولتاژ آمپر ورود حرارت سرعت

هر کدام از این فاکتورها اگر نادیده گرفته شود سبب بوجود آمدن ناپیوستگی هایی می شود که می تواند کاهش جدی کیفیت رادربر داشته باشد.

پاس ریشه جوش

شاید بتوان گفت بحرانی ترین قسمت هر جوشی پاس ریشه جوش می باشد. مشکلاتی که در این نقطه وجود دارد و در نتیجه بسیاری از عیوب که بعدها در یک جوش کشف می شوند مربوط به پاس ریشه جوش می باشند بازرسی چشمی خوب روی پاس ریشه جوش می تواند بسیار موثر باشد وضعیت بحرانی دیگر ریشه اتصال در درزهای جوش دو طرفه هنگام اعمال جوش طرف دوم بوجود می آید این مساله معمولاً شامل

جداسازی سرباره (Slag)

تراشه برداری (Chipping)

رویه برداری حرارتی (Thermal gouging)

سنگ زنی (Grinding)

می باشد وقتی که عملیات جداسازی کاملاً انجام گرفت آزمایش منطقه گود برداری شده قبل از جوشکاری طرف دوم لازم است این کار به خاطر این است که از جداسدن تمام ناپیوستگیها اطمینان حاصل شود اندازه یا شکل شیار برای دسترس راحت تر به تمام سطوح امکان تغییر دارد.

پیش گرمی و دماهای بین پاس

پیش گرمی و دماهای بین پاس می توانند بحرانی باشند و اگر تخصیص یابند قابل اندازه گیری می باشند محدودیت ها اغلب بعنوان می نیمم

ماکزیمم و یا هر دو بیان می شوند همچنین برای مساعدت در کنترل مقدار گرما در منطقه جوش توالی و جای تک پاس ها اهمیت دارد بازرس باید از اندازه و محل هر تغییر شکل با چروکیدگی سبب شده بوسیله حرارت جوشکاری آگاه باشد بسیاری از اوقات همزمان با پیشرفت گرمای جوشکاری اندازه گیری های تصحیحی گرفته می شود تا مسائل کمتری بوجود آید.

آزمایش بین لایه ای

برای ارزیابی کیفیت جوش هنگام پیشروی عملیات جوشکاری بهتر است که هر لایه بصورت چشمی آزمایش شود تا از صحت آن اطمینان حاصل شود همچنین با این کار می توان دریافت که آیا بین پاس ها بخوبی تمیز شده اند یا نه؟ با این عمل می توان امکان روی دادن ناخالصی سرباره در جوش پایانی را کاهش داد بسیاری از این گونه موارد احتمالاً در دستورالعمل جوشکاری اعمالی آورده شده اند.

در این گونه موارد بازرسی چشمی که در طول جوشکاری انجام می گیرد اساساً برای کنترل این است که ملزومات روشن جوشکاری رعایت شده باشد.

بعد از جوشکاری :

بسیاری از افراد فکر می کنند که بازرسی چشمی درست بعد از تکمیل جوشکاری شروع می شود به هر حال اگر همه مراحل که قبلاً شرح داده شد قبل و حین جوشکاری رعایت شده باشد آخرین مرحله بازرسی چشمی به راحتی تکمیل خواهد شد از

طریق این مرحله از بازرسی نسبت به مراحل قبلی شده و نتیجتاً جوش رضایت بخش را بوجود آورده اطمینان حاصل خواهد شد.

بعضی از مواردی که نیاز به توجه خاصی بعد از تکمیل جوشکاری دارند عبارتند از :

۱- ظاهر جوش بوجود آمده

۲- اندازه جوش بوجود آمده

۳- طول جوش

۴- صحت ابعادی

۵- میزان تغییر شکل

۶- عملیات حرارتی بعد از جوشکاری

هدف اساسی از بازرسی جوش بوجود آمده در آخرین مرحله این است که از کیفیت جوش اطمینان حاصل شود بنابراین آزمون چشمی چندین چیز مورد نیاز می باشد بسیاری از کدها و استانداردها میزان ناپیوستگی هایی که قابل قبول هستند را شرح می دهد و بسیاری از این ناپیوستگی ها ممکن است در سطح جوش تکمیل شده بوجود آیند.

ناپیوستگی ها

بعضی از انواع ناپیوستگی هایی که در جوش ها یافت می شوند عبارتند از

۱- تخلیل

۲- ذوب ناقص

۳- نفوذ در درز

۴- بریدگی (سوختگی) کناره جوش

۵- روبهم افتادگی

۶- ترک ها

۷- ناخالص های سرباره

۸- گرده جوش اضافی

در حالی که ملزومات کد امکان دارد مقادیر محدودی از بعضی از این ناپیوستگی ها را تایید نماید ولی عیوب ترک و ذوب ناقص هرگز پذیرفته نمی شود برای سازه هایی که تحت بار خستگی و یا سیکلی می باشند خطر این ناپیوستگی های سطحی افزایش می یابد در اینگونه شرایط بازرسی چشمی سطوح با اهمیت ترین بازرسی است که می توان انجام داد.

وجود سوختگی کناره (Undercut) روبهم افتادگی (Overlap) و کنتور نامناسب سبب افزایش تنش می شود بار خستگی می تواند سبب شکست های ناگهانی شود که از این تغییر حالت هایی که بطور طبیعی روی می دهد زیاد می شود به همین خاطر است که بسیاری اوقات کنترل مناسب یک جوش می تواند بسیار با اهمیت تراز اندازه واقعی جوش باشد زیرا جوشی که مقداری از اندازه واقعی کمتر باشد بدون ناخالصی ها و نامنظمی های درشت می تواند بسیار رضایت بخش تراز جوشی باشد که اندازه کافی ولی کنتور ضعیفی داشته باشد.

برای تعیین اینکه مطابق استاندارد بوده است بازرس باید کنترل کند که آیا همه جوش ها طبق ملزومات طراحی از لحاظ اندازه و محل (موقعیت) صحیح می باشند یا نه؟

اندازه جوش گوشه ای (Fillet) بوسیله یکی از چندین نوع سنجه های جوش برای تعیین بسیار دقیق و صحیح اندازه تعیین می شود.

در مورد جوش های شیار (Groove) باید از لحاظ گرده جوش مناسب دو طرف درز را اندازه گیری کرد بعضی از شرایط ممکن است نیاز به ساخت سنجه های جوش خاص داشته باشند.

عملیات حرارتی بعداز جوشکاری

به لحاظ اندازه شکل یا نوع فلز پایه ممکن است عملیات حرارتی بعداز جوش در روش جوشکاری اعمال شود این کار فقط از طریق اعمال حرارت (گرما در محدوده دمایی بین پاس یا نزدیک به دمای آن صورت می گیرد تا از لحاظ متالورژیکی خواص جوش بوجود آمده را کنترل نمود حرارت دادن در درجه حرارت دمای بین پاس ساختار بلوری را به استثناء موارد خاص تحت تاثیر قرار نمی دهد بعضی از حالات ممکن است نیاز به عملیات تنش زدایی حرارتی داشته باشند بطوری که قطعات جوش خورده بتدریج در یک سرعت مشخص تا محدوده تنش زدایی تقریباً 1100°F تا 1200°F (590°C تا 650°C درجه سانتی گراد) برای اکثر فولادهای کربنی گرما داده می شود.

بعداز نگهداری در این دما یک ساعت برای هر اینچ از ضخامت فلز پایه قطعات جوش خورده تا دمای حدود 600°F (315°C) درجه سانتی گراد) در یک سرعت کنترل شده سرد می شود. بازرس در تمام این مدت مسئولیت برانجام کار را دارد تا از صحت کار انجام شده و تطابق با ملزومات روشن کار اطمینان حاصل نماید.

آزمایش ابعاد پایانی

اندازه گیری دیگری که کیفیت یک قطعه جوشکاری شده را تحت تاثیر قرار می دهد صحت ابعادی آن می باشد اگر یک قسمت جوشکاری شده بخوبی جفت و جور نشود ممکن است غیر قابل استفاده شود اگر چه جوش دارای کیفیت کافی باشد حرارت جوشکاری فلز پایه را تغییر شکل داده و می تواند ابعاد کلی اجزاء را تغییر دهد بنابراین آزمایش ابعادی بعداز جوشکاری ممکن است برای تعیین متناسب بودن قطعات جوشکاری شده برای استفاده مورد نظر مورد نیاز واقع شود.

اطلاعات عمومی

همانند روش های دیگر بازرسی غیر مخرب پیش نیازهای مختلف وجود دارد که باید قبل از انجام آزمون چشمی در نظر گرفته شود بعضی ازط مشخصات بسیار رایج که باید در نظر گرفته شود در پایین بحث شده است .

تیز بینی

یکی از پیش نیازهای بسیار واضح این است که بازرسی چشمی تیز بینی و دقت چشم کافی برای انجام بازرسی داشته باشد در این مورد باید بینایی کافی در دور و نزدیک با استفاده از عینک یا بدون آن در نظر گرفته شود تست چشم (بینایی) بوسیله یک شخص صلاحیت دار یکی از پیش نیازهای تاییدیه (AWS) به عنوان بازرسی جوش تایید شده (CWI) و یک کمک بازرسی جوش صلاحیت دار (CAWI) می باشد.

تجهیزات

آزمون های چشمی که به استفاده از ابزار و تجهیزات ویژه ای نیاز دارند به کار برده و میزان دقت مورد نیاز برای بازرسی بستگی دارد بعضی از ابزار ممکن است به خصوصیات خاصی قبل از استفاده نیاز داشته باشند مانند کالیبراسیون اگر چه در این راهنما بطور اجمالی درباره آزمون چشمی بحث شده است ولی مفاهیم مختلف و تنوع زیادی در تجهیزات وجود دارد. بعنوان یک قانون عمومی آن ابزاری که بایک کد و مشخصات ویژه ای مطابقت می کند و برای اندازه گیری با دقتی که قابل پذیرش باشد یا نیاز بازرسی همخوانی داشته باشد می تواند استفاده شود.

تجربه و کار اموری

از دیگر پیش نیازها این است که بازرسی چشمی باید دانش و مهارت کافی برانجام دقیق آزمون داشته باشد دانش و مهارت از طریق تحصیل و یا کارآموزی بدست می آیند هر دو روش بصورت کلاس های آموزشی و یا در کار می توانند حاصل شوند تنوع روش ها و پروسه های کسب کردن دانش و مهارت بسیارند ولی هنر خوب قضاوت کردن به راحتی و آسانی بدست نمی آید باید به افراد مختلف فرصت کافی برای درک نکات کلیدی راجع به آماده سازی اتصالات پیش حرارت جوشکاری دمای بین پاس

(Interpass) تغییر شکل جوش (Distortion) مواد مصرفی جوش و دیگر مواد داده شود بعلاوه زمان داده شود تابا بسیاری از انواع گوناگون ساخت آشنا شوند.

پروسیجرها

دستورالعمل های بازرسی بطور معمول بوسیله کارفرما تهیه می شوند و نوعا شامل دستورات جزء به جزیی که به پروسه های مختلف ساخت مربوط می شود ملزومات جزء به جزء مشتری و میزان بازرسی می شود مواردی مثل چه کسی بازرسی را انجام می دهد چه وقت بازرسی انجام می گیرد چگونه آزمون انجام گیرد و کجا آزمون انجام گیرد نوعا در روش کارز شامل شده است

فاکتورهای جزء به جزء آزمون شامل مواردی همچون طرز کار تصاویر فهرست های کنترل خواص نیاز به تجهیزات و دیگر موارد می شود هنگامی که پروسیجرهای نوشته شده در دسترس نمی باشد ممکن است از بازرس خواسته شود تا مستقیما باکد ها و استانداردها کار کند.

برنامه های تاییدیه

برای مطمئن شدن از اینکه بازرسان چشمی باصلاحیت می باشند (یعنی پیش نیازهای کافی برقرار می باشد) باید پرسنل بازرسی چشمی بطور رسمی تایید شوند گواهینامه (Certification) مدرک تایید می باشد موسسه جوشکاری آمریکا برنامه های CWI بازرس جوش با صلاحیت) و (CAWI) کمک بازرس جوش را ارائه داده است برنامه های دیگری برای بازرسان چشمی جوش ممکن است استفاده شود.

ایمنی

بازرسان چشمی باید تعلیمات کافی در تمارین ایمنی جوشکاری را دریافت نمایند خطر های ایمنی بالقوه بسیاری وجود دارد) الکتریسته گازها فوم ها اشعه UV ماورا بنفش گرما و... هر کسی که برای کار بارفت و آمد به محیط جوشکاری می آید در مورد ایمنی جوشکاری یک دوره کارآموزی بگذارد.

نتیجه گیری

در تمام فعالیت های مهندسی بمنظور آگاهی از کیفیت جوش و مجموعه جوش داده شده بازرسی جوش ضروری است .

بازرسی جوش می تواند به مقدار قابل توجهی از

پیدایش عیوب و تکرار اشتباهات جلوگیری کرده و در هزینه تعمیرات صرفه جویی نماید.

بازرسی جوش می تواند از چگونگی رعایت اصول فنی ضوابط و استانداردها خبر دهد

بازرسی جوش می تواند ایمنی بهره وری و عمر بیشتر تاسیسات و تجهیزات را تامین نماید.

بازرسی جوش می تواند از مطابقت جوش و سازه جوش داده شده با نیازمندی های طرح اطمینان دهد.

بازرسی جوش بایستی توسط بازرس صلاحیت دار انجام شود.

پارامترهای جوشکاری:

در این حالت فرآیند SMAW برای جوشکاریها استفاده می شود.

الف) جریان جوشکاری

برای الکترودهاب پیشنهادی جریان مستقیم معکوس (DCRP) توصیه می شود. تنظیم ولتاژ آمپر باید براساس پیشنهاد سازنده الکتروود انجام گیرد.

ب) الکتروود

دو نوع الکتروود پیشنهاد می شود. نوع اول جوشی قابل ماشینکاری و سختی کمتر در ناحیه HAZ ایجاد کند دومی جوشکاری بالاستحکام بیشتر ولی با ماشینکاری مشکل تولید می کند. در حالتی که الکتروود دوم استفاده می شود دقت بیشتری نیاز است تا از ترک در ناحیه ذوب جلوگیری شود.

اول AWS NEiFe-C1 دارای ۵۵٪ نیکل و استحکامی حدود ۳۴۵ Mpa می باشد. این الکتروود به آمپر و حرارت ورودی کمتر نیاز دارد. این الکتروود دردمای کمتر از دمای ذوب الکتروودهای فولاد کربنی ذوب های شود در نتیجه مارتنیت/ کاربید کمتری در HAZ ایجاد می کند.

دوم: AWS E-7018-7018 یا E-7016 یا E-7015 این الکتروود از جنس فولاد کربن بوده و دارای استحکام گشندی بیشتر حدود ۴۸۵ Mpa می باشد این الکتروودها به آمپر و حرارت ورودی بیشتر نیاز دارد و احتمال ترک خوردن آنها نیز بیشتر است نمادی الکتروودهای کم هیدروژن باید پس از باز شدن حبه در مکاری گرم و خشک نگهداری شوند.

تکنیک :

تکنیک خاصی مورد نیاز نیست بیشتر جوش باید بصورت Stringer باشد.

سرباز باید بین دو باس کاملاً برداشته شود.

پس گرمای:

نمای جدهای جکش خوار باید تحت عملیات گرمای قرار گیرند بستگی به نوع ماده ممکن است به تنش زدایی با نرمالایز و تمیز کردن نیاز باشد عملیات پیشنهادی بشرح زیر می باشد.

الف) تنش زدایی: قراردادن درون کوره دردمای ۹۵ °C و نگهداری به مدت ۲۵ دقیقه بازای هر سانتیمتر ضخامت و حداکثر شش ساعت گرم کردن آهسته با سرعت ۴۰/hr °C تا دمای ۶۰۰ °C و نگهداری به مدت ۲۵ دقیقه بازای هر سانتیمتر ضخامت و حداکثر شش ساعت سرد کردن در هوای ساکن

ب) برمالایز و تمیز کردن قراردادی کوره بدمای ۹۵ °C و نگهداری برای مدتی ۲۵ دقیقه بازای هر سانتیمتر ضخامت و حداکثر شش ساعت گرم کردن آهسته با سرعت ۴۰/hr °C تا ۵۴۰ °C و با سرعت ۹۵/hr °C تا دمای ۹۰۰ °C و نگهداری به مدت ۲۵ دقیقه به ازای هر سانتیمتر ضخامت با سقف شش ساعت سرد کردن در هوای ساکن

هنگامی که دمای قطعه زیر ۳۰۰ °C رسید می توان در کوره تمیز کننده قرارداد و به مدت ۲۵ دقیقه بازای هر سانتیمتر ضخامت با سقف شش ساعت دردمای ۳۲۰ °C و گرم کردن آهسته با سرعت ۹۵/hr °C تا ۶۵۰ °C و نگهداری در این دما بمدت ۲۵ دقیقه بازای هر سانتیمتر ضخامت و حداکثر شش ساعت و در نهایت سرد کردن و هوای ساکن

توصیه ها:

جوشکاری جدن جکش خوار دو مشکل ایجاد می کند.

الف: قسمتی از فلز باید که در ناحیه جوش ذوب می شود بصورت جکش خوار منجمد نمی شود گرافیتها بصورت گرمی شکل با نیمه کروی رسوب می کنند در نتیجه جکش خواری و مقاومت ضربه تا ۵۰٪ کاهش می یابد و مقداری کاربید بصورت برینی ایجاد می شود.

ب: در ناحیه HAZ فاز مارتنیت بصورت برلینی ایجاد می شود که باید با تمیز کردن جکش خواری راباز یافت کرد جدن جکش خوار در زمینه تنشهای جوشکاری و ترک خوردن هنگام جوشکاری یاد ر حال سرد شدن بسیار مستعد می باشد. با توجه به موارد فوق جکش خوار نباید هیچگاه بر تنش جوشکاری شود همچنین در صورتیکه جوش بیشتر از ۲۰٪ ضخامت قطعه را شامل شود نباید جوشکاری انجام شود.

انتخاب الکتروود برای کاربردهای تنش زدایی شده

اغلب فلزات برکننده در شرایط جوشکاری شده (as-welded) دسته بندی شده است بدین معنی که پس از جوشکاری و قبل از اجرای آزمایشات مکانیکی عملیات حرارتی خاصی روی آنها صورت نگرفته است بنا بر این خواص مکانیکی اعلام شده برای

آنها در شرایط بسگرم نشده میباشد اما سری دیگری از الکترودها وجود دارند که بصورت تنش زدایی شده دسته بندی شده است انتخاب الکتروده باید براساس شرایط واقعی کاربرد قطعه جوشکاری شده صورت گیرد جدول زیر گروههای فلزات برکننده ای را که در استاندارد AWS میتوانند تحت شرایط تنش زدایی شده دسته بندی شوند نشان میدهد.

AWS Classification Suffix	PWHT Temperature, °F (°C)
A1	1150 (620)
A2	1150 (620)
A3	1150 (620)
A4	1150 (620)
B1, B1L	1275 (690)*
2, B2L, B2H	1275 (690)*
3, B3L, B3H	1275 (690)
B4, B4L	1275 (690)
B5	1275 (690)*
6, B6L, B6H	1375 (740)
B7, B7L	1375 (740)
B8, B8L	1375 (740)
B9	1375 (740)
C1, C1L	1125 (605)
C2, C2L	1125 (605)
C5L	1075 (579)
D1	1150 (620)
D2	1150 (620)
D3	1150 (620)
Ni1	1150 (620)
Ni2	1150 (620)
Ni3	1150 (620)
Ni4	1150 (620)
Ni5	1150 (620)
F1	1150 (620)
F2	1150 (620)
F3	1150 (620)

در صورتیکه نام فلز پر کننده دارای یکی از بسوندهای مندرج در جدول ۲ باشد بدین معنیست که در شرایط تنش زدایی شده دسته بندی شده است .

بعنوان مثال E81T1-B2 تحت شرایط تنش زدایی شده دردمای ۶۷۵ C بمدت یک ساعت دسته بندی شده است پسوند B2 به تنهایی کفایت نا مشخص کند خواص مکانیکی اعلام شده برای جوش در شرایط تنش زدایی شده است باید توجه دانست که در جدول ۲ زمان تنش زدایی برای هر بسوند و در بعضی حالات برای الکترودهای مختلف متفاوت است لذا باید به مشخصات و توضیحات سازنده الکتروده رجوع کرد.

در نامگذاری مواد جوشکاری زیرپودری حرف سوم نام محصول نشده شده شرایط

جوشکاری شده با تنش زدایی شده میباشد حرف "A" بیانگر شرایط جوشکاری شده و حرف "P" نشانگر شرایط تنش زدایی شده میباشد بعنوان مثال ترکیب فلاکس اسیم جوش F7A-EG-Ni1 در شرایط جوشکاری میتواند در هر دو حالت دسته بندی شود (مانند مثال فوق) پس از توضیحات فوق به بررسی مشکلاتی که ممکن است در اثر عدم توجه به این شرایط ایجاد شود می برداریم کلا ۲ حالت در اثر اشتباه میتواند ایجاد شود.

- الکتروده دسته بندی شده در شرایط تنش زدایی شده در جوش استفاده شود که تنش زدایی نمی شود.

- الکتروده دسته بندی شده در شرایط جوشکاری شده تحت عملیات تنش زدایی قرار گیرد.

- زمان بادمای عملیات بسگرم اعمال شده با شرایط مندرج در مشخصات فنی الکتروده متفاوت باشد.

البته در صورتیکه هریک از این حالات بیش آید بدین معنی نیست که جوش ایجاد شده قطعا نامناسب خواهد بود بلکه باید شرایط و تاثیرات کلیه پارامترها بررسی گردد.

تنش زدایی معمولا استحکام جوش را ۱۵٪-۱۰٪ کاهش میدهد بنابراین اگر یک الکتروده دسته بندی شده در شرایط جوشکاری شده تنش زدایی شود استحکام کششی آن از حداقل استحکام مشخص شده در دسته بندی خود کمتر خواهد بود. حالت ۱: PWHT hold time is generally one hour, except A5.29-93 Specification (Table 1) requires two hours for B5, B6L, B8 and B8L. 23-97 requires 1150°F (620°C) for B2 and B2L. 28-98 requires 1150°F (620°C) for B2 and B2L. 23 requires 1150°F (620°C) for B5.

مشخص شده در مشخصات موجود در دسته بندی خود وجود دارد. این شرایط اغلب با مطلوب نمیشود هر چند که استحکام

بالاتر جوش اغلب باعث ایجاد تنشهای بسماند بیشتر داکتبیلینی کمتر و حساسیت به ترک بیشتر میشود بعنوان مثال

در استاندارد AWS در صورتیکه استحکام جوش بیشتر از حد مشخص شده باشد باید WSP مجددا مورد تست قرار گیرد.

در اغلب شرایط مقدار نافنس (notch toughness) راتنش زدایی افزایش میابد در صورتیکه یک جوش دسته بندی شده در شرایط جوشکاری شده تنش زدایی شود مقدار ناقس آن افزایش میابد اگر جوش در دسته بندی تنش زدایی شده قرار داشته باشد و مقدار انرژی ضربه آن مقداری جزئی از حداقل مورد نیاز بیشتر باشد در صورت عدم اجرای عملیات تنش زدایی میتواند با ماهش ناقس از حداقل مورد نیاز باعث هرود شدن جوش از نظر خواص مکانیکی گردد همچنین در صورت بالا بودن دمای تنش زدایی مقدار ناقس میتواند کاهش باید لذا هنگام اجرای عملیات تنش زدایی باید دقت کافی در کنترل دما و زمان صورت گیرد.

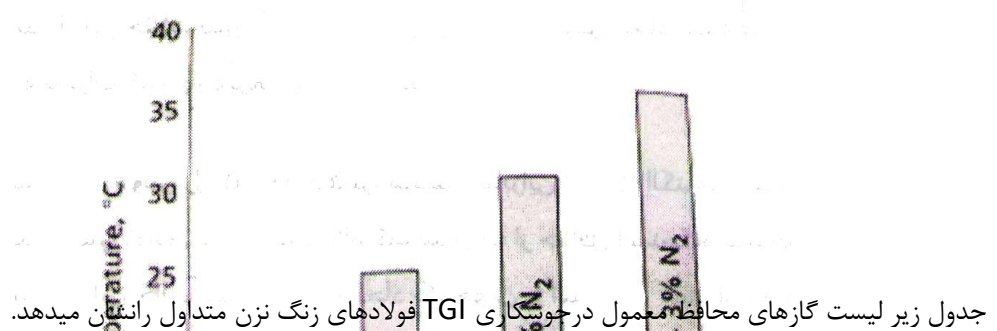
نتیجه گیری :

در صورتیکه تنش زدایی پس از جوشکاری نیاز باشد بهتر است از الکترودی که در شرایط تنش زدایی شده دسته بندی شده است استفاده شود همچنین تاثیرات عملیات تنش زدایی را بر جوش HAZ و فلز باید مد نظر قرار داد در نهایت در صورتیکه زمان عملیات تنش زدایی نسبت به شرایط حالت استاندارد مربوط به دسته بندی الکتروود متفاوت باشد باید تاثیرات احتمالی این تفاوت را بررسی نمود.

گاز محافظ در جوشکاری TIG فولادهای زنگ نزن

فولادهای زنگ نزن معمولاً از گاز خالص آرگون (۹۹٪، ۹۹) بعنوان گاز محافظ استفاده میشود در کاربردهای خاص که ناخالصیها باید در حد بسیار کم باشند ممکن است از گاز آرگون خالصتر (۹۹٪، ۹۹۵) استفاده شود افزودن هلیوم (تا ۳۰٪) یا هیدروژن (۲٪) باعث افزایش انرژی فوس از دید نفوذ جوش و تولید گرده جوشی با سطح صافتر میگردد با ابتکار میتوان سرعت جوشکاری را تا ۵۰٪ افزایش داد.

در جوشکاری فولادهای زنگ نزن دار مانند S32205 یا S31254 افزودن ۲٪ نیتروژن به گاز محافظ دارای مزایای میباشد این ترکیب درمغابسه بارگون خالص باعث بهبود مقاومت خوردگی (شکل ۱) میشود افزودن مقدار نیتروژن بیش از ۲٪ نیتروژن در اغلب موارد توصیه نمیگردد.



فلز پایه	گاز محافظ
فولادهای فریتی و مارتنزیتی	Ar+30%He یا Ar
فولادهای آستنیتی استاندارد منند ۳۱۶ و ۳۰۴	Ar+2%N ₂ یا Ar+30%He یا Ar
فولادهای کاملاً آستنیتی مانند S ۳۱۲۵۴	Ar+30%He+2%N ₂ یا Ar+2%N ₂ یا Ar
فولادهای دوبلکس مانند S ۳۲۲۰۵ و S ۳۲۷۵۰	Ar+30%He+2%N ₂ یا Ar+2%N ₂ یا Ar
آلیاژهای پایه نیکلی مانند ۶۲۵ و ۸۰۰	Ar+30%He یا Ar

چند نکته کاربردی :

- * جریان گاز در جوشکاری TIG دستی فولادهای زنگ نزن 4/8 l/min می باشد.
- * جریان گاز در جوشکاری TIG اتوماتیک بیشتر بوده و تا 15 l/min میرسد.
- * در صورت استفاده از نازلهای با قطر بالا جریان گاز باید در قسمت بالایی محدوده مجاز انتخاب شود
- * کمتر و یا بیش از حد بودن جریان گاز میتواند باعث ایجاد تحلیل در جوش شود.

*جوشکاری TGI نسبت به وزش باد حساس است هنگام جوشکاری در فضاهای باز مثلاً سایت و یا سالنهای بزرگ آزاد پایه محافظت مناسبی در برابر باد ایجاد گردد.

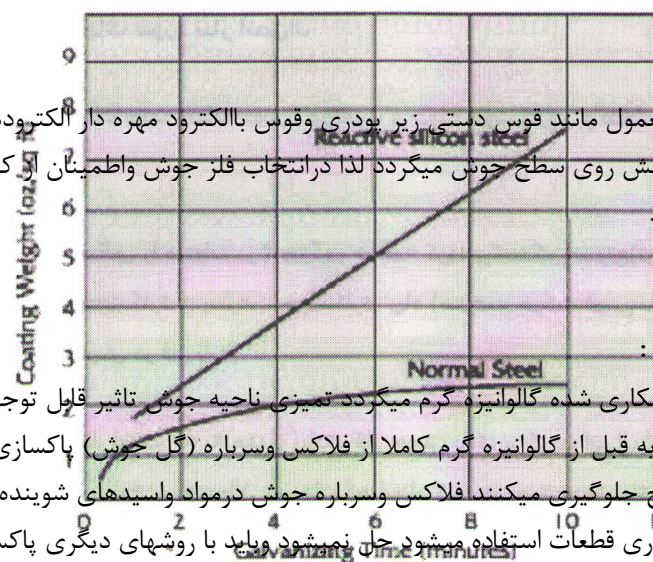
جوشکاری قبل از گالوانیزه گرم

بسیاری اوقات با توجه به محدودیتهای اجرایی لازم است تابسیاری سازه ها و تجهیزات را قبل از گالوانیزه کردن جوشکاری کرد برای دستیابی به یک پوشش گالوانیزه گرم با کیفیت مناسب روی قسمتهای جوشکاری شده پایه دو نکته مهم را قبل از اجرای گالوانیزه در نظر داشت .

۱- ترکیب شیمیایی فلز جوش :

در صورتیکه در ترکیب شیمیایی فلز جوش و فلز پایه اختلافی وجود داشته باشد میتواند باعث افزایش ضخامت پوشش گالوانیزه روی سطح جوش شود مهمترین تفاوت در ترکیب شیمیایی آئندی مقدار سیلیکون موجود در فلز جوش است وجود سیلیکون بیش از حد در فلز جوش با فلز پایه باعث تسریع در تشکیل و رشد لایه های بین فلزی آهن روی و در نتیجه افزایش ضخامت و حجم پوشش در این ناحیه میگردد (شکل زیر) بدلیل اینکه در بعضی فلزات جوش حدود ۱٪ سیلیکون وجود دارد تفاوت بین ضخامت پوشش ناحیه جوش با سایر نقاط قطعه قابل توجه خواهد بود هنگامی که ساده جوشکاری شده درون وان مذاب عوطه ور شده و مدت زمان کافی جهت دستیابی به حداقل ضخامت پوشش مورد نیاز نگهداری میشود ضخامت پوشش در نواحی بر سیلیکون میتواند دو تا پنج برابر ضخامت پوشش در نواحی اطراف آن گردد این پوشش ضخیم را میتوان از ظاهر آن تشخیص داد این موضوع باعث افزایش احتمال آسیب دیدگی پوشش در نواحی جوش میگردد.

در فرآیندهای جوشکاری معمول مانند قوس دستی زیر بودری و قوس بالکتروود مهره دار الکتروودها و فلزات جوشی وجود دارد که مانع از رشد بیش از حد پوشش روی سطح جوش میگردد لذا در انتخاب فلز جوش و اطمینان آن کم بودن مقدار سیلیکون آن در این مورد دقت شود.



۲- تمیزی ناحیه جوش :

هنگامی که یک ساده جوشکاری شده گالوانیزه گرم میگردد تمیزی ناحیه جوش تاثیر قابل توجهی بر کیفیت پوشش در ناحیه جوش دارد ناحیه جوش پایه قبل از گالوانیزه گرم کاملاً از فلاکس و سرباره (گل جوش) پاکسازی شود چراکه حضور این مواد از چسبندگی پوشش به سطح جلوگیری میکنند. فلاکس و سرباره جوش در مواد ولسیدههای شوینده ای که قبل از عملیات گالوانیزه گرم برای تمیز گاری قطعات استفاده میشود حل نمیشود و باید با روشهای دیگری پاکسازی شوند این مواد را میتوان بابر سیمی تمیز کاری با شعله چکش زنی ماشین کاری و با بلاست حذف نمود.

عیوب سطحی جوش نیز میتواند باعث تحریب کیفیت پوشش شود حفره های سطحی و انتهای و ترکهایی که دهانه آنها کمتر از ۵/۲ میلیمتر باشد از نفوذ روی مذاب بدرون خود جلوگیری کرده و باعث ایجاد سطوح گالوانیزه نشده میگردد این موضوع بدلیل ویسکوزیته روی مذاب دردمای گالوانیزه گرم اتفاق می افتد که امکان ورود به شیارهای با دهانه کمتر از ۵/۲ میلیمتر

راندارد این سطوح گالوانیزه نشده در اثر ورود وحس محلولهای اسید شویی مورد استفاده قبل از گالوانیزه و یارطوبت اکسید شده و این اکسید روی سطح پوشش ظاهر شده و ظاهر و کیفیت پوشش را تخریب میکند.

انتخاب فرایند جوشکاری مناسب

در بسیاری موارد اتصال طراحی شده را میتوان با چند فرایند جوشکاری مختلف ایجاد اما همواره یک فرایند است که بهترین نتیجه را (در مجموع) ایجاد میکند بنابراین یک متخصص جوش باید بتواند با روشنی مفتول یکی از فرایندهای ممکن را برای اتصال مورد نظر تعیین نماید در این متن شما باروال انتخاب فرایند جوشکاری مناسب آشنا میشود این روال شامل ۴ مرحله میگردد.

مرحله اول: بررسی ویژگیهای مورد نیاز اتصال

در این مرحله باید بزرگ یا کوچک بودن اتصال جوش موقعیت و جهت جوشکاری وضخامت فلز پایه باید بررسی گردد در جوشکاری ملرومات هر اتصال رامیتوان در ۴ ویژگی خلاصه کرد پرکنندگی سریع (نرخ رسوب بالا) انجماد سریع (در موقیتهای دشوار جوشکاری) سرعت جوشکاری زیاد (سرعت حرکت قوس بالا و بست جوش بسیار کوچک) و نفوذ (عمق نفوذ جوش در فلز پایه)

پرکنندگی سریع هنگامی نیاز اسیت که به مقدار زیادی فلز جوش برای پر کردن اتصال احتیاج باشد بست جوشهای بزرگ راتنها میتوان بانرخ رسوب بالا در زمان کم ایجاد گردد در بست جوشهای کوچک پرکنندگی سریع یک پارامتر فرعی میباشد. **انجماد سریع** در جوشکاری موقیتهای دشوار (بالا سری و عمودی) مد نظر قرار میگردد که نیاز است حوضچه مذاب جوش خیلی سریع منجمد گردد.

سرعت جوشکاری بالا به معنی بیشروی سریع قوس و فلز مذاب و ایجاد یک بست جوش پیوسته و مناسب بدون انقطاع و بریدگی میباشد این خصوصیت در جوشهای تک باسه کوچک مانند جوشکاری ورقها مد نظر است. **نفوذ** با نوع اتصال تغییر می یابد در بعضی اتصالات نفوذ باید عمیق باشد تا به مقدار کافی از فلز پایه با فلز جوش ترکیب شود و در برخی دیگر باید نفوذ محدود شود تا از سوختگی و ترک جلوگیری گردد. هر اتصال جوشی رامیتوان براساس ۴ پارامتر مذکور دسته بندی گردد.

مرحله دوم: تطبیق ویژگیهای مورد نیاز اتصال با فرایندهای جوشکاری

اغلب سازندگان دستگاههای جوش اطلاعات مختلفی رادر ارتباط با ویژگیها و توانایی دستگاه های خود ارایه می دهند که میتوان از آنها استفاده نمود در این مرحله با توجه به خصوصیات هر دستگاه و ویژگیهای هر فرایند میتوان یک یا چند فرایند را به گونه ای انتخاب کرد که خصوصیات تعیین شده برای اتصال رافراهم سازد در این حالت بندرت بیش میابد که تنها یک فرایند انتخاب شود و معمولا دویا چند فرایند خصوصیات مد نظر راتامین می کند.

مرحله سوم: تهیه جک لیستی برای تعیین توانایی فرایندهای انتخاب شده در تطبیق با شرایط خاص کاری :

پارامتر دیگری نیز علاوه بر اتصال روی انتخاب فرایند تاثیر میگذارد بسیاری از آنها مختص شرایط کار و کارگاه جوشکاری شما میباشد گاهی این پارامترها تاثیر زیادی بر حذف برخی فرایندهای انتخاب شده دارند در این مرحله باید نمادی این پارامترها را بصورت جک لیست در آورده و یکی بررسی نمود.

• **حجم تولید** : باید هزینه دستگاه جوش را با مقدار کار با تولید مورد نیاز تطبیق داد اگر حجم کار برای یک کاربرد به اندازه ای کافی نباشد میتوان کاربرد دیگری رانیز بطور موازی در نظر گرفت تا هزینه ها تعدیل گردد.

• **خصوصیات جوش** : در صورتیکه یک فرایند بتواند خواص جوش تعیین شده راتامین نماید از لیست انتخابها حذف میگردد.

• **مهارت کاربرد**: کاربران ممکن است که مهارت کار با یک فرایند را خیلی سریعتر از فرایندهای دیگر کسب نماید آموزش کاربران برای یک فرایند جدید هزینه ساز است .

- **تجهیزات کمکی** : هر فرایند دارای منبع تغذیه و تجهیزات کمکی خاص خود می باشد اگر یک فرایند را بتوان با تجهیزات موجود اجرا نمود هزینه اولیه بسیار کاهش می یابد.
- **تجهیزات جانبی** : قابلیت دسترسی و هزینه تجهیزات جانبی مورد نیاز باید مد نظر قرار گیرد.
- **شرایط فلز پایه** : زنگار روغن لبه سازی ج.شیدبری و سایر شرایط فلز پایه باید مد نظر قرار گیرد این پارامترها میتوانند قابلیت یک فرایند را محدود نمایند.
- **وضعیت قوس** : در صورتیکه در اتصال نامنظم باشد استفاده از فرایندهای باقوس آزاد ترجیح داده میشود اما در صورتیکه بتوان در جوش رابطور مناسبی قرارداد استفاده از فرایند زیرپودری ارجح است.
- **قید وبست** : در برخی فرایندها (بخصوص فرایندهای بیمه خودکار) نیاز به قید وبست های خاص است که باید مد نظر قرار گرفت
- **تنگناهای تولیدی** : اگر فرایندی هزینه تولید را کاهش دهد اما محدودیتها و مشکلاتی برای تولید ایجاد نماید ارزش خود را از دست میدهد دستگاههای بسیار پیچیده که نیاز به سرویسکاری مداوم توسط افراد ماهر دارند می توانند باعث کاهش سرعت تولید شود.
- چک لیست تهیه شده باید تمامی فاکتورهای موثر بر اقتصاد تولید را در برداشته باشد فاکتورهای دیگری که میتوان اشاره کرد عبارتند از :
 - ملزومات تولید
 - محدوده ابعادی جوش
 - انعطاف پذیری در کاربرد
 - طول درز جوش
 - زمان تنظیم و راه اندازی
 - هزینه اولیه
 - ملزومات بهداشتی و زیست محیطی
- با تعیین این فاکتورها فرایند مناسب را از بین فرایندهای انتخاب شده تعیین نمود در صورتیکه نمادی شرایط یکسان باشد معیار انتخابی هزینه کلی خواهد بود.
- مرحله چهارم : بازنگری فرایند با اطلاعات سازنده دستگاه جوش برای تایید توانایی آن**
- در این مرحله باید چک لیست تهیه شده و ویژگیهای مورد نیاز با نماینده سازنده دستگاه جوش مورد بازنگری قرار گیرد تا از توانایی دستگاه و انتخاب صحیح اطمینان حاصل شود.
- تأثیر حرارت ورودی بر خواص جوش :**
- یکی از پارامترهای مهم جوشکاری مقدار حرارت ورودی میباشد چراکه حرارت ورودی بر پیشگرم و دمای بین پاسی و در نتیجه بر ساختار و خواص فلز جوش و ناحیه HAZ تأثیر میگذارد مقدار حرارت ورودی رانمی توان بصورت مستقیم اندازه گیری کرد و برای تعیین آن معمولاً از فرمولهای مشخص استفاده میشود مانند فرمول زیر برای جوشکاری قوسی :
$$H=60EI/1000S$$

H : حرارت ورودی (KJ/in, KJ/mm) و E : ولتاژ

S : سرعت جوشکاری (mm/min , in/min) و I : آمپر

- تغییر قابل ملاحظه در حرارت ورودی باعث ایجاد تغییرات در خواص ماده در ناحیه جوش میگردد جدول زیر چگونگی تغییرات ایجاد شده در خواص مکانیکی را در اثر ازدیاد حرارت ورودی نشان میدهد این جدول مربوط به فرایند قوس دستی و بازای تغییر حرارت ورودی از ۵۰ تا ۱۱۰ KJ/in میباشد

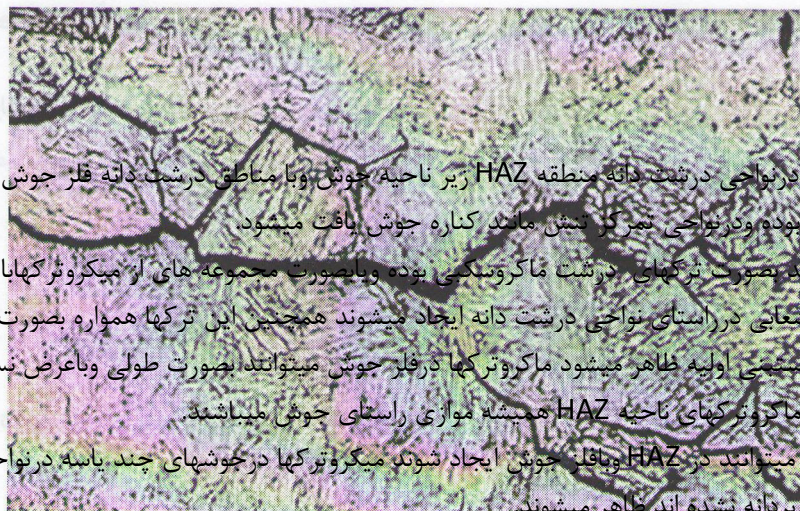
خواص مکانیکی	تغییرات بازای تغییر حرارت ورودی از ۵۰ به ۱۱۰ KJ/in
استحکام تسلیم	۳۰٪ افزایش
استحکام کشتی	۱۰٪ افزایش
درصد از دیاد طول	۱۰٪ کاهش
ناقس (notch toughness)	۱۰٪ افزایش حرارت ورودی بین ۱۵ تا ۵۰ ۵۰٪ کاهش حرارت ورودی بین ۵۰ تا ۱۱۰
سختی	۱۰٪ کاهش

به غیر از تافنس سایر رفتار یکنواختی را در اثر تغییر حرارت ورودی از خود نشان میدهد اما تافنس در اثر افزایش حرارت ورودی در ابتدا مقداری افزایش یافته ولی سپس به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. مقدار تافنس فقط منجر از حرارت ورودی نمی باشد بلکه ابعاد بست جوش تاثیر زیادی بر مقدار ناقس دارد با افزایش اندازه بست جوش که ناشی از افزایش حرارت ورودی می باشد تافنس کاهش می یابد در جوشکاریهای چند با سه بدلیل زیردانه شدن و تمیز شدن مقداری از پاس زیرین در اثر اعمال پاس رویتی ناقس مقداری بهبود می یابد هر چه بست جوشها کوچکتر باشد مقدار بیشتری از لایه جوش ریز دانه شده و تافنس افزایش می یابد.

ترک باز گرمایشی :

ترک باز گرمایشی (Rrheat Cracking)

ترک باز گرمایشی می تواند در فولادهای کم آلباز حاوی عناصر کرمی و وانادیوم و مولیبدن و در اثر اعمال عملیات بسگرم (مانند تنش زدایی) و بابت برداری دردمای بالا (معمولا ۲۵۰ تا ۵۵۰ C) ایجاد گردد.



این ترک اغلب در نواحی درشت دانه منطقه HAZ زیر ناحیه جوش و با مناطق درشت دانه فلز جوش ایجاد میگردد این ترکها اغلب قابل دید بوده و در نواحی تمرکز تنش مانند کناره جوش یافت میشود. این ترک میتواند بصورت ترکهای درشت ماکروترکیبی بوده و یا بصورت مجموعه های از میکروترکها باشد ماکرو ترکها بصورت ترک خشن و انشعابی در راستای نواحی درشت دانه ایجاد میشوند همچنین این ترکها همواره بصورت بین دانه ای و در راستای هرز دانه های اولیه ظاهر میشود ماکروترکها در فلز جوش میتوانند بصورت طولی و با عرض نسبت به راستای جوش ایجاد شوند اما ماکروترکهای ناحیه HAZ همیشه موازی راستای جوش میباشد. میکروترکها نیز میتوانند در HAZ و با فلز جوش ایجاد شوند میکروترکها در جوشهای چند یاسه در نواحی درشت دانه ای که با باسهای بعدی زیردانه شده اند ظاهر میشوند.

دلایل ایجاد :

هنگامی که فولادهای مستعد تحت عملیات حرارتی قرار می گیرند استحکام بدنه دانه هادراثر رسوب کاربیدها افزایش یافته در نتیجه آزادسازی تنشهای بسماند بصورت جوش به ناحیه مرز دانه ها منتقل میگردد. وجود ناخالص هایی که به مرز دانه ها انتقال می یابد و باعث تشدید نردی حرارتی میگردد مانند گوگرد آرسنیک قلع و فسفر استعداد فولاد به ترک باز گرمایشی را افزایش می دهد.

طراحی اتصال نیز میتواند احتمال ایجاد ترک بازگرمایشی را افزایش دهد برای مثال اتصالاتی که شامل تمرکز تنش میباشد مانند جوشهای بانفوذ ناقص بیشتر مستعد ترکهای بازگرمایشی هستند
 بروسه جوشکاری نیز در این امر موثر است بست جوشهای بزرگ بدلیل ایجاد ناحیه HAZ درشت دانه ای که احتمال ریز دانه شده آن در پاسهای بعدی کم است نامناسب میباشد.

پیشگیری :

- در صورت امکان از فولادهای مستعد ترک بازگرمایشی مانند ۵
 $Cr\ 1Mo, 2.25Cr\ 1Mo, 0.5Mo\ B, 0.5Mn\ 0.25v$ و فولادهای براستحکام حاوی گرمی مولیبدن و وانادیوم استفاده نشود.

- استفاده از فولادهایی با مقدار کم عناصر تردکننده مرز دانه مانند اتیموان ارستیک قلع و فسفر فولادهایی با DG و یا PSR کمتر از صفر مستعد ترک بازگرمایشی نیستند.

$$DG = Cr + 3.3Mo + 8.1V - 2$$

$$PSR = Cr + Cu + 2Mo + 10V + 7Nb + 5Ti - 2$$

- کاهش تمرکز تنش با سنگ زنی گرده جوش

کاهش اندازه دانه آستنیت منطقه HAZ با بروسه جوشکاری مناسب و تولید ناحیه HAZ زبردانه بعنوان مثال استفاده از تکنین دولایه و کنترل زاویه الکتروود

جوشکاری آلیاژ AL-6XN

آلیاژ AL-6XN یک فلز سوپر استنینی با مقاومت خوردگی بسیار عالی و ساختار پایدار تادمای ۵۴۰ C میباشد. مزیت ویژه این فولاد مقاومت عالی آن در برابر خوردگی بسیاری حفره ای شدن خوردگی ناشی از کلراید و ترک خوردگی تنشی (SCC) میباشد که میتواند جایگزین بسیار مناسبی برای فولادهای زنگ نزن در محیطهای خوردنده و حاوی کلراید باشد این الیاژ ابتدا برای مصارف دریایی تولید شد ولی اکنون در صنایع متفاوتی از جمله صنایع غذایی دارویی و شیمیایی مورد مصرف پیدا کرده است .

این الیاژ در دمای ۶۵۰ تا ۹۸۰ C فارژی (Chi phase) (ترکیب کرم آهن مواپیدن) در راستاس مرزدانه ها تشکیل شده و نواحی اطراف را از مولیبدن و کربن فسفر میسازد این موضوع باعث ایجاد خوردگی بین دانه ای میگردد برای کاهش این اثر به ترکیب این الیاژ نیتروژن افزوده میگردد تا این تغییر فاز را کاهش داده و مقاومت خوردگی را بهبود بخشد این موضوع هنگام جوشکاری از اهمیت بالایی برخوردار میگردد و لذا برای جوشکاری باید نکات خاصی را رعایت نمود.

نکات جوشکاری :

- در جوشکاری لوله در سایت از رینگهای جوشکاری با عناصر الیاژی بیشتر از فلز پایه استفاده میشود برای دیگر جوشکاریها میتوان از رینگ و یاسیم جوشهای خاص استفاده نمود فلز جوش باید دارای مولیبدن بیشتری نسبت به فلز پایه باشد تا کاهش مولیبدن فلز پایه هنگام سرد شدن را جبران نماید. معمولاً سیم جوس حاوی ۹٪ مولیبدن (الیاژ ۶۲۵) مناسب است اما میتوان از سیم جوشهای دیگر نیز استفاده کرد (جدول زیر)

Consumables					Welding Process Designations		
Classifications		Specifications		Filler Metal Alloy	Form	Common	AWS
UNS	AWS	ASME	AWS				
N06625	ERNiCrMo-3	SFA5.14	A5.14	625	Bare Welding Rods and Wire	TIG	GTAW
N10276	ERNiCrMo-4	SFA5.14	A5.14	276			
N06022	ERNiCrMo-10	SFA5.14	A5.14	22			
N06625	ERNiCrMo-3	SFA5.14	A5.14	625	Bare Welding Rods and Wire	MIG	GMAW
N10276	ERNiCrMo-4	SFA5.14	A5.14	276			
N06022	ERNiCrMo-10	SFA5.14	A5.14	22			
W86112	ERNiCrMo-3	SFA5.11	A5.11	112	Coating Electrodes	Stick or Covered Electrodes	SMW
W80276	ERNiCrMo-4	SFA5.11	A5.11	276			
W86022	ERNiCrMo-10	SFA5.11	A5.11	22			

- باید از گاز خشی بعنوان گاز نوری و گاز محافظ استفاده کرد هر دو گاز آرگون و هلیوم قابل استفاده میباشد اما استفاده از آرگون معمولتر است میتوان ۳ تا ۵٪ نیتروژن به گاز اضافه کرد تا جبران مقدار نیتروژن سوخته شده فلز پایه حین جوشکاری را جبران نماید.
- حرارت ورودی باید تاجای ممکن کم باشد بطوریکه کمترین تاثیر را بر منطقه جوش و... گذاشته و تشکیل اکسیدهای رنگی اطراف جوش حداقل گردد اکسیدهای تیره ایجاد نشده روی سطح باید باگرد اکسید آلومینیوم و اسید شوری برطرف شوند در صورت عدم تمیز کاری مناسب سطح و باقیمانده لایه های اکسیدی مقاومت به خوردگی کاهش می یابد.
- فلز پایه نباید پیشگرم گرد دمگر در مواقعی که دمای قطعه کمتر از ۱۰ C باشد در صورتیکه دمای قطعه زیر نقطه ششم باشد باید آنرا به آرامی تابالای نقطه ششم گرم کرد و از نشست رطوبت روی سطح جلوگیری نمود.
- جوشکاری باید در ناحیه جوش استارت شود در صورتیکه این امر غیر ممکن باشد باید ناحیه قوس پس از انجام جوشکاری با سنگ زنی بطور کامل برداشته شود.

تعریف دمای بین پاسی

دمای بین پاسی عبارتست از دمای قطعه در ناحیه جوشکاری درست قبل از اعمال پاس دوم و یا بین هر دو پاس متوالی. در عمل حداقل دمای بین پاسی اغلب برابر است با دمای پیشگرم قطعه، هر چند که طبق تعریف این مورد الزامی نمی باشد.

اهمیت دمای بین پاسی :

اهمیت دمای بین پاسی از نظر تاثیر بر خواص مکانیکی میکروساختار قطعه اگر بیشتر از اهمیت دمای پیشگرم نباشد از آن کمتر هم نیست بعنوان مثال استحکام تسلیم و استحکام کشتی فلز جوش تابعی از دمای بین پاسی میباشد مفادیر بالای دمای بین پاسی باعث کاهش استحکام فلز جوش میشود علاوه بر این دماهای بین پاسی بالا اغلب باعث بهبود خواص ضربه و ناقس جوش میشود هر چند که در صورت افزایش این دما به بالاتر ۲۶۰ درجه سانتیگراد این اثر عکس خواهد شد.

حداکثر دمای بین پاسی :

هنگامی که دستیابی به خواص مکانیکی مشخص در فلز جوش مد نظر باشد کنترل حداکثر دمای بین پاسی اهمیت ویژه ای می یابد در صورتیکه طراح حداقل استحکام را برای قطعه ای که ممکن است در اثر شرایط جوشکاری به دماهای بین پاسی بالایی برسد مشخص کرده باشد حداکثر دمای بین پاسی نیز تعیین گردد در غیر این صورت ممکن است استحکام جوش بشدت کاهش یابد.

کنترل حداکثر دمای بین پاسی همچنین در جوشکاری فولادهای گونج و نصبر شده (مانند A514) نیز اهمیت خاصی دارد بدلیل اینکه عملیات حرارتی خاصی روی این فولادها اجرا شده است دمای بین پاسی باید در محدوده محار کنترل شود تا به خواص مکانیکی مورد نظر در فلز جوش و HAZ دست یابیم البته کنترل حداکثر دمای بین پاسی در همه موارد الزامی است. در مورد فلزات حساس حداقل دمای بین پاسی باید به حد کافی باشد تا از ایجاد ترک جلوگیری نماید در حالیکه حداکثر دمای بین پاسی نیز جهت دستیاری به خواص مکانیکی مناسب باید کنترل شود برای رسیدن به یک تعادل بین ابتدای پارامترهای زیر نیز باید مد نظر قرار گیرد زمان بین اعمال پاسها ضخامت فلز پایه دمای پیشگیری شرایط محیطی خصوصیات انتقال حرارت و حرارت ورودی حین جوشکاری.

برای مثال جوشهای با سطح مقطع کوچکتر طبیعتا دمای بین پاسی را افزایش می دهند بدین صورت که با ادامه عملیات جوشکاری دمای قطعه بدلیل انتقال حرارت کمتر بطور مداوم افزایش می یابد بعنوان یک قانون کلی اگر سطح مقطع جوش کمتر از ۱۳۰ سانتیمتر مربع باشد دمای بین پاسی در اثر اعمال هر پاس (در صورت ثابت بودن سرعت عملیات) افزایش میابد

در حالیکه اگر سطح مقطع بیشتر از ۳۶۰ سانتیمتر مربع باشد دمای بین پاسی در صورت عدم وجود منبع حرارتی دیگری در خلال جوشکاری کاهش می یابد.

اندازه گیری و کنترل بین پاسی

یک روش پذیرفته شده برای کنترل دمای بین پاسی استفاده از دو شمع حرارتی یکی با دمای دومی برابر با حداقل دمای بین پاسی بادمای پیشگرم و دیگری بادمای دومی برابر با حداکثر دمای بین پاسی میباشد.

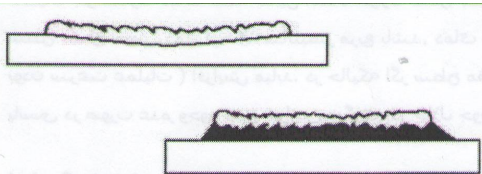
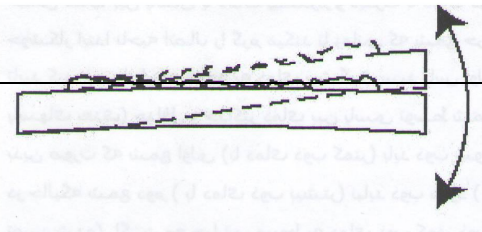
جوشکار ابتدا ناحیه اتصال را گرم میکنند تا زمانی که شمع حرارتی اول ذوب شده و رسیدن به دمای پیشگرم را تایید کند پس از اینکه قطعه به دمای پیشگرم رسید پاس اول اجرا میشود قبل از اعمال پاس دوم (و پاسهای بعدی) حداقل و حداکثر دمای بین پاسی توسط شمعهای حرارتی در محلها مناسب کنترل میشود بدین صورت که شمع اولی (بادمای ذوب کمتر) باید ذوب شود (نشاندهنده رسیدن به حداقل دمای بین پاسی) در حالیکه شمع دوم (بادمای ذوب بیشتر) نباید ذوب شود (نشاندهنده عدم عبور دمای بین پاسی از حداکثر تعیین شده) اگر شمع حرارتی مربوط به دمای بیشتر ذوب شود باید قطعه در هوای محیط به آهستگی سرد شود تا جدی که دیگر شمع دمای بالا ذوب نشده ولی شمع اولی ذوب شود در این هنگام میتوان پاس بعدی را اعمال کرد.

محل اندازه گیری دمای بین پاسی :

محل اندازه گیری دمای بین پاسی در استانداردها مشخص شده است بعنوان مثال در AWS D 1.1 و AWS D 1.5 چنین آمده که دمای بین پاسی باید در فاصله ای حداقل برابر با ضخامت قطعه ضخیم تر (اما نه کمتر از ۳ اینچ یا ۷۵ میلیمتر) در تمامی جهان از نقطه جوشکاری اندازه گیری شود این حالت برای اندازه گیری حداقل دمای بین پاسی قابل درک است اما وقتی کنترل حداکثر دمای بین پاسی نیز ضروری باشد دمای ناحیه مجاور جوش ممکن است بسیار بالاتر از حد مشخص شده باشد در این حالت بهتر است دما در فاصله یک اینچی از کناره گرده جوش (Weld Toe) اندازه گیری شود در موارد دیگری نیز صنایع خاص دستورالعملهای مخصوص به خود را دارند بعنوان مثال در صنایع کشتی سازی دمای بین پاسی معمولاً در فاصله یک اینچی از کناره گرده جوش و در ۲۰۰ میلیمتر اول از نقطه آغاز جوشکاری اندازه گیری میشود در این حالت خاص پیشگیرم از طرف مقابل محل اندازه گیری اعمال میشود تا از پیشگرم شده کامل ضخامت قطعه اطمینان حاصل شود. نظرات دیگری نیز در مورد محل اندازه گیری دمای بین پاسی وجود دارد که بیشتر تخریبی هستند در مجموع همان فاصله یک اینچی از کناره گرده جوش روش مناسبی بنظر میرسد.

استفاده از لایه میانی در سخت پوشانی :

لایه های میانی (Buffer Layer) گاهی در فرایند سخت پوشانی (Hardfacing) بمنظور لایه های واسطه بین قطعه کار و پوشش نهادی استفاده میشوند. استفاده از این لایه ها به منظورهای متفاوتی صورت میگیرد که مهمترین آنها در ادامه آورده شده .

	<p>۱- سخت پوشانی مواد نرم برای شرایط تحت بار زیاد هنگامی که پوشش سخت روی یک فلز پایه نرمتر قرار میگیرد تحت بارهای زیاد دچار فرورفتگی (Sink In) میگردد برای جلوگیری از این مشکل یک لایه افزای با استحکام بیشتر قبل از اعمال پوشش سخت روی فلز پایه اعمال میگردد.</p>
	<p>۲- سخت پوشانی قطعات تحت ضربه یا خمش هنگامی که یک قطعه سخت پوشانی شده تحت ضربات شدید و یا خمش قرار گیرد احتمال پیشروی ترکهای از ادکننده تنش (که در پوششهای سخت رایج هستند) بخصوص در فلزاتی که استحکام بالاتر دارند</p>

	<p>وجود دارد استفاده از یک لایه میانی نرم مناسب میتواند از بروز این مشکل جلوگیری کند.</p>
	<p>۳- سخت پوشانی قطعی که در قسمتهای دچار سایش شده اند. در بسیاری قطعات سخت پوشانی شده که تحت بهره برداری قرار گرفته اند تنها قسمتهایی از پوشش دچار سایش شده و در برخی قسمتها پوشش سخت قبلی باقی مانده است در این حالت اگر لایه های زیری نرم باشد و بادچار شکست نشده باشد میتوان پوشش سخت رامستقیما روی آنها اعمال نمود اما در موردیکه لایه های زیری سخت بوده و بادچار شکست شده باشند باید این لایه ها قبل از اعمال مجدد پوشش سخت با سنگزنی و یا گوجینگ برداشته شوند. در صورتیکه امکان انجام اینکار وجود نداشته باشد استفاده از یک لایه میانی نرم میتواند زمینه مناسب را برای اعمال پوشش سخت مهیا نماید</p>

تست هیدروستاتیک سازه های جوشکاری شده فولاد زنگ نزن

بسیاری از سازه های جوشکاری شده بمنظور اطمینان از قابلیت تحمل فشار کاری که برای آن طراحی شده اند تحت تست هیدروستاتیک قرار میگردد این تست در صورتیکه بدرستی اجرا نگردد میتواند باعث ایجاد مشکلاتی شود یکی از مواردی مهم که باید در این تست مد نظر قرار گیرد جلوگیری از ایجاد خوردگی در سازه در اثر قرار گرفتن در شرایط حساس خارج از شرایطی که برای آن طراحی شده است میباشد علاوه بر خطراتی که میتواند خوردگی در سازه بوجود آورد ایجاد آلودگی نیز میتواند یکی از پیامدهای این تست باشد که باید اجتناب گردد بخصوص در مورد مجاری که برای حمل مواد طراحی شده اند. ایجاد خوردگی ناچیزی در حین تست هیدروستاتیک و بعد از آن میتواند به سازه آسیب برسد این موضوع در سازه های تولید شده از فولاد زنگ نزن با توجه به حساسیت این نوع فولادها به خوردگی های ناچیزی از حساسیت بیشتری برخوردار است این آسیب ممکن است بعد از چند هفته یا چند ماه نمایان شده و ترمیم آن میتواند بسیار مشکل و هزینه بر باشد هر چند اگر ملاحظات لازم رعایت گردد تست هیدروستاتیک میتواند بدون ریسک اجرا گردد این ملاحظات اساسا به کیفیت ونحوه فرآوری مورد استفاده در تست و چگونگی عملیات روی سازه بعد از تست وابسته است .

بسیاری از کدها و استانداردهای موجود راهنمایی های کلی در زمینه تست هیدروستاتیک سازه های ساخته شده از فولاد زنگ نزن ارائه کرده اند اما متاسفانه علیرغم اهمیت موضوع و آسیبهایی که میتواند انجام نماید هیچ استاندارد با دستورالعمل جامعی در این زمینه وجود ندارد.

آسیبهای خوردگی که می تواند پس از تست هیدروستاتیک سازه های فولاد زنگ نزن ایجاد شود ممکن است ناشی از یک با ترکیبی از مکانیزمهای زیر باشد.

- ۱- خوردگی شیاری و حفره ای شدن
- ۲- ترک خوردگی تنشی
- ۳- خوردگی میکروبی

با توجه به شرایطی که میتواند باعث ایجاد وبا تشدید مکانیزمهای فوق گردد در تست هیدروستاتیک سازه های فولاد زنگ نزن باید موارد زیر رعایت گردد.

- حذف وبابه حداقل رساندن شیاری در طراحی وساخت ساز
- متمایل (شیب دار) کردن خطوط واجرا افقی سازه جهت تخلیه خودبخودی وتامین تخلیه گاه کافی در نقاط بالایی وپایینی سیستم

- استفاده از گسکنهای غیر پارچه ای و عاری از کلراید در اتصالات فلنچی
- ایجاد جوشهای با نفوذ کامل و کنترل دستیابی به آنها
- اجرای عملیات سطحی روی جوشها تادستیابی به حداقل درجه کیفی B آماده سازی سطح II براساس دستورالعمل AS/NZS 1554.6:1994 آماده سازی سطح را میتوان توسط (الف) اسیدشویی (ب) برس زنی با برس سیمی فولاد زنگ نزن (ج) استفاده از سنباده با ذرات ساینده با سایز #180 با نرمتر (د) برج کردن با گاز خشی انجام داد.
- استفاده از تمیز ترین آب قابل دسترس سختی گیری شده آب مقطر با آب شرب
- در صورتیکه تامین کننده آب شرب در دسترس نباشد باید آب مورد استفاده جهت تعیین خوردگی آن آنالیز شود مقدار کلراید آب باید با توجه به نوع فولاد کنترل شده و خواص شیمیایی آن (سولفات PH) تنظیم گردد همچنین باید آنرا تصفیه با فیلتر کرده و بمنظور جلوگیری از ایجاد خوردگی میکروبی آنرا ضد عفونی نمود
- کلراید باقیمانده از عملیات ضد عفونی در آب ورودی به سیستم نباید از 2 ppm برای 304 و یا 5 ppm برای 316 تجاوز نماید.
- آب باید قبل از ورود به سیستم با عملیات مرحله ای فرآوری شده و در پایان گندزد افزوده گردد
- صرف نظر از کیفیت آب باید بلافاصله پس از تست (طرف مدت 3 روز) سازه تخلیه و خشک شود و جهت اطمینان از خشک شدن کامل درون آن بازرسی گردد.
- اگر کلراید باقیمانده در آب تخلیه شده کمتر از 2 ppm باشد و با آب حاوی ویا ذرات معلق باشد باید سازه بلافاصله با آب ضد عفونی و فرآوری شده شستشو گردد.

جوشکاری فولادی آستنیتی منگنزار

فولادهای آستنیتی منگنزار که به فولادهای منگنزیها دفیلد Hadfield نیز موسوم هستند بسیار جفرمه tough بوده و غیر معنطیسی می باشند معمولا درجه حرارت تغییر حالت و سختی پذیری فولادهای کم آلیاژی توسط مقدار بالای منگنز پایین آورده می شوند و آوسنیت تادرجه حرارت محیط نیز پایدار می ماند این فولادها با استحکام بالا انعطاف پذیری خوب و مقاومت در برابر سایش عالی مشهور هستند و بصورت مختلف ریختگی ورق، سیم، میله و غیره عرضه می شوند قطعات ریخته شده بانورد شده این گروه فولادها غالبا بصورت کو پیچ شده بکار می روند.

نکته جالب توجه اینکه برعکس اغلب فولادها این گروه از فولاده بعداز کو پیچ یاسریع سرد شدن در آب جفرمه نیز با سمح نرمی شوند اما تحت عملیات حرارت دادن مجدد با تمیز کردن نرد می شوند عملیات حرارتی معمول در فولادهای آستنیتی حرارت دادن و آوسنینه کردن حدود $980-1060^{\circ}\text{C}$ ($1800-1950^{\circ}\text{C}$) برای مدت حدود 30-20 دقیقه و سریع سرد کردن در آب است تا خواص مکانیکی مطلوب بدست آید بالای این دما ساختار کاملا استنیتی می باشد اگر قطعه در زمان کافی و درجه حرارت مناسب قرار گرفته و در آب سریع سرد شود ساختار بوجود آمده زمینه روشن و بامرزدانه ها و ذرات ریز سرباره با اکسیدها دیده می شود (زمینه روشن آوسنیت است)

در حین عملیات حرارتی بویژه در درجات حرارت بالا لایه نازکی از سطح دکربوره و احتمالا مقداری از منگنز هم می شود که در حین سریع سرد شدن بصورت مارتنزینی همراه باترک های ریز می آید که از نظر خواص مکانیکی ضعیف بوده ولی خاصیت مغنطیسی دارد این موضوع بویژه در قطعات نازک و آنهایی که تحت نیروهای خستگی رافرامی گیرند ممکن است قابل توجه باشد و در بعضی موارد ضرورت ایجاد می کند تا این لایه تراشکاری شود این پدیده در حین برشکاری با جوشکاری نیز ممکن است اتفاق بیفتد تبدیل و تغییر فاز ممکن است در درجه حرارت ثابت در اتنای حرارت داده مجدد در درجه حرارت بالای Alupper ایجاد شده و ساختاری شامل ورقه ها بکارید و برلیت بوجود آورد (کارید در درجه حرارت $538-593^{\circ}\text{C}$ (F) 1000-1100) و برلیت $538-760^{\circ}\text{C}$ (F) 1000-1400 ظاهر می شوند) تغییر فاز از مرز دانه ها شروع شده و ترکیب

شیمیایی تاثیر قابل ملاحظه ای بر روی ساختار بوجود آمده دارد بهرحال نتیجه این تغییرات کاهش استحکام و انعطاف پذیری است .

باتوضیحات بالا می توان گفت که تبدیل و تغییرات از درجه حرارت محیط تا 482°C (900°F) اتفاق نمی افتد بنابراین باید توجه کرد که قطعات جوش داده شده را نباید بهیچوجه تحت عملیات حرارتی بس گرم یاتنش زدایی قرارداد بطور کامل این فولاد نباید بالا 316°C (600°F) تحت حرارت مجدد قرار گیرد مگر در شرایط خاص وزمان بسیار کوتاه از طرف دیگر این فولادها شدیداً تحت کار سرد سخت می شوند اگر قطعه ای که تحت کار سرد قرار گرفته است مواجه با حرارت دادن مجدد شود نرد شدن آن خیلی سریعتر اتفاق می افتد چون نطفه های بیشتری برای تغییر فاز وجود دارد این لایه نازک است و در ضمن حرارت زیر قوس الکتریکی ذوب می شود اما در شرایطی که کیفیت ویژه برای اتصال تقاضا شود باید حتی المقدور قشر کار سختی شده را با دقت سنگ زده یا تراشید.

ضریب انبساط حرارتی فولادهای آستینینی منگنز دار شبیه فولادهای آستینینی گرم نیکل دار بوده و تقریباً یک و نیم برابر فولادهای فریتنی است که خود مشکلاتی را از نظر تنش های حرارتی و انقباضی در حین گرم و سرد شدن بوجود می آورد خواص مکانیکی این گروه فولادها بین 204°C تا 450°C (400°F تا 850°F) عالی است و بطور کلی برای موارد سایش بیشتر بکار می رود.

فقط روش های جوشکاری با قوس الکتریکی برای فولادهای منگیزی توصیه می شود زیرا با توجه به توضیحات در مقدمه حرارت دادن محدود این فولادها که قبلاً سمع با جفرمه شده باعث ازدست دادن شدید استحکام کشتی و انعطاف پذیری آنها می شود بنابراین هرفرآیند جوشکاری طولانی حرارت داشته باشد مناسب نیست (جوشکاری با گاز باشعله) جوشکاری مقاومتی نیز بر روی فولادهای منگزار منداول می باشد.

از بیش گرم کردن قطعه فولاد آستینینی منگزار قبل از جوشکاری اکیدا تایید پرهیز کرد علاوه بر فلز اصلی قطعه کار فلز جوش رسوب داده شده نیز تحت حرارت دادن مجدد نباید قرار گیرد هر چند این تاثیر ناشی از حرارت مجدد با بهسازی هایی که در تولید فلز پرکننده بالکتروود بیش بینی شده تا حدودی محدود است و فقط باعث ضخیم شدن مرز دانه ها می شود بهسازی درالکتروود با مفعول جوشکاری کاهش هرچه بیشتر کربن و افزودن بعضی عناصر کند کننده تبدیل فاز می باشد.

جوشکاری فولاد آستینینی منگزار به فولادهای دیگر (کربنی و کم آلیاژی) فقط با استفاده از فلز پرکننده فولاد منگزی امکان پذیر است و در صورتی که با تفکیک صحیح جوشکاری کار شود بهترین نتیجه وقتی حاصل می شود که میزان فسفر در مفتول بالکترواد کمتر از 0.025% و منگنز بیش از 14% درصد و میزان امتزاج در لبه فولاد غیر منگیزی کمتر از 25% درصد باشد در غیر اینصورت ممکن است ترک برداشتن در جوس با مجاور آن اتفاق افتد هرگز نباید از مفتول بالکتروود فولاد کربنی با کم آلیاژی در این موارد استفاده شود بعضی جوشکارها مفتول فولاد زنگ نزن 380 راتر جیح می دهند البته باید عمق نفوذ و میزان امتزاج پایین نگهداشته شود . انواع گوناگونی از الکتروود جوشکاری با ترکیبات متفاوت برای جوشکاری این گروه فولادها تولید و عرضه می شود که بعضی از آنها صرفاً برای عملیات سطحی رسوب دادن لایه سخت در مواضع تحت سایش زیاد مناسب است جدول زیر خواص مکانیکی و ترکیب شیمیایی چند نمونه فلز جوش رسوب داده شده با چند نوع مفتول بر روی فولاد آستینینی منگزار نشان می دهد خاصیت ضربه نمونه دیگری از فلز جوش در جدول بعدی آورده شده است .

خواص مکانیکی و ترکیب شیمیایی چند نمونه از جوش از الکتروودهای فولاد منگزار

نوع	نقطه تسلیم Psi	استحکام کششی Psi	درصد نسبی تغییر طول	درصد کاهش نسبی سطح	سختی BHN	روش جوشکاری
NiMn	64100	121300	47/0	37/6	207	الکتروود دستی
NiCrMn	75600	119800	42/0	33/2	223	الکتروود دستی
MoMn	67900	119800	32/0	33/1	241	الکتروود دستی

الکترو دستی	۱۹۴	۰۰۰۰	۳۰/۰	۱۴۶۰۰۰	۱۲۰۰۰۰	CrMn			
الکترو مداوم	۲۳۵	۳۱/۶	۳۷/۰	۱۲۲۳۰۰	۷۸۷۰۰	NiCrMn			
زیر پودری	۲۰۷	۳۴/۰	۳۸/۰	۱۲۰۶۰۰	۷۹۴۰۰	NiCrMn			
درصد ترکیب شیمیایی									
	V	Mo	Ci	Ni	Si	P	Mn	C	انواع NiMn
الکترو دستی	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰۰	۳/۵	۰/۷	۰/۰۲	۱۴/۵	۰/۷۵	
الکترو دستی	۰۰۰	۰۰۰	۴/۰	۳/۵	۰۰۰۰	۰/۰۲	۱۴/۰	۰/۷۵	NiCrMn
الکترو دستی	۰۰۰	۱/۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰/۰۷	۰/۰۱	۱۴/۷	۰/۷۵	MoMn
الکترو دستی	۰/۶	۱/۷	۱۴/۵	۱/۰	۰/۶	۰/۰۲	۱۴/۱	۰/۳۵	CrMn
الکترو مداوم	۰۰۰	۰۰۰	۴/۰	۳/۲	۰۰۰	۰/۰۲	۱۴/۲	۰/۸۰	NiCrMn
زیر پودری	۰۰۰	۰۰۰	۴/۳	۳/۷	۰/۰۸	۰/۰۲	۱۴/۷	۰/۷۸	NiCrMn

خواص ضربه ای جوش Ni - Mn *

خواص ضربه ای (فوت - پوند)	درجه حرارت آزمایش
۱۱۸	۷۵ F
۹۶	۰ F
۸۰	-۷۵ F
۵۵	-۱۵۰ F

آنالیز تقریبی فلز جوش عبارتند از :

Ni 3.5% , Cr 0.4% , Si 0.65% , Mn 14.5% , P 0.021% , C 0.75%

علیرغم بهبود در کیفیت الکترو جوشکاری برای این گروه فولادها توجه و مهارت در فرایند جوشکاری و رسوب دادن فلز جوش و بعضی تاثیرات در منطقه مجاور جوش حایز اهمیت است .

الکترو با منگنز بالا صرفاً بمنظور پر کردن مواضع ساییده شده بکار می رود و در مقابل الکترو منگنز مولیبدن دارای سمعی و جفرمگی کمتری است معمولاً سازنده ها با توجه به سوختن و ازدست رفتن بعضی عناصر آلیاژی در حین جوشکاری مقدار اضافی در ترکیب الکترو با مفتول بستن بندی می کنند اما طبیعی است که اگر جوشکاری با طول قوس زیاد از حد یا بهم زدن غیر معمول (Pudding) حوضچه جوش و یا عدم رعایت نکات دیگر انجام شود مقدار اضافی سوختن موثر موجب تغلیل خواص و کیفیت فلز جوش رسوب داده شده می شود.

باتوجه به مقدمه و توضیحات بالا می توان خلاصه روش جوشکاری و نکات مهم مربوطه برای حفظ کیفیت خوب در فلز جوش (استحکام و سمدی بالا) را با الکترو دستی بصورت زیر خلاصه کرد.

(۱) جوشهایی که یک باهر دو جزء مورد اتصال از فولاد آستینی هستند باید از الکتروهای منگنزی بازنگ نزن (کرم - نیکل دار) استفاده کرد.

(۲) از فرایند جوشکاری باشعله با اکسی استیلی استفاده نشود احتمال ایجاد تردی در فلز قطعه کار و جوش وجود دارد

(۳) الکترو را باید در جای خشک نگهداری کرده و یا قبل از استفاده آنرا پخت یا خشک کرد

- ۴) رعایت نکات و دستورات سازنده الکتروود در مورد قطب و نوع جریان الکتریکی مصرفی الزامیست .
- ۵) تمیز کردن کامل زنگ چربی و آلودگی های دیگر از سطح ولبه مورد جوش
- ۶) تا آنجا که ممکن است قشر سطحی سخت شده در اثر کار سرد در مسیر جوشکاری برطرف شود چون لایه مذکور دارای ساختار مارتنزبندی بوده و حساسیت زیادی در برابر ترکیدگی دارد.
- ۷) هر نوع عیب سطحی نظیر ذرات ماسه سوخته شده یا محبوس شده خلل و فرجهای انقباضی shrinkage porosity و ترکیدگی ها باید قبل از جوشکاری برداشته شود.
- ۸) در تعمیرات مربوط به "ترکیدگی"، فلز اطراف "ترک" تا عمق برداشته شده و ابتدا و انتهای مسیر پیشرفت ترک رانیز با سوراخ کردن با جوش عرضی بست البته این موضوع خیلی ساده هم نیست چون انتهای عمق ترکیدگی در قطعه براحتی نمی توان تشخیص داد.
- ۹) کوبیدن peening بدون توقف بر روی فلز جوش در حالت گداختگی کمکی در کاهش تنش های داخلی انقباض در اثنای سرد شدن و تقبل پیچیدگی می کند.
- ۱۰) هرگز فولاد آستیتی منگنزدار را با الکتروود فولاد کربن با کم آلیاژی نباید جوش داد.
- ۱۱) حرارت داده شده بازای هر اینچ باید در حد می نیمم (باتوجه به ایجاد سالم) نگهداشته شود حرارت داده شده در واحد طول رامی توان با فرمول ساده زیر محاسبه کرد.
- $$H = E.I.60/S$$
- S = سرعت پیشرفت جوشکاری (سانتیمتر در دقیقه)
- I = شدت جریان (آمپر)
- E = اختلاف پتانسیل قوس (ولت)
- H = حرارت داده شده در هر سانتیمتر (ژول بر سانتیمتر)
- درجه حرارت قسمت مجاز بس از یک دفعه رسوب فلز جوش $316^{\circ}C$ ($600^{\circ}F$) تجاوز نکند کاربرد سیستم اندازه گیری درجه حرارت کار در حین جوشکاری مفید است .
- باید این امکان وجود داشته باشد تا بادست فاصله ۱۵ سانتیمتری (۶ اینچی) مسیر جوشکاری را در تمام لحظات لمس کرد بخاطر داشته باشیم که نفوذ حرارتی فولاد منگنزی ۱/۴ فولادخای کربنی است در جوشکاری قطعات نازک و سبک دقت بیشتر در این امر لازم است عواملی که به کاهش حرارت داده شده در واحد طول کمک می کند . عبارتند از :
- الف : نگهداشتن طول قوسی کوتاه (طول قوسی زیاد و لتلز را افزایش داده و حرارت را در سطح وسیع تر توزیع می کند.
- ب : بهم زدن هر چه کمتر حوضچه جوش (بهم زدن جوش و یا حرکت زنگزائی موجب بازیابی کمتر منگنز و کاهش سرعت پیشرفت جوشکاری می شود.
- ج : پیش گرم کردن فولاد منگنزی مفید نیست (انواع کم آلیاژی ممکن است در شرایط خاص کمی پیش گرم کرد)
- د: استفاده از جوشهایی با طول کوتاه در قسمتهای مختلف بطور تناوب برای بهتر بخش شدن حرارت و عدم بالا رفتن درجه حرارت در یک نقطه
- ه - تامین زمان کافی برای سرد شدن هر قسمت از جوش رسوب داده شده گاهی می توان از آب نیز برای سرد کردن استفاده کرد در صورتیکه دقت شود رطوبت به نقطه مورد جوش در پاس بعدی نرسد.
- و - استفاده از مفتول با میله هایی از فولاد منگنزی در مواردیکه به مقدار رسوب بالا است این مفتول ها قبلا در موضع جوش قرار داد می شود و ذوب شدن و ادغام آنها در حوضچه جوش موجب سریع تر سرد شدن فلز جوش می شود.
- استفاده از فرایندهای نیمه خودکار جوشکاری برای این گروه فولادها نیز متداول است در این فرایند به الکتروود های مداوم نیاز اسیت که بصورت سیم های آلیاژی نویر بالوله ها با محتوی مواد فلاکس با سرباره ساز و احیایا عناصر تولید و عرضه می شود سیم های نویر در فرایندهای خودکار و نیمه خودکار معمولاً نازک است بعضی از الکتروودهای لوله ای با قوس بار به کمک

محافظت گاز CO₂ و با مخلوط CO₂ و آرگون بکار برده شده و برخی دیگر در فرایند قوس زیر پودری و به کمک پوشش سرباره استفاده می شوند یکی از بیشترین کاربرد جوشکاری بر روی فولادهای منگنزی پر کردن مواضع ساییده شده به کمک رسوب فلز جوش است. معمولاً فلز جوش دارای همان ترکیب شیمیایی فلز قطعه کار است هر چند در بعضی موارد لایه رسوب داده شده از مقاومت سایشی بیشتری برخوردار است همانطور که در اتصالات فولاد های سنگبری گفته شد اینگونه کارهای سطحی و تعمیراتی نیز با روش قوس الکتریکی و تمرکز حرارت هر چه بیشتر انجام گیرد تا پدیده حرارت مجدد و رسوب کاری و بالاخره کاهش خواص مکانیکی اتفاق نیفتد.

در این مورد باید فرض کرد که سطح ساییده شده در اثر کار سختی سخت شده و اگر در منطقه حرارتی ناشی از جوشکاری قرار گیرد احتمال ترک برداشتن آن بسیار زیاد است برای اجتناب از این مشکل در زیر مجاور جوش باید قبل از جوشکاری این لایه سخت شده را به کمک سنگ زدن با تراشکاری یا قوس برداشتن همانطور که قبلاً گفته شد باید سعی شود از فلز پرکننده ای استفاده شود که تطابق ترکیب شیمیایی با فلز قطعه کار داشته باشد و جوش ها کوتاه و منقطع باشد (پایین نگهداشتن حرارت داده شده در واحد طول) تصور اینکه فقط پایین نگهداشتن آمپر کافی است اشتباه است چه بسا با آمپر بالا و سرعت جوشکاری سریع می توان از بخش حرارت به اطراف و بالا رفتن درجه حرارت این مناطق جلوگیری کرد نکات گفته شده دیگر در مورد کوبیدن جوش با استفاده از میله های فولاد منگنزی و با عدم پیش گرم کردن در جوشکاری تعمیراتی نیز صادق است و از تکرار آنها خودداری می شود.

پیچیدگی قطعه بس از جوشکاری هم اغلب یکی از مشکلات می باشد استفاده از گیزه ها و نگهدارنده ها و وابستن پشت به پشت دو فک خرد کننده و یا کوبیدن فلز رسوب داده شده گداخته و ندابیر دیگر می تواند موجب کاهش پیچیدگی و تعمیر شکل شود.

بطور کلی رفع عیوب ریختگی قطعات فولاد منگنزی را باید پس از عملیات کوبینج کردن آنها انجام داد زیرا در حالت ریخته شده as-cast بسیار ترد و شکننده بوده ممکن است در حین جوشکاری شکسته شود دیواره های کناری حفره های انقباض باید جنان ساییده شود که دارای شیبی برابر ۱۵ درجه (حداقل) باشد.

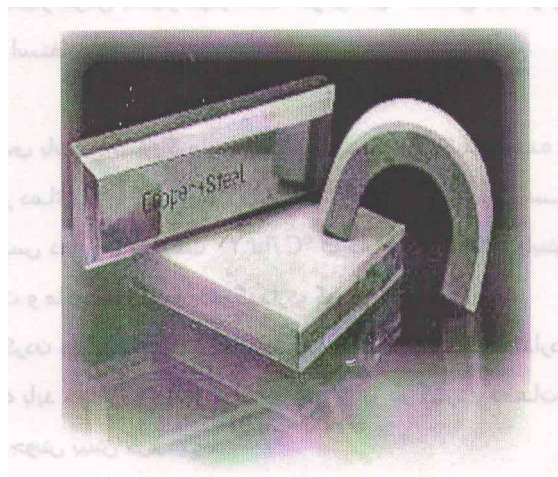
جوشکاری قوسی آلومینیوم به فولاد

جوشکاری دومی آلومینیوم به فولاد یکی از فرایندهای پیچیده و دشوار در مبحث جوشکاری می باشد از جمله مشکلات این عملیات میتوان به موارد ذیل اشاره کرد.

- اختلاف فاحش دمای ذوب آلومینیوم و فولاد ایجاد حوضچه جوش مناسب را مشکل می سازد
- با توجه به حرارت ورودی بالا در جوشکاری دومی تفاوت قابل ملاحظه ضریب انبساط و هدایت حرارتی آلومینیوم و فولاد باعث ایجاد تنشهای بالا و بسیار پیچیده در ناحیه اتصال میگردد.
- با توجه به اختلاف ساختار این دو فلز (فولاد با ساختار BCC و آلومینیوم با ساختار FCC) در اثر اتحلال آنها در یکدیگر فازهای بین فلزی تردی با سختی بالا (گاهی تا بیش از ۱۰۰۰ HV) تشکیل میگردد که باعث ایجاد ترک در جوش میشود (جدول زیر)

قابلیت ترکندگی آلومینیوم روی سطح فولاد کم بوده و باعث کاهش قابلیت امتزاج این دو میگردد. با توجه به موارد فوق برای آلومینیوم به فولاد اغلب استفاده از فرایندهای غیر دومی مانند جوشکاری اصطکاکی انفجاری و با ترانسینیک ترجیح داده میشود اما به هر حال در بسیاری موارد به دلیل محدودیتهای و شرایط کاری استفاده از جوشکاری دومی اجتناب باید بر میگردد در اینگونه موارد میتوان یکی از روشهای زیر را بمنظور جوشکاری آلومینیوم به فولاد استفاده نمود. # استفاده از مغزی زوج فلز (Bimetal): در این روش بین دو سطح اتصال از یک مغزی روح فلز آلومینیوم فولاد استفاده شده بطوریکه سطح فولاد مقابل قطعه فولادی و سطح آلومینیوم مقابل قطعه آلومینیومی قرار میگردد (شکل زیر) در نتیجه هر یک از این دو فلز به فلز مشابه خود و یا فرایند مناسب مربوط به خود جوشکاری میگردد.

روح فلزها قطعاتی تشکیل شده از دو قطعه با جنس مختلف هستند که توسط فرایند جوشکاری انفجاری با اصطکاکی به هم متصل شده اند این قطعات بصورت آماده ودرابعاد واشکال مختلفی وجوددارند از جمله ورق رینگ پولک و... شکل زیر)



استفاده از پوشش در این حالت به روشهای مختلف روی سطح قطعه فولادی در ناحیه اتصال رابا الومینیوم پوشش میدهد این پوشش میتواند به روش آبکاری روکش کاری (Cladding) وبا عوطه وری (Hot Dipping) ایجاد گردد در این حالت سطح قطعه فولادی تبدیل به الومینیوم شده ومیتوان ایندو رابه کمک فرایند جوش قوس تنگستن (TIG) به یکدیگر جوشکاری کرد در این حالت باید قوس روی سطح قطعه الومینیومی متمرکز باشد تا حرارت ورودی ناشی از قوس باعث ذوب سریع وازبین رفتن پوشش الومینیومی ودر تماس قرار گرفتن سطح فولاد باذوب الومینیوم نگردد.

استفاده از لایه میانی در این روش نیز مانند روش قبل سطح قطعه فولادی رادرناحیه اتصال با استفاده از فرایند جوشکاری با لحیمکاری پوشش میدهد معمولا پوششهای ایجاد شده در این روش از حسن آلیاژی ویا قابلیت جوشکاری به الومینیوم مناسب میباشد مزیت این روش به روش قبل اتصال قویتر وهمچنین آزادی عمل بیشتر حین جوشکاری بدلیل ضخیم تر بودن پوشش ایجاد شده میباشد دو روش اجرایی در این حالت در ادامه آورده شده است .

۱- ایجاد یک لایه میانی به روش لحیمکاری با استفاده از سیم لحیم نقره بادرصد بالای نقره روی سطح فولادی و سپس جوشکاری TIG این قطعه به قطعه الومینیومی با استفاده از سیم جوش الومینیومی مناسب (الومینیوم ونقره دریک محدوده معین تشکیل محلول جامد میدهد.

۲- ایجاد یک لایه میانی با استفاده از فرایند TIG و سیم جوش Al-A1 ER Cu روی سطح قطعه فولادی و سپس جوشکاری آن با استفاده از فرایند قوس دستی (SMAW) و سیم جوش S-AL Si 12 به قطعه الومینیومی بصورت DCEP در این روش پیشگرمی معادل ۲۵۰ تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد مورد نیاز است .

دستورالعمل جوشکاری ترمیمی چدن چکش خوار

برداشتن عیوب :

عیوب را می توان توسط ماشین کاری وسنگ زنی حذف کرد هرچند ممکن است از قوس کربن در جذب چکش خوار استفاده کردولی بدلیل شوک حرارتی وایجاد ساختار مارتنریت/کاربید بر سطح شیار توضیه نمی گردد.

ستمیز وسالم بودن سطح شیار جوش بسیار مهم است درنواحی حساس باید از آزمون PT یا MT جهت حصول اطمینان از رفع کامل عیب استفاده نمود.

بیش گرم :

دمای بیش گرم 290°C می باشد بیش گرمایی باید در کوره با دمای کنترل شده انجام شود برای بیش گرم کردن باید ابتدا قطعه را در دمای 40°C برای مدت زمان ۲۵ دقیقه بازای هر سانتیمتر ضخامت و ماکزیمم ۶ ساعت نگهداری کرد سپس دما را با سرعت 40°C/hr تا دمای 290°C افزایش داد و برای مدت ۲۵ دقیقه بازای هر سانتیمتر ضخامت و ماکزیمم ۶ ساعت نگهداری کرد.

در صورت استفاده از گرم کردن موضعی هنگامیکه امکان استفاده از کوره وجود ندارد موارد زیر رعایت شود
الف : ناحیه بیش گرم شده باید حداقل 60 cm از لبه جوش رادر برگیرد قطعات با ضخامت بیشتر از 15 cm باید حداقل 90 cm از لبه جوش بیش گرم شوند.

ب : حرارت دهی باید بصورت آهسته و یکنواخت انجام گردد از اختلاف دمایی بیشتر از 40°C باید اجتناب کرد.
ج : دما باید در حلال مقطع بیش گرم شده یکنواخت باشد و زمان نگهداری ۲۵ دقیقه بازای هر سانتیمتر ضخامت قطعه باید رعایت شود.

دمای بین پاسی :

حداکثر دمای بین پاسی 370°C می باشد در هیچ حالتی نباید از این دما تجاوز شود.

انواع جوشکاری :

جوشکاری فلزات رنگین با گاز استیلی با کاربیت (با فلزات غیر آهنی)

برنج - مس مانند غیر آهنی با فلزات رنگی به فلزات گفته می شود که فاقد آهن و یا لیاژهای آب باشند فلزات جوشکاری تمام فلزات رنگین را با کمی دقت و مهارت و آشنایی با اصول سرب و روی منگنز الومینیوم برتر توان جوش داد و برای جوشکاری این نوع فلزات با یستی خواص فلز رادر نظر گرفت

جوشکاری مس با گاز :

(جوش اکسیژن = انوگن = استیل = کاربید اکسیژن جوشکاری با مس بهترین طریقه برای جوشکاری است مس را با قوس الکتریک یا جوش برق نیز انجام جوشکاری توان اصطلاحات مختلف متداول می باشد ضمنا می و از را مانند ورقه های آهنی برای جوشکاری آماده می کنند بعضی سطح بالایی را تمیز نموده مس ورقه های داد حرارت مس زیاد تر است باید کتافات و روش شاک نموده و در صورت لزوم سوهان می زنند ولی چون خاصیت هدایت مستقیم و راقدری بیشتر گرفت بهتر است همیشه با قطب مستقیم جوشکاری را انجام داد) با جریان آمپر مقدار است طول توس حداقل باید 10 تا 15 میلی متر فولاد الکترود مثبت) زاویه الکترود نسبت به کار مانند جوشکاری الکترودهای ذغالی استفاده کرد الکترودهای جوشکاری مس بیشتر از الیاژ باشد برای جوشکاری مس می توان از هستند الومینیوم سیلکان بابرتر فسفر ساخته شده اند و گاهی نیز از الکترودهای که دارای فسفر و قلع مس و در اثر گرم شدن زیاد فاصله در جوش رادر هر 30 سانتیمتر در حدود 2 مس استفاده می کنند چون انبساط درجه ذوب می شود و به سانتیمتر زیاد تر در نظر می گیرد. خمیر روانسار مس معمولا در حرارت 700 تا 1000 تا 3 به علت کف کردن در روی کار نباید استفاده صورت تفاله (گل جوش) سبکی روی کار قرار می گیرد واز تنه کار داد و معمولا از یراکس استفاده می گردد مس رابه وسیله شعله شود بدون روانساز هم می توان مس را جوش تولید اکسید مس نکند چون ضریب هدایت حرارت مس زیاد است باید بستانک جوشکاری ختتی جوش دهیم تا باسیم تا 3 نمره بیشتر از فولاد انتخاب شود بهتر است مس راقبل از جوشکاری گرم نماییم و مشعل 1 کافی است واز وسط جوشکاری مخصوص جوش داد برای جوشکاری صفحه 5 میلیمتری سیم جوش 4 میلیمتری چکش کاری می نمود تا استحکام درز ورق شروع به جوشکاری می نماییم و وقتی فلز هنوز گرم است روی آب جوش زیاد شود.

جوشکاری سرب :

سرب احتیاج به گرد جوشکاری استفاده می گردد در اکسیژن و هیدروژن در این نوع جوشکاری بیشتر از کار نموده سیم جوش سرب باید کاملاً خالص مخصوص نیست ولی باید قطعات کار را قبل از جوشکاری کاملاً طبقه جوشکاری درزهای قطعات سربی که به وضع قائم قرار دارند باشد چون سرب مذاب بسیار سیال می باشد لذا تجربه زیاد است بسیار دشوار و مستلزم مهارت و

جوشکاری چدن با برنج بالحیم سخت برنج

قطعات چدنی را باید همان طوری که برای جوشکاری با سیم جوش چدنی چدن را می توان با برنج جوش داد برنج جوش آماده ساخت لبه های درز جوش را باید بوسیله سوهان با ماشین تراشید و آماده می شوند برای ذرات آهن مالیده می شوند هیچگاه لبه های درز قطعات چدن را با سنگ سمباده برنج نزنید زیرا ذرات گرافیت روی شروع به جوش دادن حدود ۲۱۰ تا ۳۰۰ درجه و لحیم سخت خوب به چدن نمی چسبد قطعات چدنی را قبل از چدن به کاربرید تا بهتر بهم جوش بخورد سانتی گراد گرم کنید و گرد جوشکاری مخصوص درجه سانتی گراد باشد سیمهای برنجی که برای جوش دادن سیمهای برنجی باید در حدود ۹۳۰ نقطه ذوب است و کمی نیکل نیز دارند نیکل اتصال لحیم رابه جذب مس دارای مقدار زیادی قطعات چدنی به کار می رود. آن موجب سوختن گرافیت درز جوش می شود در جوشکاری چدن با برنج از آسان می کند و نقطه ذوب زیاد خارج می بسناتک بزرگ با فشار کم استفاده کنید اگر فشار شعله زیاد باشد گرد جوشکاری از درز شعله ملایم از جوشکاری در محفظه باشد و در نتیجه قطعات چدنی خوب به هم جوش نمی خورند قطعات چدنی را باید پس سبب شکنندگی و ترک و سخت شدت چدن نگردد جعبه ای بر با گرد آسیست قرارداد تا بتدریج خنک شود و

جوشکاری منگنز

برای بصورت خالص استفاده نمی شود در جهت عکس از آلیاژهای ماگنزیوم استفاده می شود که منگنز از امروزه از آلیاژهای $(Mg\ Mn\ \text{و}\ Mg\ Al\ \text{و}\ Mg\ AlZn)$ ریختگی فشاری از آن استفاده می گردد به جای آلیاژهای ماگنزیوم و آلیاژهای آن از همان شرایط جوشکاری جوشکاری برای استفاده می شود Zr و Th مخصوصاً محکم درجه قابلیت هدایت حرارت زیاد و انبساط بخش زیاد کار می شود ماگنزیوم در آلومینیوم استفاده می گردد حرارت محیط به سختی قابل کار کردن است و در ۲۵۰ درجه می توان به خوبی کار کرد

جوشکاری برنج با گاز :

تشکیل می شود این فلز در مقابل سرب است و از مس و روی و گاهی قلع و مقداری مس برنج مهمترین آلیاژ نزدیک ذوب برنج تبخیر می گردد بنابراین جوشکاری با این زنگ زدگی و پوسیدگی مقاوم است چون روی در حرارت درصد مس و ۴۰٪ روی و گاهی مقداری سرب تشکیل شده است در موقع ۶۰ فلز مشکل می باشد برنج از بخار شدن و اکسید روی محل جوش راتیره کرده و عمل جوشکاری را مشکل تر می نماید جوشکاری روی به علت حرکت دست بسیار مهم ضمناً گازهای حاصله خطرناک بوده و باید از محل کار تخلیه کردند در موقع جوشکاری روی ایجاد نمود تا فرصت زیادی برای تبخیر است و باید حتی الامکان سرعت دست را زیاد کرده و گرد جوش کمتری گرافینی و معمولی جوشکاری نمود در جوشکاری برنج از قطب معکوس روی نباشد برنج را می توان با الکترودهای مس و جذب و فولاد فاصله قوس الکتریکی باید حداقل ۵ تا ۶ میلی متر باشد برنج ساده تراز استفاده می شود چون انقباض جوش داده می شود و استحکام و قابلیت انبساط آن در محل درز جوش بسیار خوب است توجه کرد بلکه بایستی به کمک بست های و انبساط برنج زیاد نمی توان بوسیله چند نقطه جوش به هم وصل توجه شود که در جوشکاری نمود از پیچیدگی جلوگیری شود که در حین جوشکاری می توان آنها رابه هم متصل برنج که مقدار مس آن ۸۲ تا ۴۲ درصد است استفاده نماید و برای جلوگیری از جوشکاری از سیمهای مخصوص باید خودداری شود زیر اکسیداسیون از گرد جوشکاری استفاده می شود و از استعمال تنه کار در جوشکاری برنج باید طوری تنظیم کرد که اکسیژن آن از استیلی درز جوش را خورده و سوراخ و متحلل می سازد و شعله را ذوب و در ۹۱۰ درجه تبخیر می شود و رسوبی از روی و اکسید روی در بیشتر باشد زیرا در حرارت ۴۱۹ درجه آن رابه وجود می آید مقدار اکسیژن شعله بستگی به نوع آلیاژ دارد و می توان قبلاً قطعه ای کنار درز جوش به اکسیژن زیاد هم باعث کثیف شدن طور آزمایشی جوش داد و اگر درز جوش سوراخ و خورده نشد

خوب است و به چب ورقهای ضخیم تراز ۴ میلیمتر راز چب به راست جوش می شود ورقهای نازکتر از ۴ میلیمتر راز راست خروج دود خطرناک و استفاده از ماسک مخصوص و باز نمودن پنجره و هواکش جوش می دهند به چکش کاری و باید توجه نمود.

جوشکاری فولاد زنگ نزن با گاز :

معمولی می باشد و می توان سر مشعل را کوچکتر انتخاب کرد فولاد قابلیت هدایت حرارت فولاد زنگ نزن کمتر از جوش فولاد زنگ نزن خشی باشد زیرا اکسیژن با استیل اضافی با عناصر تشکیل شعله جوشکاری باید برای فولاد زنگ نزن فولاد زنگ نزن ترکیب شده و درز جوش خورده پس از مدتی زنگ می زند روانساز جوشکاری دهنده حتی المقدور از نوع خود فولاد زنگ نزن را بصورت خمیر درآورده روی درز جوش می مالیم سیم جوش باید حتی فولادی که باید جوش داده شود را بریده و به جای سیم انتخاب شود و بهتر است تسمه بازیکن از جنس همان مشعل را تا باید طوری نگهداشت که زاویه آن نسبت به کار فولاد این جوشکاری روش درجوشکاری استفاده کرد سیم جوش در حدود ۲۰ تا ۴۰ درجه است و سیم جوشکاری را جلوی مشعل بین ۸۰ تا ۹۰ درجه باشد زاویه لبه کار ذوب شود و نوک مخروطی باید باناحیه مذاب تماس داشته باشد تا از اکسید شدن نگذارد تا همزمان با زنگ نزن بیشتر از فولاد معمولی فلز جلوگیری کند و شعله را نباید یک دفعه از کار دور نمود زیرا درجه انبساط فولاد باید جلوگیری کرد فاصله لبه کار را باید جوشکاری موقع است و بابت های مخصوص از پیچیدن و کج شدن آن در بوسیله برس و جوشکاری در نظر گرفت پس از تمام شدن کار برای هر ۳۰ سانتیمتر ۳ الی ۴ میلیمتر بیشتر کاملاً تمیز کرد و برطرف نمود شستشو مواد اضافی تفاله و روانساز و باگردد جوشکاری اضافی را باید

جوشکاری فولادهای مولیبدونی

آن را بالا می برد مخصوصاً در حرارت های زیاد بنابراین موارد وقتی که بخه فولاد مولیبدون اضافه شود مقاومت فولادهای فولاد بیشتر در لوله هایی که تحت فشار و حرارت زیاد باشد بیشتر است بعضی از استعمال این نوع بیشتر در ساختن قطعات مقاوم مولیبدونی دارای مقداری گرم نیز هستند این الیاژ را که مولی کرم می نامند می باشد با این تفاوت که برای مقاوم آهن جوشکاری هواپیما به کار برده می شود جوشکاری این فولاد مانند استفاده شود و برای قطعات ضخیم که گرده های پهن E_7010 , E_7012 , E_7020 بودن جوش باید از الکتروود نوع استفاده نمود در مورد E_7015 , E_7016 LOWHYDROGE از فولاد های قلبایی مورد احتیاج است می توان کرده و ورقهای ۵ میلیمتر و ضخیم تر لازم است بعد از جوشکاری ۱۲۰۰ الی ۱۲۵۰ درجه فاز نهایت گرم جوشکاری به آهستگی سرد نمود برای ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر به مدت یک ساعت گرم نگهداشت و بعد از آن باید قطعه کاسته شود وقتی که قطعه به ۱۵۰ درجه طوری که در هر ساعت ۲۰۰ الی ۲۵۰ درجه فاز نهایت از حرارت آن معمولی سرد کرد فاز نهایت رسید بعد می توان قطعه را در هوای

جوشکاری موئل و اینکوئل

منگنز و آلومینیوم و آهن و مقدار کمی مس ۳۰٪ فلز موئل آلیاژی است از ۶۷٪ نیکل این دو فلز به علت مقاومت زیادی که در مقابل زنگ گرم و ۵٪ آهن ۱۵٪ نیکل ۸۰٪ فلز اینکوئل آلیاژی است از رامی توان با الکتروودهای اینکوئل موئل و دارند برای ساختن تانکر و ظروف حامل معاینات به کار می روند زدگی پوشش دار به آسانی آهن جوشکاری کرد

در حالت تحت عمل انجام گیرد بنابراین جوشکاری این فلزات در تمام حالتها امکان پذیر است ولی بهتر است که قوس الکتریکی جوشکاری نمود برای جوشکاری موئل قطعه ای که ضخامت آنها کمتر از ۱/۵ میلیمتر است نباید باداد و اینکوئل باید عملیات زیر انجام داد

سمباده پاک نماید - فشر نازک اکسید تیره رنگ راز نقاطی که باید جوشکاری کرد بوسیله برس با

۳- به گرم کردن قبلی احتیاجی نیست

۴- از الکتروودهای با پوشش ضخیم استفاده به عمل آید.

دیگر الکتروود - در مورد جوشکاری حالت تحت زاویه الکتروود نسبت به خط قائم درجه و در مورد حالت‌های عمود بر صفحه باید باشد.

گرده های باریک ایجاد گردد

جوشکاری طلا:

رابطه قطب مندی وصل می نماییم و با جریانی مستقیم انجام می‌گردد الکتروود DC جوشکاری طلا به طریقه ضمنا می توان برای جوشکاری طلا از طریقه جوشکاری نقطه جوش فرکانس زیاد جریان متناوب کار می کنیم برای الکتروود و لفرامی عمل می نماید و پس از جوشکاری بوسیله سیفل نمودن بالکل کار را استفاده کرده که با دادن متداول با شعله‌های می نمایم ضمنا بوسیله جوشکاری کند بررسی نیز می توان طلا را جوش داد جوش ریز و دقیق شبیه جوشکاری نقطه جوش می باشد.

معرفی جوش ارگون

در جوش ارگون باتیگ (TIG) برای ایجاد قوس جوشکاری از الکتروود تنگستن استفاده می شود که این الکتروود برخلاف دیگر فرایندهای جوشکاری حین عملیات جوشکاری مصرف نمی شود. حین جوشکاری گاز خنی هوا را از ناحیه جوشکاری بیرون رانده و از اکسید شده الکتروود جلوگیری می کند در جوشکاری نیک الکتروود فقط برای ایجاد قوس بکار برده می شود و خود الکتروود در جوش مصرف نمی شود در حالیکه در جوش قوس فلزی الکتروود در جوش مصرف می شود در این نوع جوشکاری از سیم جوش (Filler metal) بعنوان فلز پرکننده استفاده می شود و سیم جوش شبیه جوشکاری با شعله اکسی استیلن (MIG/MAG) در جوش تغذیه می شود در بین صنعتکاران ایرانی این جوش را نام جوش الومینیوم شناخته می شود نامهای تجارتهای هلی آرک باهلی ولد نیز به دلیل معروفیت نام این سازندگان در خصوص ماشینهای جوش تیگ باعث شده بعضا این نوع جوشکاران بانام سازندگان هم شناخته شود نام جدید این فرایند G.T.A.W و نام آلمانی آن WIG می باشد همانطور که از نام این فرایند پیداست گاز محافظ ارگون میباشد که ترکیب بین گاز با هلیوم بیشتر کاربرد دارد علت استفاده از هلیوم این است که هلیوم باعث افزایش توان قوس می شود و به همین دلیل سرعت جوشکاری را می توان بالا برد و همینطور باعث خروج بهتر گازها از محدوده جوش می شود. کاربرد این جوش عموما در جوشکاری موارد زیر است .

۱- فلزات رنگین از قبیل آلومینیوم - نیکل - مس - و برنج (مس و روی) است

۲- جوشکاری پاس ریشه در لوله ها و مخازن

۴- ورقهای نازک (1mm)

مزایای TIG

۱- بعلا اینکه تزریق فلز پرکننده از خارج قوس صورت می‌گردد اعتشاش در جریان قوس پدید نمی آید در نتیجه کیفیت فلز جوش بالاتر است .

۲- بدلیل عدم وجود سرباره و دود و حرغفه منطقه قوس و حوضچه مذاب به وضع قابل رویت است

۳- امکان جوشکاری فلزات رنگین و ورقهای نازک با دقت بسیار زیاد

انواع الکتروودها در TIG

۱- الکتروود تنگستن خالص (سبز رنگ) جوش آلومینیوم استفاده می شود و حین جوشکاری بت بت می کند.

۲- الکتروود تنگستن نوریوم نار که دونوع دارد الف . ۱٪ نوریوم دار که قرمز رنگ است ب . ۲٪ نوریوم دار که زرد رنگ می باشد.

۳- الکتروود تنگستن زیر کوییم دار که علامت مشخصه آن رنگ سفید است .

۴- الکتروود تنگستن لانتان دار که مشکی رنگ است .

۵- الکتروود تنگستن سریم دار که طلایی رنگ است .

این دونوع آخر جدید در بازار آمده اند

چند نکته در مورد مزایای تنگستن

۱- افزایش عمر الکتروود

۲- سهولت در خروج الکترونها در جریان DC

۳- ثبات و پایداری قوس رابیشتر می کند

۴- شروع قوس راحت تر است

نوع قطبیت مناسب در جوشکاری TIG

جریان DCEN برای جوشکاری چدن - مس - برنج نیتانیوم وانواع فولادها

جریان AC برای جوشکاری آلومینیوم و منیزیوم و ترکیبات آن

فرآیندهای جوشکاری با قوس الکتریکی

جریان الکتریکی از جاری شدن الکترونها در یک مسیر هادی به وجود می آید. هرگاه در مسیر مذکور یک شکاف هوا(گاز) ایجاد شود جریان الکترونی و در نتیجه جریان الکتریکی قطع خواهد شد. چنانچه شکاف هوا باندازه کافی باریک بوده و اختلاف پتانسیل و شدت جریان بالا، گاز میان شکاف یونیزه شده و قوس الکتریکی برقرار می شود. از قوس الکتریکی به عنوان منبع حرارتی در جوشکاری استفاده می شود. روشهای جوشکاری با قوس الکتریکی عبارتند از:

۱- جوشکاری با الکتروود دستی یا MAW

۲- جوشکاری زیر پودری SMAW

جوشکاری زیر پودری یا SAW یکی از فرآیندهای جوشکاری قوسی است. در این روش نوک الکتروود داخل پودری از مواد معدنی ویژه قرار می گیرد و قوس در زیر این پودر در امتداد مسیر جوشکاری تشکیل می شود. در این روش قوس قابل مشاهده نیست. در سیستم زیر پودری از سیم بدون روکش استفاده می شود؛ طوری که سیم به طور متوالی از قرقره مخصوص رها می گردد و ضمن تشکیل قوس نقش واسطه اتصال را نیز بر عهده دارد.

۳- جوشکاری با گاز محافظ یا GMAW یا MIG/MAG

اساس روش GMAW بر برقراری قوس الکتریکی میان الکتروود (سیم جوش) مصرف شدنی و قطعه کار می باشد و قوس و حوضچه جوش توسط گاز بی اثر محافظت می گردد. این روش به دو صورت اتوماتیک و نیمه اتوماتیک قابل انجام می باشد. تمام فلزات و آلیاژهای مهم صنعتی مانند فولادهای کربنی، فولادهای کم آلیاژ، فولادهای زنگ نزن، آلیاژهای آلومینیوم، مس، نیکل، در تمام وضعیتها با این روش قابل جوشکاری می باشند.

- مزایا

سرعت جوشکاری در این روش بالاست.

نرخ رسوب بالاتر از روش زیر پودری SMAW است.

استفاده از سیم جوش امکان جوشکاری طولی و بدون توقف را فراهم می سازد.

امکان نفوذ بیشتر از روش زیر پودری فراهم است که در این صورت امکان ایجاد گرده کوچکتر با استحکام مشابه فراهم است.

احتیاج به توانایی های شخصی کمتری برای جوشکاری دارد.

به دلیل عدم وجود سرباره احتیاج به تمیزکاری کمی دارد.

- محدودیتها

تجهیزات این روش به نسبت گران و حمل و نقل آن مشکل تر از SMAW است.

استفاده از این روش برای مقاطعی که دسترسی به آنها مشکل است با محدودیت در زمینه محافظت گاز مواجه است.

استفاده از این روش در فضای باز به دلیل امکان وزش باد و اختلال در محافظت گاز با محدودیت مواجه است.

به دلیل عدم وجود گل جوش و به تبع آن عدم کاهش نرخ انجماد در فولادهای سختی‌پذیر امکان ترک خوردن در فلز جوش وجود دارد.

۴- جوشکاری با گاز محافظ و الکتروود تنگستنی یا GTAW یا TIG

در این فرآیند برای ایجاد قوس الکتریکی از الکتروود مصرف نشدنی تنگستن استفاده می‌شود و الکتروود و حوضچه مذاب به وسیله گاز خنثی محافظت می‌شود. این روش با نام جوش آرگون نیز نامیده می‌شود که اشتباه است. چون می‌توان برای مثال از هلیوم نیز به عنوان محافظ استفاده کرد.

۵- جوشکاری پلاسما

جوشکاری پلاسما یکی از روش‌های جوشکاری است که در آن با کاربرد گازهای خنثی درجه حرارت به بالای ۲۰۰۰۰ درجه سانتیگراد میرسد و و انرژی قوس بسیار متمرکز تر و پایدار تر از روش جوشکاری با گاز محافظ و الکتروود تنگستنی TIG است. پلاسما به معنی گاز یونیزه شده می‌باشد. به دلیل اینکه این گاز در این درجه حرارت و حالت از قانون گازها پیروی نمی‌کند، حالت چهارم وجود ماده به آن گفته می‌شود (جامد، مایع، گاز، پلاسما) چنانچه هوا یا گاز در قوس الکتریکی شرایط گذار به حالت پلاسما را بیاورد قوس مربوط دارای انرژی حرارتی بسیار زیادی خواهد شد.

فرآیندهای جوشکاری مقاومتی

در جوشکاری مقاومتی برای ایجاد آمیزش از فشار و گرما هر دو استفاده می‌شود. گرما به دلیل مقاومت الکتریکی قطعات کار و تماس آنها در فصل مشترک به وجود می‌آید. پس از رسیدن قطعه به دمای ذوب و خمیری فشار برای آمیختن دو قطعه بکار می‌رود. در این روش فلز کاملاً ذوب نمی‌شود.

گرما لازم از طریق عبور جریان برق از قطعات بدست می‌آید. روشهای جوشکاری مقاومتی عبارتند از:

جوش نقطه‌ای

درز جوشی

جوش تکمه‌ای

فرآیندهای جوشکاری حالت جامد

دستهای از فرآیندهای جوشکاری هستند که در آنها، عمل جوشکاری بدون ذوب شدن لبه‌ها انجام می‌شود. در واقع لبه‌ها تحت فشار با حرارت یا بدون حرارت در همدیگر له می‌شوند. فرآیندهای این گروه عبارتند از:

جوشکاری اصطکاکی

جوشکاری نفوذی

جوشکاری با امواج مافوق صوت

ثابت شده‌است که فلزات در دمای اتاق هم قابل اتصالند. این عمل توسط ایجاد پیوندهای فلزی در دو سطح مورد اتصال، انجام می‌گیرد. بطور ایده آل، تشکیل اتصال فلزی بوسیلهٔ جوشکاری سرد، و یا پیوند (Bonding) بطریق زیر متصور است: دو قطعهٔ بسیار صیقلی و تمیز در اختیار است. هر کدام از این دو، مجموعه‌ای از بارهای (+) و (-) می‌باشد به گونه‌ای که هر قطعه بدون عیب و با استحکام کافی دارای پایداری است. اگر دو قطعه کاملاً نزدیک هم قرار گرفته و به هم بچسبند، الکترونها فرار از هر قطعه، بین آن دو مشترک می‌شود و در نتیجه نیروی عکس العمل بین سطوح زیاد می‌گردد. بنابراین وقتی دو سطح تماس کامل داشته باشند، نیروهای عکس العملی بین آنها، خود به خود زیاد شده و یک اتصال محکم و قدرتمند بوجود می‌آید.

ولی در عمل، یک فلز هرگز صیقل کامل نمی‌خورد و همواره اعوجاج ماکروسکوپی در سطح دارد.

Mic or Macroscopic Ultra و همین ناهمواریها، مساحت واقعی تماس را چند برابر مقدار واقعی می‌کند.

بدلیل وجود نقاط ناهموار میکروسکوپی، لایه‌های سطحی فلز دارای انرژی سطحی قابل ملاحظه‌ای در اثر پیوندهای فلزی اشباع نشده، جاهای خالی و نیز نابجائی‌ها Dislocations & Vacancies می‌باشد. بنابراین عکس العمل‌های شدیدی بین انتهای سطح فلز و محیط ایجاد می‌شوند.

دقیقاً بلافاصله پس از سطح فلز، یک ابر پیوسته از الکترونها متحرک موجود است که متناوباً از سطح جدا و به آن مجدداً می‌پیوندند (electric Double γ dipole). دانسیته بار این لایه که شامل دو قطب + و - می‌باشد، ثابت نمی‌ماند و به هندسه میکروسکوپی و سطح وابسته است. به همین دلیل لایه‌های سطحی فلز بسیار فعالند. سطح فلز همیشه با اکسیدهای مایع و گاز پوشانیده شده و هرگاه این سطح بطور ایده آل و در فشار کمتر از 9-10 mmhg کاملاً تمیز شود، سطح فلز عاری از این اضافات می‌شود.

این سطح تمیز، مدت زیادی نمی‌تواند دوام داشته باشد. تشکیل اتصال قوی مابین فلزات، در مدت پیوند سرد، با تغییر شکل دو جانبه و طی سه مرحله انجام می‌پذیرد.

در طی مرحله اول؛ سطوح مورد اتصال بایستی بطور کامل به هم نزدیک شوند.

در مرحله دوم؛ contact metallic یا اتصال بین فلزی شکل می‌گیرد.

در مرحله سوم؛ یک اتصال جوش قوی تولید می‌گردد. اکنون این مراحل به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرد:

زمانیکه دو سطح کنار هم قرار داده می‌شوند، ناهمواری‌های میکروسکوپی و نقاط موجی شکل تشکیل می‌یابند. ابتدا این دو قطعه یکدیگر را در نقاط منفرد بالاتر از سطح، لمس می‌کنند. برای تماس بیشتر به مساحت زیادتری نیاز است. این عمل بوسیله وارد آوردن نیرو انجام می‌شود.

به دلیل وجود لایه‌های سخت و نازک اکسیدی (Fragile) میزان نیرو بسیار بالا خواهد بود.

البته اگر نیرو کافی نباشد اتصالی بدست می‌آید که پلاستیستی آن کم و استحکام ضربه‌ای آن ناکافیست. لایه‌های نازک روغنی یا ارگانیک آلی، اثر به مراتب زیان آورتری دارند و اگر مقدارشان زیاد شود بطور کامل از ایجاد پیوند جلوگیری می‌کند و حتماً بوسیله حلال‌های قوی بایستی آنها را زدود.

مرحله دوم هنگامی رخ می‌دهد که مساحت اتصال فلزی بین دو قطعه زیاد می‌شود و بلورهای مشترکی بین دو سطح تولید می‌گردد.

زمانیکه تماس فلزی کاملاً شروع به شکل گیری می‌کند، بلورها و شبکه‌های کریستالی، توسط لایه‌های نازک از یک ترکیب پیچیده جدا می‌شوند.

در حین این تغییر، سطح فشرده شده در تماس با اتمسفر نیستند و هیچ گونه لایه نازک دیگری نمی‌تواند شکل بگیرد. بنابراین فیلم‌های شکننده از میان رفته و لایه‌های مایع و گاز بخشی به بیرون رفته و بخشی جذب فلز شده به آن نفوذ می‌کنند.

در مرحله سوم، پروسه شامل حرکت‌های مختلف ذرات ناشی از نفوذ است و به زمان کافی جهت تکمیل این مرحله، احتیاج است.

فرآیندهای اکسی فیول

گروه فرآیندهای جوشکاری است که در آن، اتصال با ذوب شدن توسط یک یا چند شعله گاز، با اعمال فشار یا بدون آن، با کاربرد فلز پر کننده یا بدون آن انجام می‌شود.

جوشکاری لیزر

لیزر دسته اشعه موازی شده و پیوسته از جنس نور می‌باشد که تمام این اشعه دارای طول موج واحدی می‌باشد. البته این اشعه با اشعه نوری نا پیوسته‌ای که از خورشید تشعشع می‌کند بسیار متفاوت و متنوع می‌باشد که در تمام جهات منتشر می‌شود. نور با طول موجهای متفاوت می‌تواند روی یک نقطه مادی متمرکز شود و انرژی خود را به صورت انرژی حرارتی

آزاد کند. اشعه لیزر اشعه ای به شدت موازی شده و کوهزنت می باشد که هر چه موازی تر و پیوسته تر باشد در نقطه کوچکتري می تواند متمرکز شود و انرژی حرارتی بیشتری نیز تولید می کند. این ویژگی اشعه لیزر باعث تقویت ایده استفاده از آن در جوشکاری به عنوان یک منبع منحصر به فرد انرژی شده.

کلمه لیزر مخفف عبارت **Light Amplification stimulated emission of radiation** به معنی تقویت نور تحریک شده با انتشار پرتو افکنی می باشد و بر روش تولید این نور دلالت دارد

اصول فرایند جوشکاری لیزر

جوشکاری با لیزر فرآیندی است که در آن به کمک حرارت بدست آمده از برخورد اشعه نوری به سطح، یک منطقه مذاب و به هم آمیختگی از مواد ایجاد می شود که پس از انجماد، اتصال بین مواد را ایجاد می کند. این اشعه به شدت کوهزنت و متمرکز شده و به سمت سطح قطعه شلیک می شود. هنگامی که اشعه لیزر روی نقطه مورد نظر متمرکز می شود، فلز را ذوب کرده و به سرعت منطقه جوش کوچک و باریک با راندمان اتصال بسیار بالا ایجاد می کند درحالیکه کمترین خسارت را نیز بر قطعه وارد می کند. برای این که ذوب موضعی باشد و به اطراف پراکنده نشود کنترل دقیق اشعه ضروری است. مشخصه جوشکاری لیزر ایجاد ناحیه مذاب کوچک بوسیله انرژی جذب شده در محل فرود باریکه لیزر است و در حقیقت تعادلی بین گرمایش و سرمایش حجم مشخصی از یک یا دو ماده جامد است مسیر تابش لیزر به درون قطعه معمولاً بوسیله تجمع گازهای داغ در نقطه کانونی لیزر مختل می شود. در شرایط خاص این گاز داغ به یک ابر پلاسما تبدیل می شود که شدیداً بر باریکه لیزر اثر گذاشته و آن را جذب و پخش می کند

مزیت های جوشکاری لیزر.

چون منطقه جوش و حجم حوضچه جوش بسیار کوچک است حرارت وارد شده به قطعه و خسارت ناشی از آن در کمترین حد ممکن است.

توان بالای اشعه امکان جوشکاری فلزات و آلیاژهای سازگار از نظر متالورژیکی و متفاوت از نظر خواص فیزیکی و مکانیکی را فراهم آورده است. در این فرآیند ممکن است قطعات از نظر جرم، ابعاد و مقاومت الکتریکی بسیار متفاوت باشند. این روش نیاز به خلأ ندارد چون پرتو لیزر قادر است از هوا عبور کند بدون اینکه افت محسوسی در انرژی آن ایجاد شود. به علت قابلیت تمرکز بسیار بالای پرتو، می توان جوشهای نقطه ای با ابعاد بسیار کوچک (با قطری در حدود چند هزارم اینچ) ایجاد کرد.

12- با توجه به تمرکز بالای حرارت می توان در نواحی نزدیک به اجزای حساس به حرارت مانند مدارهای الکتریکی، اتصالات آببندی شده و قطعات دارای پوشش محافظ، جوشکاری را انجام دهد

13- سرعت جوشکاری بالا است و می تواند به چندین متر در دقیقه برسد.

14- جوشهای تمیزی قابل حصول است.

15- منطقه متاثر از حرارت بسیار باریک است

16- در دسترس بودن تنها یک سمت اتصال کافی می باشد سیستم جوشکاری لیزر می تواند به راحتی برای میزان تولید بالا اتوماتیک گردد.

به علت مزیت های فراوان، لیزرها برای کاربردهایی که دقت ابعادی نهایی بحرانی می باشد و یا جایی که حجم تولید قطعاتی که قرار است جوش داده شود زیاد است مناسب تر می باشد]

محدودیت ها و مشکلات جوشکاری لیزر

درز جوش باید به خوبی کنترل شود و لبه قطعات باید به طور کامل با یکدیگر جفت و جور شوند. طبیعتاً این امر متضمن صرف هزینه و زمان برای ماشینکاری لبه قطعات می باشد.

اگر در اثر تکان خوردن و یا ضربه و یا هر عامل دیگری قطعات به مقدار بسیار کمی جابه جا شوند ، به خاطر کوچک بودن نقطه کانونی شدن پرتو ، امکان عبور پرتو از فاصله ایجاد شده بین قطعات وجود دارد .
اگر قطعات به طور دقیق کنار یکدیگر قرار نگیرند عیب بریدگی کنار جوش رخ می دهد مگر اینکه از فلز پرکننده استفاده شود .

ماشین آلات و تجهیزات این سیستم نظیر سیستم الکتریکی ، خنک کننده و سایر اجزا نسبتاً گران قیمت هستند و باید با دقت بسیار بالایی ساخته شوند .

هزینه نصب ، راه اندازی و کارکردن سیستم بالاست .

از نظر ایمنی خطرات بسیار جدی برای بدن دربر دارد که تجهیزات ایمنی خاصی را می طلبد .

انواع حالت های جوشکاری با لیزر

جوشکاری لیزر ممکن است در دو حالت (مد) اعمال شود (۱) حالت هدایتی 1، (2) حالت سوراخ کلیدی 2 حالت جوشکاری به شدت ابعاد جوش نهایی را تحت تأثیر قرار می دهد. وقتی که یک پرتو لیزر با حساسیت توان بالا به سطح ماده برخورد می کند، جذب یک جزء خاصی از انرژی پرتو همراه با هدایت حرارت به فلز منجر به ذوب و شکل گیری یک حوضچه جوش می شود. به نظر می رسد که هدایت حرارت مکانیزم اولیه انتقال انرژی می باشد، بنابراین نفوذ جوش توسط نفوذ حرارتی ماده و زمان اندرکنش پرتو لیزر با ماده محدود شود. این جوش ها به نام جوشهای حالت هدایتی نامیده می شوند. از آنجایی که انتقال انرژی به فلز و شکل گیری حوضچه جوش توسط نرخ هدایت حرارت کنترل می شود، با وجود این جا به جایی فلز مذاب ، شکل حوضچه را تا حدودی تحت تأثیر قرار می دهد. اصولاً جوشهای حالت هدایتی نسبت عمق به پهنای کمتر از ۵/۱ دارند. کاربرد جوشهای حالت هدایتی به علت عمق نفوذ کم آنها، محدود به نمونه های نازک می باشد یک نوع از جوش حالت هدایتی در شکل ۱ به طور شماتیک نشان داده شده است جوشکاری نفوذ عمیق همراه با مکانیزم انتقال انرژی سوراخ کلیدی می تواند حاصل شود (شکل ۱ . (b) در این حالت ، انرژی ورودی پرتو بمباران کننده ، به قدری شدید است که نمی تواند توسط فرآیندهای هدایت ، همرفت و تشعشع حذف شود . بنابراین سطحی از انرژی که به قطعه برخورد می کند باعث ذوب و بخار شدن آن می شود.

تبخیر سریع فلز ، سوراخ کلیدی (یک لوله استوانه ای با قطر کم) پدید می آورد . با عمیق شدن این سوراخ نور متناوباً درون آن پخش می شود و باعث افزایش جذب انرژی لیزر توسط ماده می شود . فشار بخار درون سوراخ از فروریختن دیواره آن که متشکل از فلز مذاب است جلوگیری می کند

تفاوت اساسی در این دو حالت آن است که در حالت اول سطح ناحیه جوش شکسته نمی شود و در حالت جوشکاری نفوذی سطح ناحیه جوش باز می شود تا باریکه لیزر به درون ناحیه مذاب نفوذ کند حالت جوشکاری هدایتی بخاطر عدم نفوذ لیزر به درون ماده باعث جذب کمتر گاز در هنگام جوشکاری می شود. در جوشکاری نفوذی بسته شدن غیر پیوسته سوراخ کلیدی منجر به تشکیل حفره در جوش می شود .حالتهای هدایتی و نفوذی در جوشکاری نقطه ای به یکدیگر تبدیل می شوند که بستگی به شدت قله توان لیزر و عرض پالس دارد

انواع لیزر های مورد استفاده در جوشکاری

دو نوع لیزری که بیشتر کاربرد صنعتی را یافته اند، لیزر Co2 و لیزر Nd:YAG می باشند. لیزر Nd:YAG لیزر حالت جامد می باشد طول موج اشعه لیزر تولید شده توسط این سیستم $1064 \mu\text{m}$ است نحوه تحریک محیط فعال می تواند به دو صورت پیوسته و ضربانی می باشد. در سیستم ضربانی از منبع انرژی جریان ضعیف استفاده و جریان قوی ایجاد می شود که دو پارامتر دامنه و تداوم در آن نقش مهمی دارند. لیزرهای گازی CO2 مهمترین لیزر گازی هستند که در جوشکاری و برشکاری مورد استفاده قرار می گیرند . این لیزرها از یک مخلوط گازی شامل نیتروژن و هلیم و درصد کمی دی اکسید کربن و تخلیه الکتریکی جهت پمپ کردن محیط لیزر (به تحریک درآوردن مولکولهای CO2) استفاده می کنند لیزرهای CO2 در

مقایسه با لیزرهای Nd:YAG توان خروجی و راندمان بیشتری دارند، قابل اعتمادتر اند و ایمنی کار با آنها بیشتر است. لیزرهای Nd:YAG با توسعه توان خروجی، بهبود کیفیت پرتو لیزر و امکان انتقال توسط فیبر نوری وارد زمینه هایی شده است که قبلاً در حیطه کاری لیزرهای CO₂ بوده است. طول موج کمتر Nd:YAG موجب می شود درصد بیشتری از انرژی پرتو جذب قطعه کار شود، بنابراین برای عمق نفوذ یکسان و سرعت برابر، در مورد لیزرهای Nd:YAG نیاز به توان های کمتری در مقایسه با لیزرهای CO₂ می باشد.

هر چه مقدار طول موج افزایش می یابد مقدار جفت شدن در فلزات ضعیف تر می شود بنابراین لیزر حالت جامد Nd:YAG نسبت به لیزر های CO₂ برای جوشکاری فلزات براقی مثل آلومینیوم مناسب تر است طول موج کمتر لیزر Nd:YAG اجازه انتقال نور را از طریق کابل فیبر نوری می دهد. بنابراین کاربری و کنترل لیزرهای Nd:YAG آسان تر است، به عنوان مثال محل جوشکاری می تواند تا ۲۰ متر دورتر از تجهیزات کارگاه می باشد. مزیت دیگر انتقال با فیبر نوری قابلیت انتقال پرتو از یک منبع به چندین محل می باشد.

گروه دیگر لیزرها، لیزرهای دیودی می باشند. نمونه معمول استفاده این لیزرها، استفاده در دستگاه های پخش CD و DVD و دستگاه های ذخیره نوری اطلاعات است. در سال های آینده استفاده از لیزرهای دیودی پیشرفتهای زیادی را در جوشکاری لیزری ایجاد خواهد کرد. بطوریکه روشهای جوشکاری لیزری و سنتی را تحت الشعاع قرار خواهد داد

کاربردهای فرآیند

جوشکاری پرتو لیزر را می توان برای اتصال دهی اغلب فلزات به خودشان و فلزات غیرهمجنس که از نظر متالورژیکی سازگار هستند به کار برد. فولادهای کم کربن براحتی جوش پذیر بوده اما وقتی که مقدار کربن بیشتر از ۰.۲۵٪ می شود استحاله مارتنیتی موجب ترد شدن جوش و ایجاد ترک می شود. جوشکاری پالسی به حداقل شدن تمایل به ترک کمک می کند. تعداد زیادی از فولادهای زنگ نزن مواد مناسبی برای جوشکاری لیزر می باشند. هدایت حرارتی کم این فلزات موجب تشکیل جوش باریک و عمیق نسبت به فولاد های کربنی می شود. فولادهای زنگ نزن سری ۳۰۰ بجز انواع ۳۰۳ Se، 303 که ماشینکاری آسانی دارند و انواع پایدار شده ۳۲۱ و ۳۴۷ براحتی جوش پذیر می باشند. جوش های ایجاد شده در برخی فولادهای سری ۴۰۰ ممکن است ترد بوده و از این رو نیاز به عملیات آنیل کردن بعد از جوشکاری داشته باشند. بسیاری از آلیاژهای مقاوم به حرارت پایه نیکل آهن نیز با موفقیت توسط پرتو لیزر جوشکاری می شوند. آلیاژهای تیتانیوم و دیگر آلیاژهای دیرگداز را می توان با این روش جوشکاری کرد، اما به اتمسفر خنثی جهت جلوگیری از اکسید شدن نیاز می باشد. مس و برنج معمولاً به خودشان و دیگر مواد با طراحی خاص اتصال جوش داده می شوند. آلومینیوم و آلیاژهای جوش پذیر آن را می توان برای اتصال با نفوذ جزئی جوش بوسیله جوشکاری با هدایت محدود پالسی برای درزبندی بسته های الکترونیکی به کار برد. به طور کلی جوشکاری فلزاتی قابل انجام است که سطحشان تیره باشد و انعکاس دهنده ضعیف نور باشد. نمونه قطعاتی که توسط این فرآیند تولید می شوند عبارتند از

تفنگ الکترونی لامپ تصویر تلویزیون

دستگاه تنظیم ضربان قلب

بدنه اتومبیل های سواری و دیفرانسیل و کوپلینگ های آن

شیرهای هیدرولیکی

مبدل های حرارتی از فولاد زنگ نزن

مخلوط کن های غذا

انتقال دهنده های الکترونیکی

فرآیند جوشکاری با لیزر

در این روش از پرتوی لیزر برای جوشکاری استفاده می‌شود. در جوشکاری لیزری دانسیته انرژی فراهم شده بسیار بیشتر از جوشکاری با قوس آرگون یا با مشعلهای اکسی اسیتیلن است. از لیزرهای مختلفی می‌توان برای جوشکاری استفاده کرد مانند لیزر گاز کربنیک یا لیزر یاقوتی ولی باید دقت کرد که انرژی پرتو آنقدر زیاد نباشد که باعث تبخیر فلز شود. به طور عمده از دو نوع لیزر در جوشکاری و برشکاری استفاده می‌شود، لیزرهای جامد مثل Ruby و ND:YAG و لیزرهای گاز مثل لیزر CO₂.

لیزر Ruby از یک کریستال استوانه‌ای شکل Ruby (یک نوع اکسید آلومینیوم است که ذرات کرم در آن پخش شده‌اند) تشکیل شده‌است. دو سر آن کاملاً صیقلی و آینه‌ای شده و در یک سر آن یک سوراخ ریز برای خروج اشعه لیزر وجود دارد. در اطراف این کریستال لامپ گزنون قرار دارد که لامپ فوق برای کار در سرعت حدود ۱۰۰۰ فلاش در ثانیه طراحی شده‌است. لامپ گزنون با استفاده از یک خازن که حدود ۱۰۰۰ بار در ثانیه شارژ و تخلیه شده فلاش می‌زند و هنگامی که کریستال Ruby تحت تاثیر این فلاش‌ها قرار بگیرد اتمهای کرم داخل شبکه کریستالی تحریک شده و در اثر این تحریک امواج نور از خود ساطع می‌کنند و با باز تابش این اشعه‌ها در سطوح صیقلی و تقویت آنها اشعه لیزر شکل می‌گیرد. اشعه لیزر شکل گرفته از سوراخ ریز خارج شده و سپس به وسیله یک عدسی بر روی قطعه کار متمرکز شده که بر اثر برخورد انرژی بسیار زیادی در سطح کوچکی آزاد می‌کند که باعث ذوب و بخار شدن قطعه و انجام عمل ذوب می‌شود. محدودیت لیزر Ruby پیوسته نبودن اشعه آن است در حالیکه انرژی خروجی آن بیشتر از لیزرهای گاز مانند لیزر CO₂ است که در آنها اشعه حاصله پیوسته‌است، از لیزر CO₂ بیشتر به منظور برش استفاده می‌شود و از لیزر ND:YAG بیشتر برای جوشکاری آلومینیوم استفاده می‌شود.

از آنجا که در این روش مقدار اعظمی از انرژی مصرف شده به گرما تبدیل می‌شود این سیستم باید به یک سیستم خنک کننده مجهز باشد.

در جوشکاری لیزر دو روش عمده برای جوشکاری وجود دارد:

حرکت دادن سریع قطعه زیر اشعه است تا که یک جوش پیوسته شکل بگیرد.

جوش دادن با چند سری پرتاب اشعه که این روش مرسوم تر است.

در جوشکاری لیزر تمامی عملیات ذوب و انجماد در چند میکروثانیه انجام می‌گیرد و به خاطر کوتاه بودن این زمان هیچ واکنشی بین فلز مذاب و اتمسفر انجام نخواهد شد و از این رو گاز محافظ لازم ندارد.

بهترین طرح اتصال برای این نوع جوشکاری طرح اتصال لب به لب می‌باشد و با توجه به محدودیت ضخامت در آن می‌توان از طرح اتصال‌های T یا اتصال گوشه نیز استفاده نمود.

- مزایای جوشکاری لیزر :

حوضچه مذاب می‌تواند داخل یک محیط شفاف ایجاد شود (باعکس روشهای معمولی که همیشه حوضچه مذاب در سطح خارجی آنها ایجاد می‌شود).

محدوده بسیار وسیعی از مواد را مانند آلیاژها با نقاط ذوب فوق العاده بالا، مواد غیر همجنس و ... را میتوان به یکدیگر جوش داد.

در این روش میتوان مکان‌های غیر قابل دسترسی را جوشکاری نمود.

از آنجا که هیچ الکترودی برای این منظور استفاده نمی‌شود نیازی به جریانهای بالا برای جوشکاری نیست.

اشعه لیزر نیاز به هیچگونه گاز محافظ یا محیط خلاء برای عملکرد ندارد.

به خاطر تمرکز بالای اشعه منطقه HAZ بسیار باریکی در جوش تشکیل میشود.

جوشکاری لیزر نسبت به سایر روشهای جوشکاری تمیز تر است.

- محدودیت‌ها و معایب جوشکاری لیزر :

سیستم‌های جوشکاری لیزر نسبت به سایر دستگاه‌های سنتی جوشکاری بسیار گران هستند و در ضمن لیزرهایی مانند Ruby به خاطر پالسی بودن اکثر آنها از سرعت پیشروی کمی برخوردارند (۲۵ تا ۲۵۰ میلیمتر در دقیقه). همچنین این نوع جوشکاری دارای محدودیت عمق نیز می‌باشد .

از اشعه لیزر هم به منظور برش و هم به منظور جوشکاری استفاده می‌شود . این نوع جوشکاری در اتصال قطعات بسیار کوچک الکترونیکی و در سایر میکرو اتصالات کاربرد دارد . از اشعه لیزر میتوان در جوش دادن آلیاژها و سوپر الیاژها با نقطه ذوب بالا و برای جوش دادن فلزات غیر همجنس استفاده نمود . به طور کلی این روش جوشکاری برای استفاده‌های دقیق و حساس استفاده میشود . از این روش میتوان در صنعت اتومبیل و مونتاژ از آن برای جوش دادن درزهای بلند استفاده نمود.

فرآیند جوشکاری با باریکه الکترونی

کاربرد جریانی از الکترون‌ها است که با ولتاژ زیاد شتاب داده شده‌اند و به صورت باریکه‌ای متمرکز به عنوان منبع حرارتی جوشکاری به کار می‌روند. به دلیل دانسیته بالای انرژی در این پرتو منطقه تف دیده بسیار باریک می‌باشد. و جوشی با کیفیت مناسب به دست می‌آید. این فرآیند به عنوان اولین فرآیند جوشکاری بکار رفته برای ساخت بدنه جنگنده‌ها استفاده شد. بال جنگنده افسانه‌ای F14 یا Tomcat با استفاده از این فرآیند ساخته شده است.

کنترل کیفیت و بازرسی

طبق طبقه بندی استانداردهای مدیریت کیفیت (ISO ۹۰۰۰) جوشکاری جزو فرآیندهای ویژه طبقه بندی شده‌است. که این نشان دهنده این است که برای کنترل کیفیت و تضمین کیفیت این فرآیند ویژه می‌باید پیش بینی‌های خاصی انجام داد.

ایمنی و بهداشت کار در جوشکاری

در مرحله اول استفاده از عینک محافظ تحت هیچ شرایطی نباید فراموش شود. در صورت انجام عملیات جوش کاری در محیط بسته بخارات حاصل باید به خوبی تهویه شود. در محیط باز هم باید احتیاط لازم در مورد این بخارات به عمل آید. جهت جلوگیری از آسیب چشم دیگران بهتر است در صورت امکان محل انجام جوشکاری بارتیشن بندی شود. کابل‌ها نباید در مسیر رفت و آمد یا در معرض ضربه باشد.

مراکز و موسسه‌های جوشکاری

انجمن جوشکاری آمریکا AWS

انستیتو بین المللی جوشکاری IIW

انستیتو جوشکاری ادیسون EWI

مرکز جهانی اتصال مواد TWI

انستیتو جوشکاری هُبارت

پلازما

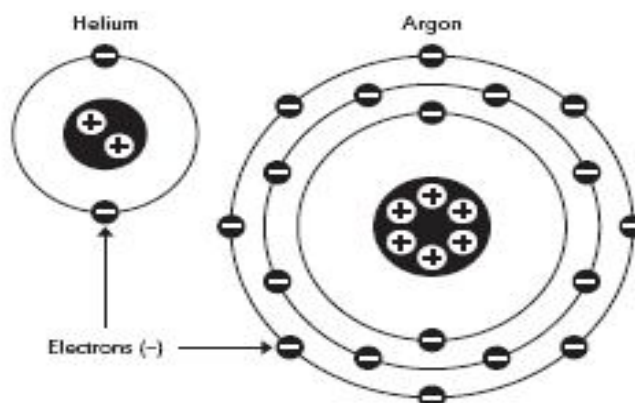
تخلیه الکتریکی کنترل شده (قوس جوشکاری) باعث بوجود آمدن و نگهداشتن یک محیط رسا نا به نام پلازما است. این محیط از گازهای یونیزه شده ، مذاب فلزات ، سرباره ها ، بخارات و اتمهای گازی تشکیل شده است.

انرژی یونیزاسیون

انرژی ای است که جهت خارج کردن یک الکترون از یک گاز و تبدیل آن به یون لازم است.

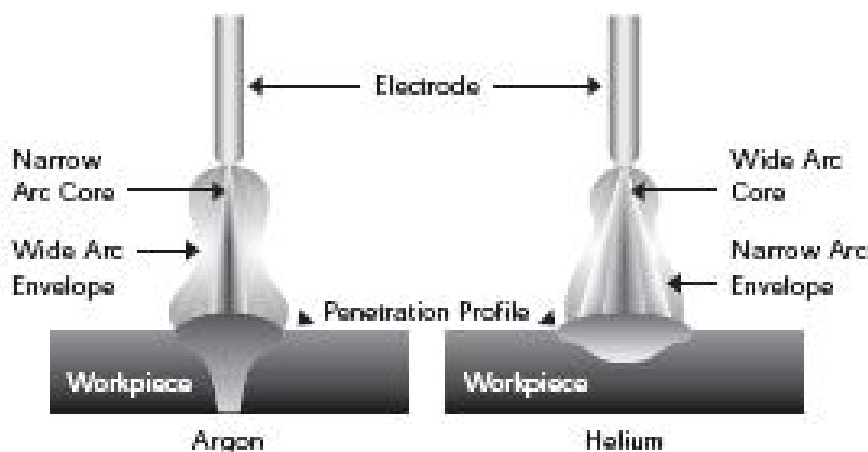
با افزایش وزن مولکولی گاز مقدار انرژی یونیزاسیون کاهش می یابد. شروع قوس و پایداری شدیداً به انرژی یونیزاسیون گازهای مصرفی بستگی دارد. مثلاً آرگون دارای انرژی یونیزاسیون پائین بوده و هلیوم برعکس آن می باشد و بعلت داشتن انرژی یونیزاسیون بالا ، شروع قوس سخت تر و پایداری کمتری دارد. ولتاژ بطور مستقیم تاثیر پذیر است طول قوس و جریان

جوشکاری معادل ، ولتاژ حاصل از هلیوم بسیار بالاتر از آرگون است. مقدار گرمای ورودی بالاتر در دسترس قطعه توسط هلیوم ، نسبت به آرگون است



انتقال حرارت

توانایی گاز در انتقال گرما را انتقال حرارت گویند، این عامل بر اتلاف حرارت شعاعی از مرکز تا پیرامون ستون قوس و همچنین انتقال گرما بین قوس و مذاب تاثیر می گذارد. آرگون ، که دارای انتقال حرارت پائین است ، قوسی با دو ناحیه ایجاد می کند. یک هسته داغ باریک و منطقه خارجی بسیار سردتر و پروفیل نفوذ در ناحیه ذوب جوش آن در ریشه بسیار نازک و به شکل انگشت بوده و در بالا وسیع تر می باشد. گازی که دارای انتقال حرارت بالاتری باشد ، گرما را از هسته به سمت خارج هدایت می کند و سبب بوجود آمدن هسته قوس عریض تر و گرم تر می گردد.



ترکیب و تجزیه شدن

گازهای محافظی نظیر دی اکسید کربن ، هیدروژن و اکسیژن مولکولهای چند اتمی

دردمای بالائی نظیر قوس جوشکاری

مولکولها به اتمهای سازنده تجزیه شده و یونیزه می گردند.

الکترون آزاد ایجاد کرده و جریان ایجاد می کنند. با تماس گازهای تجزیه شده با سطح سرد قطعه ، اتمها مجدداً ترکیب شده

و در آن نقطه گرما آزاد می کنند. گرمای حاصل از این ترکیب باعث می شود که گازهای چند اتمی رفتاری نظیر گازهائی

داشته باشند که دارای انتقال حرارت بالائی هستند.

عمل اصلی گاز محافظ

- محافظت از فرایند و مواد در برابر هوای اطراف و در حالات خاص (جهت کاهش اکسیدهای روی مواد گرم شده ، نزدیک جوش)
- تاثیر بر فرایند ، نظیر پایداری قوس ، قابلیت تولید ، قابلیت اطمینان ، کیفیت و محیط کار

تاثیر هوا بر حوضچه :

انحلال اکسیژن و نیتروژن

✓ محلول جامد

✓ ذرات اکسید و نیتريد

تاثیر بر خواص مکانیکی به سبب تشکیل اکسید یا تخلخل

حفاظت در جوشکاری GMAW با سیم جوش

✓ ترکیب سیم

✓ گاز محافظ

سیم جوش حاوی عناصری نظیر Si است که با اکسیژن واکنش داده و اکسیدها را بصورت سرباره تشکیل می دهند که معمولاً بصورت تکه های کوچک بر روی سطح ظاهر می شوند.

تاثیر گاز محافظ بر فرایند :

• شروع قوس

• پایداری قوس

• رسوب دهی

• تشکیل اسپتر

• عمق و شکل نفوذ

• تر شوندگی بین مواد جامد و حوضچه جوش

• خارج کردن محصولات ناشی از ترکیب هوا

• خواص گازها تعیین کننده نقش آنها در فرایندهای جوشکاری می باشد.

• انرژی یونیزاسیون گاز بر سهولت و پایداری قوس تاثیر می گذارد.

• انتقال حرارت آن تعیین گر ولتاژ و انرژی ثابت قوس است.

• گازهای فعال و اکسید کننده مثل دی اکسید کربن و اکسیژن می توانند اثرات مخربی را در

• آلومینیوم ، نیکل ، تیتانیوم ، زیر کونیم و تنگستن بر جای بگذارند. (عدم استفاده در GTAW)

انتخاب صحیح گاز در فرایند صحیح جوشکاری و قیمت مناسب ، کاری دشواری است.

بنابراین عوامل بسیاری باید مد نظر قرار گیرد که محدود به موارد ذیل نمی باشند

- | | | |
|----------------------|-----------------------|------------------------|
| • عمل تمیزکنندگی قوس | • قیمت جوش | • نوع و ضخامت قطعه کار |
| • خلوص گاز | • خواص مکانیکی | • مشخصه های قوس |
| • شکل اتصال | • مقدار باز بودن ریشه | • نوع انتقال فلز |
| • موقعیت جوشکاری | • تمیزی سطح کار | • سرعت حرکت |

• تولید دود

• اسپتر

• عمق و عرض ذوب

به طور معمول از دو دسته استاندارد استفاده می شود.

AWS Specification 5.32 Specification for welding shielding gases

EN 439 Welding consumables - Shielding gases for arc welding and cutting

گازها محافظ برای روشهای مختلف و بر اساس خواص شیمیائی آنها دسته بندی شده اند. خلوص و تلورانس ترکیب کردن گازها با یکدیگر نیز در این استانداردها مورد بحث قرار می گیرد.

جوشکاری با گاز آرگون

آرگون یک گاز خنثی است

به تنهایی و یا به همراه دیگر گازها

در فلزات آهنی و غیر آهنی

(آلیاژهای آلومینیوم ، نیکل ، مس و منیزیم همچنین فلزات فعال نظیر زیرکونیم و تیتانیوم)

با استفاده از آرگون و یا ترکیبات آن

• انتقال اسپری

• جوش پذیری خوب

• یک قوس پایدار

• نفوذ و پروفیل جوش عالی

• قابلیت تولید بهتر

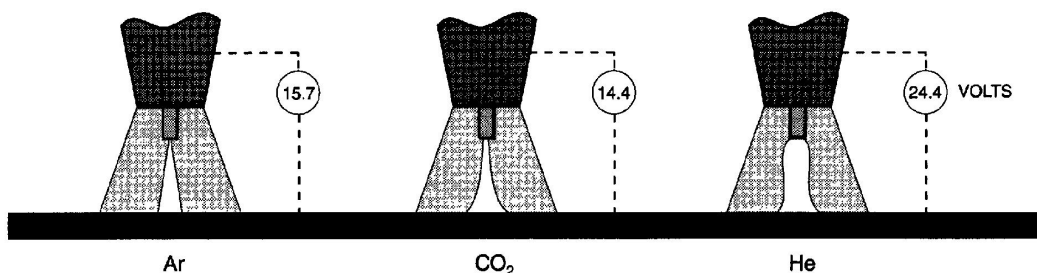
انرژی یونیزاسیون پائین

☞ مسیر جریان عالی

☞ پایداری قوس عالی

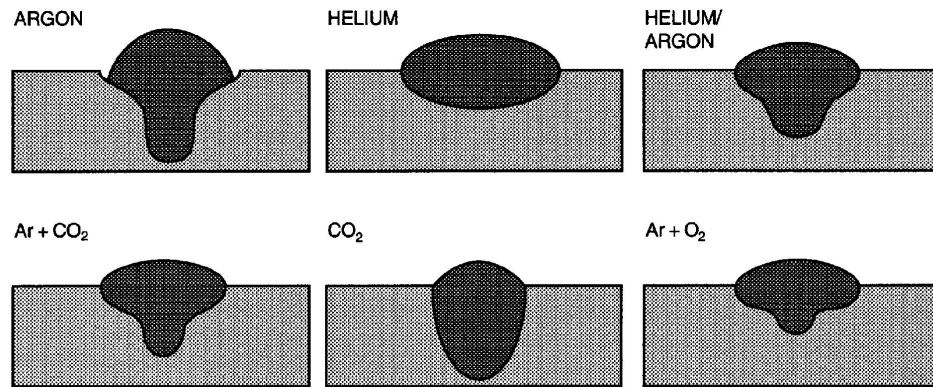
☞ سهولت شروع قوس

انتقال حرارت نسبتاً پایین - ستون قوس باریک را با چگالی بالا



متمركز شدن انرژی قوس در یک سطح مقطع کوچک

یک پروفیل ذوب عمیق با شکلی بصورت انگشت



گرمای ورودی بسیار کم

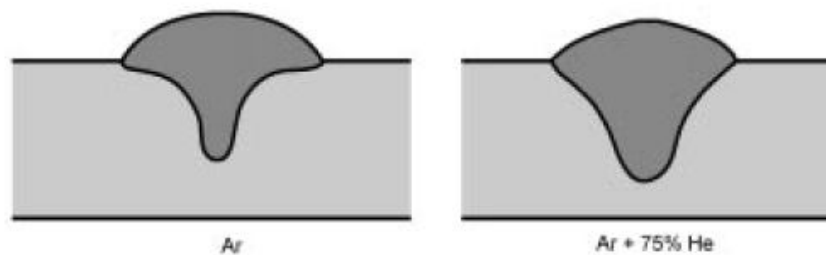
ولتاژ قوس بسیار کم

0 گرمای ورودی پائین

0 نفوذ انگشتی

ممکن است سبب تخلخل و ذوب ناقص شوند

نفوذ محدود دیواره ها



پوشش خوب منطقه جوش

بخاطر سنگین تر از هوا

انتقال حرارت پائین

یونیزاسیون راحت

قوس نسبتاً باریک انتقال الکتریکی خوب (یعنی شروع قوس آسان) را فراهم سازد

هنگام جوشکاری فلزات پایه آهنی

معمولاً با گازهای دیگر (O, He, CO₂) ترکیب می شود

برای بدست آوردن قوس پایدار-یک گاز اکسید کننده

این عامل اکسید کننده می تواند CO₂, O₂ یا هر دو آنها باشد. مقدار جزئی اکسید کننده به ترکیب فولاد و کاربری

آن بستگی دارد. در GMAW الکتروود قطب مثبت (آند) و منطقه کاند بر روی قطعه کار بصورت یک یا چند نقطه

می باشد. افزودن گاز اکسید کننده برای تثبیت این نقاط است در غیر اینصورت قوس تمایل به حرکت در اطراف

سطح قطعه کار خواهد داشت و اسپتر و سطح جوش نامناسبی را ایجاد می کند

امتیاز غالب استفاده از CO₂ در کنار Ar بهبود شکل جوش و ظاهر آن، کاهش اکسایش سطح و کنترل ترشوندگی

نسبت به ترکیبات Ar-O است. همچنین می تواند یک پروفیل نفوذ با کنترل آسانتر، وسیعتر و با شکل انگشتی

کمتر ایجاد نماید. این امر بخاطر تفاوت سیالیت جوشچه جوش، کشش سطحی و اکسیدها در فلز مذاب است.

اکسیداسیون و تشکیل سرباره کمتر می تواند بر ظاهر جوش و نیاز به تمیزکاری آن تأثیر بگذارد. دیگر امتیاز آن

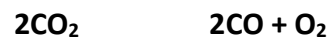
بهبود نفوذ در اتصال بخصوص در دیواره ها است. در هنگام استفاده از ترکیب سه جزئی Ar-CO₂-O امتیازاتی نظیر کاهش اسپتر، امکان جوش مواد نازک تر و .. است.

با افزایش مقدار CO₂ در ترکیبات آرگون و دی اکسیدکربن نفوذ عمیق تر می شود که می تواند باعث Burn-through بر روی قطعات نازک شود. همچنین با افزایش مقدار CO₂ مقدار اسپتر و دود افزایش می یابد

جوشکاری با دی اکسید کربن

دی اکسید کربن از نظر شیمیائی یک گاز فعال است در دمای محیط واکنش نمی دهد ولی در حضور یک محیط گرم نظیر قوس جوشکاری ، به مونواکسید کربن و اکسیژن آزاد تجزیه شده و فعال می گردد.

(تجزیه در ۱۵۰۰°C)



ترکیب شدن دوباره این گاز در برخورد با فلز پایه سردتر

اکسیژن آزاد به مقدار قابل توجه

واکنش با مواد ، مواد پرکن و حوضچه جوش

عناصر آلیاژی ، بویژه منگنز و سیلیسیم با اکسیژن واکنش داده و در جوش ، یا بر سطوح آن سرباره تولید می کنند.

کاهش عناصر آلیاژی

اهمیت مقدار عناصر آلیاژ در خواص مکانیکی

جبران ماده پرکن پر آلیاژ (عناصر دی اکسید کننده)

اگرچه دی اکسید کربن فعال بوده (اکسایش)

جوش های سالم و خواص مکانیکی مطلوب (را در بیشتر ، نه همه ، فلزات و آلیاژها)

را بدست آورد.

اغلب جهت جوشکاری فولاد کربنی استفاده می شود.

رواج به علت سهولت دسترسی ، قیمت پائین و کارائی جوش است.

قیمت کم هر واحد گاز به معنای پائین ترین قیمت هر فوت از جوش نشانده شده (رسوب کرده) نیست.

قیمت کل جوش تحت تاثیر :

شکل جوش

تلفات الکتروود (اسپتر)

تمیز کردن اسپتر

دود

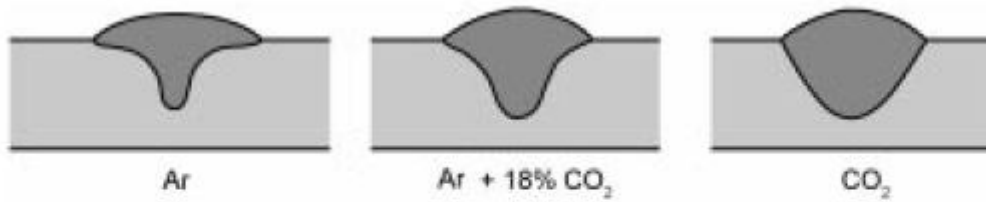
در دی اکسید کربن انتقال فلز به اتصال کوتاه و گلوبولار محدود می باشد.

چون دی اکسید کربن انتقال از نوع اسپری ندارد ، نسبت به آرگون رسوب نشانی کمتر و مقدار دود و اسپتر بالاتری دارد.

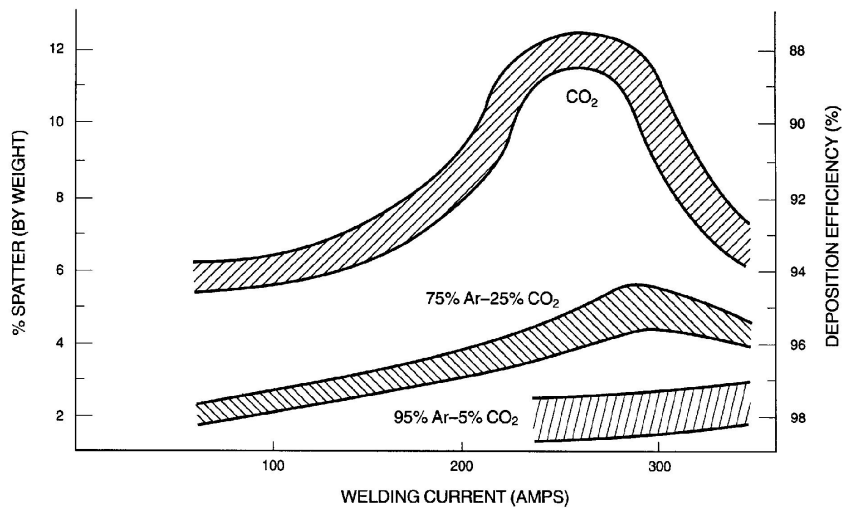
امتیاز دی اکسید کربن نسبت به آرگون عرض جوش بزرگتر

امتیاز دی اکسید کربن نسبت به آرگون عرض جوش بزرگتر

انتقال حرارت در قوس بالا بوده و باعث افزایش انرژی انتقالی به حوضچه جوش و نفوذ عریض



این گاز به علت تجزیه مولکولی به ولتاژ بالاتری نیاز دارد. بزرگترین عیب آن ، انتقال گلوبولار خشن و اسپتر سطح جوش معمولاً شدیداً اکسید شده و دارای شکل نامنظمی

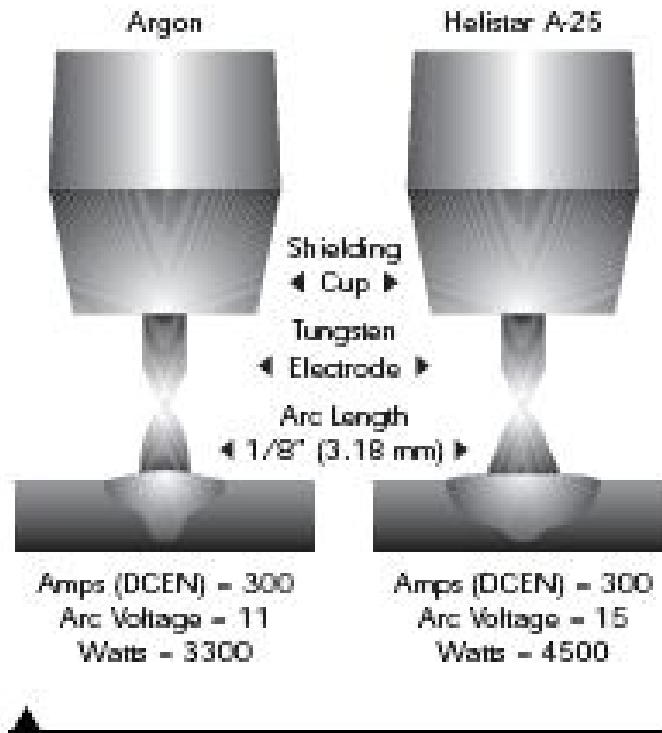


جوشکاری با گاز هلیم

هلیم گازی خنثی است ، برای جوشکاری های با گرمای ورودی بالا

در مقایسه با آرگون

- یونیزاسیون آن مشکل تر و شروع قوس نامناسب
- انتقال حرارت خوب (ستون قوس عریض تری)
- رسانایی الکتریکی کمتر (نیاز به ولتاژ شروع قوس بالاتر)
- ولتاژ قوس هلیم بسیار بالاتر (گرمای ورودی بالاتر)
- سیالیت حوضچه بیشتر شده و ترکندگی افزایش یابد
- بواسطه افزایش ترکندگی ، گرده (reinforcement) کمتر و احتمال پیدایش undercut کمتری ایجاد می شود
- امتیاز آن در جوشکاری آلومینیوم ، منیزیم ، مس و آلیاژهای آنها
- هلیم عمل ترکندگی ، عمق ذوب و سرعت حرکت را بالاتر می برد



هلیم خالص تنها انتقال گلوبولار ایجاد می کند.

تمرکز کمتر قوس هلیم نفوذ پهن و عمیق

ترک گرم و تخلخل به راحتی حذف می شوند.

نفوذ در دیواره بهتر

فرایند به تغییرات طول قوس حساس تر

به علت قیمت گران معمولاً با آرگون یا ترکیبات آن آمیخته می شود

آرگون پایداری قوس را بالا برده و هلیم ترکنندگی را با عرض ذوب بزرگ بهبود می بخشد.

افزودن مقادیر کم اکسیژن به آرگون Ar+ O

➤ قوس جوشکاری به شدت پایدار شده

➤ سرعت قطرات فلز پرکن افزایش یافته

➤ جریان انتقالی اسپری کاهش یافته

➤ شکل جوش تاثیر یابد

➤ حوضچه جوش سیال تر (مدت طولانی تری مذاب بماند)

کاهش کشش سطحی ذوب افزایش سیالیت و ترکنندگی

قوس پلاسما شدیدتر شده و مقدار گرمای ورودی، سرعت حرکت، نفوذ ذوب و ترکنندگی بالاتر می رود. با افزایش مقدار

اکسیژن، بالاخص بالاتر از ۰.۵٪، مقدار اتلاف آلیاژ و احتمال undercut افزایش می یابد

Ar+ 1%O

• برای انتقال اسپری فولاد های ضد زنگ استفاده می شود.

• برای پایدار سازی قوس، افزایش سرعت قطرات، سیالیت خوب حوضچه جوش و

بهبود ظاهر جوش، عموماً افزودن یک درصد اکسیژن کافی می باشد.

Ar+ 2%O

در جوشکاری قوس اسپری فولاد های کربنی ، کم آلیاژ و ضد زنگ
ترکندگی بیشتری نسبت به ۱٪ اکسیژن

Ar+ 5%O

حوضچه ای سیال تر و قابل کنترل
سرعت حرکت بالاتر

از ترکیبات آرگون و اکسیژن اغلب در جوشکاری فولادهای کربنی استفاده می شود .

Ar+ 8%O

سیالیت حوضچه جوش بیشتر و جریان انتقالی کمتر این ترکیب گازی
مزیت این دسته در هنگام استفاده در بعضی کاربردها است
در اتصال کوتاه ، اسپری و قوس پالسی استفاده کرد.
اکسیداسیون بیشتر جوش و افزایش اتلاف منگنز و سیلیسیم

Ar+ Carbon dioxide

عموماً در فولادهای کربنی و کم آلیاژ (کمتر در فولادهای ضد زنگ)
افزودن دی اکسید کربن به آرگون

امکان سرعت حرکت بالاتر (سیالیت حوضچه جوش بیشتر)

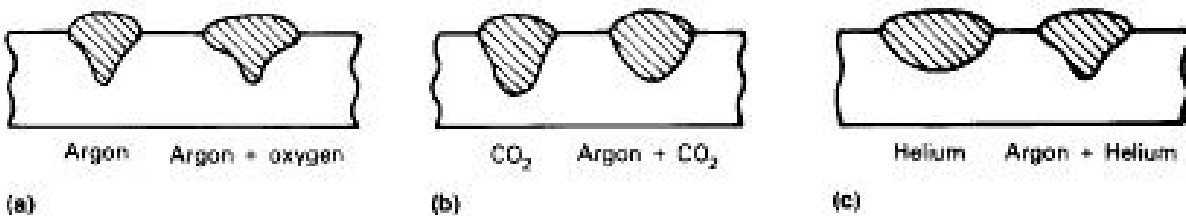
عمق و عرض جوش بزرگ تر

پایداری قوس بالاتر

افزایش مقدار اسپتر

کاهش کارائی رسوب نشانندن

انتقال حرارت بالا



انتقال حرارت بالای دی اکسید کربن (بخاطر تجزیه و ترکیب شدن آن)

مشکلات احتمالی : پیچیدگی قطعه کار و عدم قابلیت پل زدن در Gap

مقدار جریان بالاتر جهت ایجاد و باقی نگهداشتن انتقال اسپری پایدار

دی اکسید کربن ، انتقال اسپری ناپایدار شده و انتقال اتصال کوتاه و گلوبولار دوره ای اتفاق می افتد

تجزیه دی اکسید کربن ایجاد اکسیژن ترکندگی و پایداری قوس بهتر

بالا بودن مقدار دی اکسید کربن عرض جوش را نسبت به ترکیبات Ar-O بیشتر می کند

Ar+ 1-10%CO2

از این ترکیبات برای انتقال اسپری و اتصال کوتاه محدوده ای از مواد (فولاد ها) و ضخامت کاربرد دارند. از ترکیب
۵٪ ممکن است برای GMAW پالسی فولادهای کم آلیاژ در وضعیتی به جز مسطح (Flat) استفاده شود.

.....

در نتیجه استفاده از SG-AC به جای SG-AO ممکن است عمق ذوب بالاتر و تخلخل کمتر فراهم آید. در محدوده ۵-۱۰٪ دی اکسید کربن ستون قوس واضح تر می گردد

Ar+ 11-20%CO2

در فولاد های کربنی و کم آلیاژ

به علت کاهش تمایل به ذوب اضافه (در نتیجه افزایش سرعت رسوب دهی و سرعت حرکت) حداکثر توان تولید در فلزات پایه نازک را می توان در این محدوده بدست آورد
در درصدهای کمتر CO₂ افزایش کارائی رسوب دهی (کاهش اسپتر)

Ar+ 21-49%CO2

در جریان پائین بر مواد نازک (light-gauge)

جریان بالا بر مواد حجیم

پایداری خوب قوس

حوضچه جوش قابل کنترل

ظاهر جوش خوب

قابلیت تولید بالا

Ar+ 50%CO2

گرمای ورودی و نفوذ ذوب بالا

ضخامت فلز پایه توصیه شده برای انتقال گلوبولار بالای ۳/۲ mm است

✓ تر کنندگی خوب

✓ شکل جوش خوب

✓ سیالیت مناسب

امتیازات مهمی برای جوشکاری لوله ها

در جوشکاری مواد نازک ، تمایل به melting-through افزایش می یابد

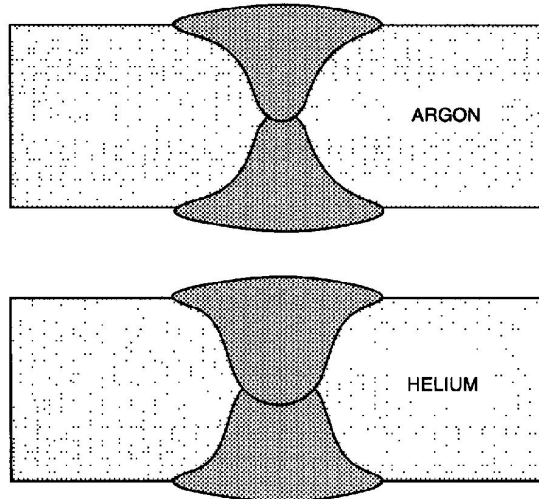
Ar + He

اصولاً برای جوشکاری فلزات غیر آهنی نظیر فلزات فعال ، آلومینیوم ، مس ، نیکل ، منیزیم و آلیاژهای آنها

عموماً با افزایش ضخامت فلز پایه به هلیم بالاتر نیاز است

افزودن هلیم به آرگون _____ افزایش مقدار گرمای ورودی





با افزایش مقدار هلیوم

افزایش ولتاژ قوس

افزایش اسپتر

افزایش نسبت عمق به عرض جوش

در این دسته از ترکیبات ، مقدار آرگون باید حداقل ۴۵٪ باشد تا انتقال اسپری ایجاد و بقا یابد

Ar + 25-50%He

این ترکیبات برای جوشکاری فلزات پایه غیر آهنی ای بکار برده می شود که

گرمای ورودی بالا و ظاهر جوش خوب مطلوب می باشند.

سرعت حرکت در این دسته بالا می باشد

برای جوشکاری GMAW فلزات غیر آهنی نظیر فلزات فعال ، آلومینیوم ، مس ، نیکل ، منیزیم و آلیاژهای آنها و

همچنین در بعضی فولاد های کربنی

برای فلزات ضخیم بکار برده می شوند

کاهش مقدار گرمای ورودی

- افزودن آرگون به هلیوم

- بهبود شروع قوس

- با افزایش درصد آرگون

- کاهش ولتاژ قوس

- کاهش اسپتر

- کاهش نسبت عمق به عرض جوش

مقدار آرگون باید حداقل ۲۰٪ باشد تا شروع و بقای قوس پایدار صورت پذیرد

He + 10-25% Ar

برای جوشکاری مس (با ضخامت بالای ۱۳ mm) و آلومینیوم (بالای ۷۵ mm)

ممکن است که برای انتقال اتصال کوتاه فلز پرکن نیکل از این ترکیبات گازی استفاده شود

گرمای ورودی بالای آنها باعث بهبود ذوب جوش (Weld Fusion) می شود

He + 25-50% Ar

برای جوشکاری آلومینیوم و منیزیم (با ضخامت بالای ۱۳ mm در حالت مسطح مقدار گرمای ورودی را افزایش داده و تخلخل جوشهای مس ، آلومینیوم و منیزیم را کاهش می دهد

The Gas Flow Rate

جریان بسیار کم ، حفاظت نامناسبی را ایجاد می کند (آلودگی هوا)
جریان بالا ، ایجاد تلاطم (کشیده شدن اکسیژن و نیتروژن به درون قوس)
در هر دو حالت ، نتیجه آن آلوده شدن جوش با اکسید ها ، نیتريد ها و تخلخل می باشد.

عوامل موثر بر انتخاب صحیح جریان

- ★ دانسیته گاز محافظ
 - ★ نوع فلز
 - ★ فاصله بین نازل و قطعه
 - ★ نوع و اندازه نازل
 - ★ موقعیت جوشکاری
 - ★ شدت جریان
 - ★ ترکیب گاز مصرفی
 - ★ زاویه تورچ
 - ★ طرح و موقعیت اتصال
 - ★ مقدار بخار گاز
 - ★ پارامترهای جوش (بعنوان مثال قوس اسپری ، قوس اتصال کوتاه)
 - ★ سرعت هوای محیط
- گازهای حاوی هلیوم به جریان بیشتری نیاز دارند (دانسیته پائین هلیوم)
با افزایش مقدار هلیوم ، جریان گاز افزایش می یابد
آلومینیوم نسبت به فولاد ، به جریان گاز بالاتر نیاز دارد

مراجع

- 1- ANDEREW DANIEL MODERN WELDING ,ALTHOUSE
- 2- BRAZING&WELDING ۶.EDITION VOL th۸ HANDBOOK METAL
- ۳- فرهنگ جوشکاری نوشته: پرویز فرهنگ، امیر حسین کوبی
- ۴- احسان راستگو ، بازرسی جوش
- 5-Standard AWS A5.32
- 6- Standard AWS C5.10
- 7- Standard EN 439
- 8- ASM Metals Handbook , vol. 6 , Welding , Brazing , and Soldering
- 9- MIG Welding Guide
- 10 www.thefabricator.com/Consumables/Consumables_ArticleList.cfm
(Simplifying shielding gas selection How different gases and gas blends affect your welding application)
- 11- <http://www.aws.org/w/s/wj/2002/09/feature1/#A>
(The Evolution of Shielding Gas)

12- http://www.thefabricator.com/Consumables/Consumables_ArticleList.cfm
(Choosing the right shielding gas and supply system for GMAW)

قبل از جوشکاری، یک سری موارد نیاز به توجه بازرسی چشمی دارد که شامل زیر است

۱. مرور طراحی ها و مشخصات
۲. چک کردن تاییدیه پروسیجرها و پرسنل مورد استفاده
۳. بنانهادن نقاط تست
۴. نصب نقشه ای برای ثبت نتایج
۵. مرور مواد مورد استفاده
۶. چک کردن ناپیوستگی های فلز پایه
۷. چک کردن فیت آپ و تراز بندی اتصالات جوش
۸. چک کردن پیش گرمایی در صورت نیاز

مونتاژ اتصالات. برای یک جوش، بحرانی ترین قسمت ماده پایه، ناحیه ای است که برای پذیرش فلز جوشکاری به شکل اتصال، آماده سازی می شود. اهمیت مونتاژ اتصالات قبل از جوشکاری را نمی توان به اندازه کافی تاکید کرد. بنابراین آزمون چشمی مونتاژ اتصالات از تقدم بالایی برخوردار است. مواردی که قبل از جوشکاری باید در نظر گرفته شود شامل زیر است:

۱. زاویه شیار (Groove angle)
۲. دهانه ریشه (Root opening)
۳. تراز بندی اتصال (Joint alignment)
۴. پشت بند (Backing)
۵. الکترودهای مصرفی (Consumable insert)
۶. تمیز بودن اتصال (Joint cleanliness)
۷. خال جوش ها (Tack welds)
۸. پیش گرم کردن (Preheat)

دمای پیش گرمی	کربن معادل (%)
پیش گرمی اختیاری میباشد	تا ۰.۴۵
200 تا ۴۰۰ درجه فارنهایت	0.45 تا ۰.۶۰
400 تا ۷۰۰ درجه فارنهایت	بالای ۰.۶۰

آزمایش صحت آب بندی جوش

- آزمایش نظری درز جوش.
- آزمایش مغناطیسی جوش.
- آزمایش به وسیله نفوذ مایعات در درز جوش.

www.mohandesyar.com

- آزمایش قیاسی جوش.
- آزمایش جوشکاری مخازن تحت فشار.
- آزمایش به وسیله خمش.
- آزمایش جوشکاری به روش ماوراء صوت.
- آزمایش جوشکاری به روش اشعه.

۱. ایجاد حوزه مغناطیسی و عدم کنترل قوس الکتریکی
۲. ازدیاد فاصله الکتروود نسبت به سطح کار
۳. آمپر بیش از حد یا آمپر بالای غیر ضروری
۴. عدم انتخاب قطب صحیح برای جوشکاری

عیوب جوش و آزمایشات غیرمخرب در جوشکاری

ایمان الیاسیان ، کارشناس ارشد سازه، eman.elyasian@gmail.com

مقدمه

به طور کلی چندین روش تست چشمی، تست مغناطیسی، امواج فراصوتی ، جریان گردابی ، آزمایش نفوذ، رادیوگرافی ، سختی در بین تستهای غیر مخرب جوشکاری متداول است و عیوب جوشکاری فراوان بوده که به برخی از آنها اشاره می کنیم ، بازرسی و روشهای جوشکاری ، شناخت الکتروود و ... حافظ اهمیت است که در مقالات گذشته بدان پرداخته شد.

ضرورت بازرسی:

- در ماده یا قطعه در حین ساخت، انواع نقصها با اندازه های متفاوت ممکن است به وجود آید که ماهیت و اندازه دقیق این نقص، کارکرد آتی قطعه را تحت تاثیر قرار می دهد. نقصهای دیگری مانند ترکهای ناشی از خستگی یا خوردگی، در حین کار با ماده نیز ممکن است به وجود آید. بنابراین برای آشکارسازی نقصها در مرحله ساخت و همچنین برای آشکارسازی و مشاهده آهنگ رشد آنها در حین عمر کاری هر قطعه یا مجموعه باید وسایل قابل اعتمادی در اختیار داشت.

انواع سیستمهای بازرسی

- تستهای غیر مخرب (NDT)

تست یا بازرسی غیر مخرب به روش هایی از بازرسی اطلاق می شود که در آنها کارایی یک قطعه بدون تغییر یا از بین رفتن آن قطعه، مورد بررسی قرار می گیرد.

آزمونهای غیر مخرب جوشکاری

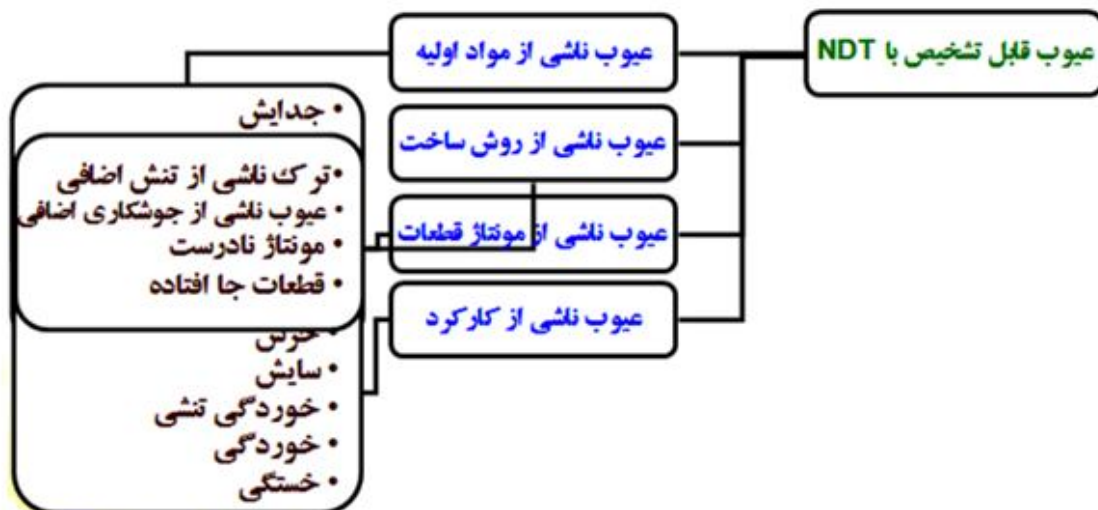
به طور کلی استفاده از آزمونهای غیر مخرب در جوشکاری به دلایل زیر انجام می شود

۱- صرفه اقتصادی و بحث هزینه ۲- محدودیت دسارسی به دلیل تجهیزات و تأسیسات ۳- حساسیت و اهمیت سازه ۴- محل قرار گیری عیوب

آزمونهای غیر مخرب به ۳ دسته تقسیم می شوند

۱- آشکار کننده عیوب سطحی و زیر سطحی (UT,RT) ۲- آشکار کننده عیوب سطحی (VT,PT)

۲- آشکار کننده عیوب سطحی نزدیک به سطح (ME,ET)



روش های متداول NDT

Visual Test	بررسی چشمی (VT)	۱.
Liquid Penetrant Test	بازرسی با مایعات نافذ (PT)	۲.
Magnetic Particle Test	بازرسی با ذرات مغناطیسی (MT)	۳.
Radiographic Test	رادیوگرافی (RT)	۴.
Eddy Current Test	بازرسی با جریان گردابی (ET)	۵.
Ultrasonic Test	بازرسی با امواج اولتراسونیک (UT)	۶.
Acoustic Emission Test	بازرسی با انتشار امواج صوتی (AET)	۷.

مراحل NDT

- مرحله اول: استفاده از یک خاصیت فیزیکی جسم و محیط تست
- مرحله دوم: تغییر در خاصیت فوق به دلیل وجود عیب
- مرحله سوم: آشکار سازی تغییر ایجاد شده به کمک یک آشکار ساز مناسب
- مرحله چهارم: تبدیل تغییر آشکار شده به نحوی که قابل تفسیر باشد
- مرحله پنجم: تفسیر نتایج

۱- تست چشمی: Visual Inspection

(ارزان-آسان-راحت-سریع - کنترل کیفیت در تمام مراحل - قابل کاربرد برای عیوب سطحی با چشم مسلح یا غیر مسلح- از هزینه های تکراری بازرسی ممانعت به عمل می آورد)

بازرسی چشمی: در بیشتر اوقات، اولین مرحله در آزمون یک سازه، بازرسی چشمی است. بازرسی با چشم غیر مسلح فقط عیبهای نسبتاً بزرگی را که به سطح قطعه راه دارند، نمایان خواهد کرد. با به کار بردن یک میکروسکوپ می توان کارایی بازرسی چشمی را افزایش داد. مناسبترین نوع میکروسکوپ برای بازرسیهای سطح قطعه، میکروسکوپ استریو است. در این نوع بازرسیها، بزرگنمایی بسیار زیاد ضرورتی ندارد و بیشتر میکروسکوپهای که بدین منظور در دسترس هستند، بزرگنمایی در حدود ۵ تا ۷۵ برابر دارند. بازرسی چشمی منحصر به سطح خارجی نمی شود. حساسه های بازرسی نوری، از هر نوع صلب و انعطاف پذیر، جهت بازرسی سطوح داخلی ساخته شده اند. حتی این حساسه ها را می توان در در داخل حفره ها، لوله ها و کانالها قرار داد



بازرسی چشمی مسلح

• محدودیت ها بازرسی چشمی

۱. عیوب زیر سطحی قابل شناسایی نمی باشد - ۲- بکار گیری به تجربه شخص بستگی دارد - ۳- در صورت غفلت بازرسی خطا زیاد است .

۲- تست مغناطیسی:

بازرسی با ذرات مغناطیسی، روش حساسی برای ردیابی عیوب سطحی و برخی نقصهای زیر سطحی قطعات فرو مغناطیسی است. پارامترهای اساسی فرآیند به مفاهیم نسبتاً ساده ای بستگی دارد. هنگامی که یک قطعه فرومغناطیسی، مغناطیس می شود، ناپیوستگی مغناطیسی که تقریباً در راستای عمود بر جهت میدان مغناطیسی واقع است، موجب ایجاد یک میدان نشتی قوی می شود. این میدان نشتی در رو و بالای سطح قطعه مغناطیس شده حضور داشته و می تواند آشکارا توسط ذرات ریز مغناطیسی دیدپذیر شود. پاشیدن ذرات خشک یا ذرات مرطوب با یک مایع محلول بر روی سطح قطعه، موجب تجمع ذرات مغناطیسی روی خط گسل خواهد شد. بنابراین پل مغناطیسی تشکیل شده، موقعیت، اندازه و شکل ناپیوستگی را نشان می دهد. یک قطعه را می توان با به کاربردن آهنرباهای دائم، آهنرباهای الکتریکی و یا عبور یک جریان قوی از درون یا برون قطعه، مغناطیس کرد. با توجه به این که با روش آخر می توان میدانهای مغناطیسی با شدت زیاد در داخل قطعه ایجاد کرد، این روش به صورت گسترده ای در کنترل کیفی محصول به کار می رود زیرا این روش حساسیت خوبی برای شناسایی عیوب قطعات و آشکارسازی آنها عرضه می دارد

۱-۳-دستگاه فراریوک چراغ ماوراء بنفش که عیوبی شامل ترک ها را که عمود بر میدان مغناطیستی هستند را تا عمق ۳ میلیمتری نشان می دهد.به صورت مورب روی سطح کشیده ی شود. در آزمون ذرات مغناطیسی از خاصیت میدان مغناطیسی استفاده می شود و ابزار آلات آن عبارت است از ۱- یوک Yoke ۲- پراد Prod ۳-سیم پیچ Coil به طور کلی میدان مغناطیسی به ۳ دسته ۱- طولی ۲- دایره ای ۳- چرخان تقسیم شده و آزمایش MT بر اساس استفاده از خاصیت مغناطیسی ۲- نوع جریان الکتریکی ۳- مواد مغناطیسی و فرو مغناطیسی انجام می شود. عیوب آزمون ذرات مغناطیسی (MT)

معرفی روش

سه شرط اصلی برای انجام این روش وجود دارد که عبارتند از:

۱. قطعه باید مغناطیسی شود.
 - یک ماده فرومغناطیس را می توان با ایجاد یک جریان الکتریکی در ماده یا قرار دادن ماده در یک میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط یک منبع خارجی، مغناطیسی کرد.
۲. ذرات مغناطیسی باید وقتی اعمال شوند که قطعه مغناطیسی است.
۳. هر گونه تجمع مواد مغناطیسی باید مشاهده و تفسیر شود.
 - اگر جهتگیری یک ناپیوستگی موازی خطوط نیرو باشد، غیرقابل تشخیص خواهد بود.

برای آزمایش ذرات مغناطیسی ، سطح قطعه بایستی نسبتاً صاف باشد زیرا در غیر این صورت در اثر ناصافی و شیارهای سطحی ذرات پل می زنند و احتمالاً ترک در زیر پوشش آنها مخفی میماند.گاهی از رنگ سفید زود خشک شونده زمینه سفیدی به وجود آورده میشود تا براده سیاه در متن سفید به خوبی مشاهده گردد. گاهی هم براده ها را رنگ میزنند تا راحتتر دیده شوند.اگر براده با رنگ فلورسنت آغشته گردند در زیر تابش نور ماوراء بنفش به وضوح دیده میشوند.خاصیت مغناطیس را در قطعه به وسیله آهنرباهای دائم ، آهنرباهای الکتریکی یا با گذراندن جریانهای قوی از درون یا پیرامون آن می توان القا کرد که در صفحات بعدی به آن اشاره خواهد شد.

مراحل تست MT

ماده مغناطیس میشود

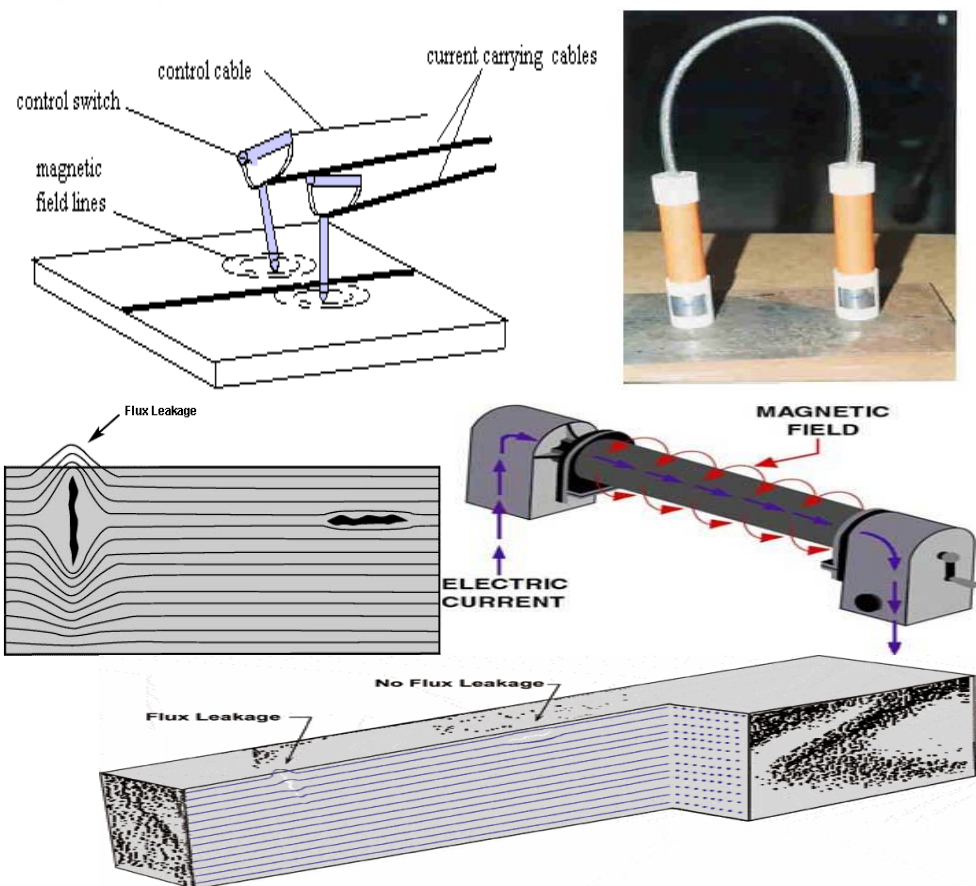
قطع خطوط میدان مغناطیسی توسط ناپیوستگی ها باعث بوجود آمدن نشتی در اطراف ناپیوستگی میشود.

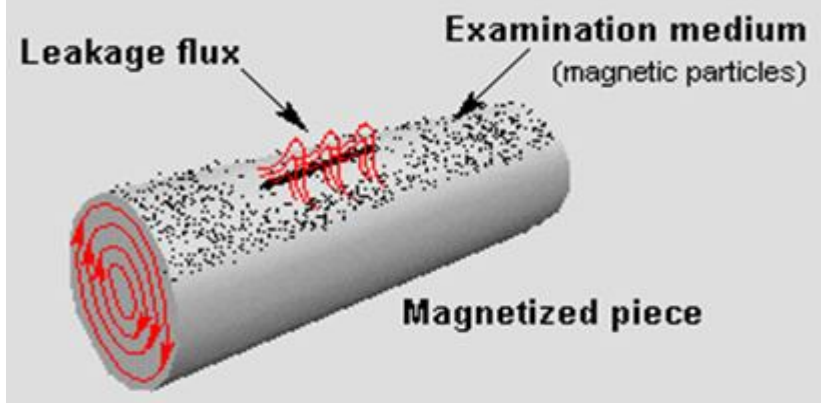
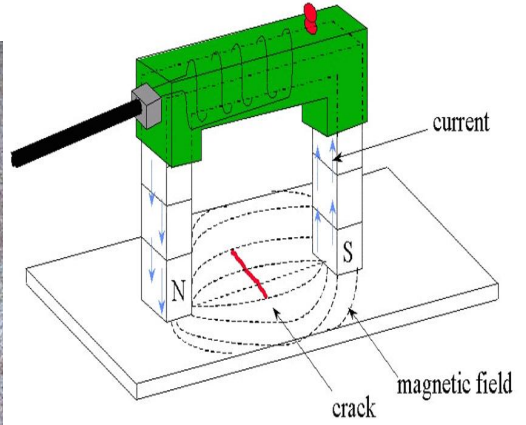
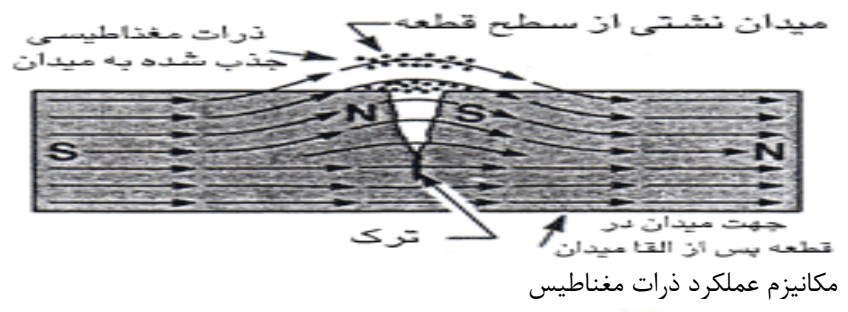
پودر های فرو مغناطیسی روی سطح قطعه پاشیده میشود.

مواد مغناطیسی توسط نشتی میدان مغناطیسی جذب و نگهداری میشوند

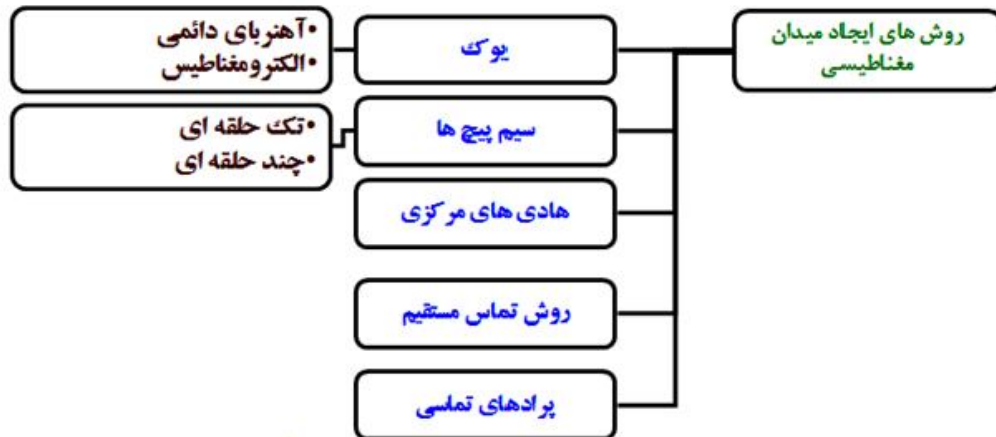
شکل ناپیوستگی تشکیل میشود و محل و شکل هندسی و مقدار عیب را نشان می دهد.

دی مغناطیس کردن قطعه



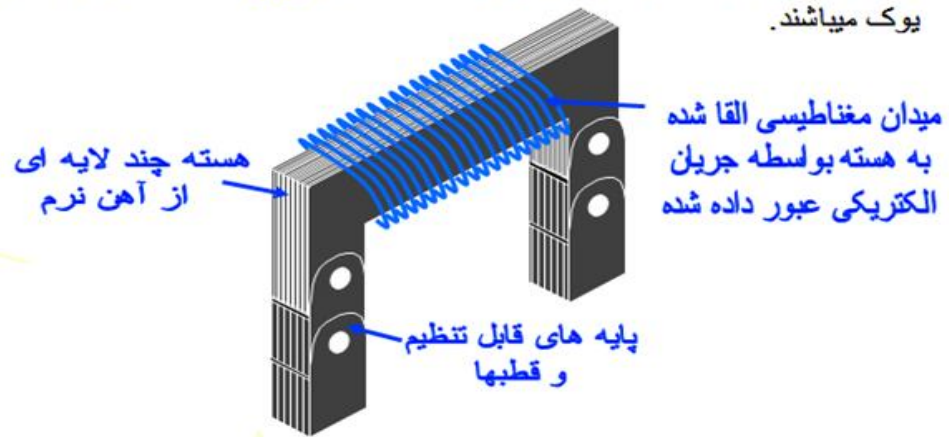


روش های ایجاد میدان مغناطیسی



یوک های الکترومغناطیس

● بیشترین میزان حساسیت، برای عیوبی است که در 90° خط گذرنده از دو سر یوک میباشند.



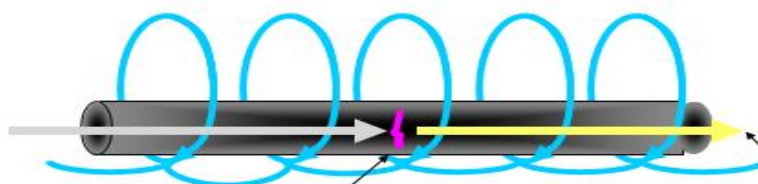
یوک های آهنربای دائمی

● برای کاربردهایی مورد استفاده قرار می گیرند که در آن-ها منبع توان الکتریکی در دسترس نبوده و یا قوس زنی مجاز نمی باشد (به عنوان مثال در اتمسفر انفجاری).

● محدودیت های یوک های آهنربای دائمی شامل موارد ذیل می باشد:

- نواحی یا اجسام بزرگ را نمی-توان با استحکام کافی لازم جهت حصول نشانه-های رضایت-بخش از ترک ها، مغناطیسی نمود
- دانسیته شار نمی تواند عمداً تغییر داده شود
- در صورتی که آهنربا بسیار قوی باشد، ممکن است جدا کردن آن از قطعات مشکل باشد
- ذرات ممکن است به آهنربا بچسبند و احیاناً موجب نلمشخص شدن نشانه ها گردند

سیم پیچ ها



• میدان مغناطیسی طولی

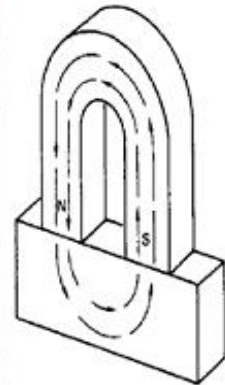
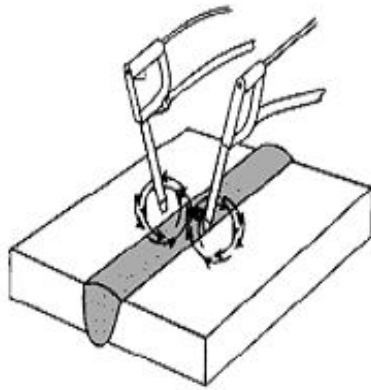
• نمایان شدن عیوب متقاطع با میدان مغناطیسی طولی

• مزایای روش MT

- ۱- عیوب سطحی و زیر سطحی تا عمق ۷ میلیمتری را می توان بازرسی نمود
- ۲- اغلب ضروری نیست که سطح قطعه با دقت تمیز کاری شود
- ۳- با این روش می توان تقریباً پهنای عیب را حدس زد. ۴- ارزان است.
- ۵- کاربرد برای ترکهای خیلی ریز ۶- برای ناپیوستگی های زیر سطحی .
- ۷- حساسیت بازرسی بالاست ۸. در ضمن تولید ودرانتهای کاردرچین کارقطعه قابل انجام است .

مزایای بازرسی به روش ذرات مغناطیسی

۱. روش ذرات مغناطیسی وسیله ای حساس برای یافتن ترک های کوچک و کم عمق سطحی در مواد فرومغناطیسی است. روش ارزانی است.
۲. نشانه های ذرات مغناطیسی، مستقیماً روی سطح قطعه ایجاد می شوند و محل عیب به راحتی تشخیص داده می شود.
۳. نیاز به مداربندی الکتریکی یا ابزار بازخوانی الکترونیکی که کالیبره شده باشد، وجود ندارد.
۴. تخمین عمق ترک به صورت تقریبی امکان پذیر است.
۵. اندازه یا شکل قطعات قابل بازرسی به این روش از محدودیت بسیار کمی برخوردار بوده و یا محدودیتی ندارد.
۶. نیازی به تمیزکاری مبسوط اولیه وجود ندارد و ترک هایی که توسط مواد خارجی پر شده اند، قابل تشخیص می باشند



معایب تست مغناطیسی:

- ۱- روی ناوبری هواپیما یا تانک اثر می گذارد ۲- جوشکاری مجدد دچار انحراف می شود.
- ۳- زنگ زدگی و خوردگی شدید در محل جوش ۴- فقط برای موافق مغناطیس کاربرد دارد و برای فلزاتی مثل الومینیوم نمی توان از آن استفاده کرد ۵- همیشه بهتر است که میدان مغناطیسی عمود بر عیوب باشد. (جهت جریان باید عمود بر ترک باشد)
- ۶- بعضی مواقع لازم است یک قطعه را چندین بار مغناطیسی کنیم ۷- بعد از عمل بازرسی باید مغناطیس زدایی انجام گیرد.
- ۸- مهارت و تجربه زیادی نیاز دارد. ۹- معمولاً دویاچند مرتبه باید انجام ۱۰- بسته به عمق ترک میدان باید قویتر باشد

محدودیت های بازرسی به روش ذرات مغناطیسی

۱. این روش صرفاً برای مواد فرومغناطیسی قابل استفاده است.
۲. اتصال بین فلزاتی با خواص مغناطیسی غیرمشابه باعث ناپیوستگی های مغناطیسی ای می شود که بصورت عیب مشاهده می شوند، در حالی که اتصال جوش سالم است
۳. پوششهای نازک رنگ و سایر پوشش های غیرمغناطیسی، مانند روکش های آبکاری، اثر مخربی بر حساسیت بازرسی با ذرات مغناطیسی دارند
۴. حساسیت با کاهش اندازه ناپیوستگی و همچنین با افزایش عمق عیب نسبت به سطح کاهش می یابد.
۵. یک ناپیوستگی باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا میدان مغناطیسی را قطع کرده یا در آن تغییر ایجاد کند و نشستی خارجی ایجاد شود.
۶. شرایط سطحی نیز بر حساسیت فرایند بازرسی مؤثرند.

ذرات مغناطیسی

نظر رنگ: رنگی هستند: قرمز، زرد، سیاه و ... ۲. با پوششی از مواد فلورسنت می باشند.
از نظر سیال حامل: معلق در هوا (روش خشک) ۲. معلق در مایع (روش تر)
از نظر اندازه: ۱. ذرات درشت ۲. ذرات ریز از نظر شکل: ۱. دراز و باریک ۲. کروی شکل

روشهای ایجاد میدان مغناطیسی

۱. روش بکارگیری یوک ۲. روش بکارگیری هادی مرکزی ۳. روش تماس مستقیم

روشهای مغناطیس کردن قطعات:

۱. ایجاد شدن میدان مغناطیسی به صورت دایره ای ۲. ایجاد شدن میدان مغناطیسی به صورت طولی .

روشهای اعمال ذرات مغناطیسی: روش باقیمانده ۲- روش پیوسته

انواع جریان مغناطیس کننده: ۱. جریان متناوب ۲. جریان مستقیم

۳- تست مایع نافذ Liquid Penetration test

بازرسی با مایعات نافذ یکی از روشهایی است که می‌تواند برای عیب‌یابی تعداد وسیعی از قطعات مورد استفاده قرار گیرد، به شرطی که عیبها به صورت ترک در سطح قطعه ظاهر شوند. اساس روش بر این است که مایع نافذ بر اثر جاذبه موئینگی به درون ترکهای سطحی نفوذ کرده و پس از یک مرحله ظهور، هر عیبی که به شکل ترک یا شکستگی در سطح قطعه وجود دارد، با چشم رویت می‌شود. برای بهتر دیده شدن این ترکها، مایع نافذ معمولاً به رنگهای روشن و قابل دید بوده و یا به ماده فلورسنت آغشته می‌شود. در حالت اول معمولاً برای رنگین نمودن مایع از رنگ قرمز استفاده می‌شود که با نور روز یا نور مصنوعی قابل دید باشد، ولی در حالت دوم برای دیدن ترکها و درزها باید از نور فرابنفش استفاده شود. امروزه، بازرسی با مایع نافذ، یکی از مهمترین روشهای صنعتی است که برای مشخص نمودن انواع مختلف عیبهای سطحی مواد و قطعات، مانند ترکها، بریدگی‌ها و نواحی مک‌های سطحی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش تقریباً برای هر نوع ماده و در هر اندازه‌ای، چه بزرگ با شکل پیچیده و چه ساده، قابل استفاده است و معمولاً برای بازرسی تولیدات ریختگی و کار شده فلزات آهنی و غیرآهنی، آلیاژها، سرامیک‌ها، ظروف شیشه‌ای و مواد پلیمر به کار می‌رود.

۱- اسپری تمیز کننده (Cleaner) ۲- آشکار ساز (Developer) ۳- نفوذ کننده (Penetrate)

۴- حلال مناسب Solvent

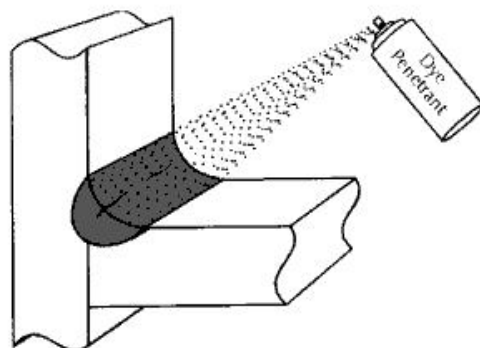
مراحل انجام آزمایش مایع نافذ

۱- آماده سازی سطح Surface Preparation ۲- اعمال مایع نافذ Liquid Penetrate Applying ۳- تمیز

کاری Cleaning ۴- اعمال ماده ظهور Developer Applying ۵- بازرسی Inspection



الف- استفاده از اسپری تمیز کننده- ب- استفاده از اسپری نفوذ کننده قرمز رنگ ج- اسپری آشکار ساز که سفید رنگ است و عیوب را متمایز می‌کند.



انواع مایع نافذ:

۱. مایع نافذ فلورسنسی fluorescent penetrate ۲- مایع نافذ بارنگ مشخص visible dye penetrate

انواع مواد ظهور :

۱. خشک (پودر) dry (powder) ۲- حل شده در آب water soluble ۳- معلق در آب water suspend

۲. table حل شده در یک حلال solvent soluble ۴- معلق در یک حلال solvent suspend able

برای عیب یا ترکهای سطحی بکار می رود ظاهر کننده به ۲ دسته تر (آب و پایه نفتی) و خشک (پودر تالک) تقسیم می شوند خواص مواد نفوذ کننده عبارت است از ۱- نافذ باشد ۲- خاصیت تر شدگی داشته باشد ۳- سیالیت و ویسکوزیته مناسب داشته باشد ۴- غیر سمی بودن ۵- نقطه اشتعال بالا ۶- خاصیت خوردگی ۷- فابل دید در نور معمولی ۸- خاصیت فسفری و فلورسنسی ۹- قابل شستشو با آب یا حلال خاص نداشته باشد.

• مزایای روش PT

۱. عیوب سطحی شناسایی می شود. ۲- به شکل جنس قطعه بستگی ندارد و بازرسی با مایع نافذ برای کلیه قطعات به هر شکل و هر اندازه قابل استفاده است. ۳- ساده و ارزان است ۴- شکل و اندازه تقریبی عیب مشخص است .

• معایب روش PT

۱- فقط برای عیب یابی ترکهای سطحی به کار می رود و عیوب زیر سطحی را نشان نمی دهد ۲- برای قطعاتی که دارای سطح زبر و خشن هستند ، استفاده نمی شود

۳- تغییر رنگ دائمی نیست ۴- مواد مصرفی سمی است ۵- در ماندن باعث خوردگی می شود .

• **آزمایش صدا :** صدای زنگ دار: جوش سالم - صدای خفه یا رفته: جوش شکسته

• **آزمایش ماوراء صوت Ultrasonic Test**

در این روش، امواج صوتی با بسامد ۰/۵ تا ۲۰ مگاهرتز به درون قطعه فرستاده می شود. این موج پس از برخورد به سطح مقابل قطعه باز تابیده می شود. با توجه به زمان رفت و برگشت این موج، می توان ضخامت قطعه را تعیین کرد. حال اگر یک عیب در مسیر رفت و برگشت موج باشد، از این محل هم موجی باز تابیده خواهد شد که اختلاف زمانی نسبت به مرحله اول، محل عیب را مشخص می کند.

روشهای فراصوتی به طور گسترده ای برای آشکارسازی عیوب داخلی مواد به کار می روند ولی می توان از آنها برای آشکارسازی ترکهای کوچک سطحی نیز استفاده کرد. هر چند آزمونهای فراصوتی برای آشکارسازی عیوب درونی مواد بسیار کارآمد می باشد ولی میتوان آنها را برای مشخص کردن ترکهای سطحی کوچک نیز بکار برد. امواج صوتی در بازرسی کنترل کیفیت مواد لوله ها و تاسیسات نیمه ساخته و موجود از قبیل تخرالهای نورد شده (Rued Slade) و قطعات ساخته شده مورد استفاده قرار می گیرد. به علاوه تکنیکهای فوق در آزمایشات حین کار قطعات و سازه های بتنی و مرکب به کار می رود. صوت به طرق مختلفی در محیط های جامد منتشر می شود ولی پیش از پرداختن به سایر مسایل باید مطلبی را در مورد صوت بدانیم .

ویژگی های صوت :

امواج صوت از نوع کشسان (الاستیک) بوده و از سیالات و جامدات می تواند عبور کند. بسامد محدوده شنوایی بین 20 Hz تا 20 KHZ می باشد. ولی امواج الاستیک همسان صوت بوده ولی با بسامدهای تا 500 میلیون هرتز را نیز می توان تولید نمود. امواجی که بالاتر از محدوده شنوایی بوده یعنی بسامد بالاتر از محدوده شنوایی داشته باشد به امواج فرا صوت موسومند. امواج مورد استفاده در بازرسی های غیر مخرب مواد، معمولاً در محدوده بسامد 0.5 تا 20 میلیون هرتز قرار دارد. امواج منتشر شده در سیالات از نوع طولی تراکمی (longitudinal compression Type) بوده و جابجایی ذرات در امتداد انتشار موج صورت می گیرد ولی امواج انتقالی در درون جامدات از نوع برشی (Shear Waves) می باشد و جابجایی ذرات در امتداد عمود بر جهت حرکت موج انجام می شود. امواج الاستیک به صورت سطحی نیز می تواند منتشر شود که در اینجا به نام امواج ریلی (Rayleigh Waves) از آنها یاد می شود.

تولید امواج فرا صوتی :

برخی از مواد بلوری دارای خاصیت پیزوالکتریک بوده و هنگامی که ولتاژ به سطح آنها اعمال می شود تغییر بعد می دهند. بر عکس ایجاد کرنش در این نوع بلورها میدان الکتریکی در آنها ایجاد می کند. که اندازه آن متناسب با مقدار تغییر بعد می باشد. مواد پیزوالکتریک مبنای کار مبدل‌های (Transducers) الکترومکانیکی به حساب می آیند.

تولید امواج:

هنگامی که یک ولتاژ متناوب در امتداد ضخامت یک دیسک پیزوالکتریک اعمال شود در آن ایجاد انبساط و انقباض کرده و از این طریق در محیط اطراف دیسک امواج بهترین شرایط ایجاد موج هنگامی حاصل می شوند که بلور مبدل انرژی در بسامد طبیعی خود نوسان کند. این موقعیت با توجه به ابعاد و ثابت های کشسانی ماده مورد استفاده به دست می آید. از این رو است که بلور با بسامد 10 میلیون هرتز خواهد بود. مبدلی که برای امواج فراصوتی به کار می رود قادر به آشکار سازی آنها نیز می باشد. یک موج فراصوتی که به یک بلور می تابد باعث نوسان آن شده و بین دو سطح بلور جریانی متناوب و قابل اندازه گیری تولید می نماید. در برخی از بازرسی های فرا صوتی از دو مبدل که یکی به عنوان فرستنده و دیگری به عنوان گیرنده مورد استفاده قرار می گیرد ولی در بسیاری از موارد از یک تبدیل کننده برای هر دو منظور فوق استفاده می شود. امواج فرا صوتی به صورت پالس های پی در پی کوتاه مدت منتقل می شوند و در فاصله بین پالس ها ، بلور می تواند سیگنال های باز تابی را دریافت کرده و آشکار سازد .

ویژگی پرتو های فرا صوتی :

امواج فرا صوتی ایجاد شده به وسیله یک بلور دیسکی (قرص) ، در آغاز به صورت پرتوهای موازی با هم منتشر شده ولی بعداً حالت واگرایی پیدا می کند. زاویه واگرایی پرتوها (α) طبق رابطه زیر به طول موج (بسامد) و ابعاد قرص مرتبط می باشد :

$$\sin \alpha = \frac{1.12\lambda}{d}$$

که λ طول موج و d قطر دیسک (بر حسب mm) می باشد.

یک پرتو فرا صوتی را می توان به سه نقطه تقسیم کرد که عبارتند از :

1. منطقه مرده
2. منطقه نزدیک (Near Zone)
3. منطقه دور (Far Zone)

منطقه مرده :

عمقی از نمونه می باشد که عیوب در آن قابل آشکار نمی باشد. برای ایجاد یک پالس فراصوتی کوتاه دوره ، بلور به مدت بسیار کوتاهی به وسیله ولتاژ الکتریکی تحریک می شود. هر چند که میرایی در بلور بسیار سریع می باشد ولی از نوسان ایستادن آن پس از قطع ولتاژ تحریک کننده انجام نشده بلکه برای مدت کوتاهی ادامه می یابد آشکار سازی عیوب در خلال این زمان کوتاه (Ringing Time) امکان پذیر نمی باشد.

منطقه نزدیک :

در منطقه نزدیک پرتوها به صورت موازی منتشر می شوند. طول این منطقه (L) از رابطه زیر بدست می آید: d قطر بلور می باشد. حساسیت آشکار سازی در تمام طول منطقه نزدیک ثابت نبوده و هر چند که به انتهای آن (منطقه دور) نزدیک شویم حساسیت آن افزایش خواهد یافت.

$$L = \frac{d^2}{4\lambda}$$

منطقه دور :

منطقه دور ناحیه ای است که پس از منطقه نزدیک آغاز شده و واگرایی پرتوهای فراصوتی در آن صورت می گیرد. در این منطقه حساسیت آشکار سازی متناسب با مربع فاصله از بلور کاهش می یابد.

تاثیر قطر پروب و بسامد موج :

اگر قطر بلور با ثابت ماندن بسامد تحریک کننده ، کاهش یابد زاویه واگرایی پرتوها افزایش پیدا می کند، طول منطقه نزدیک و شدت پرتوهای تولید شده نیز کاهش خواهد یافت ازدیاد بسامد موج ، منطقه نزدیک را کسترش داده و دامنه واگرایی را نیز کوچکتر خواهد کرد. به علاوه قابلیت تفکیک عیوب نیز بیشتر می شود. ولی قدرت نفوذ (Penetrating Power) پرتوها کم خواهد شد.

ساختمان پروب :

همگی پروب های فرستنده مورد استفاده در بازرسی فراصوتی مشتمل بر بلوری است که به طور مستقیم و یا از طریق یک پوشش محافظ با ماده مورد آزمایش در تماس قرار می گیرد. موارد مختلفی به عنوان بلورهای مبدل مورد استفاده قرار می گیرند که عبارتند از کوارتز طبیعی ، تیتانات باریم ، نایوبات سدیم و سولفات لیتیم . یک ولتاژ پله ای (Step Voltage) کوتاه مدت به بلور اعمال شده و آنرا در بسامد طبیعی اش به ارتعاش در می آورد. پس از حذف این ولتاژ لازم است نوسان بلور هرچه زودتر میرا شود. اینکار به کمک یک ماده میراکننده تسریع می شود. پروب ممکن است قائم یا زاویه دار باشد.

پروب های قائم :

این پروب به گونه ای طراحی می شود که بتوان موج تراکمی را در امتداد عمود بر سطح ماده در درون آن انتشار دهد. در برخی موارد سطح بلور بدون پوشش بوده و بنابراین به طور مستقیم و از طریق یک قشر نازک روغن یا آب یا ماده مورد آزمایش در تماس قرار می گیرد. ضمناً بلور پروب می تواند با حفاظی از یک لایه فلزی ، پلاستیکی ، پرسپکسی یا سرامیکی پوشیده شود.

پروب زاویه دار:

مشاهده عیوب درون قطعات به کمک امواج فراصوتی با یکی از دو تکنیک عبوری یا بازتابی انجام می شود که عبارتند از:

روش بازتابی با پروب قائم :

متداول ترین روش بازرسی فراصوتی به شمار می رود. پالس به صورت کامل یا نسبی به وسیله عیب منعکس شده و به وسیله پروب فرستنده که نقش گیرنده را هم دارد، دریافت می شود. فاصله زمانی بین صدور پالس و دریافت بازتاب آن به عنوان مبنای تعیین فاصله عیب از پروب (سطح نمونه) مورد استفاده قرار می گیرد.

مزایای روش بازتابی نسبت به عبوری به صورت زیر می باشد :

۱. قطعات با شکلهای متفاوت را می توان بازرسی کرد.
۲. تنها کافیست که به یکی از سطوح قطعه کار دسترسی داشته باشیم.
۳. یک عامل واسط مورد نیاز می باشد و بنابراین خطاهای اندازه گیری به حداقل کاهش می یابد.
۴. فاصله عیوب از پروب را می توان اندازه گرفت

روش عبوری با پروب قائم :

در این روش پروب فرستنده موج از طریق یک سیال واسط با سطح نمونه در تماس قرار گرفته و پروب گیرنده بر سطح مقابل جا می گیرد .

اگر قطعه مورد آزمایش از عیب عاری باشد سیگنال دریافت شده به وسیله گیرنده از شدت بالایی برخوردار خواهد شد ولی در حالی که عیبی در مسیر بین فرستنده و گیرنده امواج وجود داشته باشد به علت بازتاب نسبی موج اولیه توسط عیب شدت سیگنال عبوری کاهش خواهد یافت.

این تکنیک دارای مزایا و معایبی به شرح زیر می باشد :

- نمونه آزمایش باید دارای سطوح موازی بوده و دسترسی به هر دو سطح آن باید امکان پذیر باشد.
- دو پروب مورد نیاز بوده و لذا امکان عدم اتصال مناسب با ماده رابط دو برابر می شود.

• هیچ اطلاعاتی در موقعیت (عمق) عیب حاصل نمی شود.

روش عبوری با پروب زاویه دار :

در برخی از مواقع استفاده از پروب قائم امکان پذیر نبوده و تنها راه آشکار سازی عیوب به کار گیری پروب های زاویه دار میباشد. در این زمینه مثال مناسب برای کاربرد پروب زاویه دار بازرسی مقاطع جوش لب به لب (Butt weld) ورقه های هم امتداد است .

بازرسی با پروب موج سطحی :

امواج ریلی (سطحی) را می توان برای ترک یابی در سطح قطعات مورد استفاده قرار داد. وجود نقص سطحی باعث بازتاب موج شده و پالس بازتابی ایجاد خواهد کرد. امواج ریلی مرز قطعه با محیط اطراف (لایه های سطحی) را طی کرده و از این رو برای بازرسی قطعات زاویه دار مانند سازه بتنی (Turbine Blades) مناسب می باشد.

تعیین نوع عیب :

با آزمونهای فراصوتی نه تنها موقعیت دقیق عیوب درونی قطعات بلکه بسیاری از موارد نوع این عیوب را نیز می توان تشخیص داد. در این بخش به برخی از علائم بازتابی دریافت شده از عیوب اشاره می کنیم .

✓ عیوب عمود بر امتداد انتشار صوت:

هنگامیکه قطعه مورد آزمایش سالم باشد ارتفاع (شدت) سیگنال دریافت شده بازتابی از سطح تحتانی قطعه زیاد خواهد بود. وجود یک نقص کوچک باید با ایجاد یک موج بازتابی کوچک همراه بوده و لذا شدت موج برگشتی از سطح مقابل پروب را تقلیل دهد.

اگر اندازه نقص بزرگتر از قطر پروب باشد علامت بازتاب مربوطه به آنالیز مرتفع بوده و ممکن است مربوط به سطح زیرین قطعه را محو نماید. این مساله به عمق نقص، در مقایسه با پراکندگی پرتوها در منطقه دور بستگی دارد.

✓ عیوب غیر افقی

✓ عیوب سطوح انتقال

✓ عیوب شعاعی در لوله ها استوانه ای و محورها

✓ تورق در صفحات نازک

قطعات استاندارد ضخامت سنج (Thickness Blocks) :

تجهیزات آزمونهای فراصوتی را می توان با به کارگیری گوه های پله ای یا قطعات مورج کننده باریک شونده برای اندازه گیری ضخامت نیز مورج نمود. قطعات استاندارد از این نوع در حالت ایدآل باید از ماده مشابهی با قطعه مورد بازرسی ساخته شده و ضخامت مقاطع مختلف آنها با سنجه های مکانیکی دقیق اندازه گیری و بر روی آن ثبت می گردد.

کابردهای آزمونهای فرا صوتی :

همانطور که در قبل اشاره کردیم آزمونهای فراصوتی برای آشکار سازی تعیین ماهیت و برآورد و اندازه انواع گوناگونی از نقاطهای سطحی و زیرسطحی مواد مناسب می باشد.

با استفاده از پروبهای دستی؛ انواع گوناگونی از قطعات از جمله قطعاتی که در محل خود نصب شده اند را می توان آزمایش کرد.

این قابلیت امکان بازرسی دوره ای لوله های فولادی ، بتنی و آذبست خطوط آب و فاضلاب ، را به منظور جستجوی ترکهای اولیه ناشی از خستگی مسیر را می سازد و ارزش ویژه ای آن می دهد.

یکی از مزایای دستگاههای فراصوت اینست که بسیار کوچک و جمع و جور می باشد و با برق شهر یا باطری کار می کند و نسبتاً ارزان می باشد.

نحوه کالیبراسیون دستگاه :

بر اساس تعریف استاندارد (BS 2704) بلوک کالیبراسیون عبارتند از قطعه ای با جنس تحت عملیات حرارتی، شکل هندسی و صافی سطح مشخص که به وسیله آن می توان دستگاه اولتراسونیک را مورد ارزیابی قرار داد و آن را برای تست قطعات با همان جنس کالیبره نمود.

بنابراین یک بلوک کالیبراسیون می تواند یک بلوک پله ای با ضخامت های مشخص و از جنس معین باشد که به منظور ضخامت سنجی می توان به وسیله این بلوک دستگاه را کالیبره کرد.

بلوک رفرنس :

بر اساس استاندارد (BS 2704) بلوک رفرنس عبارت است از وسیله کمکی برای تفسیر نتایج به شکل یک قطعه کار که جنس ابعاد مهم و شکل آن مشابه با قطعات مورد آزمایش می باشد ولی لزوماً دارای عیوب طبیعی یا مصنوعی نمی باشد .

بلوک کالیبراسیون V1 (Standard DIN 54120) :

این بلوک با نام I.I.W نیز شناخته می شود بیشترین کاربرد را برای سیستم های اولتراسونیک دارد. (International Institute of Welding)

از این بلوک برای موارد زیر می توان استفاده نمود:

- ۱) کالیبراسیون پایه زمانی بر حسب ضخامت
- ۲) بررسی ناحیه مرده
- ۳) کنترل خطی بودن پایه زمانی
- ۴) کنترل خطی بودن آمپلی فایر
- ۵) بررسی حساسیت کل پروب و آمپلی فایر
- ۶) کنترل تفکیک پذیری
- ۷) تعیین زاویه شکست صوت
- ۸) پیدا کردن نقطه صفر به طور دقیق
- ۹) تعیین مشخصات پرتو صوت
- ۱۰) تعیین ایندکس پروب مایل

بلوک رفرنس A.I.C (Aluminum Industries Council) :

این بلوک برای نظیم حساسیت و مشخص نمودن حد رد یا قبول عیوب با توجه به ارتفاع پژواک ها مورد استفاده قرار می گیرند.

هر سری از این بلوک ها در دو اندازه مختلف ساخته می شوند که هر سری دارای یک سوراخ مشخص در کف بلوک می باشند.

بلوک رفرنس ASME :

این بلوک با ضخامت و جنس مشابه با قطعه کار اصلی تهیه می شوند و دارای یک عیب مصنوعی (سوراخ) می باشند. تغییرات ارتفاع پژواک با تغییر فاصله تابش موج (به صورت فاصله جهش) به شکل منحنی DAS (تصحیح فاصله – دامنه Distance Amplitude –) بر روی صفحه CRT نمایش داده می شود و به این ترتیب میتوان حد ارتفاع سیگنال رد یا قبول را برای محدوده ضخامت مورد نظر مشخص نمود.

کالیبراسیون دستگاه ضخامت سنج :

برای کالیبراسیون این دستگاه قطعه آلومینیومی با ضخامت مشخص (5 mm) وجود دارد. با استفاده از جنس قطعه ضخامت داده شده می توان سرعت صوت را برای قطعه استاندارد بدست آورد یعنی سرعت صوت را تا هنگامی که ضخامت قطعه استاندارد را به ما نداده است، تغییر می دهیم.

بدین ترتیب دستگاه کالیبراسیون می شود و نقطه صفر دستگاه بدست می آید.

آشکار سازی عیوب :

◆ عیوب سه بعدی مانند تخلخل ها معمولا می توانند به راحتی شناخته شوند.

◆ برای مشاهده عیوب صفحه ای یا مسطح باید یک پروب گیرنده و فرستنده در نظر گرفته شود و با ارسال موج در داخل قطعه در اثر برخورد با عیب بازتاب صورت گرفته که این بازتاب می تواند نشان دهنده عیب و موفقیت آن باشد.

◆ با یک پروب فشاری می توانیم عیب های موازی با سطح زیر تست را به راحتی نشان بدهیم.

◆ در مورد عیوب با جهات دیگر با استفاده از یک پروب با موج برشی با زاویه مناسب استفاده می شود. که معمولا از پروب برشی برای شناسایی عیوب جوش استفاده می شود.

تداخل یک موج التراسونیک با یک ترک:

در سازه های بتنی و مرکب موجود و لوله های آب و فاضلاب وقتی یک موج فرستاده شده با ترک موجود یا ریز ترک برخورد می کند برخورد می کند بیشتر انرژی آن منعکس می شود و مقداری از آن انرژی در لبه های ترک از بین می روند. (جذب ماده می شوند) و مقداری از آن در لبه های دو طرف ترک تبدیل به امواج دایره ای شده و در داخل ماده منتشر می شوند.

بازرسی التراسونیک:

سازه های بتنی و مرکب موجود و لوله های آب و فاضلاب را می توان با بازرسی التراسونیک بررسی و پایش نمود ، مبدل های پیزوالکتریک پالس الکتریکی تولید شده را به ارتعاش مکانیکی تبدیل کرده و ارتعاش انعکاس یافته از عیوب را به صورت پالس الکتریکی در می آورد. ارتعاش مکانیکی از قطعه عبور کرده و پس از برخورد با مانع منعکس می شود. این مانع اصولا دارای چگالی و خواص الاستیکی متفاوت با قطعه مورد آزمایش می باشد که مقاومت ظاهری ویژه نامیده می شود. زمان مورد نیاز برای پالس برگشتی بر حسب میکرو ثانیه می باشد. تکنیکهای التراسونیک بطور گسترده برای آشکار سازی عیوب بکار می رود ولی می توانیم برای آشکار سازی عیوب یا ترکهای کوچک سطحی استفاده کنیم.

آزمایش ضخامت سنجی :

در آزمایشگاه دو نوع دستگاه ضخامت سنج وجود دارد که در یکی از آنها با دادن سرعت صوت فلز مورد آزمایش می توانیم ضخامت آن را محاسبه نمائیم. ضمنا می توانیم ضخامت قطعه مورد آزمایش را نیز به آن بدهیم و سرعت صوترا از آن بگیریم. در این حالت باید ضخامت قطعه مورد آزمایش را دقیقا داشته باشیم تا بتوانیم سرعت صوت را بدست آوریم. در این دستگاه باید دقت شود که پروب کاملا در تماس با قطعه باشد . چون اگر پروب کاملا با سطح قطعه در تماس نباشد ضخامت یا سرعت صوت داده شده توسط دستگاه با خطا خواهد بود .

تمامی عملیاتی که توسط دستگاه انجام می گیرد زمانی دقت خواهد داشت که دستگاه آزمایش کالیبره شود . طریقه کالیبره کردن دستگاه با استفاده از یک قطعه آلومینیومی که ضخامت مشخصی دارد و در روی دستگاه نصب شده است انجام می گیرد . یعنی با داشتن ضخامت قطعه AL باید سرعت صوت برابر با سرعت صوت در آلومینیوم باشد . پس از کالیبره کردن می توانیم آزمایش را شروع کنیم .

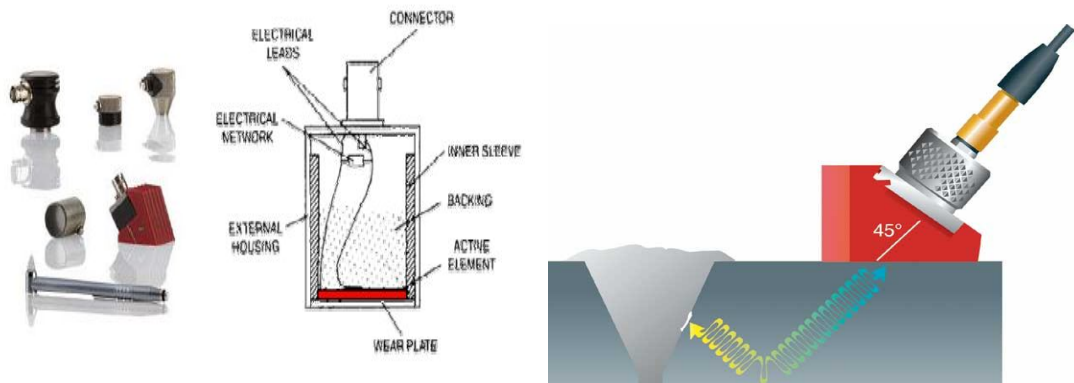
نوع دوم دستگاه ضخامت سنج این طور می باشد که باید سرعت صوت در قطعه مورد آزمایش را داشته باشیم تا بتوانیم ضخامت قطعه را بدست آوریم .

مزیت این دستگاه نسبت به دستگاه اول این است که در این دستگاه یک چراغ کوچک روی صفحه نمایشگر وجود دارد که نشان دهنده این است که پروب با سطح قطعه تماس کافی نداشته باشد خاموش می گردد و در صورتی که تماس کافی وجود داشته باشد چراغ روشن می شود .

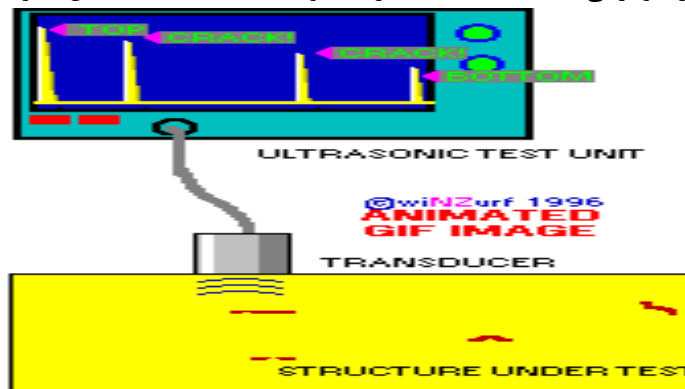
ضمناً در هر دو دستگاه ضخامت سنج برای اینکه در پروب با سطح قطعه تماس کافی داشته باشد از روغن یا گریس جهت برقراری اتصال به پروب استفاده کنیم در قطعاتی که سطح قطعه دارای یک ضخامت ثابتی نمی باشد یعنی ضخامت در قطعه دائماً تغییر کند نمی توانیم ضخامت سنجی انجام بدهیم . به عنوان مثال سازه بتنی های توربین یا قطعاتی از شیر آلات که ضخامت آنها متغییر است نمی توان ضخامت سنجی انجام داد . در حالیکه در لوله ها و هدرها بخاطر ثابت بودن ضخامت به راحتی می توان این تست را اندازه گرفت .

یکی دیگر از کارهای که می توان توسط این دستگاه انجام داد این است که می توانیم به کمک این دستگاه از عیب های سطحی روی قطعه مثلاً از وجود ترکهای سطحی روی لوله های فولادی، بتنی و آزیست خطوط آب و فاضلاب آگاهی یابیم . زیرا هنگامی که را روی یک قطعه با ضخامت ثابت قرار می دهیم اگر سرعت صوت نشان داده شده در یک جا تغییر کند نشان دهنده وجود یک عیب در دستگاه می باشد.

در شکل های زیر نمونه های از پروب های که در صنعت مورد استفاده قرار می گیرن نشان داده شده است .



- تست التراسونیک (Ultrasonic): برای شناسایی عیوب خطی مانند ترک ها کاربرد دارد.
- رادیوگرافی (Radiography): برای عیوب نقطه ای مانند تخلخل ها و مک هاو نیز گل جوش استفاده می شود.



امواج فراصوتی

هر موج شنوایی یا فراصوتی یک آشفتگی مکانیکی در یک محیط گاز، مایع و یا جامد است که به سوی بیرون از چشمه صوتی و با سرعتی یکنواخت و معین حرکت می کند. در حرکت یا گسیل موج مکانیکی ماده منتقل نمی شود .
 اگر نوسانهای ذره ها در راستای عمود بر گسیل موج باشد موج عرضی است که بیشتر در جامدها رخ می دهد و اگر نوسان امواج در راستای گسیل امواج باشد موج طولی است . انتشار امواج در بافتهای بدن به گونه امواج طولی است از این رو ما در

پزشکی با این گونه امواج سروکار داریم.

اگر نوسانهای پرده یک بلندگو را بررسی کنیم که با بسامد f نوسان میکند، می تواند چگونگی رفتار صوت را ارزیابی کرد. نوسان باعث ایجاد افزایش و کاهش موضعی فشار نسبت به فشار در محیط هوا می گردد. نقطه های با فشار بیشتر فشردگی و نقطه های کم فشار انبساط نامیده می شود.

هنگام عبور امواج از ماده، ذره های موجود در ماده در اثر امواج در محلشان به پس و پیش و لرزه در می آیند، بگونه ای که انرژی تابیده در سوی موازی با لرزه ذره ها از ماده گذر می کند. ذره ها در درون ماده تنها حرکات پس و پیش را به پیروی از انرژی موج انجام می دهند. این ذره ها حرکت آزاد در درون ماده را پیدا نخواهد کرد. انرژی موجی که باعث حرکت ذره ها می گردد، هنگام گذر باعث به هم خوردن نظم و تعادل در ماده می شوند. ذره مادی در اثر نیرو از حالت آرامش یا تعادل در ماده خارج می شود .

ویژگیهای امواج فراصوت

طول موج :

فاصله میان دو نقطه در موج که ویژگی فیزیکی یکسانی را داشته باشند - برای نمونه دو مرکز فشردگی - را طول موج می گویند.

بسامد: (f)

شمار تکرار کامل موج در یک ثانیه را بسامد یا فرکانس می گویند یکای بسامد مانند دیگر امواج، هرتز است. پس یک هرتز یک نوسان در یک ثانیه است.

پریود

(T):

پریود یا دوره تناوب طول زمانی است که موج یک زنش کامل انجام می دهد. بنابراین وابستگی میان پریود و بسامد چنین است:

$$T = 1/f$$

$$f = 1/T$$

سرعت گسیل موج - فاصله ای که موج در یکای زمان می پیماید سرعت گسیل موج است .

سرعت امواج فراصوتی (همه پارامترهای فیزیکی برای صوت شنوایی و فراصوت و یا اینکه همه نوسانهای مکانیکی همانند است) با چگالی گسیل موج و چگونگی فشردگی محیط چنین رابطه دارند:

هر چه ماده متراکم تر باشد سرعت بیشتر است یعنی هر چه مولکولها کوچکتر باشد جابجا کردن آنها ساده تر است .

هر چه توانایی فشردگی ماده بیشتر باشد، سرعت فراصوت کمتر است. در حقیقت فشردگی کسری از تغییر حجم ایجاد شده بوسیله تغییر فشار است. البته کار به سادگی گفته بالا نیست زیرا وابستگی وارونه دارند. یعنی با افزایش یکی دیگری کاهش می یابد (سرعت ثابت) . سرعت گسیل موج فراصوت به بسامد بستگی ندارد .

دیده می شود که سرعت موج در بافتهای نرم به هم نزدیک است ولی سرعت امواج در استخوان بسیار بزرگتر است (نزدیک چهار برابر) . (فراصوتی با بسامد یک میلیون هرتز (۱) MHz در آب با سرعت ۱۵۰۰ m/sec دارای طول موج ۰.۱۵ cm است.

بازتابش

امواج مکانیکی - که فراصوت نیز نمونه ای از آن است - در برخورد با اجسام سر راه بازتاب می یابند. این بازتابش چند گونه دارد. در بازتابش آینه ای (SPECULAR) که در رویه تخت و صیقلی انجام می گیرد، راستای تابش و بازتاب یکی است. در بازتابش نا آینه ای موج به رویه ناصاف برخورد می یابد .

گونه دیگر از بازتابش، پراکندگی است که مانند بازتابش ناآینه است تنها در این بازتابش موج به ذره کوچک برخورد می کند و این ذره خود مانند چشمه فراصوت کار می کند و در همه راستاها، موج گسیل می شود.

برخورد امواج فراصوتی به مرز میان دو محیط:

هنگامی که موجی با زاویه عمود به مرز مشترک دو بافت برخورد می کند، بدون هیچ انحرافی از محیط دوم و در راستای تابش گذر می کند. البته بخشی در همان راستا بازتاب می شود. اگر تابش امواج به گونه مایل به مرز مشترک بافتها انجام گیرد و سرعت صوت C در دو محیط یکسان نباشد موج در محیط دوم شکسته می شود.

قانونهای اسنل

هنگامی که موج فراصوتی به مرز مشترک دو محیط برای نمونه هوا - بافت برخورد نماید، بخشی از آن بازتاب پیدا کرده و بخشی به درون آن راه می یابد. برابر قانون های اسنل:

(a) موج تابشی و بازتابشی و گذری در یک صفحه اند.

(b) زاویه تابش با زاویه بازتابش برابر است.

اگر تابش به اندازه ای برسد که زاویه شکست 90° درجه شود، یعنی مماس بر مرز مشترک دو محیط، زاویه تابش در این حالت زاویه بحرانی نامیده می شود.

در این حالت موج وارد محیط دوم نخواهد شد و بازتاب کلی داریم.

نمونه سرعت فراصوت در بافت نرم 1540 m/s است. اگر این سرعت در

استخوان 4080 m/s باشد و زاویه بحرانی نزدیک به 22° درجه باشد، هیچ گونه انرژی فراصوت وارد استخوان نخواهد شد.

ضریب بازتابش و گذر:

امواج هنگامی که به مرز مشترک دو محیط مادی می رسند می توانند از آن گذر کنند. از دید فیزیکی چنین حالتی هنگامی رخ می دهد که دو محیط در تماس کامل باشند. اگر امپدانس صوتی دو محیط برابر باشد امواج بدون اینکه تحت تاثیر دو محیط باشند از آن محیط می گذرند (البته شکست می تواند صورت بگیرد) ولی زمانی که امپدانس های صوتی دو محیط با هم برابر نباشند موج تابنده به پیروی از شرایط فیزیکی دو محیط - سرعت و فشار ذرات - در مرز مشترک به دو بخش بازتابشی و گذری تقسیم می شود.

هنگامی که امواج صوتی به دیواره سخت برخورد می کنند (برخورد امواج صوتی به کوه) بازتاب می یابند. در این جا بازتاب یا اکو یا پژواک هنگامی بوجود می آید که اندازه های دیواره سخت (رویه بازتاب کننده) نسبت به طول موج امواج تابشی بسیار بزرگتر باشد .

هر اندازه که دانسیته یا چگالی محیط دوم (رویه بازتاب کننده) بیشتر باشد بازتابش بلندتر و امواج شنیدنی آشکارتر خواهد بود. (برخورد فریاد با سنگهای کوه) . از سوی دیگر هر چه طول موج تابنده کوچکتر باشد بازتاب اکو بهتر انجام می شود (مانند این است که رویه بازتاب دهنده بزرگتر است) . از گفته های بالا پیداست که پدیده بازتابش درباره امواج فراصوت که طول موج کوتاهتری دارند، بهتر انجام خواهد گرفت.

برای نمونه اگر غده یا توموری به اندازه های $4 \times 4 \times 4$ سانتی متر در بافت کبد وجود داشته باشد، به علت اختلاف

امپدانس صوتی میان بافت سالم کبد و بافت توموری و همچنین اختلاف بزرگ میان طول موج فراصوت (نزدیک به 1 میلیمتر) و اندازه های تومور (نسبت $40/1$) امکان بازتاب در مرز مشترک غده و بافت سالم وجود خواهد داشت و بازتابش در این مرز مشترک به بهترین صورت نمایان می شود.

جذب و کاهش شدت امواج فراصوتی

هنگام گذر موج فراصوتی در محیط انرژی آن جذب محیط می شود. در این پدیده انرژی گرفته شده از موج تابشی آغازین، پس از زمان ویژه ای به نام زمان دیرکرد به موج تابشی نخستین می پیوندد. جذب شدید انرژی موج فراصوتی تابشی، هنگامی انجام می گیرد که در پدیده رهایی از فشار، موجی که به موج تابشی آغازین می پیوندد در برابر آن باشد (اختلاف فاز) در اینجا اندازه انرژی جذب شده به اندازه انرژی تابشی آغازین که تغییر شکل داده بستگی خواهد داشت. در بسامدهای پایین فراصوتی، زمان دیرکرد که انرژی تغییر شکل یافته به موج تابشی آغازین می پیوندد کوچک و نادیده گرفتنی است، پس جذب شدید نیست ولی اندازه جذب با افزایش بسامد افزایش می یابد و هنگامی به بیشترین اندازه خود میرسد که انرژی تغییر شکل یافته برای پیوستن به موج تابشی آغازین درست در برابر آن جا گیرد (اختلاف فاز کامل). اگر بسامد از این اندازه بالاتر رود زمان برای تغییر شکل انرژی کوچک شده و در اینجا اندازه جذب، باز کاهش می یابد.

تضعیف

تضعیف جمع انرژی هایی است که بعلت جذب و پراکندگی از موج تابشی برداشته می شود. این کاهش با جنس ماده (ویسکوزیته) و بسامد تابش بستگی دارد.

اگر شدت و دامنه موج تابشی آغازین پیش از برخورد به بافت I_0 و A_0 در فاصله $x=0$ و در ژرفای x سانتی متر I و A باشد میان دو شدت و دو دامنه بستگی زیر وجود دارد.

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad \text{و} \quad A = A_0 e^{-\mu x}$$

فراصوتی از یک محیط - برای نمونه یک بافت- اگر dB را بر سانتیمتر بخش کنیم پایای بگونه dB/cm بدست می آید. این پایا به امپدانس صوتی، ویسکوزیته محیط و بسامد بستگی دارد بنابراین می توان آنرا dB/cm/MHZ هم نشان داد. نام دیگر این یکا Neper/cm است. دیده می شود که هرچه محیط فشرده تر باشد کاهش بیشتر است. برای نمونه این ضریب برای ماهیچه بیشتر از خون است و این در سونوگرافی با ارزش است. برای نمونه اگر نگاره سونوگرافی را بررسی کنیم نقطه های روشن نشان دهنده بافتهای نرم است، زیرا در اینجا کاهش کوچکتری نسبت به نقطه های تاریک انجام گرفته است و موج فراصوتی با انرژی بیشتری همراه است (یک کیست هیداتیک (در جایگاههای نقطه های تیره بافتهای سخت تر وجود دارد و در این نقطه ها کاهش بیشتری داریم (مانند یک تومور). تغییرهای شدت موج فراصوتی بگونه ای نمائی) اکسپونانسیل) انجام می شود

نگاره های صوتی یا سونوگرام بر پایه بازتابش و کاهش انرژی بدست می آیند. برای نمونه اگر ۹۰٪ شدت فراصوت در گذر از یک سانتی متر بافت کاهش یابد، پس از پیمایش یک سانتیمتر تنها ۱۰٪ از شدت آن باقی می ماند و پس از پیمایش ۲ cm این اندازه به ۱٪ و پس از ۳ cm به ۰٫۰۱٪ و ... می رسد. این کار را با بکارگیری دسی بل می توان نشان داد. پس از یک سانتیمتر:

$$dB = 10 \log_{10} I_2/I_1$$

$$(-1) = -10 \Rightarrow dB = -10 \quad * \quad dB = 10 \log_{10} 10/100 = 10$$

نشانه منفی، نمایشگر این است که با گذر موج از ماده از شدت آن کاسته می شود. با همین روش میتوان دسی بل را پس از ۲ سانتیمتر به ترتیب -۲ dB و -۳ dB به دست آورد.

برای به دست آوردن اندازه کاهش انرژی فراصوت در گذر از یک فاصله در یک محیط ضریب تضعیف محیط را در فاصله گذر آن ضرب می کنند.

کاهش انرژی در یک بافت در حالتهای مختلف متفاوت است ولی در کاربرد آن را یکسان می گیرند.

اثر داپلر

هنگامی که امواج صوتی یا فراصوتی به یک دیواره سخت برخورد نمایند بازتاب می کنند. در این بازتاب چنانچه چشمه تابش صوت و گیرنده ثابت باشند بسامد امواج تابنده و بازگشتی با هم برابرند.

اگر گیرنده به سوی چشمه موج حرکت کند و یا چشمه موج به سوی گیرنده حرکت نماید - چشمه موج و گیرنده به هم نزدیک شوند - طول موج بازتاب یافته فشرده شده و بسامد آن افزایش می یابد. بر عکس اگر گیرنده یا چشمه موج حرکت کرده و فاصله آنها زیاد شود بسامد موج بازتاب کاهش می یابد.

با توجه به این که سرعت گسیل فراصوت ثابت است، تغییر در طول موج به گونه ای مستقیم بر بروی بسامد اثر خواهد گذاشت. این اثر داپلر خوانده می شود. هنگامی که قطاری با سروصدای زیاد به شما نزدیک و سپس دور می شود تغییر بسامد بوق قطار که بگونه پیوسته نواخته می شود، بعلاوه اثر داپلر به آسانی تشخیص دادنی است.

پدیده داپلر در تشخیص پزشکی با به کارگیری فراصوت ارزش فراوانی دارد که پس از این درباره آن گفتگو خواهد شد.

تولید و آشکار سازی امواج فراصوتی:

خفاشها نوسانهای مکانیکی فراصوت تولید و در فضا پخش می کنند و با دریافت پژواکهای (بازتابها) این امواج - پس از برخورد با دیواره که ممکن است شکار باشد - کار ره یابی را انجام می دهند.

در جنگ جهانی دوم دانشمندان دریافتند که اندیشه تولید امواج فراصوت را می توان درره یابی کشتیها بکار گرفت و پس از جنگ، مهندسان دستگاههایی را برای کاربردهای تشخیصی و درمانی فراصوت ساختند.

فراصوت به روشهای گوناگونی تولید می شود که از آنها می توان دو روش پیزوالکتریسیته و مگنتواستریکسیون را نام برد.

الف- اثر پیزوالکتریسیته

بر هم کنش فشار مکانیکی و نیروی الکتریکی را در یک محیط اثر پیزو الکتریسیته می گویند.

فشردن برخی از بلورها در راستای ویژه ای از بلور نیروی الکتریکی ایجاد می کند و بر عکس ایجاد اختلاف پتانسیل در دو سوی همین بلور و در همان راستا باعث فشردگی و انبساط آن می گردد یا به زبان دیگر تغییر بعد در آن به وجود می آورد. می توان گفت که تغییر پلاریزاسیون الکتریکی در یک بلور باعث تغییر حالت کشسانی بلور می شود و تغییر حالت کشسانی بلور باعث دپلاریزاسیون آن می گردد. اثر پیزوالکتریسیته تنها در بلورهایی که دارای تقارن مرکزی نیستند وجود دارد. راستایی که در آن کشش یا فشار پلاریزاسیونی به موازات نیروی وارده پدید می آورد، محور پیزوالکتریک یا محور الکتریکی بلور نامیده می شود و مواد دارای این ویژگی را مواد پیزوالکتریک می گویند.

بلور کوارتز از این دسته مواد است و از نخستین اجسامی است که این ویژگی در آن کشف گردید و هم اکنون هم برای تولید امواج فراصوت بکار برده می شود. موادی مانند بلور کوارتز، واسطه ای برای واگردانی انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی و بالعکس می باشند و مبدل یا ترانسدیوسر نام دارند

بلوری از کوارتز به بزرگی یک سانتیمتر اگر زیر فشار یک اتمسفر باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی یک ولت را بوجود می آورد (از این رو می توان این پدیده را در سنجش فشار بکار برد).

اگر چه مواد بلوری طبیعی که دارای اثر پیزوالکتریسیته باشند، فراوان هستند ولی در بکارگیری فراصوت در تشخیص پزشکی، کریستالهایی بکار گرفته می شود که سرامیکی بوده و به گونه مصنوعی تهیه می شوند. نمونه این کریستالها، آمیخته ای از زیرکونیت سرب و تیتانیت سرب است که در هنگام ساخته شدن می توانند پلاریزه شده و به شدت دارای ویژگی پیزو الکتریسیته گردند. همه این فراورده ها وابسته به گروهی از مواد که فروالکتریک نامیده می شوند هستند.

ب- اثر مگنتواستریکسیون

این ویژگی در اجسام فرومغنیته تحت تاثیر میدان مغناطیسی به وجود می آید. اجسام یاد شده در این میدانها تغییر طول می دهند و بسته به بسامد جریان متناوب به نوسان در می آیند و می توانند امواج فراصوتی تولید کنند.

• مزایای روش UT

- ۱- با استفاده از این روش عیوب سطحی ، زیر سطحی و داخل جوش و عمق ریشه شیار قابل شناسایی می باشد. ۲- قابل انتقال در هر موقعیت سازه جهت تست می باشد و در کلیه مناطق قابل استفاده. ۳- دقت کار بالا است. ۴- نوع ، ابعاد، و موقعیت عیب قابل شناسایی است ۵- این روش متداول ترین آزمون است .
- ۵- مکان دقیق عیب را نمایش میدهد ۶- کلیه عیوب را نشان می دهد (سطحی و زیر سطحی) .
- ۷- LOP & LOF را به راحتی نمایش میدهد . ۸- قابلیت اتصال به کامپیوتر و پرینتر را دارد .
- ۹- بلافاصله نتایج آزمون مشخص میگردد. ۱۰- آلودگی زیست محیطی ندارد . ۱۱- برای انسان خطر آفرین نیست .



زمایش UT در سازه فولادی (جهت ۱- تعیین عمق ترکها و شیارهای مویی ۲- تعیین ضخامت پوشش (رنگک) ۳- تعیین عمق زنگ زدگی (خوردگی فولاد))

• معایب روش UT

- ۱- گران بودن نسبت به PT, MT و تجهیزات و دستگاه ۲- مهارت اپراتور باید زیاد باشد و آموزش های لازم را دیده باشد (تخصص بالا) ۳- تمیز بودن و صاف بودن محل آزمایش ۴- در تشخیص عیوب بزرگ مشکل دارد (بزرگتر از اندازه پراپ) .



آزمون پرتو نگاری

در این آزمون از دو پرتو ایکس و گاما استفاده می گردد. نوع و محل عیوب داخلی و بسیار ریز (میکروسکوپی) جوش را نشان می دهد. فیلم به دست آمده از پرتو نگاری با اشعه ایکس را ایکس نگار و فیلم حاصله از اشعه گاما را گاما نگار نامند پارامترهای موثر در آزمون پرتو نگاری ۱- چشمه یا منبع ۲- فیلم رادیو گرافی ۳- فرآیند شهور و ثبوت ۴- ابزارهای تشخیص مزایای رادیوگرافی



• مزایای رادیو گرافی:

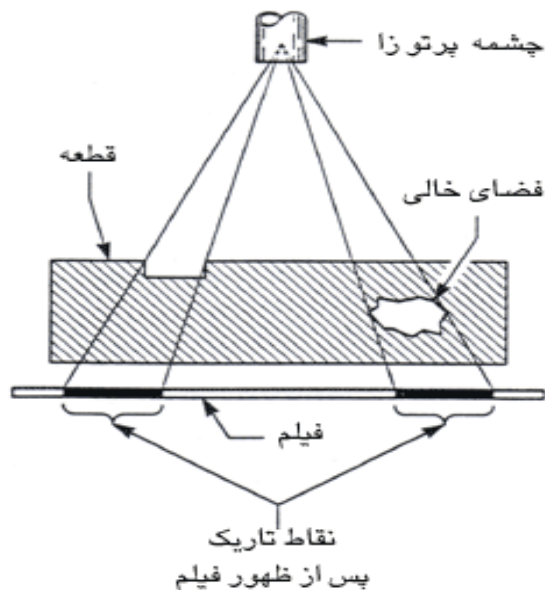
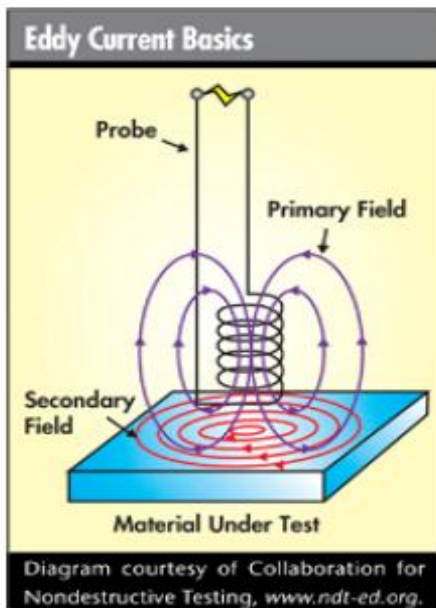
- ۱- برای بررسی عیوب عمقی موثر و مفید است ۲- مواد فلزی و غیر فلزی را می توان تست کرد
- ۳- محل عیوب و شکل ظاهری عیوب را می توان در عکس ملاحظه نمود
- ۴- این روش می تواند وجود، اندازه و مکان عیب را مشخص کند.
- ۵- مدارک قابل مستند دارد. ۶- عیوب با هر اندازه ای را نمایش می دهد .
- ۷- به آماده سازی اولیه زیادی نیاز ندارد . ۸- فابل استفاده برای فلزات و نافلزات



• **معایب رادیو گرافی:**

- ۱- گران بودن روش ۲- نیاز به اتاق تاریک برای ظهور فیلم ۳- تنظیم دستگاه وقت گیر است ۴- حد اکثر ۷۵ میلیمتر از عمق فولاد را می توان تست گرفت. ۵- خطرات زیادی برای سلامتی افراد و برای موجودات ضرر دارد ۶- نتیجه آزمایش مدتی طول می کشد (عکسبرداری، ظهور، ثبوت، تفسیر). ۷- نیاز به تخصص دارد ۸- احتمال سوختن و خراب شدن فیلم وجود دارد ۹- قابلیت تشخیص عیب فقط در راستای X, Y می باشد. ۱۰- هزینه مواد اولیه بالاست. ۱۱- نیاز به اتاق تاریک برای ظهور و ثبوت فیلم





آزمایش پرتونگاری
 آزمایش جریان گردابی
 ۶- آزمایش سختی : a- برینل b- راکول C- ویکر D- اسکروسکوپ

WPS شامل چه مواردی است؟

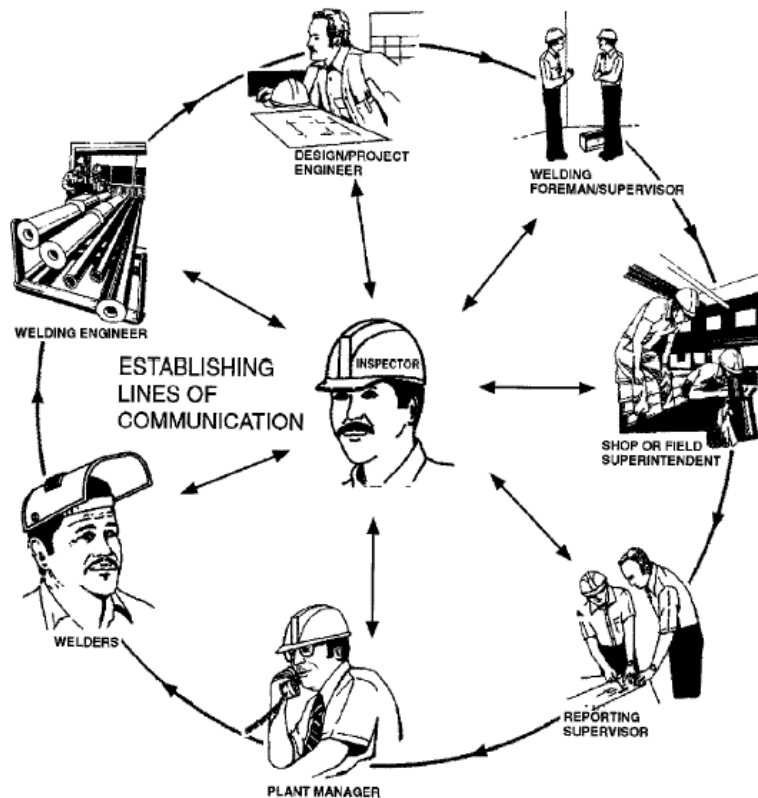
Welding Process-Base Metal Specification-Filler Metal-Joint Design- Welding Position -
 Preheat & Inter passes Temperature
 Post Weld Heat Treatment- Shielding Gas-Techniques-Electrical parameters

◀ خصوصیات مهم بازرسی جوش

داشتن شرایط فیزیکی مناسب - برخورداری از بینایی مطلوب - رفتار حرفه ای - آشنا به اصطلاحات جوشکاری و بازرسی آشنا به نقشه ها و دستورالعمل های فنی - آشنا به روشهای بازرسی مخرب و غیر مخرب - آشنا به فرآیندهای جوشکاری توانایی تهیه مدارک بازرسی و ثبت و نگهداری آنها - داشتن اطلاعات کافی از متالورژی جوش - شناخت عیوب جوش و روشهای پیشگیری یا رفع آنها
 برخورداری از تجارب بازرسی و جوشکاری - آشنایی با استانداردهای مربوطه

◀ وظایف بازرسی جوش قبل از جوشکاری

اطلاع از کیفیت مورد نظر کار و میزان حساسیت سازه - مطالعه دقیق نقشه ها و مشخصات فنی - مطالعه استانداردهای مربوطه - اطمینان از مناسب بودن شرایط کاری و محیطی جهت جوشکاری - مطالعه دستورالعمل های جوشکاری و اطمینان از تأیید آن - شناسایی فلز پایه و چک کردن شرایط آن (خسارات و آلودگیها)
 بازرسی مواد مصرفی جوشکاری - بررسی گواهینامه صلاحیت جوشکاران و اپراتورها (مناسب جهت اجرای WPS) - بازرسی تجهیزات جوشکاری از نظر کارکرد مطلوب و کالیبراسیون - بازرسی طرح اتصال (مطابق با WPS) - بازرسی در بکارگیری قید و بند و خال جوش - کنترل پیشگرم مطابق با WPS



حلقه ارتباطی بازرسی جوش

◀ وظایف بازرسی جوش حین جوشکاری

کنترل شرایط و الزامات مندرج در WPS - بازرسی ترتیب و توالی جوشکاری-بازرسی نحوه استفاده از الکترودهای با روپوش فلزی

بررسی وضعیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری-کنترل درجه حرارت پیشگرم و دمای بین پاسی-کنترل تمیزکاری بین پاسی جوش

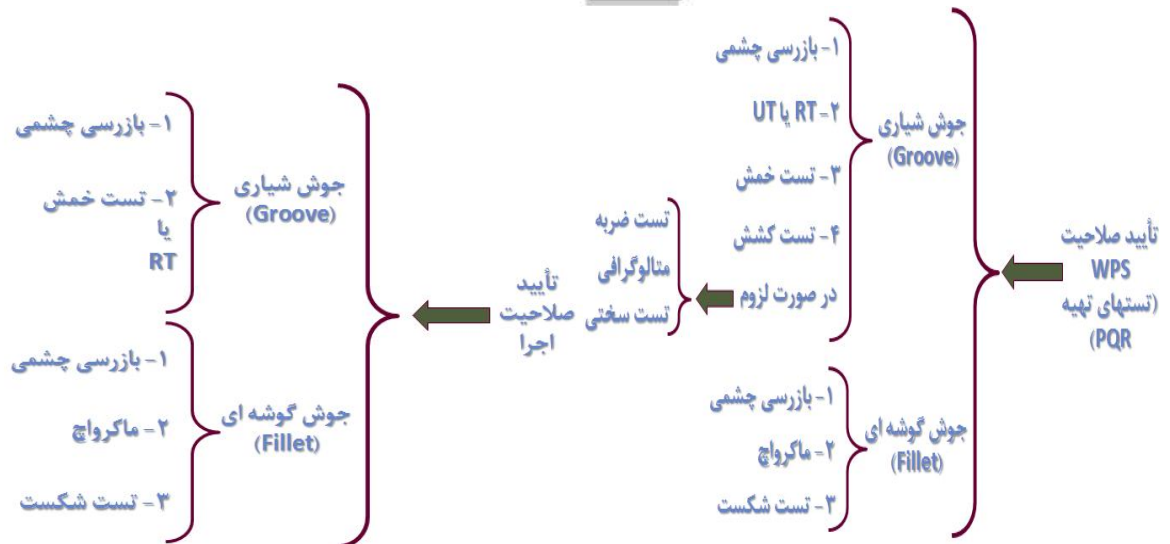
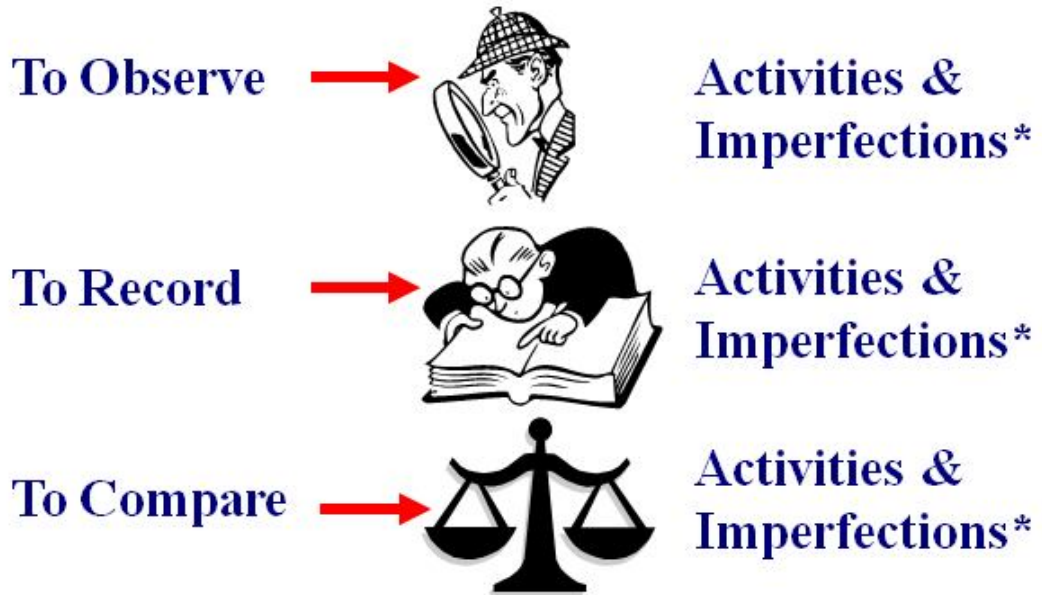
کنترل آمپراژ و قطبیت

◀ وظایف بازرسی جوش بعد از جوشکاری

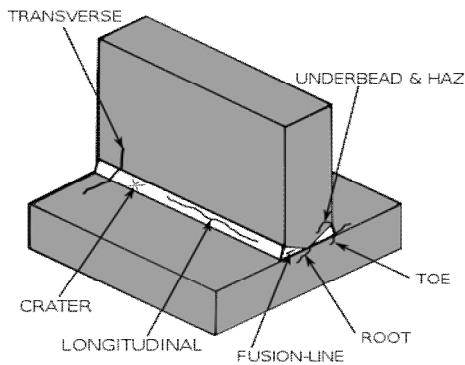
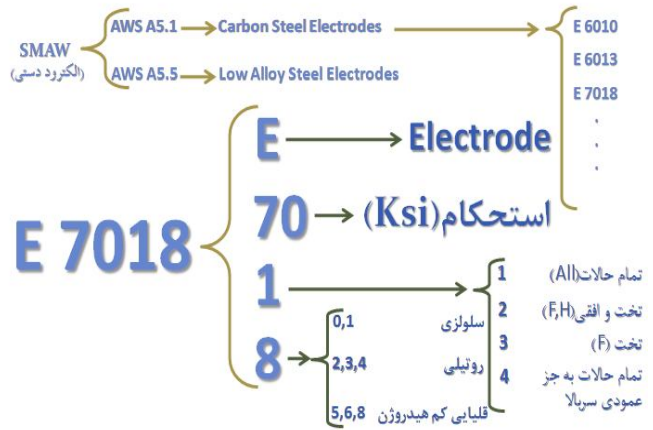
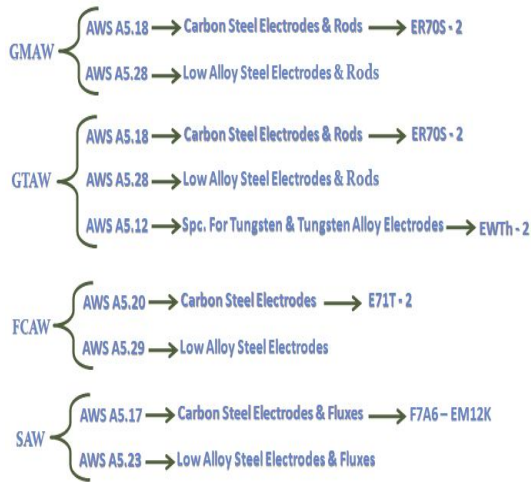
مشخص کردن هر جوش با توجه به فرد جوشکار و نقشه مربوطه - چک کردن ظاهر جوش تکمیل شده (مناسب جهت NDT)

چک کردن اندازه و طول جوش-عملیات حرارتی پس از جوشکاری NDT - بررسی جوشکاری تعمیراتی

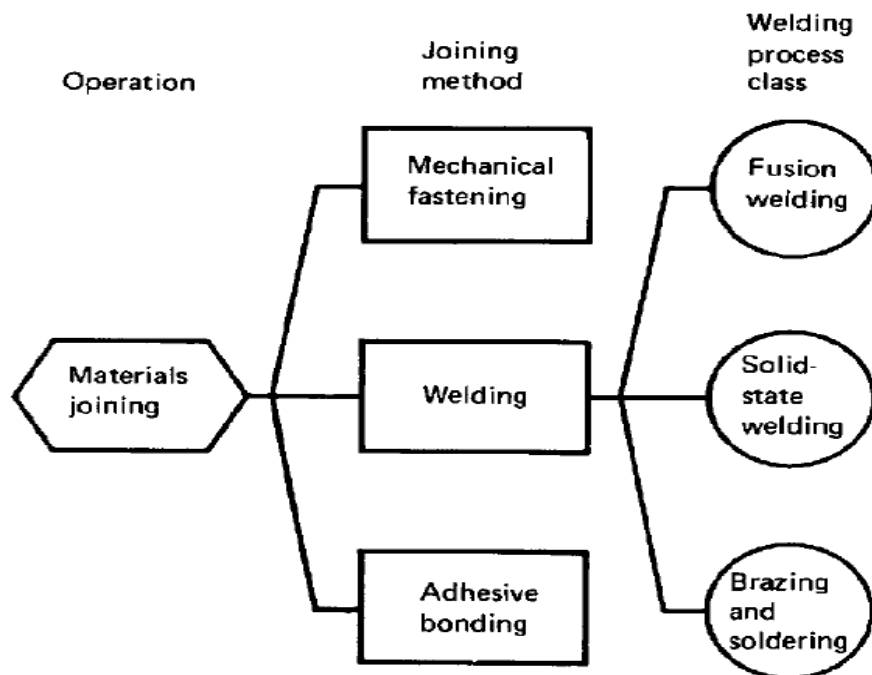
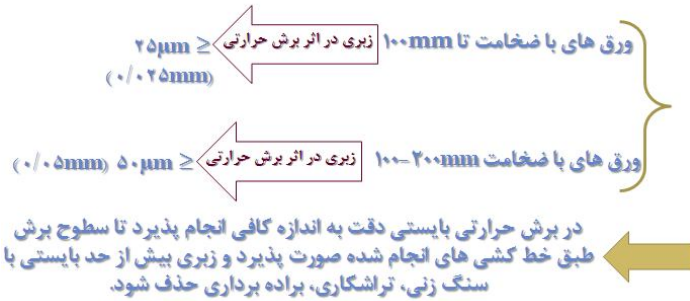
Responsibilities of a Welding Inspector



الکترودها در AWS D1.1



زبری سطوح برش



عیوب اصلی جوش

عیوب تکنیکی ۱- حفره ۲- آخال ۳- لکه قوس ۴- بریدگی کنار جوش ۵- نفوذ ناقص ۶- سرریز شدن
 عیوب متالورژیکی: تغییر شکلها: ۱- تنش های پسماند ۲- تغییر شکل های جوشی

عیوب مکانیکی: ترکها: ۱- ترکهای گرم ۲- ترکهای سرد

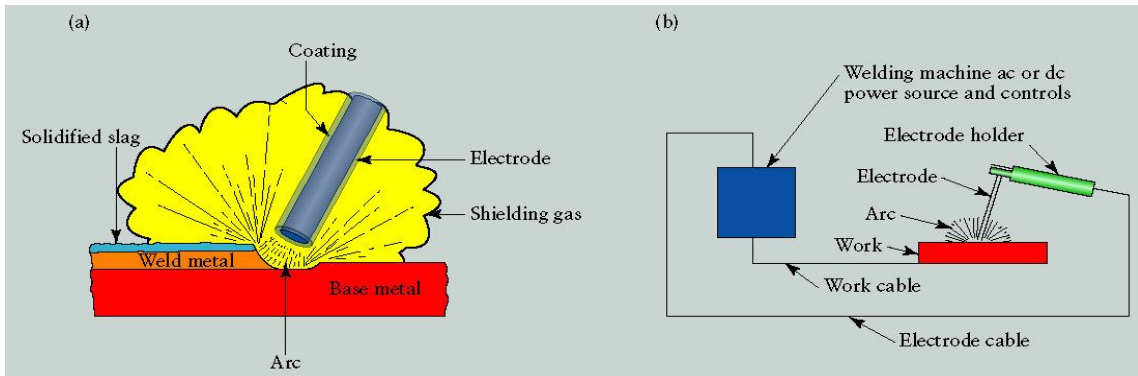
عیوب ریشه جوش: ۱- حفره ۲- نفوذ اضافی ۳- ذوب ناقص ۴- بریدگی کنار جوش ۵- نفوذ ناقص ۶- سرریز شدن ۷- ترک ۸- تقعر داخلی

عیوب داخل جوش: ۱- آخالها ۲- ترک ۳- ذوب ناقص و ...

عیوب سطح جوش: ۱- حفره ۲- گرده اضافی ۳- ذوب ناقص ۴- بریدگی کنار جوش ۵- سرریز شدن ۶- ترک و ...

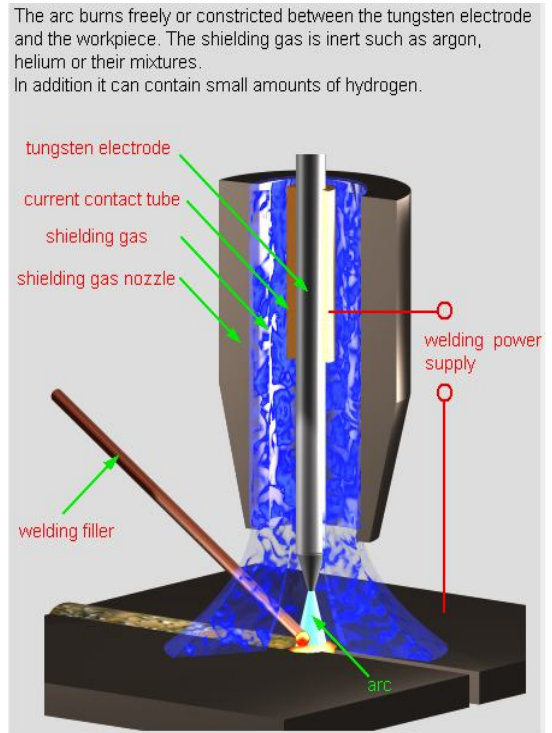
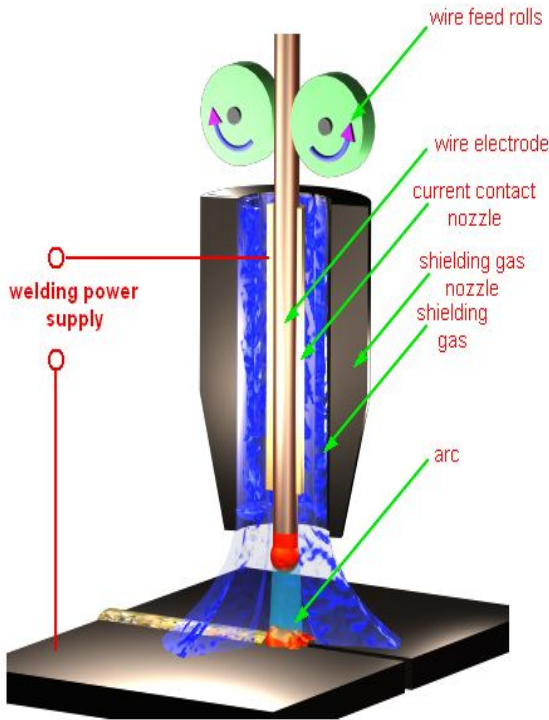
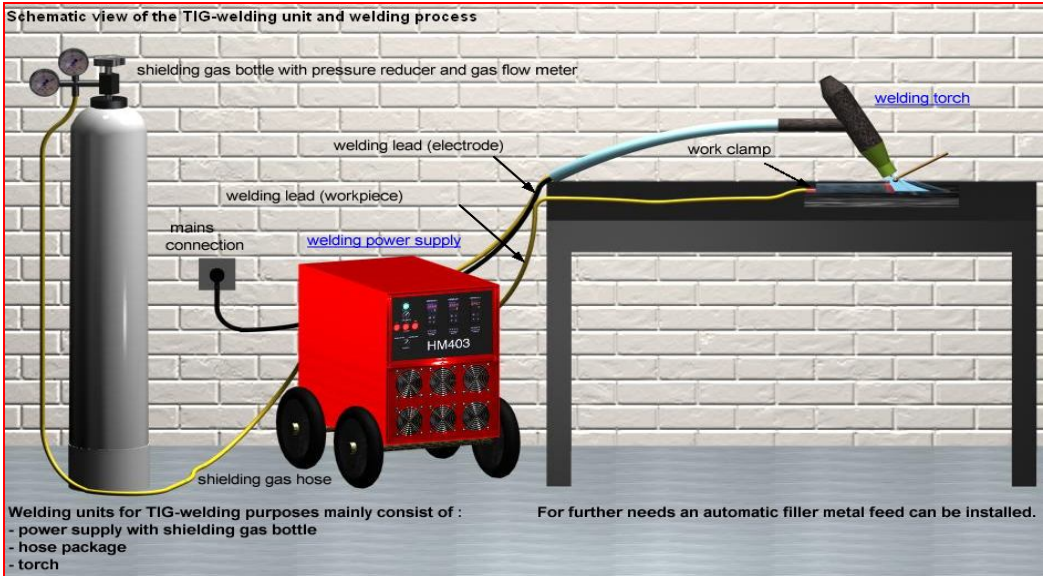
برخی از عیوب متداول

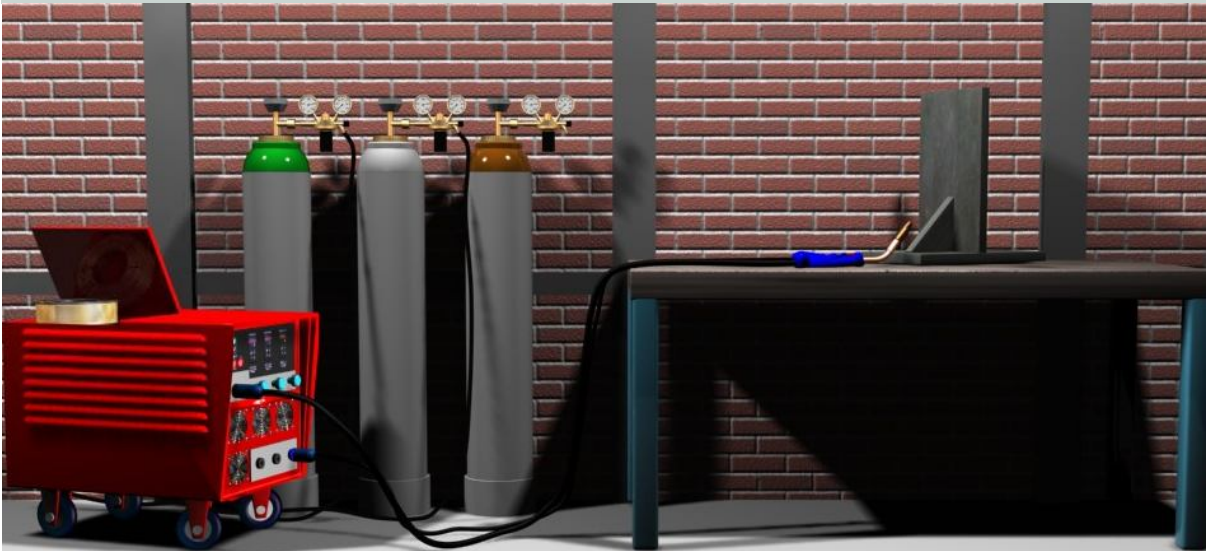
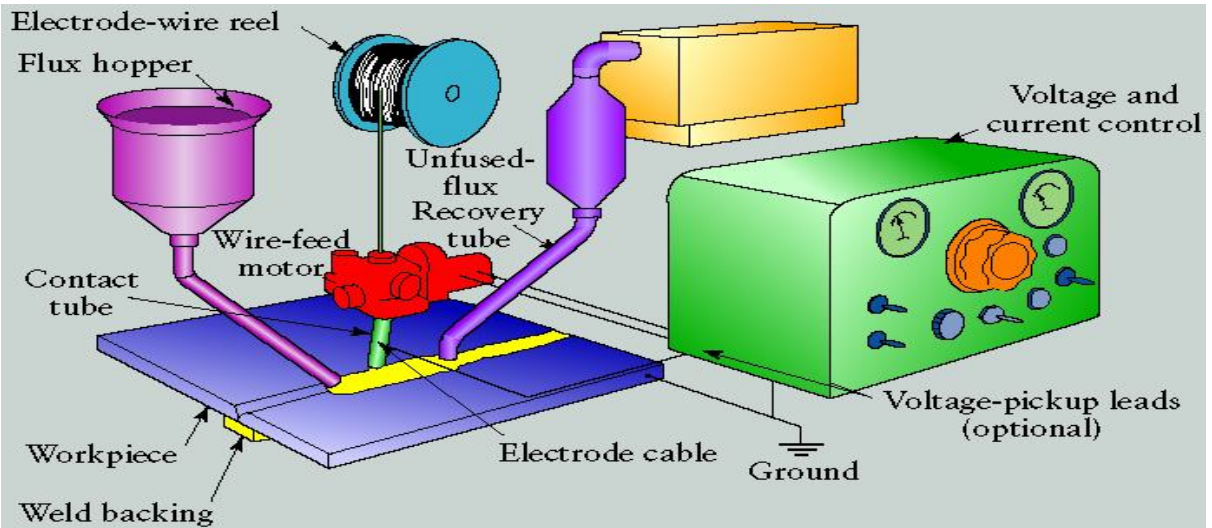
۱- ترک که منجر به تمرکز تنش می شود و ترک خوردگی ۲- ذوب ناکافی ۳- سرپاره محبوس و ناخالصی ۴- بریدگی کنار جوش ۵- رویهم افتادگی ۶- نفوذ یا تخلخل ۷- گرده جوش اضافی ۸- پاشش ۹- پرنشدهگی سطح ۱۰- نفوذ بیش از حد در پاس ریشه ۱۱- همراستا نبودن ۱۲- سوختگی ۱۳- پاشش ۱۳- نامنظمی در اتصال ۱۴- ایجاد شیار یا روزنه ۱۵- سرپاره و ...





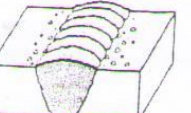

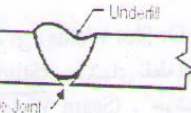
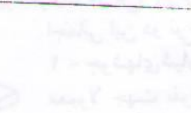


طبقه بندی عیوب موجود در جوش



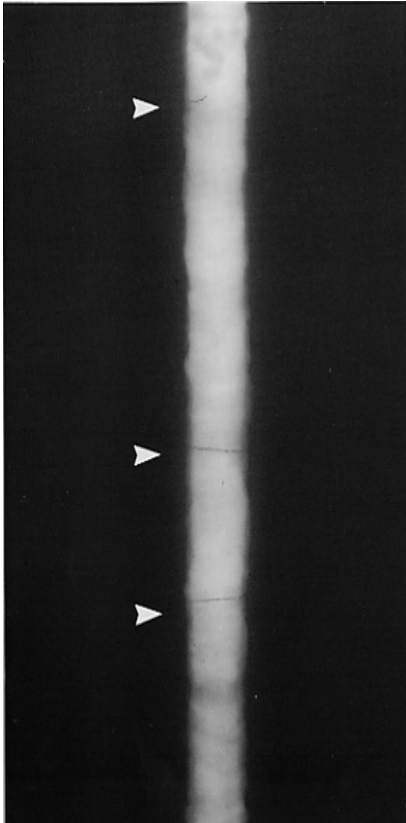




- The gas metal arc welding torch is made of the following components:
1. welding power supply with mains supply and welding lead
 2. wire feeding with wire spool and wire feed unit
 3. shielding gas supply and inert gas flow meter and magnet valve
 4. control module for central control and handling of the machine
 5. hose package with torch

Slag Inclusion	سرباره حبس شده، این عیب در تمامی مناطق جوش دیده می شود		<ul style="list-style-type: none"> ۱ خشک نامناسب جوشکاری ۲ عدم مهارت کارکنان ۳ گردشی سطح جوش آبی ۴ عدم مهارت کارکنان ۵ عدم مهارت کارکنان ۶ عدم مهارت کارکنان ۷ عدم مهارت کارکنان ۸ عدم مهارت کارکنان ۹ عدم مهارت کارکنان ۱۰ عدم مهارت کارکنان
Tungsten Inclusion	ناخالصی تنگستن در جوشکاری فرایند (TIG)		<ul style="list-style-type: none"> ۱ عدم مهارت کارکنان ۲ عدم مهارت کارکنان ۳ عدم مهارت کارکنان ۴ عدم مهارت کارکنان ۵ عدم مهارت کارکنان ۶ عدم مهارت کارکنان ۷ عدم مهارت کارکنان ۸ عدم مهارت کارکنان ۹ عدم مهارت کارکنان ۱۰ عدم مهارت کارکنان
Spatter	پاشش ذرات فلزی (جرقه های جوش) در حین عملیات جوشکاری به اطراف فلز پایه		<ul style="list-style-type: none"> ۱ عدم مهارت کارکنان ۲ عدم مهارت کارکنان ۳ عدم مهارت کارکنان ۴ عدم مهارت کارکنان ۵ عدم مهارت کارکنان ۶ عدم مهارت کارکنان ۷ عدم مهارت کارکنان ۸ عدم مهارت کارکنان ۹ عدم مهارت کارکنان ۱۰ عدم مهارت کارکنان
Undercut	بریدگی کناره جوش روی فلز پایه در سطح و یا ریشه، فرورفتگی در مجاورت جوش		<ul style="list-style-type: none"> ۱ عدم مهارت کارکنان ۲ عدم مهارت کارکنان ۳ عدم مهارت کارکنان ۴ عدم مهارت کارکنان ۵ عدم مهارت کارکنان ۶ عدم مهارت کارکنان ۷ عدم مهارت کارکنان ۸ عدم مهارت کارکنان ۹ عدم مهارت کارکنان ۱۰ عدم مهارت کارکنان
Underfill	پرنشدهگی سطح و یا ریشه یک جوش شیار، پرنشدهگی ریشه (Suck Back)		<ul style="list-style-type: none"> ۱ عدم مهارت کارکنان ۲ عدم مهارت کارکنان ۳ عدم مهارت کارکنان ۴ عدم مهارت کارکنان ۵ عدم مهارت کارکنان ۶ عدم مهارت کارکنان ۷ عدم مهارت کارکنان ۸ عدم مهارت کارکنان ۹ عدم مهارت کارکنان ۱۰ عدم مهارت کارکنان
Excessive Penetration	نفوذ بیش از حد در پاس ریشه، تحدب در پاس ریشه		<ul style="list-style-type: none"> ۱ عدم مهارت کارکنان ۲ عدم مهارت کارکنان ۳ عدم مهارت کارکنان ۴ عدم مهارت کارکنان ۵ عدم مهارت کارکنان ۶ عدم مهارت کارکنان ۷ عدم مهارت کارکنان ۸ عدم مهارت کارکنان ۹ عدم مهارت کارکنان ۱۰ عدم مهارت کارکنان
Misalignment	هم محور نبودن، عدم همترازی		<ul style="list-style-type: none"> ۱ عدم مهارت کارکنان ۲ عدم مهارت کارکنان ۳ عدم مهارت کارکنان ۴ عدم مهارت کارکنان ۵ عدم مهارت کارکنان ۶ عدم مهارت کارکنان ۷ عدم مهارت کارکنان ۸ عدم مهارت کارکنان ۹ عدم مهارت کارکنان ۱۰ عدم مهارت کارکنان
Arc Strike	لکه قوس، در اثر روشن کردن قوس روی سطح فلز پایه بوجود می آید		<ul style="list-style-type: none"> ۱ عدم مهارت کارکنان ۲ عدم مهارت کارکنان ۳ عدم مهارت کارکنان ۴ عدم مهارت کارکنان ۵ عدم مهارت کارکنان ۶ عدم مهارت کارکنان ۷ عدم مهارت کارکنان ۸ عدم مهارت کارکنان ۹ عدم مهارت کارکنان ۱۰ عدم مهارت کارکنان

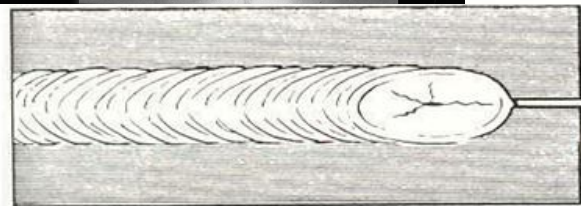
Transverse crack



longitudinal crack



end cracking

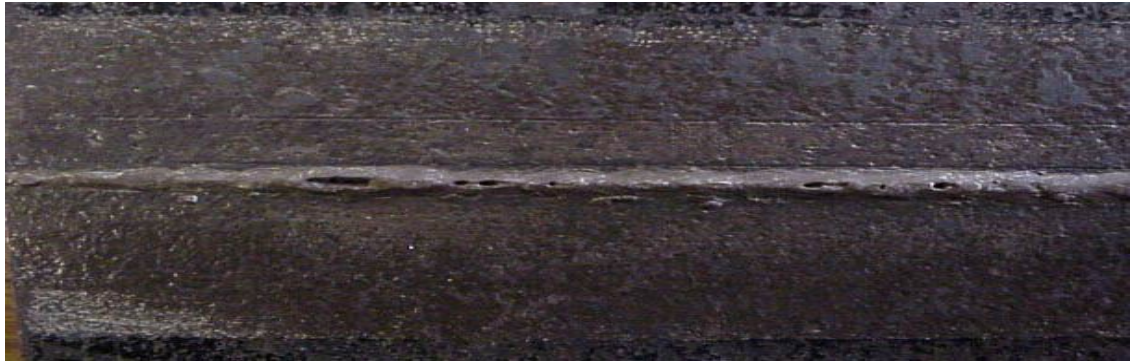


end-crater cracking

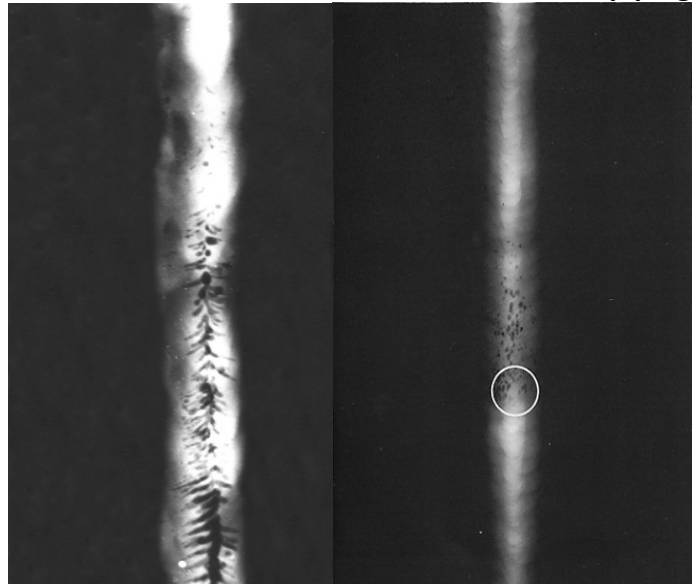
عوامل ایجاد ترک خوردگی : عدم مهارت جوشکار ۲- ناخالصی فلز پایه ۳- نامناسب بودن فلز پر کننده از لحاظ ساختار متالورژیکی ۴- عدم کنترل یکی از پارامترهای موثر در فرآیند



Porosity



Root pitting



Herringbone porosity

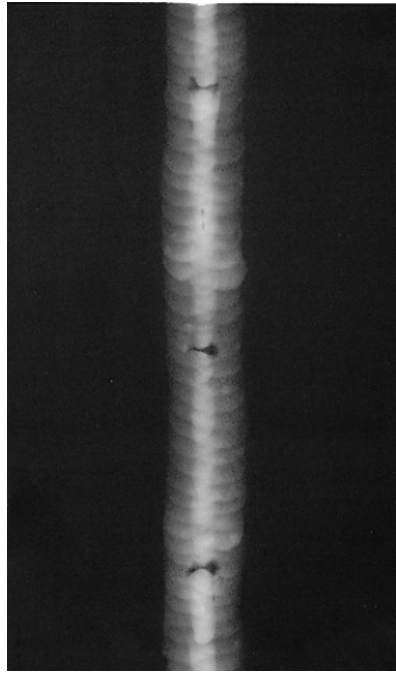
Cluster porosity

عوامل ایجاد Cluster porosity :

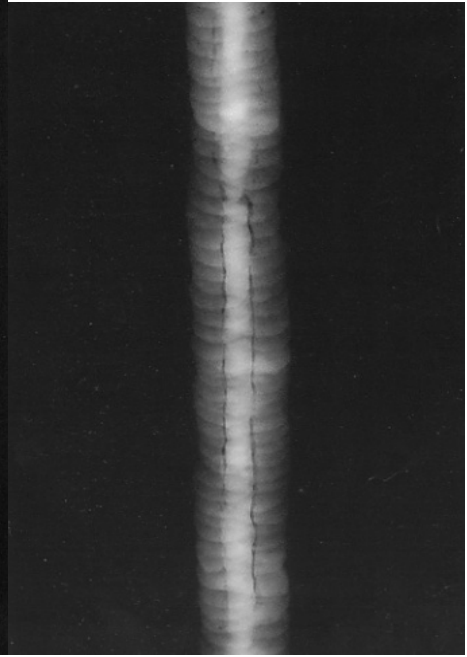
۱- کثیفی درز اتصال ۲- شدت جریان کم ۳- عدم مهارت جوشکار ۴- حبس سرباره

عوامل ایجاد سرباره :

۱- ناخالصی و کثیفی در منطقه مورد جوشکاری و الکتروود ۲- زاویه نامناسب دست نسبت به سطح قطعه کار ۳- عدم حفاظت گازی در فرآیندهای تحت پوشش گاز



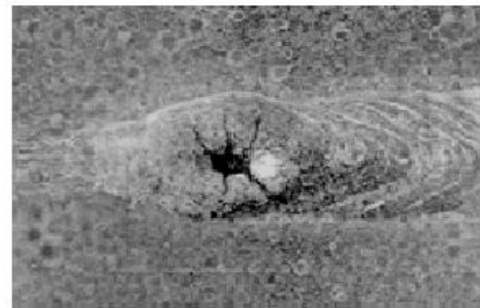
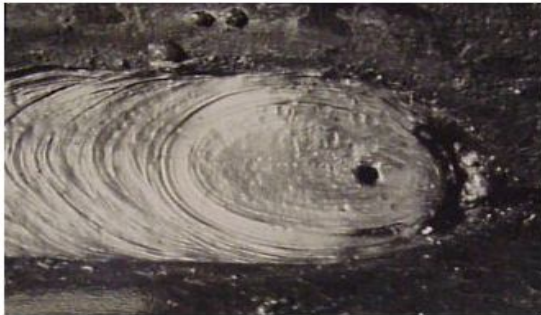
Elongated slag lines



Inter pass slag inclusions

عامل ایجاد:

عمدتاً در اثر حبس سرباره و گاز بوجود می آید

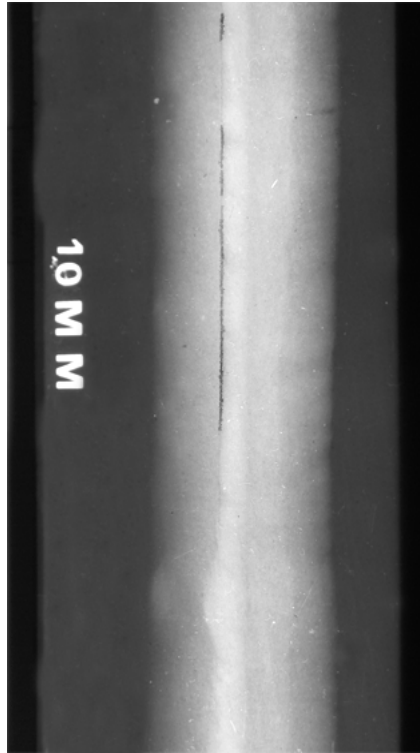


Crater pipe

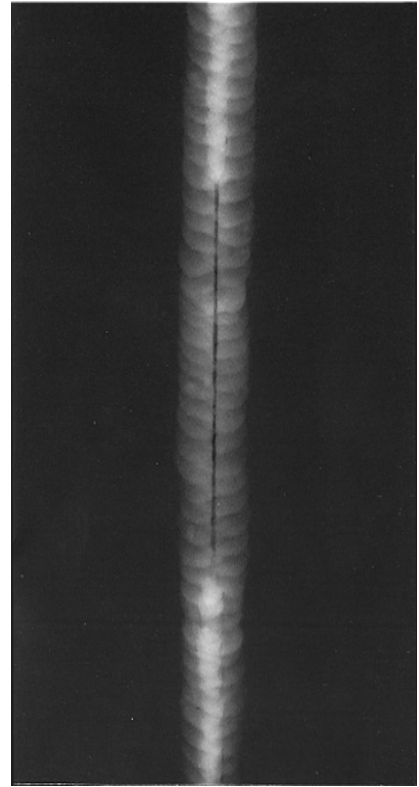


Arc strike

- 1-Accidental striking of the arc onto the parent material
- 2-Faulty electrode holder
- 3-Poor cable insulation
- 4-Poor return lead clamping



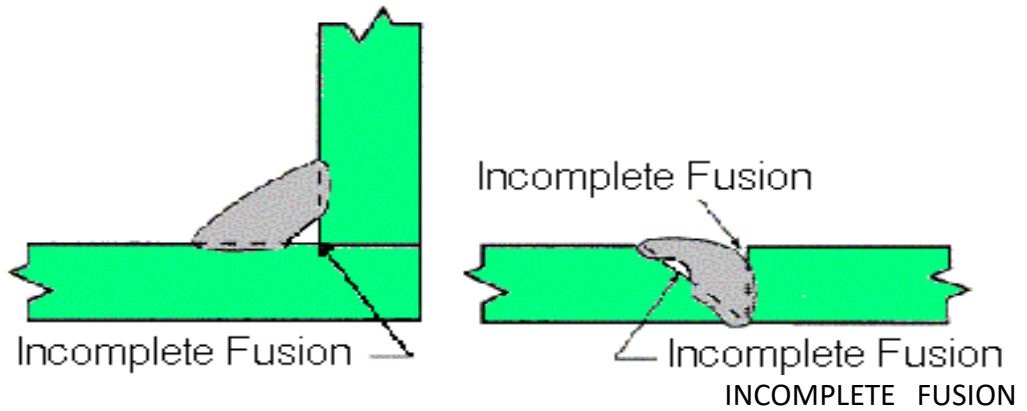
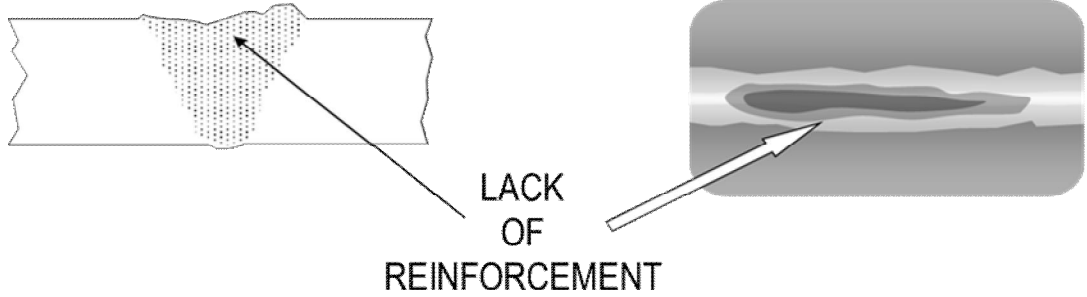
Lack of root penetration



Lack of root fusion

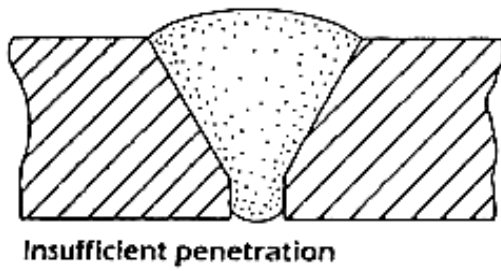
عوامل ایجاد عدم نفوذ ریشه :

۱- پایین بودن شدت جریان ۲- زاویه نا مناسب دست ۳- کثیفی درز ۴- کم بودن زاویه پخ

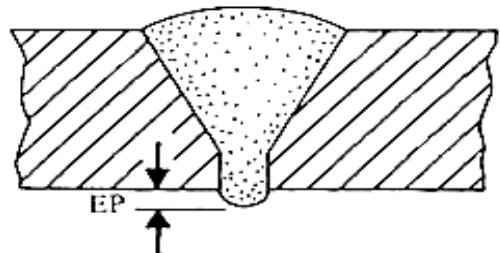




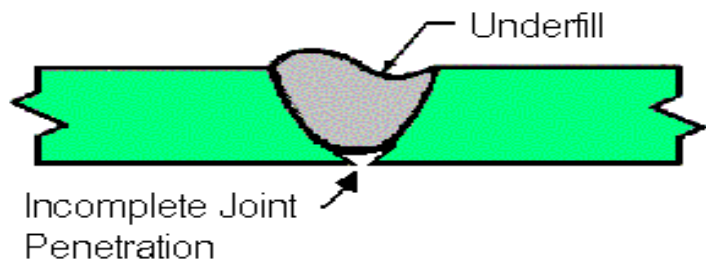
INCOMPLETE FUSION



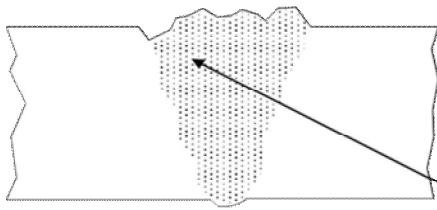
Insufficient penetration



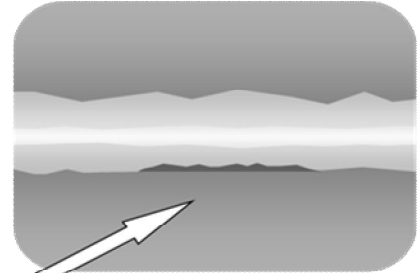
Excessive penetration (EP)

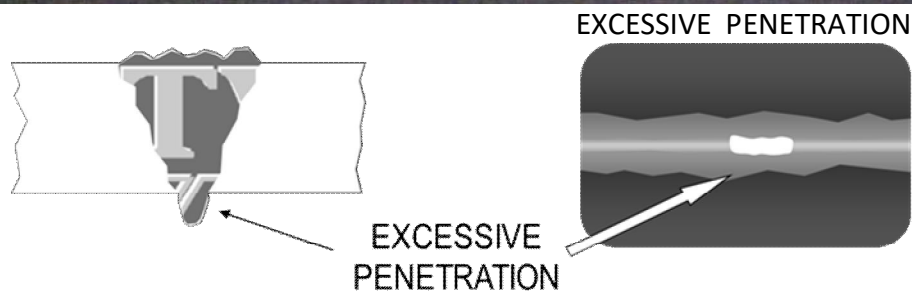
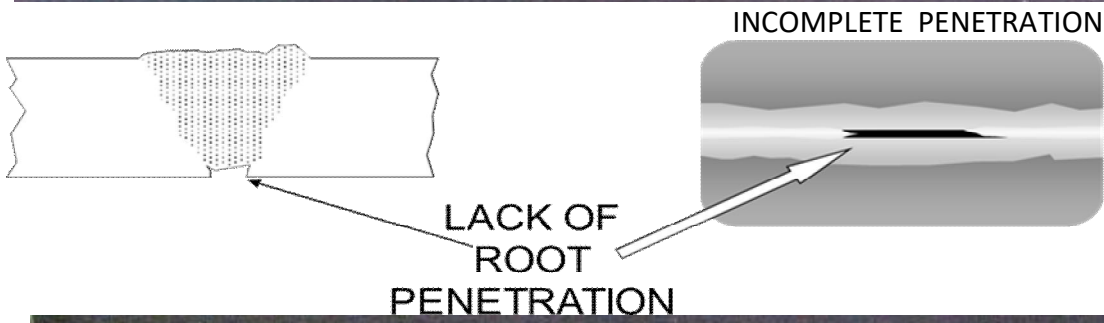
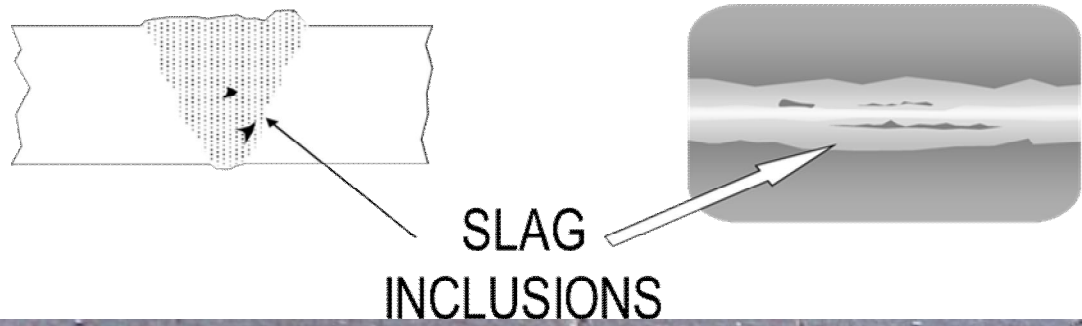


Incomplete Joint Penetration



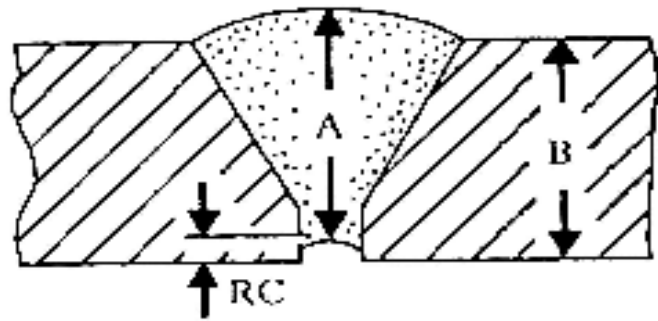
INCOMPLETELY FILLED GROOVE



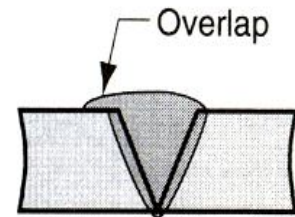
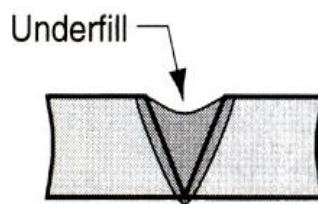
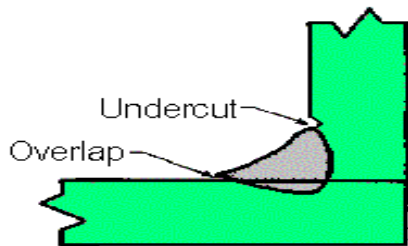
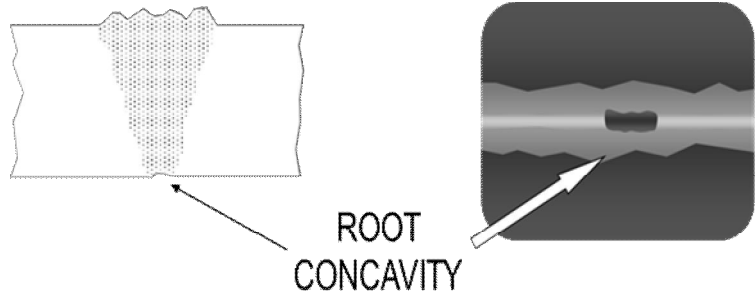




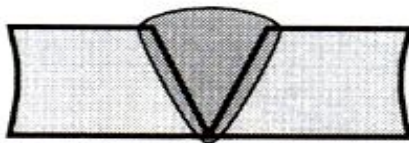
Crater



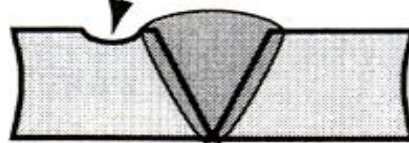
Root concavity (RC)

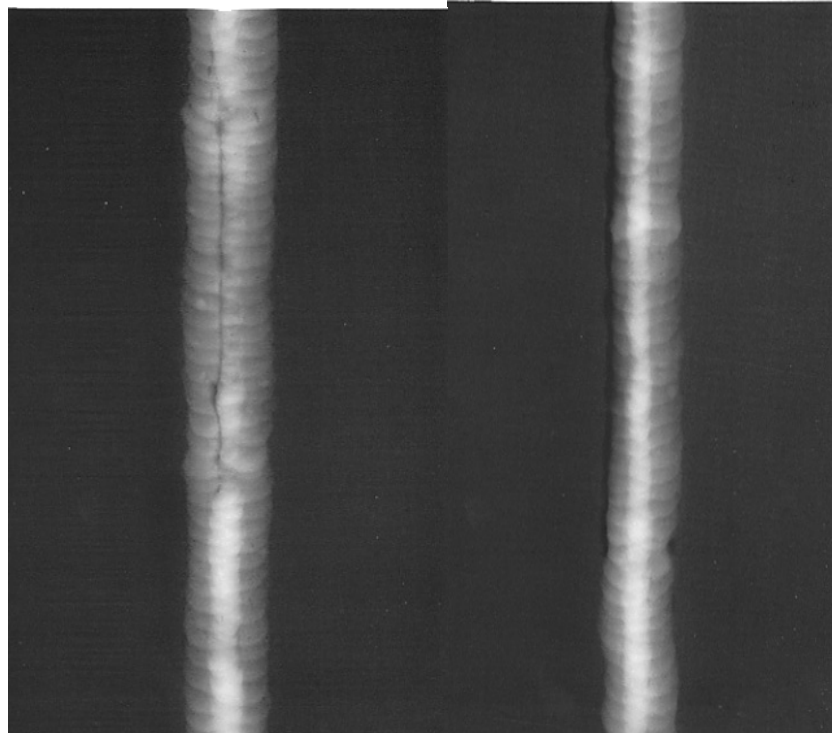


Good profile



Undercut





Root undercut

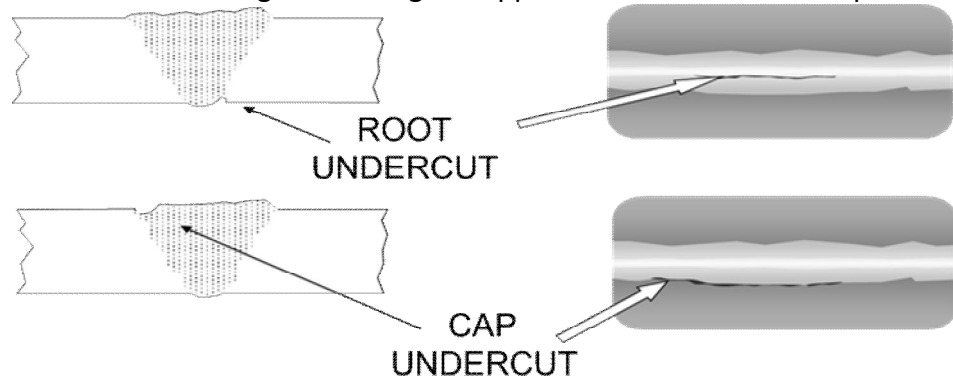
Cap undercut

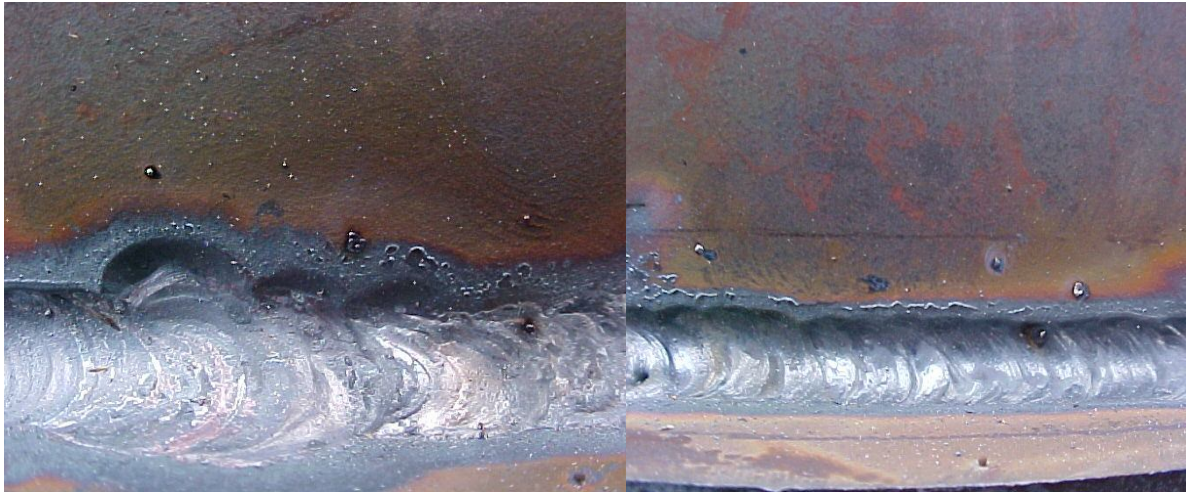
عوامل ایجاد بریدگی کنار جوش

۱- بالا بودن شدت جریان ۲- زاویه نامناسب و سرعت زیاد ۳- کالیبره نبودن دستگاه جوشکاری ۴- زیاد بودن طول قوس

Weld Root Defect (Shrinkage groove)

Insufficient weld metal deposited in the root pass- Poor welding technique
Too fast a cooling rate during the application of the root bead pass





UNDERCUT



Porosity



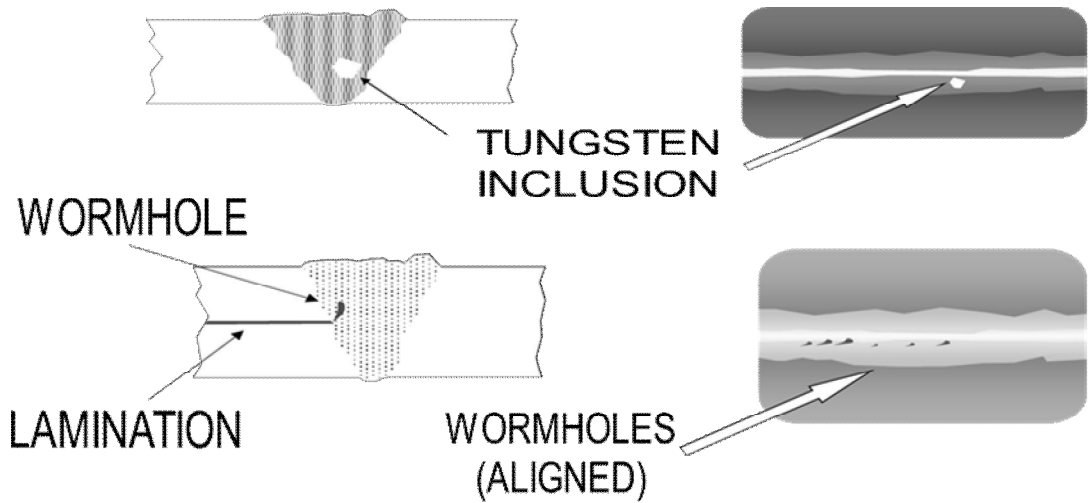
Spatter

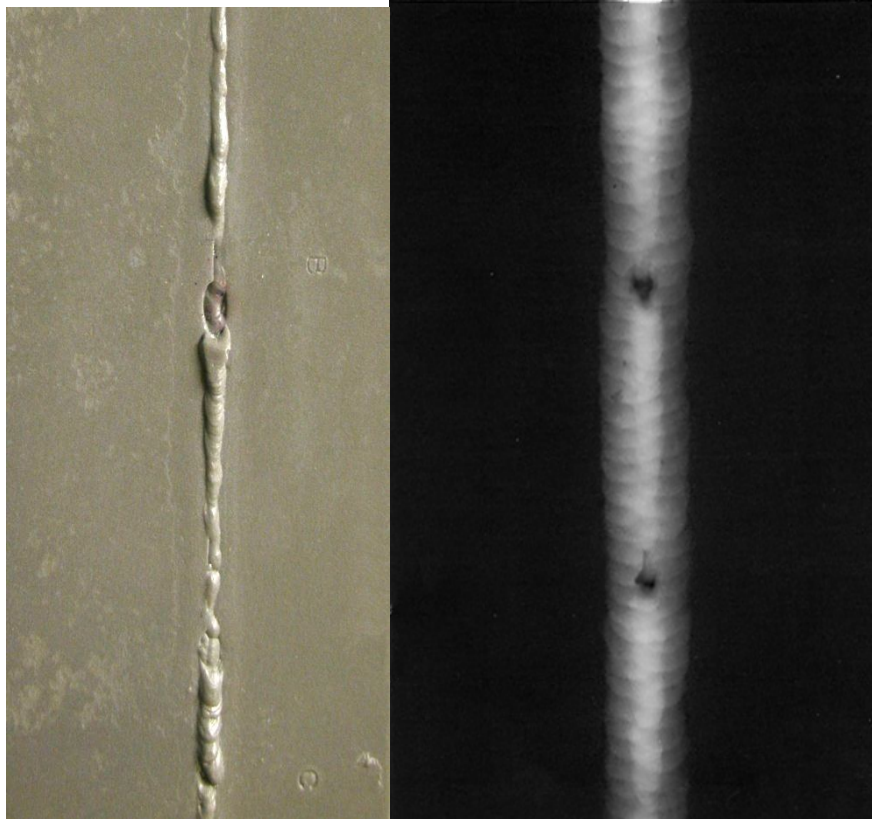


Excessive current - Damp electrodes –Contamination-Incorrect wire feed speed when welding with the MAG welding process-Arc blow

عوامل ایجاد پاشش:

۱-بالا بودن بیش از حد شدت جریان جوشکاری ۲- تنظیم نبودن جریان گاز محافظ





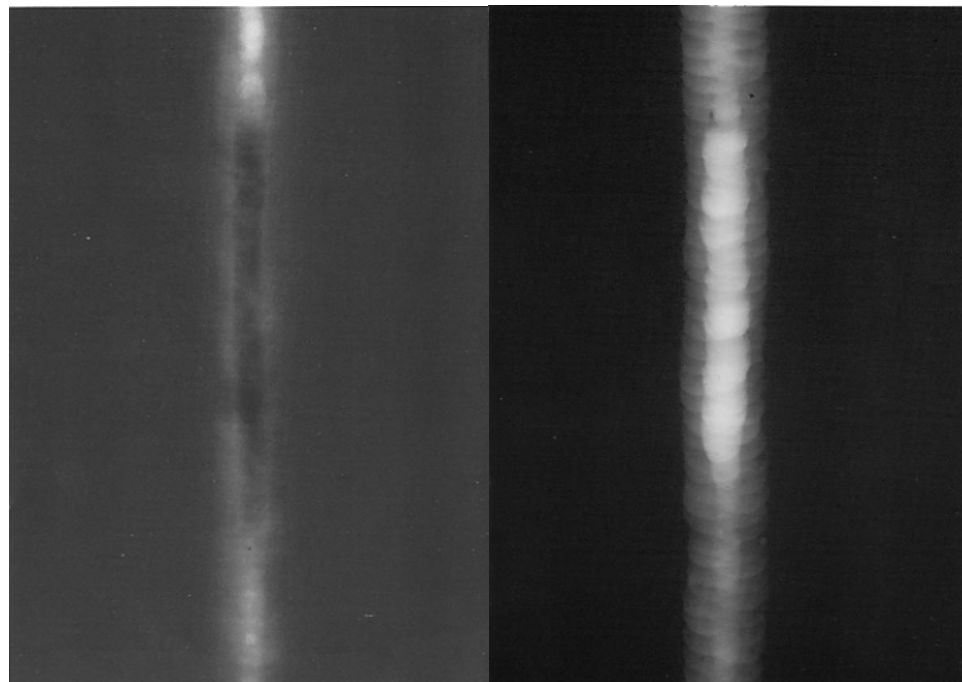
Burn Through

Weld Root Defect (burn through)

High Amps/volts -Small Root face-Large Root Gap- Slow Travel Speed

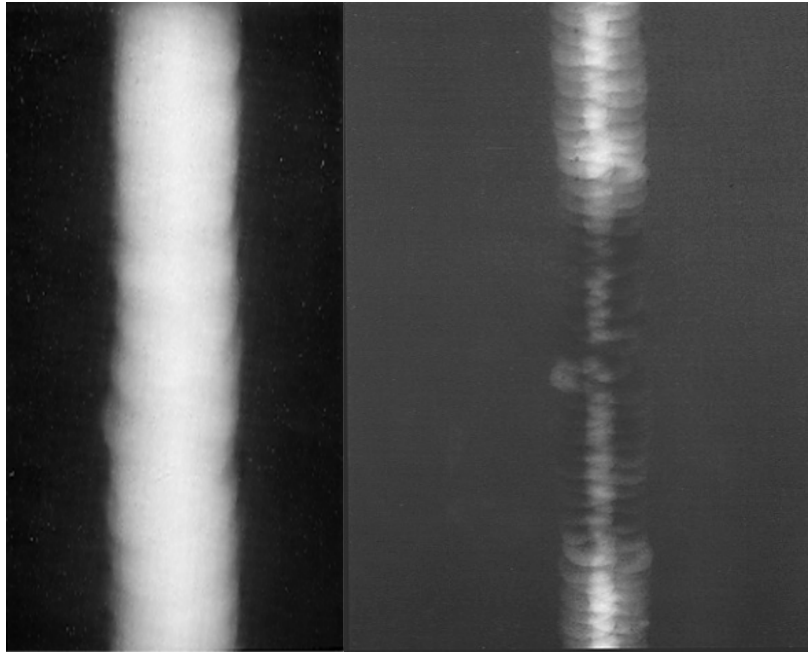
عوامل ایجاد سوختگی :

۱- در اثر انحراف قوس همراه با طول قوس بلند ۲- بالا بودن شدت جریان



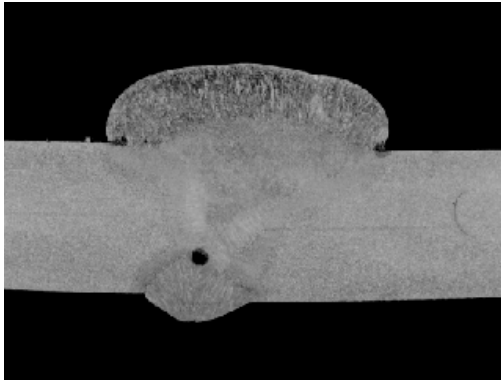
Concave root

Excess root penetration



Excess cap reinforcement

Incomplete filled groove



Toe Overlap Butt weld



Toe Overlap Fillet weld

عامل ایجاد رویهم افتادگی :

۱- در اثر اضافه کردن سیم جوش بدون رعایت زاویه مناسب دست ۲- امپر پایین ۳- سرعت دست کم

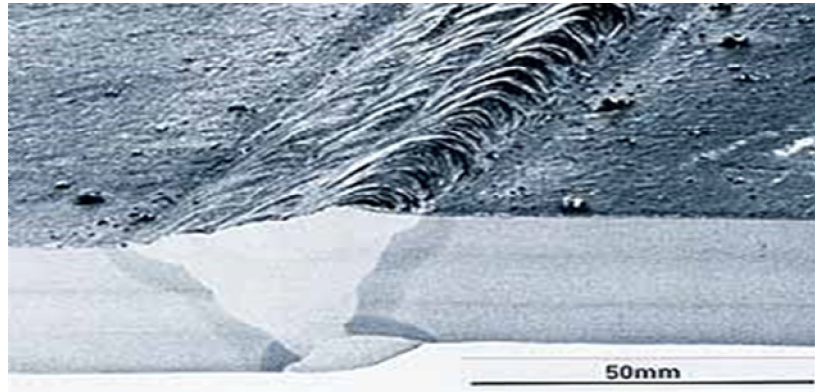


Suck back/concave root

عوامل ایجاد root

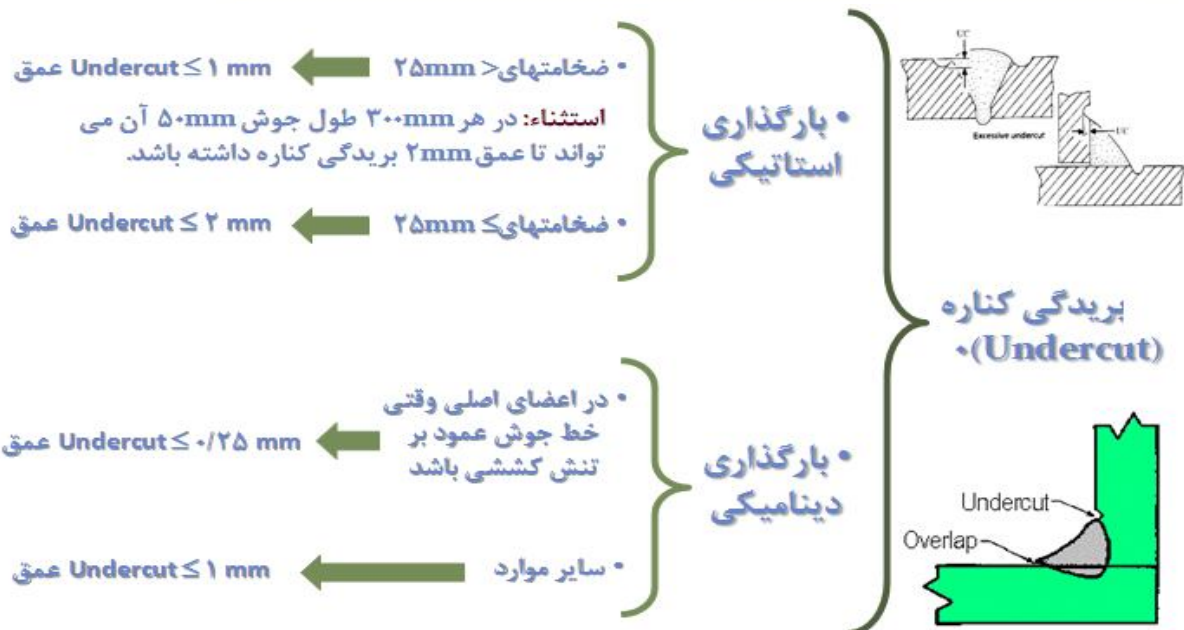
۱- استفاده از الکترو

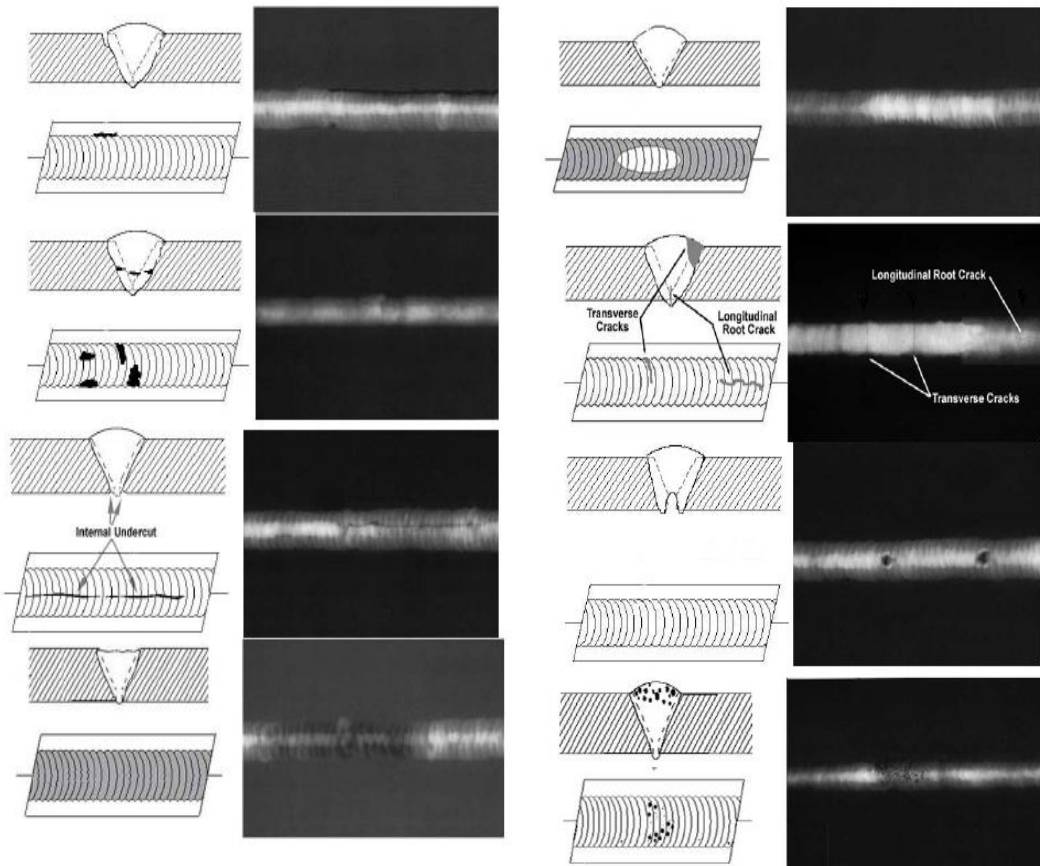
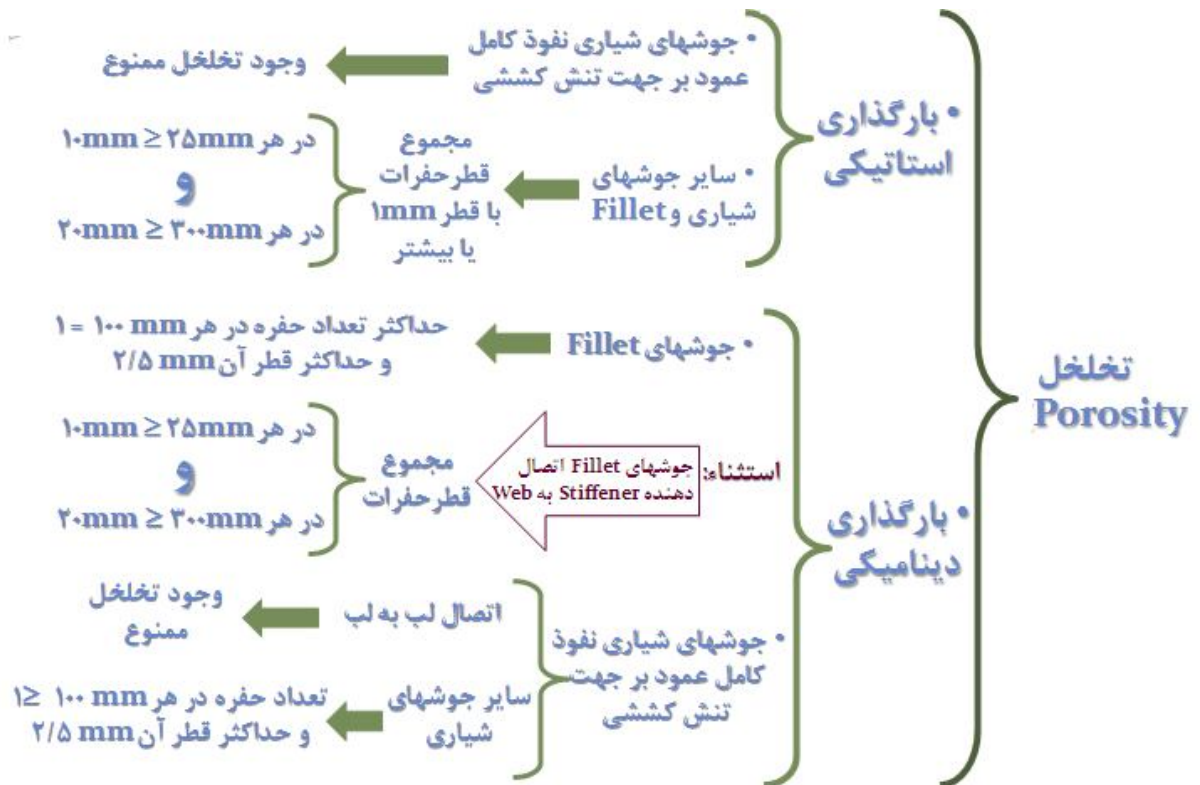
Irregularities

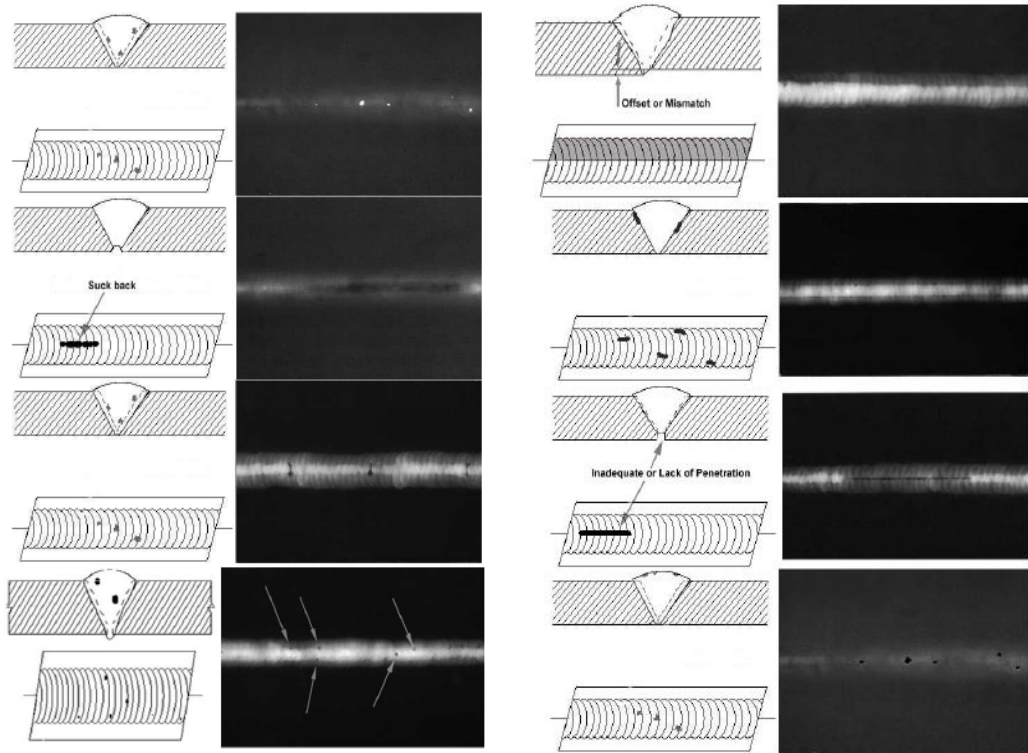


Linear Misalignment

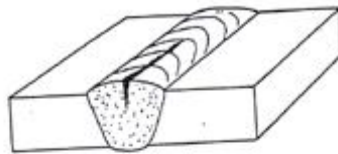
اندازه جوش Fillet (mm)	مقدار مجاز کاهش اندازه جوش (mm)
≤ 5	≤ 2
6	≤ 2.5
≥ 8	≤ 3



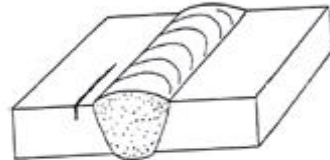




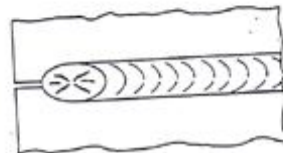
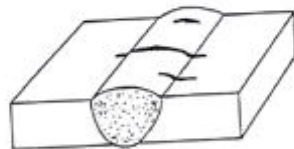
ترک طولی در سطح جوش



ترک طولی در فلز اصلی



ترک عرض



ترک آتشفشانی

بازرسی با مایع نافذ

اساس روش بر این است که مایع نافذ بر اثر جاذبه موئینگی به درون ترکهای سطحی نفوذ کرده و پس از یک مرحله ظهور، هر عیبی که به شکل ترک یا شکستگی در سطح قطعه وجود دارد، با چشم رویت میشود. برای بهتر دیده شدن این ترکها، مایع نافذ معمولاً به رنگهای روشن و قابل دید بوده و یا به ماده فلورسنت آغشته میشود. در حالت اول معمولاً برای رنگین نمودن مایع از رنگ قرمز استفاده میشود که با نور روز یا نور مصنوعی قابل دید باشد، ولی در حالت دوم برای دیدن ترکها و درزها باید از نور ماوراء بنفش استفاده شود. امروزه، بازرسی با مایع نافذ، یکی از مهمترین روشهای صنعتی است که برای مشخص نمودن انواع مختلف عیبهای سطحی مواد و قطعات، مانند ترکها، بریدگیها و نواحی مکهای سطحی، مورد استفاده قرار میگیرد. این روش تقریباً برای هر نوع ماده و در هر اندازه‌های، چه بزرگ با شکل پیچیده و چه ساده، قابل استفاده است و معمولاً برای بازرسی تولیدات ریختگی و کار شده فلزات آهنی و غیرآهنی، آلیاژها، سرامیکها، ظروف شیشه‌ای و مواد پلیمر به کار میرود.

آماده سازی سطح

ابتدا سطح مورد نظر برای تست لازم است از هر گونه چربی، کثیفی، رنگ و ... تمیز گردد.

و پاک کردن با پارچه کاملاً تمیز - CLEANER اعمال اسپری

اعمال مایع نافذ

سطح قطعه مورد تست را با این ماده آغشته می کنیم حدود Penetrant ۲۱ با اسپری مایع نافذ تا ۳۱ دقیقه زمان می دهیم

تمیز کاری

با پارچه کاملاً تمیز سطح قطعه را از مایع نافذ پاک می کنیم. برای تمیز شدن بهتر می توان سطح را به سطح قطعه اعمال نکنید (Cleaner). مرطوب کنیم. (اسپری CLEANER پارچه را با اسپری

اعمال ماده ظهور

سطح قطعه مورد تست را با این ماده آغشته می کنیم تا مواد Developer با اسپری ظاهر کننده نفوذ کرده در عیوب را جذب نماید.

بازرسی

اقدام به بازرسی چشمی نموده - کلیه عیوب با رنگ قرمز در زمینه سفید ظاهر می گردد.



مزایا:

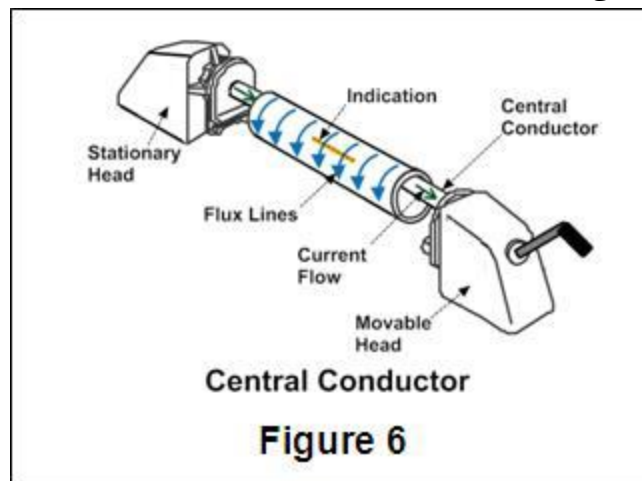
- عیوب سطحی شناسایی می شود.
- به شکل جنس قطعه بستگی ندارد.
- ساده و ارزان است.
- شکل و اندازه تقریبی عیب مشخص است.

محدودیت ها:

- عیوب زیر سطحی را نشان نمی دهد.
- تغییر رنگ دائمی نیست.
- مواد مصرفی سمی است.
- در ماندن باعث خوردگی می شود

آزمایش ذرات مغناطیسی

بازرسی با ذرات مغناطیسی، روش حساسی برای ردیابی عیوب سطحی و برخی نقصهای زیر سطحی قطعات فرو مغناطیسی است. هنگامی که یک قطعه فرومغناطیسی، مغناطیس میشود، ناپیوستگی مغناطیسی موجب ایجاد یک میدان نشستی قوی میشود. این میدان نشستی در رو و بالای سطح حضور داشته و میتواند آشکارا توسط ذرات ریز مغناطیسی مشاهده شود. پاشیدن ذرات آهن بر روی سطح قطعه، موجب تجمع ذرات مغناطیسی روی این میدان خواهد شد. بنابراین پل مغناطیسی تشکیل شده که موقعیت، اندازه و شکل ناپیوستگی را نشان میدهد. یک قطعه را میتوان با به کاربردن آهنرباهای دائم، آهنرباهای الکتریکی و یا عبور یک جریان قوی از درون یا برون قطعه، مغناطیس کرد.



روشهای ایجاد میدان مغناطیسی:

- روش بکارگیری یوک مغناطیسی
- روش بکارگیری آهن ربای دائم
- روش بکارگیری هادی مرکزی

تجهیزات لازم برای انجام بازرسی به روش ذرات مغناطیس:

روش معمولی (در محیط با نور کافی)

- ۱-مغناطیس کننده (یوک مغناطیس، آهن ربای دائم و یا هادی جریان و تولید کننده برق)

۲- اسپری ایجاد کننده زمینه سفید (برای تست معمولی در شرایط نور کافی)

۳- اسپری ذرات مغناطیس یا پودر آهن

روش فلورسنت (در محیط نور کم و نیاز به دقت بالا)

۱- مغناطیس کننده (یوک مغناطیس، آهن ربای دائم و یا هادی جریان و تولید کننده برق)

۲- اسپری پودر آهن فلورسنت

۳- لامپ ماوراء بنفش

مزایا:

- برای ترکهای خیلی ریز

- برای ناپیوستگی های زیر سطحی

- حساسیت بازرسی بالاست

- در ضمن تولید و درانتهای کاربرد حین کار قطعه قابل انجام است

معایب:

- برای مواد فرو مغناطیس است

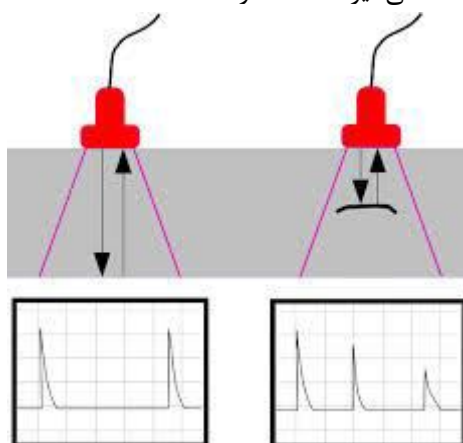
- جهت جریان باید عمود بر ترک باشد

- معمولا دویاچند مرتبه باید انجام شود

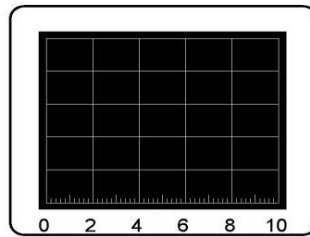
- بسته به عمق ترک میدان باید قویتر باشد

آزمایش ماوراء صوت

در این روش، امواج صوتی با فرکانس ۱.۱ تا ۲۱ مگاهرتز به درون قطعه فرستاده میشود. این موج پس از برخورد به سطح مقابل قطعه بازتابیده میشود. با توجه به زمان رفت و برگشت این موج، میتوان ضخامت قطعه را تعیین کرد. حال اگر یک عیب در مسیر رفت و برگشت موج باشد، از این محل هم موجی بازتابیده خواهد شد که بسته به موقعیت موج برگشتی، محل عیب مشخص میگردد. روشهای فراصوتی به طور گستردهای برای آشکارسازی عیوب داخلی مواد به کار میروند ولی میتوان از آنها برای آشکارسازی ترکهای کوچک سطحی نیز استفاده کرد



CRT / A-scan display



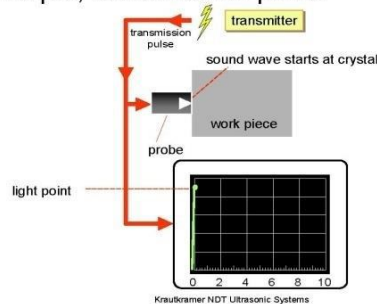
Kraukramer NDT Ultrasonic Systems

AGFA

پالس ارسالی

امواج آلتراسونیک به قطعه مورد تست در زمان کوتاهی انتقال داده می شود. در این حالت یک پیک اولیه بر روی صفحه ظاهر می شود. این پیک بدلیل برگشت مقداری از امواج در فصل مشترک پروب و قطعه بوجود می آید. امواج عبوری بداخل قطعه تا زمان برگشت و رسیدن به پروب بصورت خطی در پائین صفحه ظاهر می گردند. به دریافت موج برگشتی مجدداً پیک بر روی دستگاه (در فاصله ای متناسب با فاصله پیموده شده موج، بر روی صفحه ظاهر می گردد. تصاویر زیر مراحل مختلف نمایش را نشان می دهد.

Principle, transmission pulse



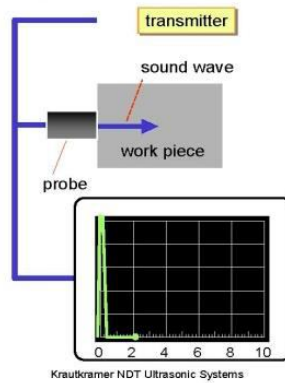
Kraukramer NDT Ultrasonic Systems

AGFA

موج آلتراسونیک در قطعه تست

با عبور موج بداخل قطعه بدلیل عدم برگشت موج، هیچ پیکی ظاهر نمی گردد.

Principle, sound wave in the workpiece

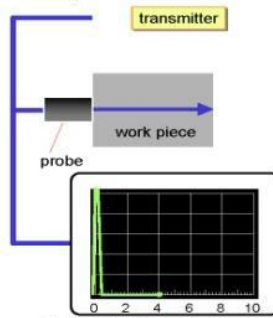


Krautkramer NDT Ultrasonic Systems

AGFA

پالس آلتراسونیک - دیواره نهایی قطعه تست
با رسیدن به انتهای قطعه تست یا هر گونه عیبی، آلتراسونیک منعکس می گردد.

Principle, sound pulse at the back wall

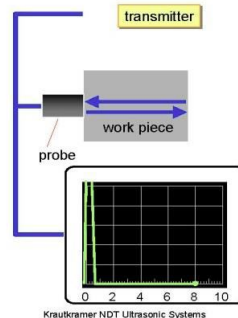


Krautkramer NDT Ultrasonic Systems

AGFA

پالس آلتراسونیک در محل تماس پروب و قطعه

Principle, sound pulse at the coupling surface

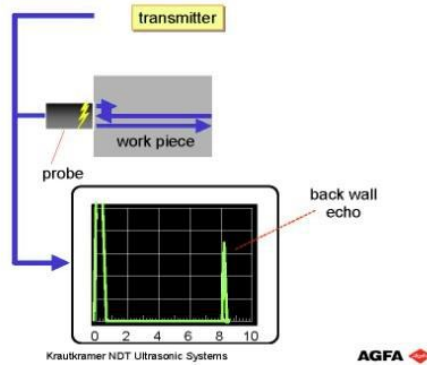


Krautkramer NDT Ultrasonic Systems

AGFA

نمایش موج برگشتی (انعکاسی) و بازگشت مجدد موج آلتراسونیک برای دومین بار

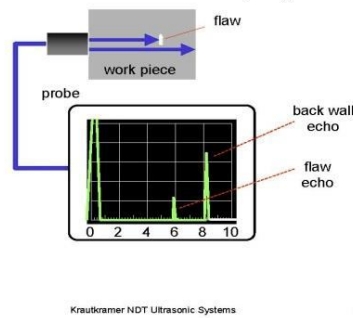
Principle, echo display and 2nd run



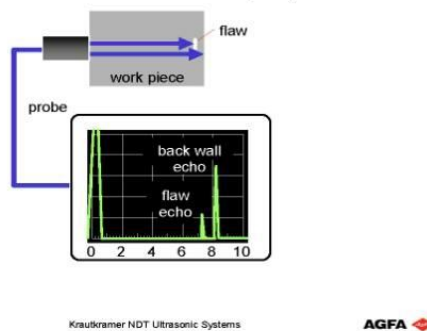
موقعیت عیب و نمایش موج برگشتی (انعکاسی)

در صورت وجود عیب، علاوه بر پاسخ دیواره پشتی، پاسخ و انعکاس عیب نیز بر روی صفحه نمایش ظاهر خواهد گردید. در صورت وجود عیب، بسته به موقعیت عیب، موقعیت پیک نمایشی آن نیز متفاوت خواهد بود. در شکل‌های زیر عیب‌های با موقعیت‌های متفاوت و موقعیت پیک نمایشی آنها آورده شده است.

Flaw location and echo display

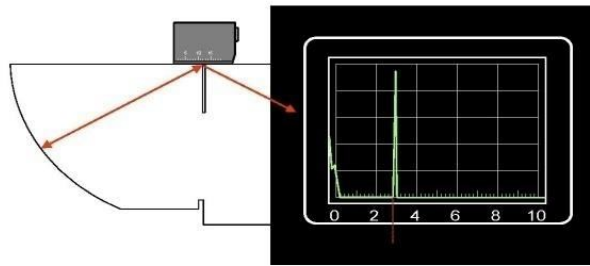


Flaw location and echo display



علاوه بر پروب‌های معمولی که موج را بصورت عمودی وارد قطعه می‌کنند، پروب‌های زاویه‌ای نیز وجود دارد که موج را با زاویه مشخص به درون قطعه می‌فرستند و در صورت برخورد با مانعی، موج بر می‌گردد.

1st echo from circular section



Krautkramer NDT Ultrasonic Systems

AGFA

مزایا:

- این روش متداول ترین آزمون است
- مکان دقیق عیب را نمایش میدهد
- کلیه عیوب را نشان می دهد (سطحی و زیر سطحی)
- را به راحتی نمایش میدهد - LOP & LOF
- در کلیه مناطق قابل استفاده است
- بلافاصله نتایج آزمون مشخص میگردد
- آلودگی زیست محیطی ندارد
- برای انسان خطر آفرین نیست

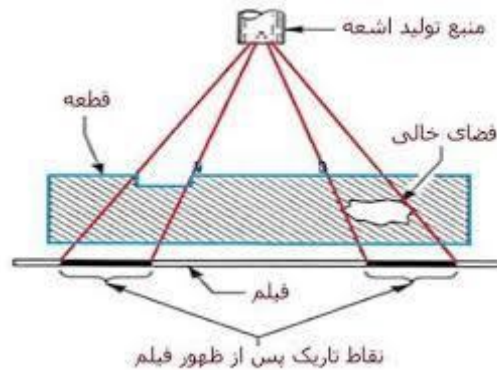
معایب:

- بسیار گران است - PT, MT نسبت
- اپراتور به تخصص بالایی نیز دارد

آزمون پرتو نگاری

در این آزمون از دو پرتو ایکس و گاما استفاده می گردد.

یک (RT) نوع و محل عیوب داخلی و بسیار ریز جوش را نشان می دهد. در روش تست رادیوگرافی فیلم رادیوگرافی مناسب در پشت قطعه مورد تست قرار میگیرد و از قسمت دیگر قطعه، پرتو ایکس یا گاما به فیلم تابانده میشود. شدت پرتو ایکس یا گاما پس از عبور از قطعه بر اساس ساختار داخلی قطعه مورد تست، تعدیل شده و سپس به فیلم رادیوگرافی میرسد



مزایا:

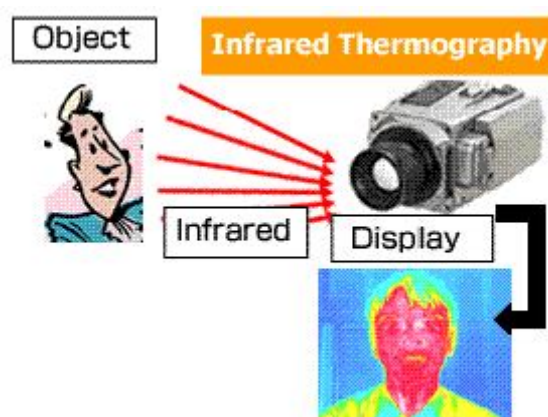
- این روش میتواند وجود، اندازه و مکان عیب را مشخص کند
- مدارک قابل مستند دارد
- عیوب با هر اندازه‌های را نمایش می دهد
- به آماده سازی اولیه زیادی نیاز ندارد

محدودیت ها:

- بسیار گران است
- برای موجودات ضرر دارد
- نتیجه آزمایش مدتی طول می کشد(عکسبرداری . ظهور . ثبوت . تفسیر)
- نیاز به تخصص دارد

آزمون ترموگرافی

کلیه سطوح بسته به میزان درجه حرارتشان دارای یک نرخ تشعشع در ناحیه امواج مادون قرمز می باشند. تشعشع مادون قرمز برای چشم انسان نامرئی است اما میتوان آن را از طریق یک سیستم ترموویژن مرئی نمود. این سیستم، توزیع گرمای ساطع شده را بصورت یک تصویر مرئی نشان میدهد



مزایا:

- ۱-بازرسی چشمی سریع تجهیزات برای تشخیص الگوهای نامناسب دمایی را(که ممکن است نشانه وجود اشکال در سیستم باشند) امکانپذیر میسازد.
- ۲-ترموویژن یک تکنیک غیر تماسی است که ما را قادر به بازرسی واحد در حال کار و تحت بار میسازد.
- ۳-کاربر همچنین میتواند بازرسی خود را از یک فاصله مطمئن انجام دهد و اغلب حتی امکان بازرسی بدون برداشتن توریهای محافظ نیز وجود دارد.
- ۴-بازرسیهای منظم ترموویژن را میتوان به منظور تعمیرات پیشگویانه بوسیله ثبت تغییرات الگوی دمایی سطح تجهیز بکار

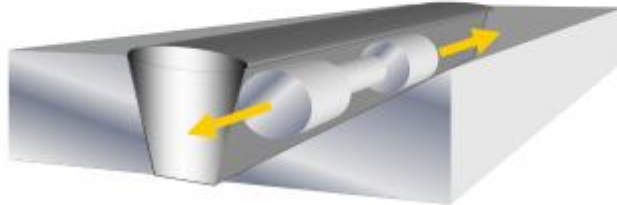
برد



Tensile test تست کشش

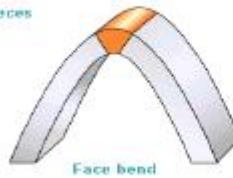
اندازه گیری استحکام سرتاسر اتصال جوش

اندازه گیری استحکام فلز جوش (قطعه تست از درون منطقه جوش گرفته می شود).

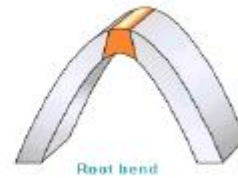


Bending test تست خمش

Bend testpieces



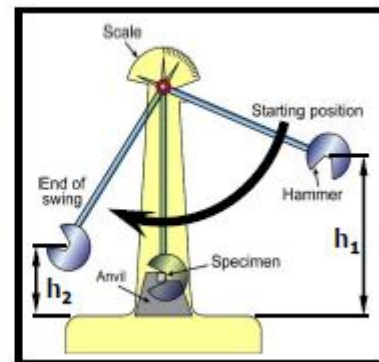
Face bend



Root bend

ارزیابی داکتیلیته یا چقرمگی اتصال جوش و کنترل عیوب ذوب ناقص

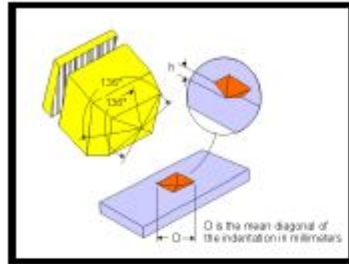
Charpy-V notch impact test تست ضربه



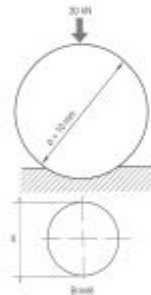
مهم ترین روش های مرسوم سختی سنجی عبارتند از:

- روش برینل
- روش ویکرز
- روش راکول

سختی براساس میزان فرورفتن نفوذ کننده تحت بار ثابت اندازه گیری می شود.
 آزمایشات سختی بر اساس برینل Brinell، ویکرز Vickers و یا راکول Rockwell می باشد



تست سختی ویکرز



تست سختی برینل



تست سختی راکول



Rockwell B



Rockwell C

جوش اتوماتیک با الکتروود مداوم و بدون روکش

جوش

دستی

با

الکتروود

روکشدار

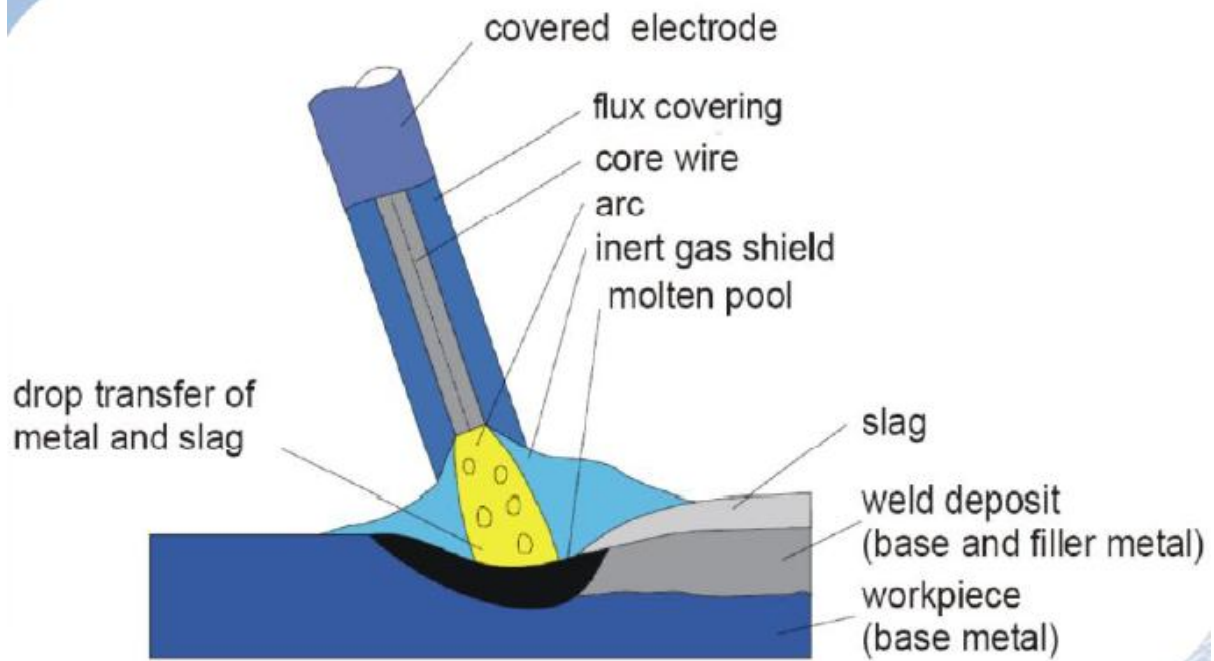
جوش
زیرپودری

جوش
تمت
حفاظ گاز

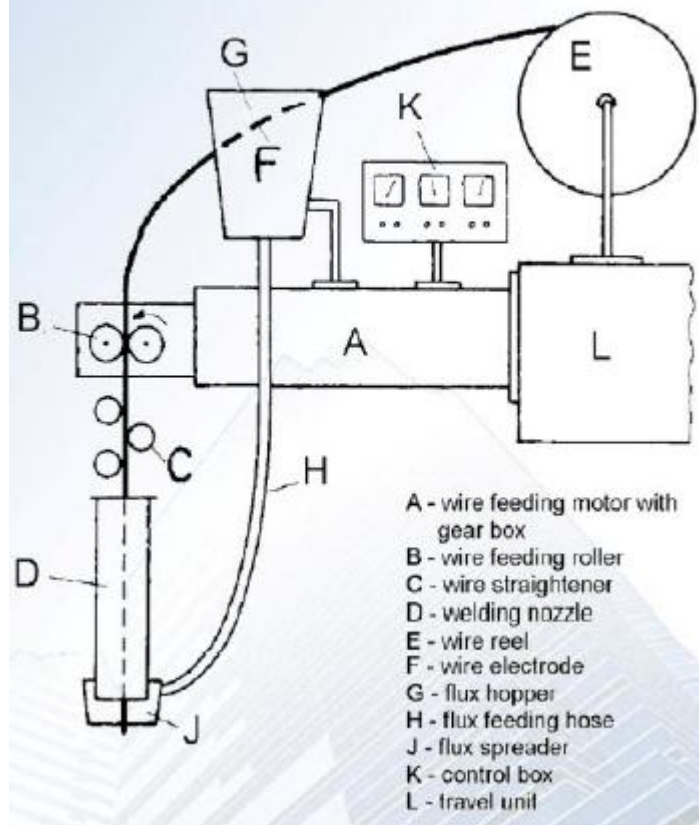
جوش
تمت
مفاظ گاز
با الکتروود
توپودری

جوش گاز
الکتریکی

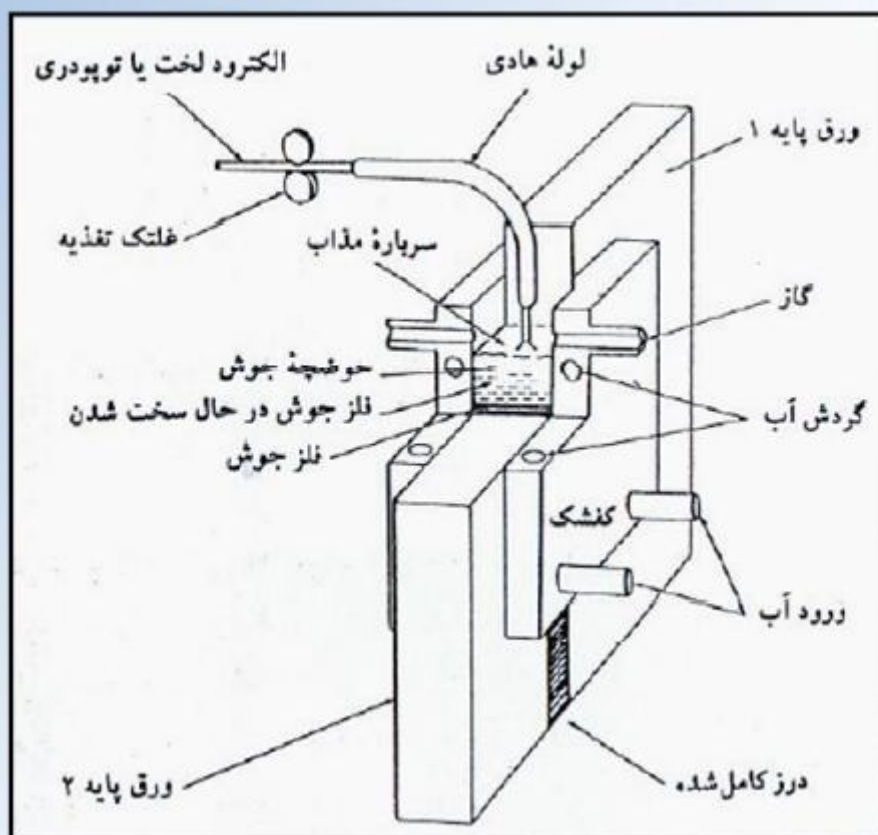
جوش
سرباره
الکتریکی



جوش زیر پودری



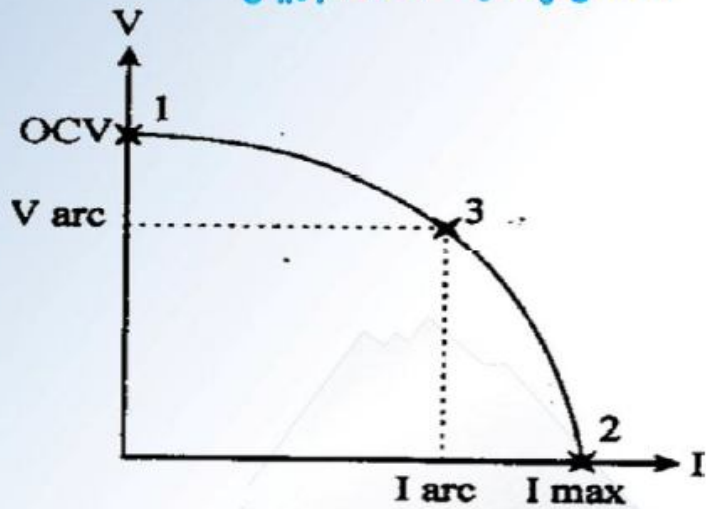
جوشکاری گاز الکتریکی با الکترود توپودری



E7018	E6013	قطر
115-165	80-130	۳
150-220	105-180	۴
200-275	150-230	۵

منحنی ولتاژ - شدت جریان

✓ مدار ولتاژ ثابت است یعنی اینکه در هنگام جوشکاری تغییرات ولتاژ نسبت به تغییرات آمپر بسیار اندک می‌باشد و طول قوس (فاصله بین نوک الکترود تا سطح قطعه کار) تقریباً ثابت است



آمپر ثابت



جوش دستی

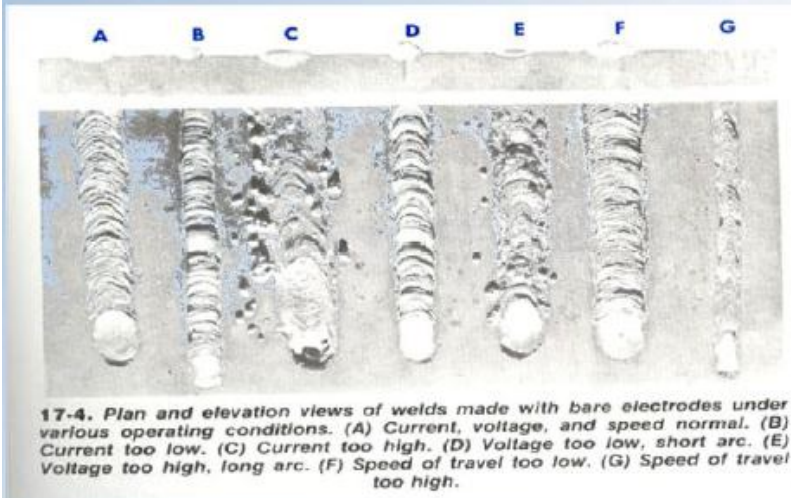
✓ شدت جریان ثابت است یعنی اینکه در هنگام جوشکاری با تغییرات افتلاف پتانسیل یعنی کم و زیاد شدن طول قوس جوشکاری، شدت جریان تغییر نسبتاً کمی دارد.

ولتاژ ثابت



جوش زیر پودری

A : شدت جریان، افتلاف پتانسیل و سرعت دست جوشکاری مناسب



B : شدت جریان خیلی کم است

C : شدت جریان خیلی زیاد است (پاشیدگی زیاد جوش)

D : طول قوس کم است

E : طول قوسی خیلی بلند است

F : سرعت حرکت خیلی کم است

G : سرعت دست جوشکاری زیاد است

17-4. Plan and elevation views of welds made with bare electrodes under various operating conditions. (A) Current, voltage, and speed normal. (B) Current too low. (C) Current too high. (D) Voltage too low, short arc. (E) Voltage too high, long arc. (F) Speed of travel too low. (G) Speed of travel too high.

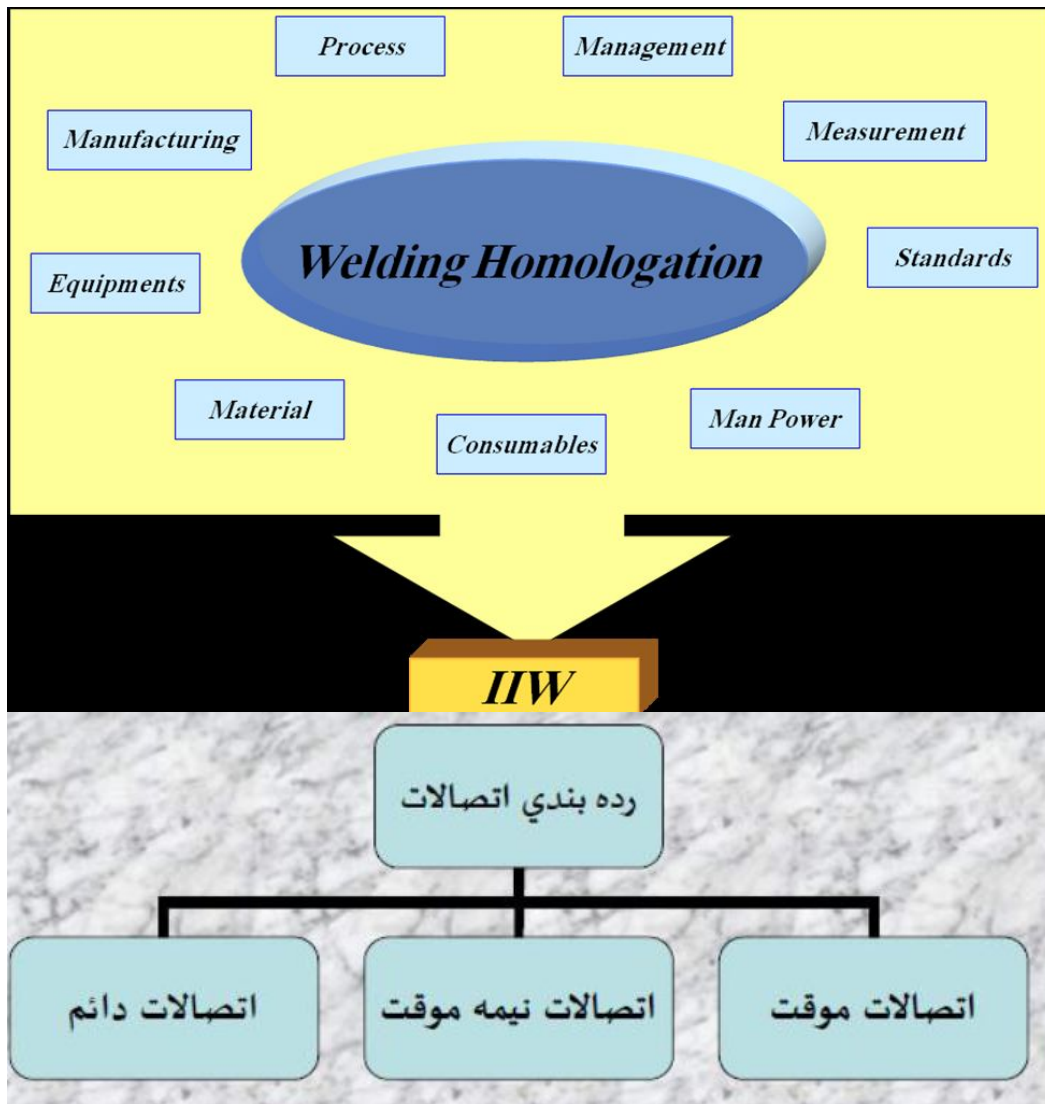
ماشین آلات جوش الکتریکی

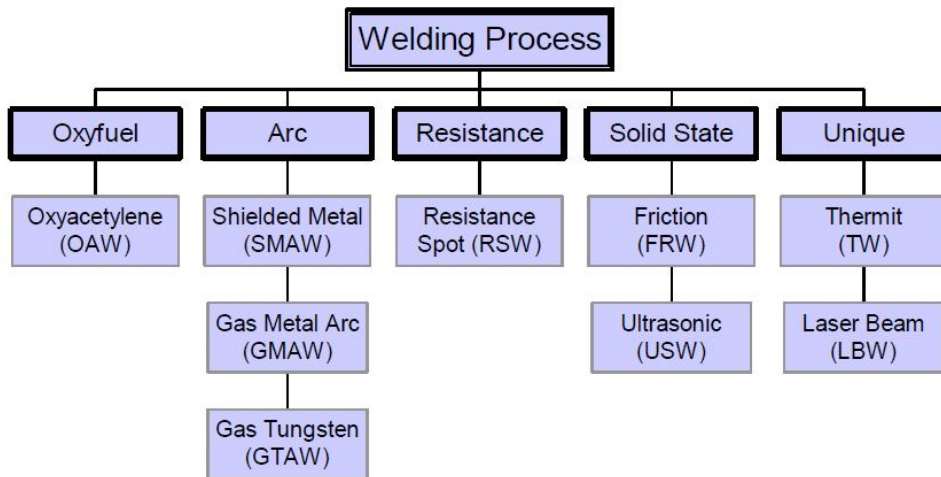
مبدل ها (ترانس ها)	مبدل یکسو کننده (رکتیفایر)	موتور مولد	دینام ، دیزل، موتور بنزینی سیار
-----------------------	----------------------------------	---------------	---------------------------------------



آماده سازی لبه (Edge Prepration)

1. زاویه پفی امکان دقول الکرود را به داخل درز فراهم می کند.
2. فاصله ریشه امکان نفوذ هوش را به ریشه فراهم می کند.
3. ضخامت ریشه از سوختن ریشه جلوگیری می کند.
4. از ریزش هوش جلوگیری می کند.
5. در صورت استفاده از پشت بند ضخامت ریشه صفر است.
6. در صورت عدم استفاده از پشت بند، هوش پشت (back weld) لازم است.
7. در صورت استفاده از پشت بند، هوش پشت حذف می شود، لیکن باید امتزاج کامل در ریشه به عمل آید

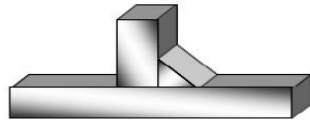




Butt Welds



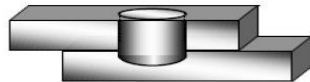
Fillet Welds



Spot/Seam Welds



Plug/Slot Welds

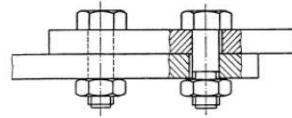


Edge Welds

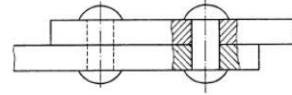


Types of joints

Screwing



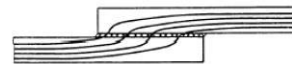
Riveting



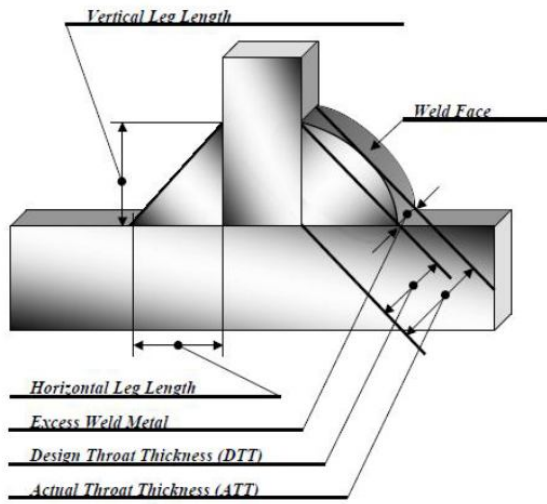
Bonding



Soldering/Brazing



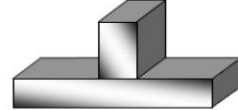
Welding



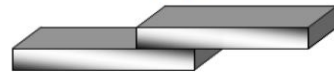
Types of common joints



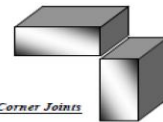
Butt Joints



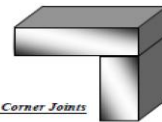
T Joints



Lap Joints



Open Corner Joints

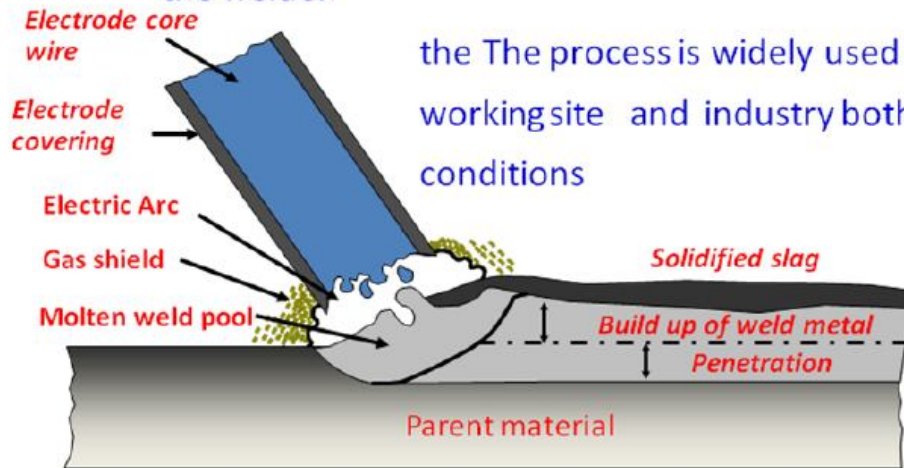


Closed Corner Joints

MMA is a simple process in terms of equipment

The process can be used in AC, DC+ or DC-

from skill high The process is a manual process and demands a high level of skill from the welder.



USA: SMAW

The process is widely used throughout working sites and industry both for shop welding conditions

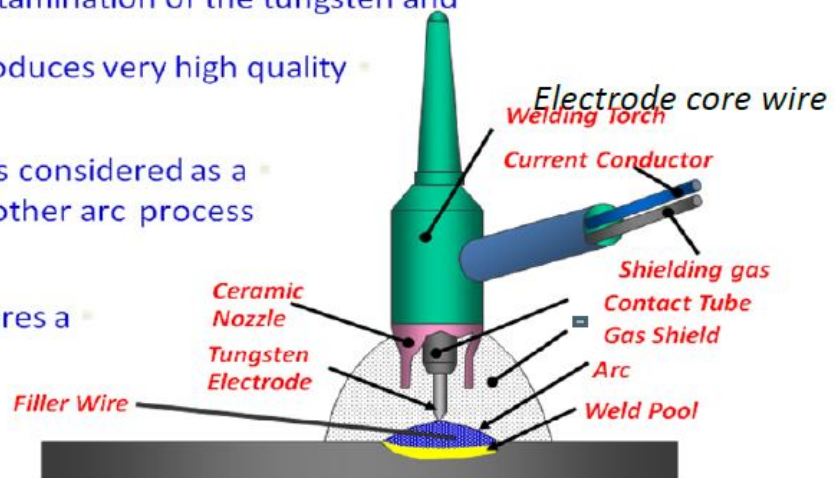
The process uses a non-consumable tungsten electrode

stating, which The arc may be initiated by a high frequency to avoid scratch weld could cause contamination of the tungsten and

welds. The process produces very high quality

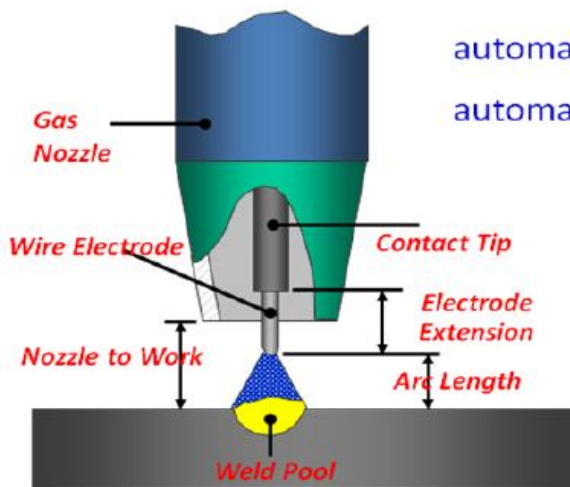
slow The TIG process is considered as a slow welding compared to other arc welding processes

high The process requires a high level of welder skill



USA: GTAW

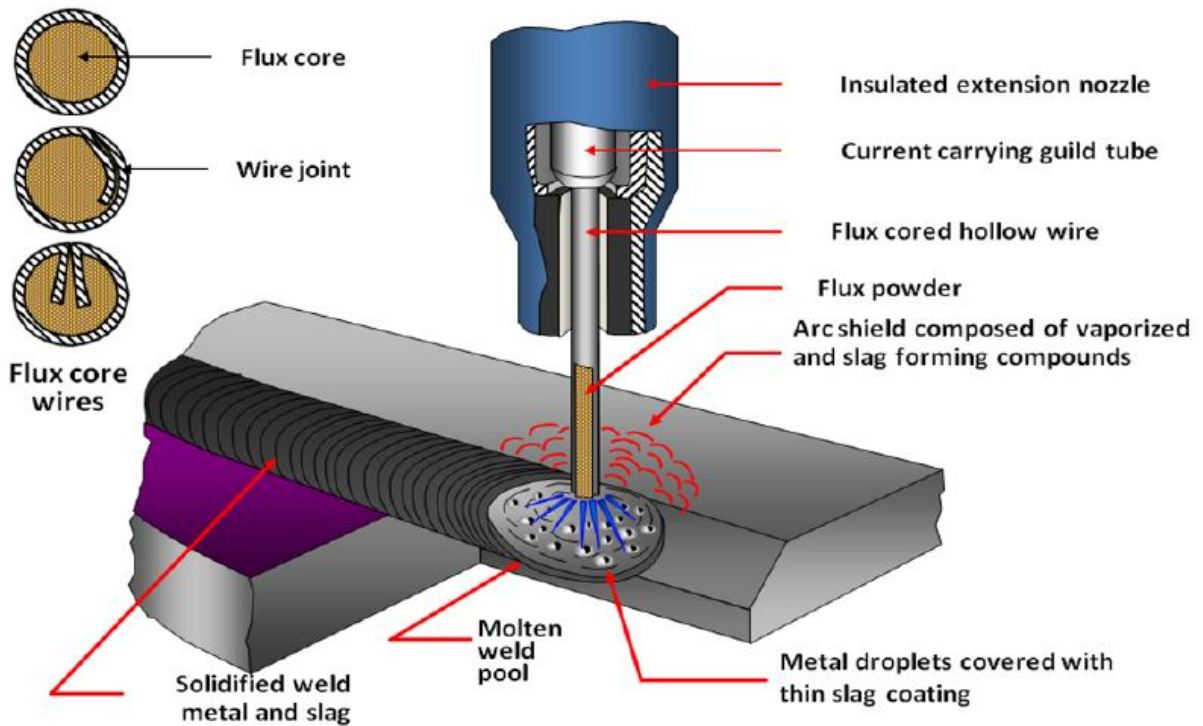
The process uses a continuously fed wire electrode
 gas The weld pool is protected by a separately supplied shielding



automatic The process is classified as a semi-
 automated fully welding process but may be

The wire electrode can be either
 cored/hollow bare/solid wire or flux
 wire

USA: GMAW



E 6013	E 6010	E 7018	E 7024
روتیلی	سلولزی	قلیایی (کم غیرروزی)	روتیلی با پودر آهن
استحکام معمول تافنس معمولی	استحکام معمولی تافنس خوب	استحکام خوب تافنس عالی	استحکام خوب تافنس معمولی

ویدئو

استاندارد و آیین نامه	
Standards	<ul style="list-style-type: none"> • استاندارد هر مدرک یا وسیله ای است که جهت مقایسه مورد استفاده قرار میگیرد • استاندارد یک واژه کلی و عام است که می تواند شامل آیین نامه ها، مشخصات، دستورالعمل ها، رویه پیشنهادی باشد
Codes	<ul style="list-style-type: none"> • توسط قانون یا یک مرجع قانونی لازم الاجرا می گردد • کد ها می توانند به موازات سایر استانداردها استفاده شوند.
Specifications	<ul style="list-style-type: none"> • ملزومات را برای یک موضوع خاص مانند مواد، شرایط بازرسی و ... مشخص می کند

انواع سیستم های بازرسی

آزمون های مخرب

Destructive Test

- در این آزمون ها قطعه یا نمونه مورد آزمون تخریب می گردد
- امکان انجام آزمون بر روی تمام نمونه ها وجود ندارد
- انجام آزمون معمولا نیاز به نمونه سازی و تهیه نمونه استاندارد دارد

آزمون های غیر مخرب

Non Destructive Test (NDT)

- انجام آزمون موجب تخریب قطعه نمی گردد
- امکان انجام آزمون بر روی تمام محصولات، قطعات یا موارد آزمون وجود دارد

آزمون های مخرب مرسوم

- Tension test
- Impact test
- Bend test
- Hardness Test
- Chemical Analysis
- Hydrostatic Test
- Burst Test
- آزمون کشش
- آزمون ضربه
- آزمون خمش
- آزمون سختی سنجی
- آنالیز شیمیایی
- آزمون هیدروستاتیک
- آزمون ترکیدن

روش های متداول NDT

Visual Test	1. بررسی چشمی (VT)
Liquid Penetrant Test	2. بازرسی با مایعات نافذ (PT)
Magnetic Particle Test	3. بازرسی با ذرات مغناطیسی (MT)
Radiographic Test	4. رادیوگرافی (RT)
Eddy Current Test	5. بازرسی با جریان گردابی (ET)
Ultrasonic Test	6. بازرسی با امواج اولتراسونیک (UT)
Acoustic Emission Test	7. بازرسی با انتشار امواج صوتی (AET)

طبقه بندی روشهای بازرسی

■ بازرسی عیوب حجمی

- بازرسی با امواج فراصوتی
- رادیوگرافی

■ بازرسی عیوب سطحی

- بازرسی با مایعات نافذ
- بازرسی با ذرات مغناطیسی

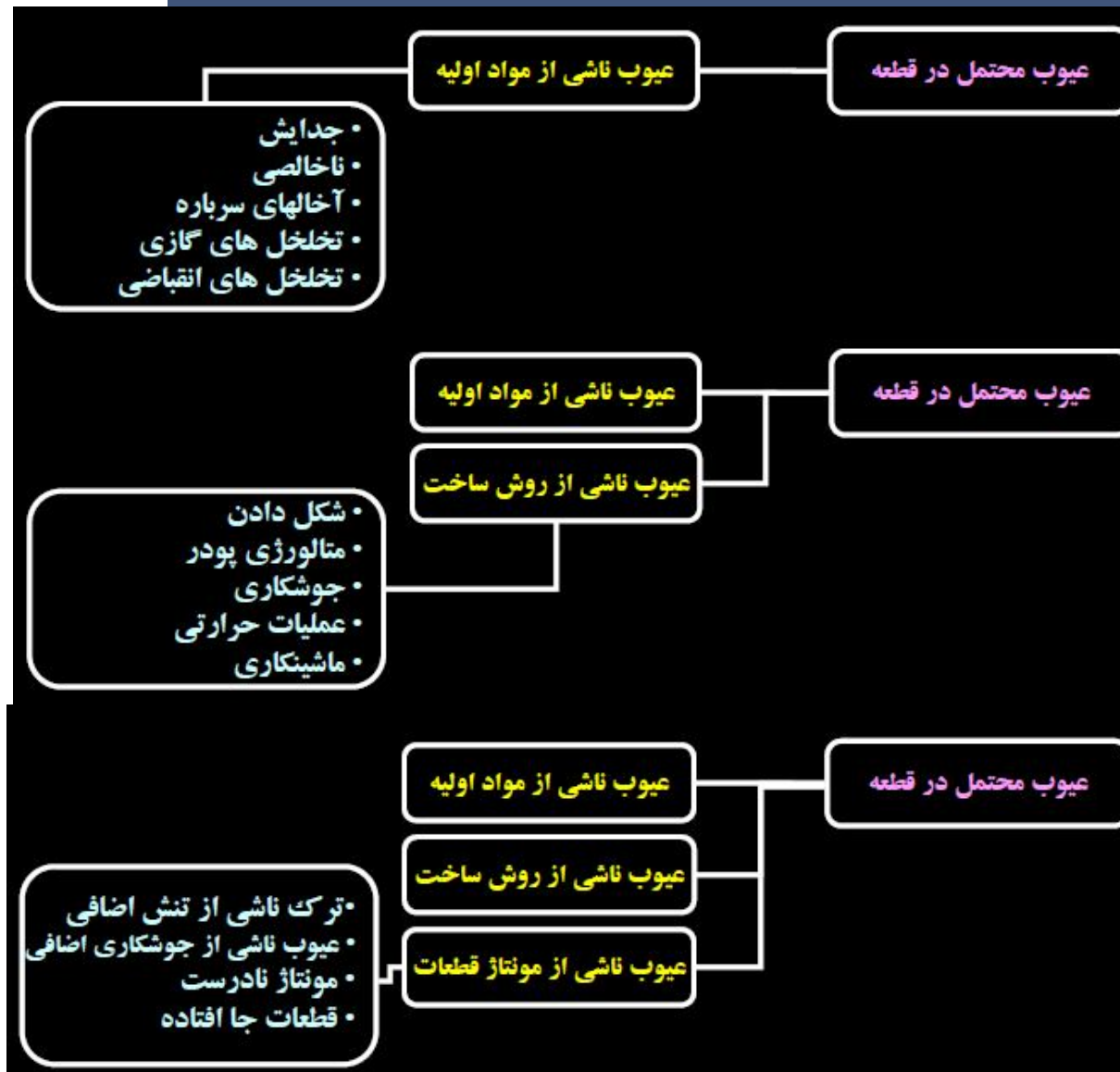
المان های بازرسی غیر مخرب

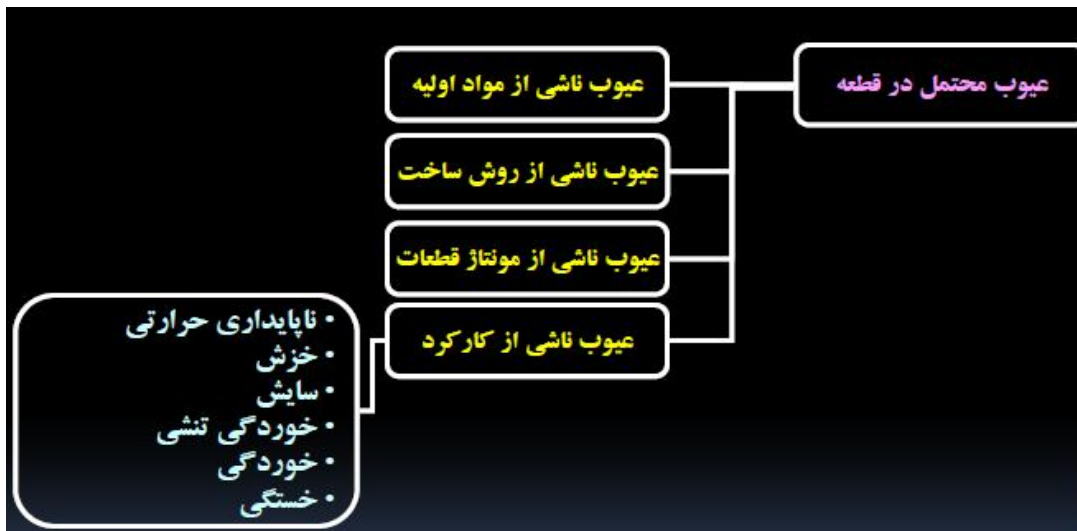
1. منبع انرژی
2. یک قطعه کار متناسب با منبع انرژی
3. قطعه آزمون برای اندازه گیری تفاوت ها
4. وسیله ای برای نشان دادن و ثبت نتایج آزمون
5. اپراتور آموزش دیده
6. دستور العمل برای انجام تست
7. سیستم گزارش نتایج

▪ ناپیوستگی (Discontinuity): هر گونه تغییر در خواص متالورژیکی، مکانیکی یا فیزیکی جسم ناپیوستگی نامیده می شود. یک ناپیوستگی در حقیقت یک انقطاع در ساختار فلز جوش یا فلز پایه است.

▪ عیب (Defect): ناپیوستگی هایی که باعث شود خواص استاندارد قطعه از بین رود، عیب نامیده می شود. عیب نیز یک ناپیوستگی است که به واسطه ویژگی خاصش و یا در اثر تجمع آن در قطعه یا محصول، نمی تواند حداقل استانداردهای کاری مورد نیاز را برآورده کند.

یک ناپیوستگی لزوماً عیب نیست.





طبقه بندی عیوب موجود در جوش



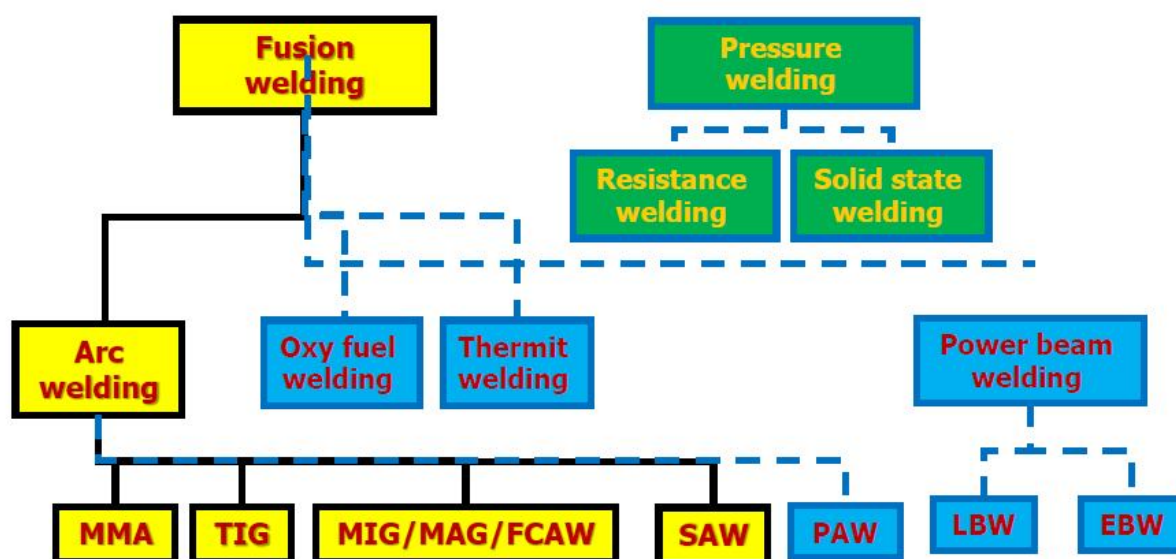
انواع ترک ها



جوشکار کنترل موارد زیر را انجام میدهد:

- طول قوس
- زاویه الکتروود
- سرعت حرکت
- تنظیم آمپر

فرآیندهای جوشکاری



الکترودهای جوش قوس دستی (تقسیم بندی بر اساس نوع پوشش)

اسیدی : پوشش شامل اکسیدها و کربنات های منگنز و سیلیسیم جوش با ظاهری صاف و تمیز سرباره براحتی از جوش جدا می شود محدودیت کاربرد

قلیایی: پوشش حاوی کربنات کلسیم و فلورید CaF_2 , CaCO_3 نیاز به پخت جهت حفظ هیدروژن کم

خواص مکانیکی خیلی خوب
سرباره سخت جدا می شود
پروفایل جوش محدب می باشد
مثال: E7018

سلولزی: پوشش شامل مقدار زیادی سلولز می باشد که در اثر سوختن مقدار زیادی هیدروژن و اکسید کربن بوجود می آید (خطر ترک سرد) بدلیل وجود مواد محتوی، اجازه پخت یا خشک کردن ندارد حضور گازهای حاصل از سوختن، در قوس موجب یونیزه شدن، و ایجاد ولتاژ بالای قوس و در نتیجه انرژی تولید شده بیشتر می گردد و عمق نفوذ جوش بالا می رود. سرباره نازک (مواد کربنی و سوختنی در پوشش) ولی ظاهر ضعیف

مثال: E6010

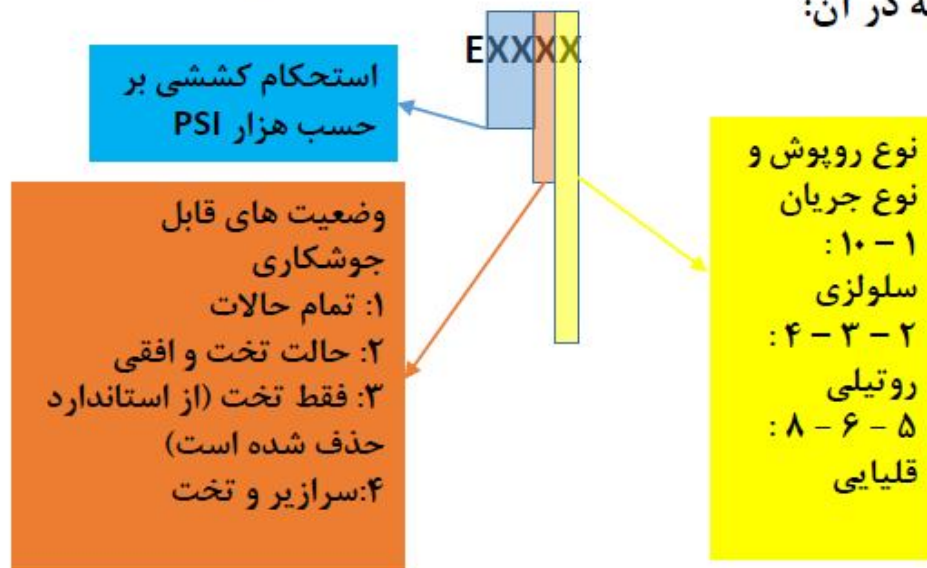
روتیلی: پوشش شامل اکسید تیتانیم قوس پایدار، و استفاده آسان باعث کاربری در هر دو جریان AD و DC

سرباره براحتی از جوش جدا می شود
پروفایل جوش صاف

امکان خشک کردن برای کاهش هیدروژن

مثال: E6013

شناسایی الکتروود در استاندارد AWS بصورت EXXXX می باشد (برای مثال E7018) که در آن:

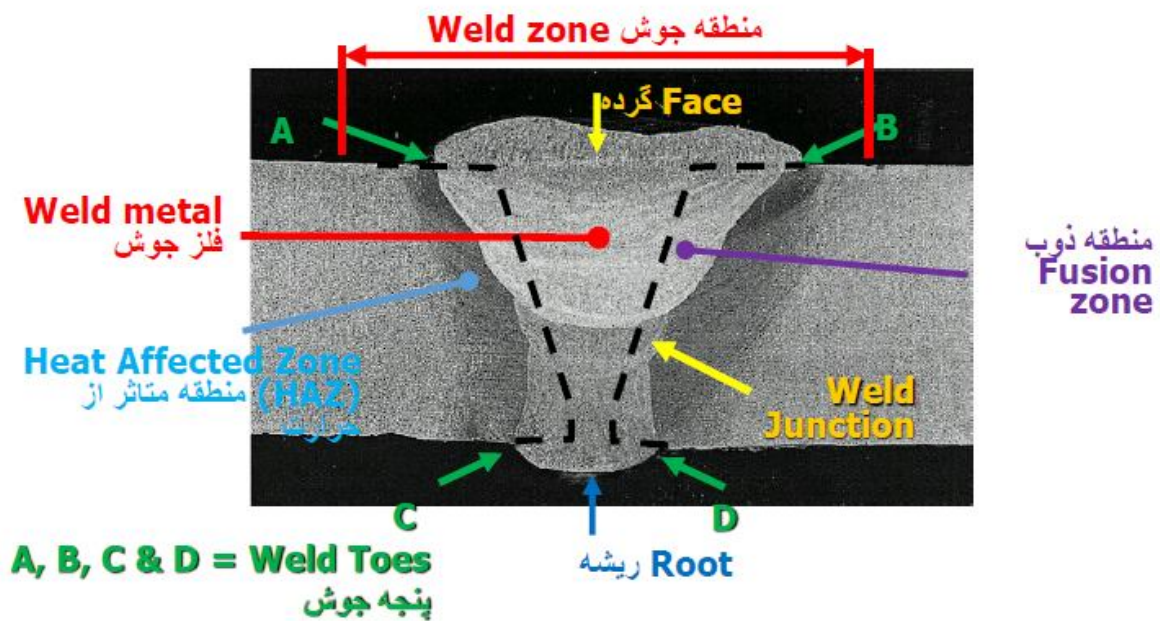


نمونه عیوب جوشکاری در روش دستی

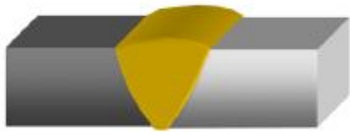
- | | | |
|----|---|-------------|
| 1) | Slag inclusions | آخال سرباره |
| 2) | Arc strikes | برخورد قوس |
| 3) | Porosity | تخلخل |
| 4) | Undercut ذوب کناره | |
| 5) | Shape defects (overlap, excessive root penetration, etc.)
جوش | |

عیوب شکلی مانند سررفتن، نفوذ اضافی ریشه و ...

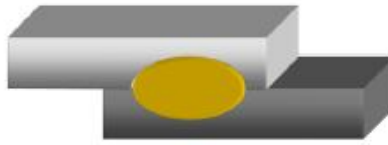
اغلب عیوب جوش در روش جوشکاری دستی به علت عدم مهارت جوشکار، تنظیم نامناسب تجهیز و عملیات یا استفاده غیر صحیح الکترودها می باشد.



Types of Typical Welds



Butt



Spot



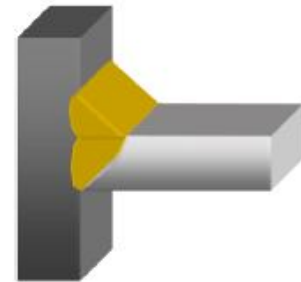
Edge



Fillet



Plug



Compound

Types of Typical Joints



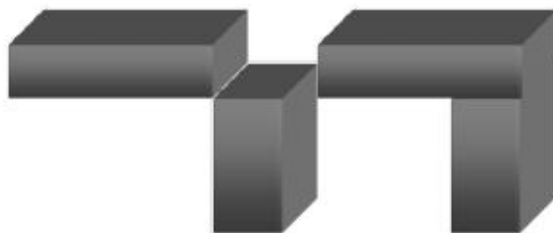
Butt



Lap



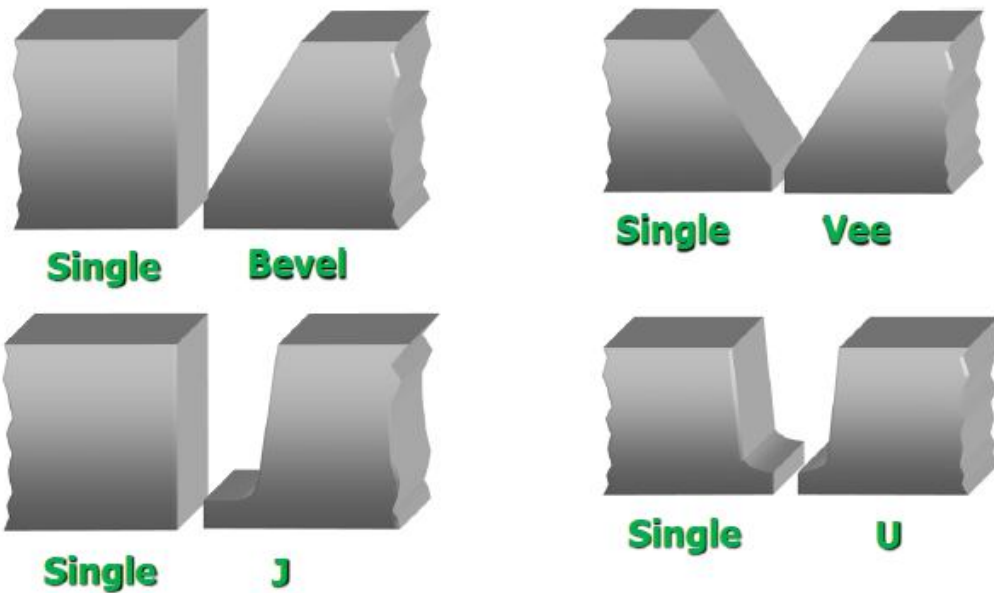
Tee



Open & Closed Corner

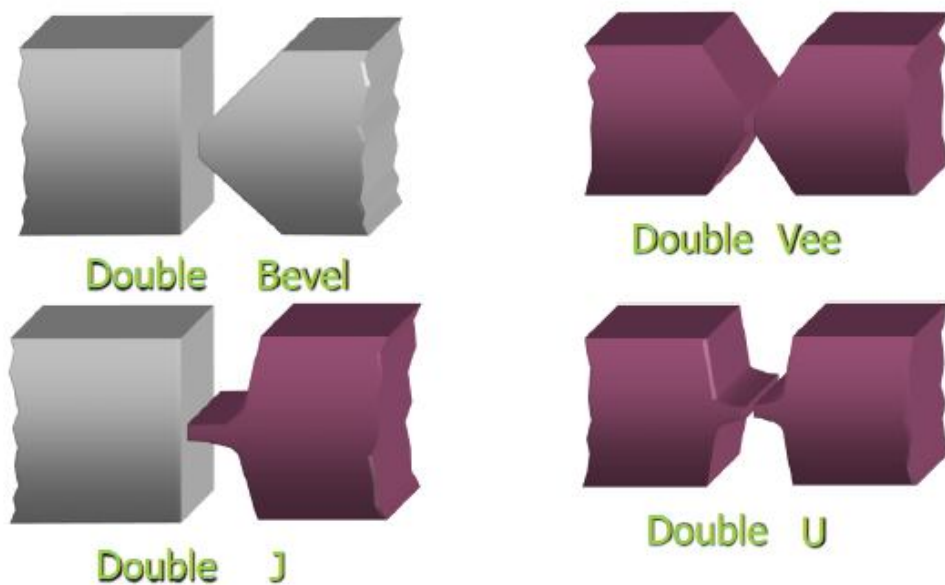
لبه سازی یک طرف Single sided Butt Preparations طرف

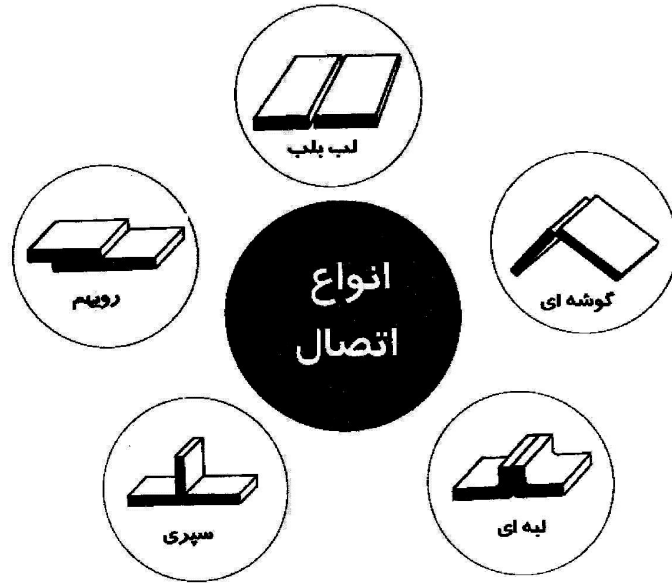
Single sided preparations are normally made on thinner materials, or when access from both sides is restricted



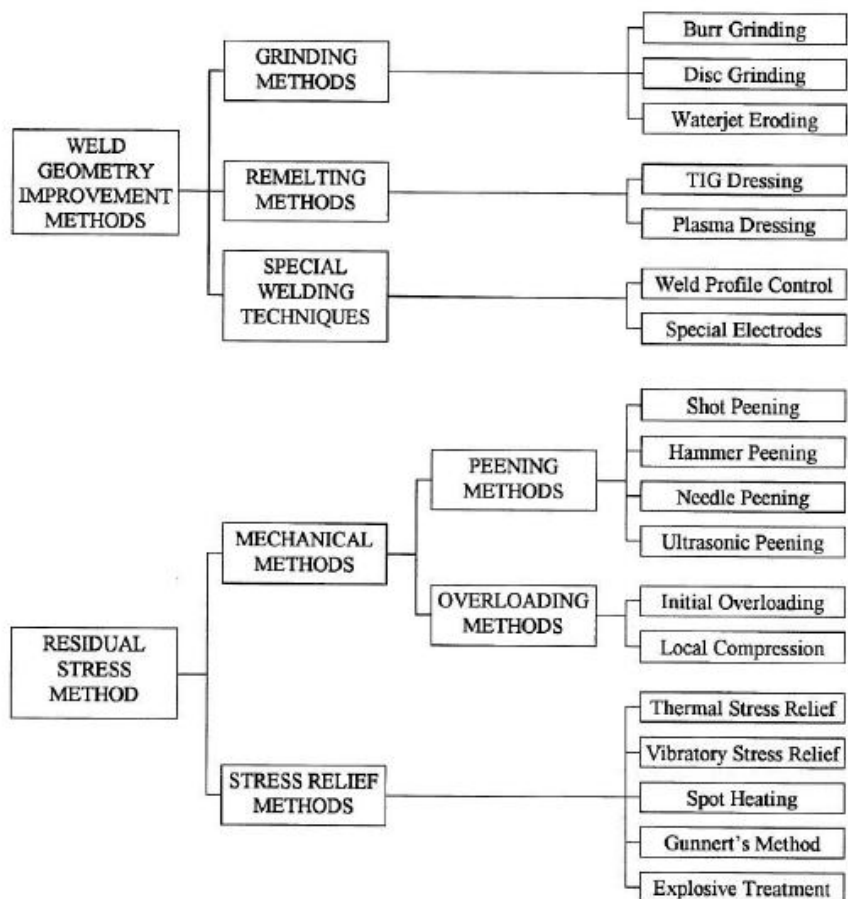
لبه سازی دو طرف Double sided Butt Preparations طرف

Double sided preparations are normally made on thicker materials, or when access from both sides is unrestricted





بوش شیاری	بوش گوشه
خمش هدایت شده	شکست اتصال کنج
کشش مقطع کاهش یافته	کشش مستقیم
کشش تمام مصالح	حک اسید مقطع جوش
آزمایش ضربه	خمش جوش گوشه



روش‌های مختلف استحکام بخشی به اتصالات فلزی جوشی



جوشکاری (Welding) : فرآیند اتصال دادن ، با حرارت دادن مواد یا بدون حرارت دادن ، با اعمال فشار یا بدون اعمال فشار ، با استفاده از فلز پرکننده یا بدون فلز پرکننده ، به نحوی ذوب و انجماد مداوم در امتداد درز اتصال صورت می گیرد و یا اتصال لبه ها ، از طریق له شدن در هم انجام می شود را جوشکاری گویند.

جوش (Weld) : اتصال موضعی فلز ، که در آن اتصال با حرارت دادن به میزان مناسب ، با کاربرد فشار یا بدون کاربرد فشار ، با استفاده از مواد پرکننده یا بدون مواد پرکننده ، صورت می گیرد را جوش گویند. (فلز پرکننده دارای نقطه ذوبی معادل همان فلزات پایه است.)

جوش ایده آل : جوش ایده آل را می توان به محل اتصالی اطلاق نمود که نتوان آن موضع را از قسمت‌های دیگر قطعات جوش داده شده تشخیص داد. با وجود دست نیافتن به این چنین مشخصات ، می توان خواص محل اتصال را چنان بالا برد که در عمل ، کاملاً رضایتبخش باشد.

رویه جوش (Weld Face) : سطح جوش ذوبی از طرفی که جوشکاری انجام شده را رویه جوش می نامند.

حوضچه جوش (Weld Pool) : حجم موضعی فلز مذاب در یک جوش ، قبل از انجماد فلز تازه جوش داده شده را حوضچه جوش گویند

فلز پایه (Base Metal) : فلزی است که باید جوشکاری ، لحیم کاری ، لحیم کاری سخت یا بریده شود را فلز پایه گویند.

فلز جوش (Weld Metal) : در جوش ذوبی شامل آن قسمت از فلز پایه و فلز پرکننده است که در جریان جوشکاری ذوب شده است.

فصل مشترک جوش (Weld Interface) : فصل مشترک بین فلز جوش و فلز پایه در جوش حالت جامد بدون فلز پرکننده و یا بین فلز پرکننده و فلز پایه در جوش حالت جامد با فلز پرکننده را ، فصل مشترک جوش گویند.

منطقه متاثر از جوش (Heat Affected Zone – HAZ) : قسمتی از فلز پایه که ریز ساختار و خواص مکانیکی آن توسط حرارت جوشکاری ، لحیم کاری سخت ، لحیم کاری یا برشکاری حرارتی تغییر پیدا کرده است را منطقه متاثر از جوش می نامند.

پیوندگاه جوشکاری (Weld Junction) : مرز بین منطقه ذوب و منطقه متاثر از جوش را پیوندگاه جوشکاری می نامند.

چاله جوش (Crater) : فرو رفتگی در انتهای جوش ، در جوشکاری قوسی ناشی از عقب کشیدن سریع الکتروود را چاله جوش می نامند.

الکتروود (Electrode) : جزئی از مدار الکتریکی که در ایجاد قوس نقش داشته و اگر مصرفی باشد به گل جوش و فلز جوش تبدیل می شود.

فلز پرکننده (Filler Metal) : فلز یا آلیاژی که برای ساختن درز جوشکاری شده یا لحیم کاری شده یا لحیم کاری سخت شده باید اضافه شود و پس از ذوب ، حوضچه جوشکاری را پر کند. فلز پرکننده همیشه از جنس فلز پایه نیست و همچنین در ایجاد قوس نقشی ندارد.

(AWS) American Welding Society : **AWS** مخفف انجمن جوشکاران آمریکا است که در واقع یکی از معتبرترین جامعه جوشکاری بوده و این انجمن بزرگترین و معتبرترین استانداردها ، طبقه بندی ها و مشخصات فنی را در زمینه های مختلف جوشکاری ارائه نموده است.

راهنمای مشخصات فنی رویه جوشکاری (Welding Procedure Specification-WPS):

سندی که متغیرهای مورد لزوم جوشکاری برای کاربردی خاص را تأمین می کند و برای هر جوشکار آموزش دیده ماهر و هر اپراتور جوشکار تکرار پذیر است. این سند حاوی کلیه دستورات لازم جهت تولید جوش ، کیفیت جوشکاری ، صلاحیت جوشکاری ، کدها در مورد فولاد ، دیگ بخار و مخازن فشاری است.

مدرک کنترل کیفی دستورالعمل (Procedure Qualification Records-PQR) :

سندی حاوی کلیه مقادیر واقعی متغیرهای جوشکاری برای آزمایش جوش جهت کنترل کیفی دستورالعمل جوشکاری و مقادیر واقعی نتایج آزمایش های صورت گرفته روی نمونه جوش است.

روش های جوشکاری

اساس تقسیم بندی روش های جوشکاری به قرار زیر است :

1. حالت ماده در حین جوشکاری (حالت جامد - مایع)
2. میزان استفاده از حرارت خارجی و فشار
3. استفاده از مواد پرکننده (Filler Metal)

تقسیم بندی روش های جوشکاری بر اساس حالت ماده در حین جوشکاری به صورت زیر می باشد :

1. جوشکاری حالت جامد یا غیر ذوبی (Solid State)
2. جوشکاری حالت مایع یا ذوبی (Fusion Welding)
3. جوشکاری حالت مایع - جامد (Liquid Solid State)

مزایای جوشکاری حالت جامد عبارتند از:

- 1- استفاده از فیلمتال در این روشها مفهومی ندارد و خواص فیزیکی و مکانیکی با فلزات پایه یکی خواهد بود.
- 2- اندازه جوش و اعوجاج حرارتی آن در مقایسه با سایر روشهای ذوبی بسیار کوچکتر است.
- 3- رنج وسیعتری از مواد بدون صدمه زدن به خواص فیزیکی و مکانیکی آنها امکان جوشکاری کردن را دارند.
- 4- امکان اتصال فلزات و مواد غیر همجنس نیز وجود دارد (فولاد به فلزات غیر آهنی ، پلاستیکها و ...)

حرارت لازم برای جوشکاری را می توان به طرق مختلف بدست آورد که چند نمونه از آن عبارتند از

1. قوس الکتریکی (مثل قوس الکتریکی با الکتروود روپوش دار)
2. مقاومت الکتریکی (مثل انواع جوشکاری های مقاومتی)
3. احتراق (ترکیب اکسیژن با سوخت های گازی مثل جوشکاری با گاز)
4. واکنش شیمیایی (مثل جوشکاری ترمیت)
5. اصطکاک (مثل جوشکاری اصطکاکی)
6. الکترون (جوشکاری پرتو الکترونی)
7. نور (مثل جوشکاری نوری و جوشکاری لیزر)

تناسب تقریبی جریان با قطر الکتروود و ضخامت ورق در وضعیت تخت

ولتاژ تقریبی بر حسب ولت	شدت جریان بر حسب آمپر	ضخامت ورق بر حسب میلیمتر	قطر الکتروود بر حسب میلیمتر
15-17	60-100	2-4	2.25-3.25
17-20	100-150	4-6	3.25-4
20-22	150-200	6-10	4-5
22	200-400	بزرگتر از 10	5-6

نقش پوشش الکترودها :

1. جلوگیری از زنگ زدگی و آلودگی میله الکتروود ، در زمان انبارداری و جوشکاری
2. محافظت و پایدار سازی قوس الکتریکی برقرار شده
3. محافظت از جوش بوسیله گازهای منشعب شده حاصل از سوختن پوشش الکتروود در جریان جوشکاری
4. محافظت از جوش بوسیله سرباره تشکیل شده ناشی از سوختن پوشش الکتروود در جریان جوشکاری
5. جلوگیری از اتلاف گرما و پراکندگی حرارت در محیط
6. ایجاد یک پروفیل مناسب در سطح جوش (گرده جوش مقعر ، تخت یا محدب)
7. جلوگیری از سریع سرد شدن جوش
8. جلوگیری از رشد بی رویه دانه بندی سطحی جوش
9. کنترل واکنش های سرباره - مذاب ، گاز - مذاب و گاهی اوقات انجام عمل تصفیه فلز جوش یا اضافه نمودن بعضی عناصر آلیاژی به داخل ساختار جوش و بهبود آلیاژ سازی
10. ایجاد امکان بیشتر برای متنوع سازی انواع الکتروودهای ساخته شده از یک نوع میله الکتروود
11. سیال سازی جریان مذاب و ایجاد سهولت بیشتر در جریان جوشکاری
12. کاهش عرض محدوده تحت تأثیر حرارت قرار گرفته (HAZ)
13. افزایش بازدهی یا راندمان بازدهی (تولید مذاب و پرکنندگی) الکتروود و در نتیجه کاهش مصرف الکتروود
14. ایجاد ایمنی بیشتر برای جوشکاران به دلیل کاهش تشعشعات ، انعکاس فلز ناشی از قوس الکتریکی و پاشش جرقه ها
15. افزایش قدرت و سرعت انتقال مذاب از الکتروود به حوضچه جوش و برقراری بهتر جریان مثبت و منفی
16. کنترل عمق نفوذ جوش

۱۷. کاهش حرارت ورودی مورد نیاز و در عین حال افزایش شدت قوس در صورتی که پودر آهن در پوشش الکترودهای فولادی بکار گرفته شده باشد.

۱۸. امکان انجام جوشکاری در وضعیت های مختلف و حتی وضعیت های جوشکاری دشوار مثل بالاسری یا بالاسر

۱۹. کنترل طول قوس و ولتاژ

۲۰. مشخصه شناسایی الکترودها در صورت استفاده از پوشش ها با رنگ های مختلف و معرفی

شده

دسته بندی وظایف پوشش الکترو

وظایف اجزا روپوش	جسندگی	مقاومت روپوش	تثبیت کنندگی	سرباره سزی	تشکیل دهنده گاز	عامل احیا	عامل اسید کنندگی	اسیدی بودن	قلیایی بودن	سیالیت سرباره	درصد آلیژی	نرخ جلیگزی	کمی هیدروژن
سلولز	B	B			A	B							
روتیل			A	A				B		A		B	
سیلیکات سدیم	A		B						B				
آزبست	B	A	B	A						B		B	
حک رس										B		B	
کربنت کلسیم			A	B	A		B		B				A
فلورید کلسیم									A	A			
سیلیکات آلومینیم		B		A									
سیلیکات منگنز		B		A									
سیلیکات آهن		A	B	A									
سیلیکات پتاسیم	A		A	A								B	
اکسید آهن			B			A		A	A				
فرو منگنز				A		A		B			B		
پودر های آلیژی							B				A		
پودر آهن			B									A	

B=وظیفه ثانویه

A=وظیفه اولیه

نوع جريان	عناصر موجود در آن	شماره الكترد	نوع روپوش
DCEP	پوشش سلولزی سدیم دار	EXXX0	سلولزی
AC- DCEP	پوشش سلولزی پتاسیم دار	EXXX1	
AC-DCEN	پوشش اكسید تیتانیم،سدیم دار	EXXX2	رتیلی
AC-DCEN-DCEP	پوشش اكسید تیتانیم،پتاسیم دار	EXXX3	
AC-DCEN-DCEP	پوشش اكسید تیتانیم، محتوی پودر آهن	EXXX4	
DCEP	پوشش كم هیدروژن،سدیم دار	EXXX5	قلیایی
AC- DCEP	پوشش كم هیدروژن دار،پتاسیم دار	EXXX6	
AC- DCEP-DCEN	پوشش اكسید آهن محتوی پودر آهن	EXXX7	اسیدی
AC- DCEP	پوشش كم هیدروژن محتوی پودر آهن	EXXX8	قلیایی همراه پودر آهن

وضعیت جوشکاری	نوع جریان	AWS	نوع ماده
F-V-OH-H	DCR	E6010	فولادهای معمولی
F-V-OH-H	DCR-AC	E6011	
F-V-OH-H	DCS-AC	E6012	
F-V-OH-H	DCS-AC	E6014	
F-V-OH-H	DCR-DCS-AC	E6015	
F-H	DCR-DCS-AC	E6020	
F-H	DCR-DCS-AC	E6024	
F-H	DCR-DCS-AC	E6027	
F-V-OH-H	DCR-DCS-AC	E7014	
F-H	DCR-DCS-AC	E7024	
F-V-OH-H	DCR	E6015	فولادهای کم هیدروژن
F-V-OH-H	DCR-AC	E6016	
F-V-OH-H	DCR-AC	E6018	
F-V-OH-H	DCR-AC	E7016	
F-V-OH-H	DCR-AC	E7018	
F-H	DCR-AC	E7028	
F-V-OH-H	DC-AC	E308-15,16	فولادهای زنگ نزن
F-V-OH-H	DC-AC	E389-15,16	
F-V-OH-H	DC-AC	E310-15,16	
F-V-OH-H	DC-AC	E316-15,16	
F-V-OH-H	DC-AC	E347-15,16	
F-V-OH-H	DCR-AC	E7011-A1	فولادهای کم آلیاژ
F	DCR-DCS-AC	E7020-A1	
F-V-OH-H	DCR-AC	E8018-C3	
F-V-OH-H	DCS-AC	E10013-C3	

DCR=جریان یکنواخت قطب معکوس

DCS=جریان یکنواخت قطب مستقیم

AC=جریان متناوب

F=تخت V=قائم OH=بالا میری یا سقفی H=افقی

نوع درز	نام	شکل نمادین	نمایش		نمای مجسم
			مقطع درز	فرم درز	
درزهای لب به لب	درز نیم جثافی دمدار				
	درز نیم جثافی دمدار (دو سویه کنما)				
	درز نیم لاله‌ای (یک سویه)				
	درز نیم لاله‌ای دو سویه				
درزهای پیشانی	درز پیشانی تخت				
	درز پیشانی جثافی				
درزهای گنوی	درز گنوی با گوشه‌ای				
	درز گوشه‌ای با گنوی دو سویه				
	درز گوشه‌ای با درز گنوی بیرونی				
	درز نیم جثافی با رشته باز				

نوع درز	نام	شکل نمائیک	نمایش		نمای مجسم
			مقطع درز	فرم درز	
درزهای لب به لب	درز لب برگردان		قبل از جوش 	بعد از جوش 	
	۱- درز سر به سر با لب به لب				
	۷- درز جناهی				
	درز جناهی با رشته باز				
	درز جناهی دوسویه نیز				
	درز جناهی دمدمار				
	درز جناهی دوسویه کند				
	درز ناودانی با لاله‌ای یک سو				
	درز ناودانی با لاله‌ای دو سو				
	درز نیم جناهی				
	درز نیم جناهی دوسویه نیز				







WELD DEFECTS. عیوب جوش کلاسه بندی عیوب

میزان فاکتور تمرکز تنش STRESS CONCENTRATION FACTOR SCALE

LOW SIGNIFICANCE اهمیت کم	MEDIUM SIGNIFICANCE اهمیت متوسط	HIGH SIGNIFICANCE اهمیت بالا
1- 4	5 - 7	8- 10
EQUIAXED (متساوی المحور (کروی)	LINEAR VOLUMETRIC حجمی خطی	PLANAR ای صفحه ای
Rounded and Non linear مدور و غیر خطی Gas pores Slag inclusions آخال سرباره، خلل و فرج گازی	Slag lines خط گل جوش Elongated porosity تخلخل امتداد یافته	Linear from at least one direction خطی از حداقل یک جهت Cracks, lack of fusion ترک، ذوب ناقص

عیوب جوش از نظر موقعیت به سه دسته تقسیم می شوند:

Root Defects. عیوب ریشه

Internal Defects. عیوب داخلی

Surface Defects. عیوب سطحی

ROOT DEFECTS.

INCOMPLETE ROOT PENETRATION.

LACK OF ROOT FUSION.

ROOT CONCAVITY.

BURN THROUGH.

EXCESS PENETRATION.

- ① Excessive penetration
- ② Lack of root fusion
- ③ Root notch
- ④ Crater cracks
- ⑤ Crack
- ⑥ Undercutting
- ⑦ Excess weld metall
- ⑧ Spatter
- ⑨ Stray arcing/flash

عیوب ریشه

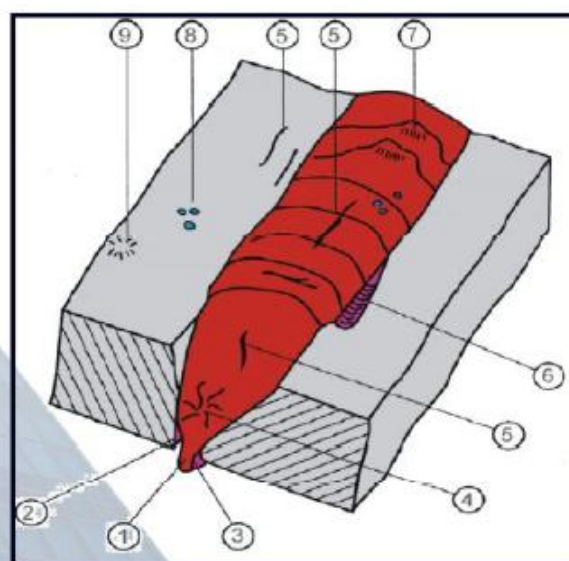
نفوذ ناقص ریشه

ذوب ناقص ریشه

تقعر ریشه

سوختگی داخلی

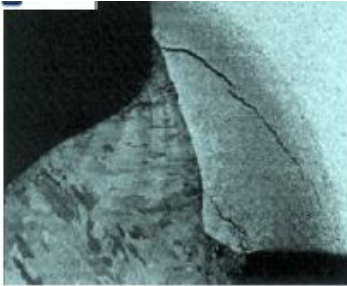
نفوذ اضافی



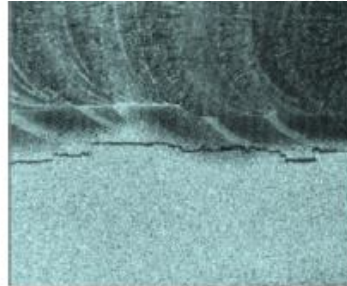
تری

عوامل

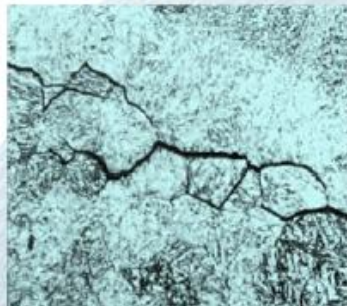
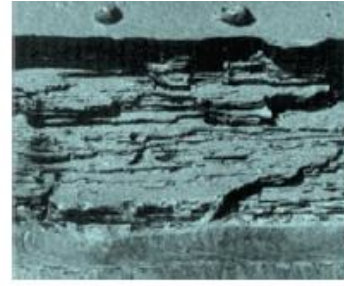
1. نفوذ هیدروژن
2. عدم پیش گرمایش و سرد شدن سریع
3. کثیف بودن درز
4. تنش اضافه
5. قيودات درمقابل تغییر شکل حرارتی
6. نسبت عمق به عرض زیاد



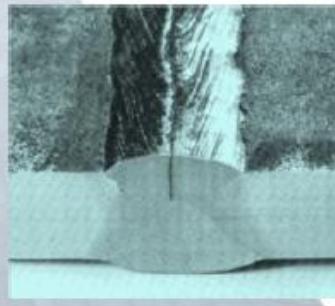
HAZ Hydrogen Cracking



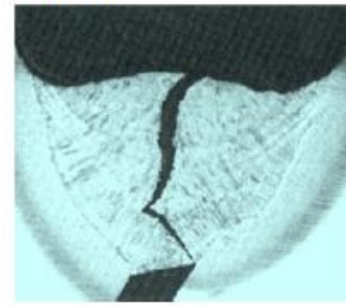
Lamellar Tearing



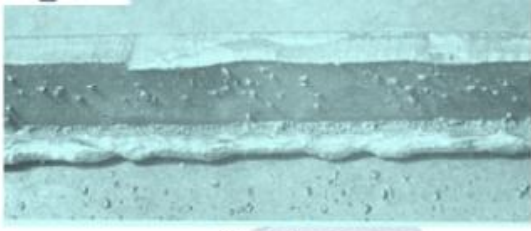
Reheat Cracking



Solidification Cracking



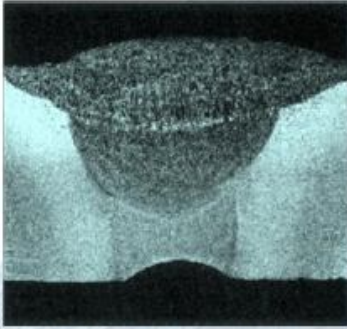
Weld Metal
Hydrogen
Cracking



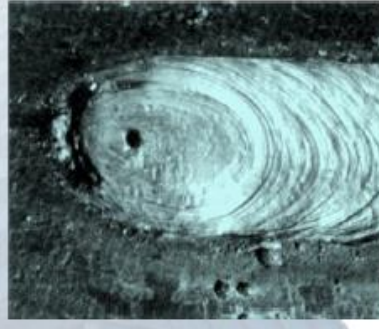
Overlap



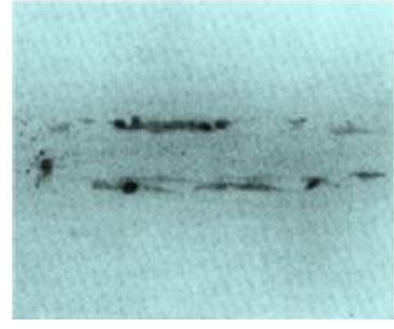
Undercut



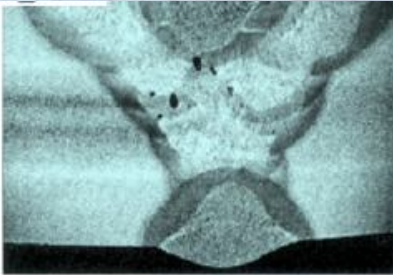
Root Concavity



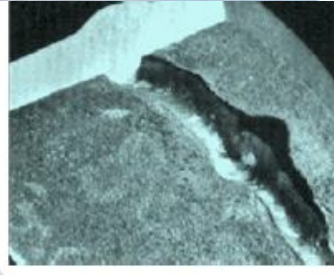
Crater Pipes



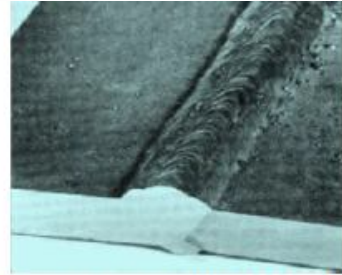
Linear Inclusions



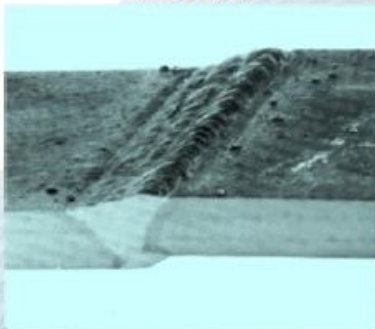
Porosity



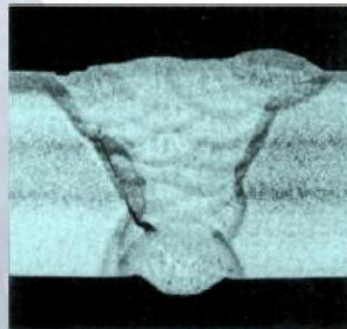
Excess Penetration Bead



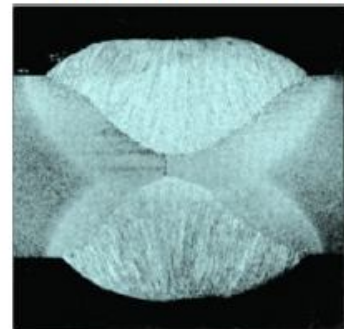
Excess Weld Metal



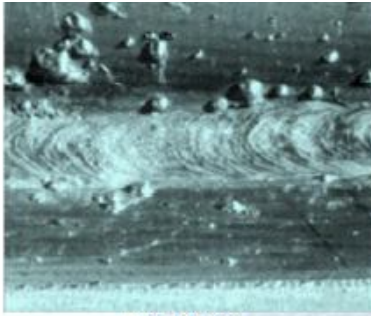
Linear Misalignment



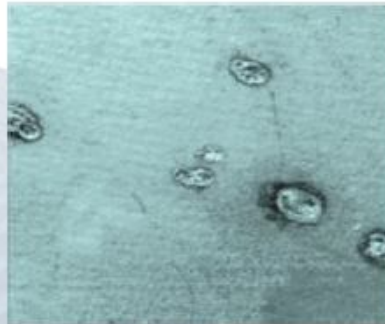
Incomplete Fusion



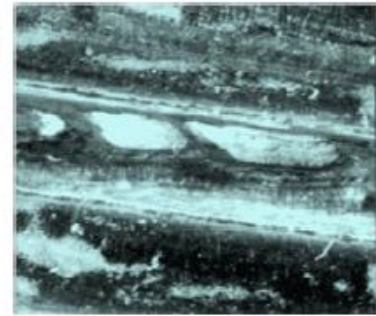
Incomplete Root Penetration



Spatter



Stay Arcing



Surface Poking

INCOMPLETE ROOT PENETRATION

نفوذ ناقص ریشه

DEFINITION:

Failure of weld metal to extend into the root of a joint.

عدم ذوب ریشه

CAUSES:

علت:

Root faces too large

اندازه زیاد سطح ریشه

Root gap too small

میزان کم فاصله لبه های ریشه

Electrode dia too large

قطر زیاد الکترود

Incorrect electrode angle

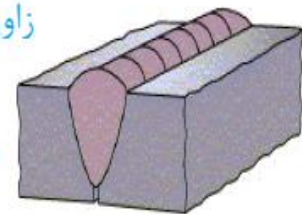
زاویه نامناسب الکترود

Arc length too long

طول قوس بلند

Travel speed too high for current

سرعت حرکت بالا



INCOMPLETE ROOT FUSION

ذوب ناقص ریشه

DEFINITION:

Lack of union at the root of the weld.

عدم پیوستگی ریشه جوش

CAUSES:

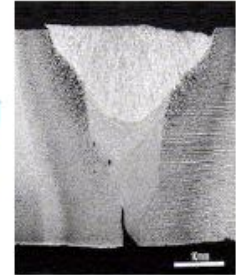
Amperage too low / too high

Contaminated weld preps

علت:

آمپر خیلی بالا یا خیلی پایین

آلوده شدن لبه های جوش



ROOT CONCAVITY

تقعر ریشه

DEFINITION:

A shallow groove that may occur in the root of a butt weld.

یک شیار کم عمق که در ریشه جوشهای لب به لب اتفاق می افتد.

CAUSES:

Root face too large

Low arc energy

Excessive back purge

علت:

اندازه زیاد سطح ریشه

انرژی قوس پایین

گاز پرج اضافی



EXCESS PENETRATION

نفوذ اضافی

DEFINITION:

Excessive weld metal protruding through the root of a fusion weld made from one side only.

بیرون زدگی اضافی فلز جوش از ریشه

CAUSES:

Excessive amperage

علت:
آمپر بالا

Excessive root gap

فاصله زیاد لبه های ریشه

Small root face

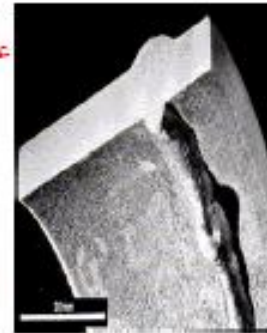
اندازه کم سطح ریشه

Incorrect welding technique

تکنیک نامناسب جوشکاری

Type of electrode

نوع الکترود



BURN THROUGH

سوختگی داخلی

DEFINITION:

A localised collapse of the molten pool due to excessive penetration, resulting in a hole in the weld run.

فروپاشی موضعی حوضچه ذوب بدلیل نفوذ اضافی که در نتیجه یک حفره در مسیر جوش ظاهر می گردد.

CAUSES:

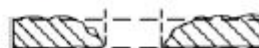
Excessive current

علت:

آمپر بالا

Incorrect welding technique

تکنیک نامناسب جوشکاری



INTERNAL DEFECTS

عیوب داخلی

- LACK OF SIDE WALL FUSION. ذوب ناقص دیواره
- LACK OF INTER RUN FUSION. ذوب ناقص پاس های میانی
- POROSITY. تخلخل
- SLAG INCLUSIONS. آخال سرباره (گل جوش)

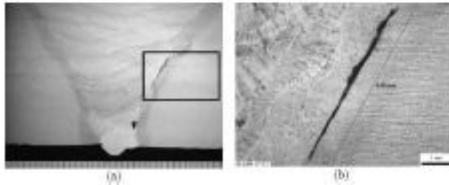
LACK OF SIDEWALL FUSION

ذوب ناقص دیواره

DEFINITION:

Lack of union in a weld.

عدم اتصال جوش



CAUSES:

Contaminated weld prep
Amperage too low / high

علت:

آلوده بودن لبه های جوش
آمپر خیلی بالا یا خیلی پایین

POROSITY

تخلخل

• DEFINITION:

A group of gas pores, formed by entrapped gas during the solidification of molten metal.

گروهی از حفرات گازی که در اثر محبوس شدن گاز در خلال انجماد فلز جوش شکل گرفته اند.



حفرات بزرگتر از ۱.۵ میلیمتر را Blowhole می گوئیم.
حفرات لوله ای شکل یا کشیده شده را Wormhole می گوئیم
حفرات کوچکتر را Pinhole می گوئیم.

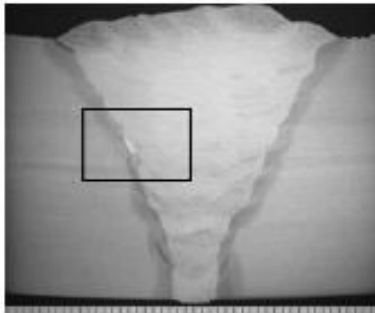
SLAG INCLUSION

گل جوش

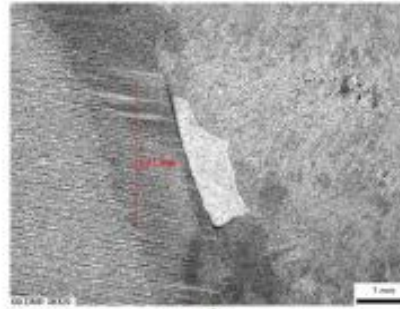
DEFINITION:

A fused, non-metallic residue produced from some processes.

وجود محصول باقیمانده غیر فلزی از برخی فرایندها در جوش



(a)



(b)

CAUSES:

Insufficient cleaning

Contamination

Arc length too long

Welding over irregular profile

عدم تمیزکاری مناسب

آلودگی سطح

طول قوس بلند

پستی و بلندی زیاد پروفایل جوش

SURFACE DEFECTS.

عیوب سطحی

- ARC STRIKES.
- SURFACE CRACKS.
- SPATTER.
- POROSITY.
- EXCESS WELD METAL.
- CRATER PIPE.
- UNDERCUT.
- INCOMPLETELY FILLED GROOVE.
- OVERLAP.
- POOR WELD PROFILE.

برخورد قوس

ترک های سطحی

پاشش ذوب

تخلخل

فلز جوش اضافی

حفره دهانه جوش (چاله جوش)

بریدگی کناره

نقص پرشدگی شیار

روی هم آمدن لبه

سطح جوش ضعیف

ARC STRIKE

برخورد قوس

DEFINITION:

Damage on the parent material resulting from the accidental striking of an arc from the weld. تخریب فلز پایه در اثر برخورد قوس جوش.

CAUSES:

Electrode straying into parent material

برخورد الکتروود با فلز پایه

Poor contact of return / earth clamp (انبر اتصال

بدنه)



SURFACE CRACKS

ترک های سطحی

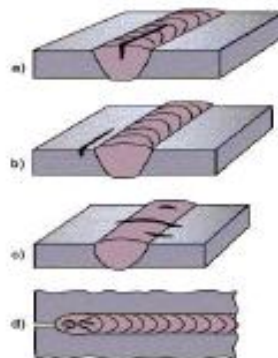
DEFINITION:

A linear discontinuity produced by fracture.

Cracks may be longitudinal, transverse, edge, centreline, fusion zone, under bead, weld metal or parent metal.

ناپیوستگی خطی ایجاد شده در اثر پارگی

ترک ها می توانند طولی، عرضی، لبه ای، خط مرکزی، منطقه ذوب، زیر مهره ای، فلز جوش یا فلز پایه بوجود آیند.



SPATTER

پاشش ذوب

DEFINITION:

Small droplets of electrode material which have strayed away from the arc which may or may not have fused to the parent plate.

قطرات کوچک مواد الکتروود که از قوس بر روی فلز پایه پاشیده شده است.

CAUSES:

Excessive arc energy

Arc – blow

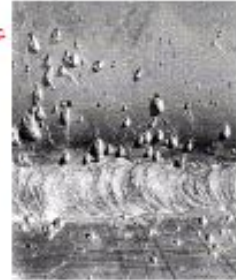
Damp electrodes

علت:

انرژی قوس بالا

وزش قوس

الکتروودهای خیس (مرطوب)



GAS PORES/POROSITY

تخلخل / حفرات گازی

DEFINITION:

A gas pore is a cavity generally under 1.5mm in dia. Porosity is a group of gas pores.

حفرات گازی عموماً بصورت حفرات زیر ۱٫۵ میلی‌متر می باشند. تخلخل مجموعه ای از حفرات گازی می باشد.

CAUSES:

Moisture on prep / flux

Contamination

Arc length too long

Damaged electrode flux

Loss of gas shield

علت:

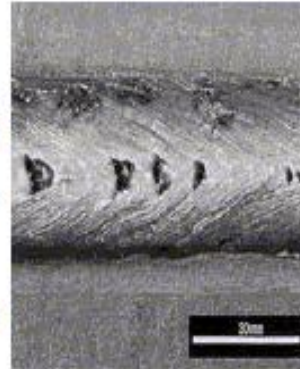
رطوبت اولیه یا در پوشش

آلودگی

طول قوس بلند

خرابی پوشش الکتروود

نقصان در گاز محافظ



EXCESS WELD METAL

فلز جوش اضافی

DEFINITION:

Additional weld metal, at either the root or the face, which may or may not be acceptable.

فلز جوش اضافی، در ریشه یا سطح جوش (اگر از حد مشخص شده بیشتر باشد غیر قابل قبول است)

CAUSES:

علت:

Slow travel speed

سرعت پیشروی کم

Incorrect welding technique

تکنیک نامناسب جوشکاری



CRATER PIPE

حفره دهانه جوش (چاله جوش)

DEFINITION:

A depression due to shrinkage at the end of a weld run, where the source of heat was removed.

فرورفتگی در نتیجه انقباض در انتهای پاس جوش (محلی که منبع گرمایی قطع می شود)

CAUSES:

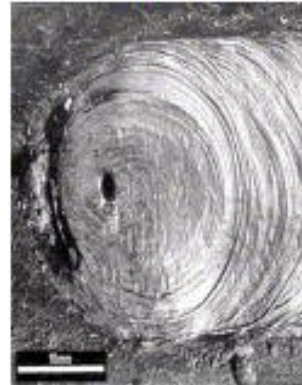
علت:

Liquid to solid volume change

تغییر حجم جامد به مایع

Rapid cooling rate

نرخ سرد شدن سریع



UNDERCUT

بریدگی کناره جوش

DEFINITION:

An irregular groove at the toe of a weld run in the parent material, or in previously deposited weld metal, due to welding.

شکافی در اثر جوشکاری در قسمت پنجه پاس جوش در فلز پایه، یا در فلز جوش قبلی

CAUSES:

Excessive welding current

High welding speed

Wrong electrode angle

Excessive weaving

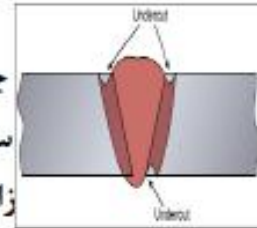
علت:

جریان جوش اضافی

سرعت جوشکاری بالا

زاویه الکتروود نامناسب

دامنه نوسان زیاد



INCOMPLETELY FILLED GROOVE

نقص پرشدگی شیار

DEFINITION:

A continuous or intermittent channel in the surface of a weld running along its length, due to insufficient weld metal.

کانال منقطع یا پیوسته در سطح جوش در امتداد جوش، در اثر فلز جوش ناکافی (سطح فلز جوش، زیر سطح فلز پایه)

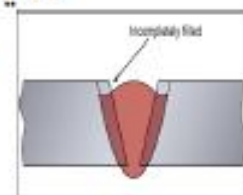
CAUSES:

علت:

Incorrect welding technique تکنیک جوشکاری نامناسب

Travel speed too high

سرعت حرکت خیلی زیاد



OVERLAP

روی هم آمدن لبه

DEFINITION:

An imperfection at the toe or root of a weld caused by metal flowing onto the surface of the parent plate without fusing to it.

عیبی در پنجه یا ریشه جوش که در آن جریان فلز بر روی سطح فلز پایه بدون ذوب در آن، انجام شده است.

CAUSES:

Contamination

Slow travel speed

High amperage بالا

Welding technique

علت:

آلودگی

سرعت پیشروی کم

آمپر

تکنیک جوشکاری



POOR WELD PROFILE

سطح جوش ضعیف

DEFINITION:

A non uniform/irregular appearance at either the weld face or root.

Can include excessive root penetration/cap height and poor cap profile.

ظاهر غیر منظم و غیر یکنواخت در سطح جوش یا ریشه

CAUSES:

Poor welding technique.

Too slow/fast travel speed

Arc blow

علت:

تکنیک جوشکاری ضعیف

سرعت جوشکاری خیلی کم یا خیلی زیاد

وزش قوس

مراجع

۱- اطلاعات فنی شرکت مشاور مارون صنعت

۲-ایمان الیاسیان، آزمونهای مخرب و غیر مخرب در بتن و جوش و کاربرد آنها برای درک و ارزیابی گسیختگی و عدم چسبندگی در سازه های تقویت شده با ورقه FRP ، همایش انجمن ملی مقاوم سازی پل شهرستان ۱ آبان ۸۸، سایت ایران سازه

۳-دکتر مجتبی ازهری ، اتصالات در سازه های فولادی و مقاوم سازی، ۱۳۸۶

4-I.Elyasian "Smart Materials and new Technologies", sep 2011, RILEM 2011 Conference in Honk Kong

5-- I. Elyasian “Destructive & Non Destructive Tests in Concrete applications for Evaluation Deboning Failures of FRP Strengthened System”14th European conference of earthquake engineering 30 August to 3 September Ohrid2010, Macedonia”

۶- عبدالوهای ادب آوازه ، فرآیند جوشکاری و بازرسی جوش در ساختمان ، شرکت مشاور ناظران بکتا

۷- علی مزروعی ، بهرام زارعی، جوشکاری در ساختمان، روشهای اجرا و کنترل کیفیت مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

۸- امیر محمود زاده ، محمود قربانی، بهرام نادی ، آزمایشات غیر مخرب ، مهندسین مشاور شاخص سازان

۹- امیر علی ماهوتی ، اولین کنفرانس مقاوم سازی لرزه ای ، تبریز ایران، ۲۹ مهر الی ۱ آبان ۱۳۸۷ ، تخمین مقاومت بتن سازه ای تحت مقاوم سازی و بهسازی به کمک آزمونهای مخرب و نیمه مخرب مهندسین مشاور تل تاو تبیز

۱۰- هنر بخش ، روشهای آزمایش برای سازه های فولادی، بتنی و ساختمانهای مصالح بنایی ، انجمن مهندسین زلزله ایران، مهندسین مشاور سرزمین، خرداد ۱۳۸۵

۱۱- ایمان الیاسیان، اجرای سازه های فلزی و بتنی ، جزوه درسی ، سایت ایران سازه

۱۲- ایمان الیاسیان ، بازرسی جوش، سایت ایران سازه

۱۳- حمید نیلی، ایمان الیاسیان، جوشکاری روشها، انواع ، دستگاهها و روشها و ... سایت ایران سازه

14- American welding society (AWS)

۱۵- شاپور طاحونی، ۱. راهنمای جوش واتصالات جوشی در ساختمان ، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی

16- www.Ultrasonic testing.com

17- www.tig welding.com

Biswajit Sarama, A. K.Saraf, Study of landuse – groundwater relationship using an 18-integrated RS & GIS approach, Department of Earth Sciences.India

19-Choudhury, P.R.1999,integrated remote sensing and GIS techniques for groundwater studies in part of Betwa basin, Ph.D.Thesis, Department of Earth Sciences, University of Roorkee,India

20-Shih, S. F., 1996, integration of remote sensing and GIS for hydrologic studies, geographical information system in

۲۱- حسین میسمی ، آزمونهای فراصوت ، جزوه دوره های کاربردی ، دانشگاه شهید عباسپور، ۱۳۸۳

واحد تخصصی تعمیرات و مقاوم سازی، مجموعه تحقیقات، ۱۳۸۵-۱۳۸۳

۲۲- آرش شفییعی ، تکنولوژی جوشکاری، دانشگاه علمی-کاربردی – مرکز آموزش فنی توحید

23-www.weld.4t.com

24-WWW.IIWE.COM