Quality Control & Inspection in Welding Industry

کنترل کیفیت و اصول بازرسی در جوشکاری

مدرس:

محمد حسین رفیعی

ASNT Level III

فهرست

۱. مقدمه

۲. ضرورت بازرسی

۳. خصوصیات بازرس

۴. وظایف بازرس جوش

۵. بازرسی قبل از جوشکاری

۶. بازرسی در حین جوشکاری

۷. بازرسی بعد از جوشکاری

۸. آزمایشات غیر مخرب بر روی جوش

۹. تعمیر عیوب جوش

۱۰. آزمایشات مخرب بر روی جوش

۱۱. علائم و نشانه های جوش در نقشه ها

۱۲. معیارهای پذیرش عیوب مطابق استاندارد AWS D 1.1

مقدمه

اتصالات جوش داده شده در یک اسکلت یا سازه (نظیر پل ، مخازن تحت فشار و ...) باید قابلیت تحمل تنش های ساده یا مرکبی که بر آنها به صورت استاتیکی یا دینامیکی اعمال می شود را داشته باشند. طراحی و محاسبات جوش ها نیز بر اساس این شرایط کاربرد، انجام می گیرد. اما نمی توان قضاوت خوبی و بدی جوش را تنها بر اساس ظاهر آن گذاشت، لازم است مشخص گردد که تا چه اندازه از جوش سالم و رضایت بخش است.

برای این منظور روش های متعددی برای بازرسی و آزمایش جوش تنظیم و استاندارد شده است که به هر صورت به نوع کار و حساسیت آن نیز بستگی دارد. در بعضی موارد بازرسی و قضاوت ظاهری جوش کافی بوده و در برخی از کارهای حساس نیاز به آزمایشات و بازرسی های دقیق و ویژه دارند.

بازرسی و آزمایش جوش دو موضوع متفاوت است که اغلب موارد با هم تؤام می شود. بازرسی با نظارت فرآیندها و محصولات تولید شده ، برای اطمینان از خواص و کیفیت خواسته شده ، انجام می شود. و در بعضی موارد به صورت کیفی و برای اصلاح عملیات اجرایی به کار می رود ولی در آزمایش یک یا چند مشخصه به طور کمی و بادقت اندازه گیری و مقایسه می شود.

ضرورت بازرسی

برای حصول از اطمینان از کیفیت جوش و مطابقت آن با خواسته استانداردهای جوش، باید کلیهٔ عوامل جوشکاری در مراحل مختلف اجزاء ، مورد بازرسی و کنترل دقیق قرار گیرند. این بازرسی باید طوری تنظیم شود که یافتن عیوب به پایان کار موکول نشود و در کلیهٔ مراحل اجراء از خراب شدن جوش جلوگیری شود و در صورت بروز خرابی، علل آن تعیین و راهها و وسایل برطرف نمودن عیب پیشنهاد گردد. استقرار دستگاه بازرسی در کارگاه ساخت قطعات جوش شده از هزینهٔ دوباره کاری ها کاسته و با کسب تجربه در مراحل اولیه هر نوع کار ، از پیش آمدن عیوب در مراحل بعدی یا کارهای مشابه جلوگیری می شود.

خصوصیات و شرایط بازرس

۱) بازرسین فنی بایستی با نقشه های مهندسی آشنایی کامل داشته و نقشه را خوب خوانده و درک کرده باشد
۲) اصطلاحات تعریف شده بین المللی، علایم جوشکاری و کدهای استاندارد را بداند
۳) از فرآیندهای جوشکاری اطلاعات کافی داشته باشد
۴) با روش های آزمون در استاندارد آشنا باشد
۵) توانایی آزمایش تأیید صلاحیت جوشکاری را داشته باشد
۶) اطلاعات کافی از متالورژی جوش داشته، تا در هنگام ضرورت قادر به تجزیه و تحلیل مسایل مهندسی جوش باشد
۷) در جوش تجربه داشته و عیوب جوش را بشناسد و روش های پیشگیری یا رفع آنها را بداند
۸) در کار بازرسی تجربه آموخته باشد
۹) گزارشات کنترل کیفیت را در مراحل مختلف ساخت، تهیه و ثبت نماید
۱۰) در تمامی مراحل ساخت پروژه، حضور موثر داشته باشد

وظایف بازرس جوش

۱) تفسیر نقشه های جوشکاری و مشخصات آنها
۲) بررسی سفارش خرید به منظور حصول اطمینان از درستی تعیین مواد جوشکاری و مواد مصرفی
۳) بررسی و شناسایی مواد دریافت شده طبق مشخصات سفارش خرید
۴) بررسی ترکیبات شیمیایی و خواص مکانیکی از روی گزارشات و مستندات طبق نیازمندیهای معین شده
۵) بررسی فلز مبنا از نظر عیوب و انحرافات مجاز
۶) بررسی نحوهٔ انبار کردن فلز پر کننده و دیگر مواد مصرفی
۷) بررسی تجهیزات مورد استفاده
۸) بررسی آماده سازی اتصال جوش
۹) بررسی جفت و جوری اتصال
۱۰) بررسی به کار گرفتن دستورالعمل جوشکاری تایید شده
۱۱) بررسی ارزیابی صلاحیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری
۱۲) انتخاب نمونه های آزمایش تولید
۱۳) ارزیابی نتایج آزمایش
۱۴) نگهداری سوابق
۱۵) تهیه و تنظیم گزارش

مراحل بازرسی جوش

برای ساختن یک سازه که دارای اتصالات جوشی میباشد، بازرسی در سه مرحله انجام میشود که عبارتند از :

- **بازرسی قبل از جوشکاری**
- **بازرسی هنگام جوشکاری**
- **بازرسی بعد از جوشکاری**

بازرسی قبل از جوشکاری

بازرسی قبل از جوشکاری شامل مواردی می باشد که عبارتند از :

A. اطلاع از کیفیت مورد نظر کار و میزان حساسیت سازه

بطور قطع یک بازرس در شروع کار جوشکاری یک سازه فلزی بایستی موقعیت سازه را مورد بررسی قرار دهد و به این سوالات جواب بدهد:

I. آیا محل استقرار سازه در منطقهٔ زلزله خیز قرار گرفته است؟

II. آیا محل استقرار سازه در منطقه ای است که در معرض خوردگی اتمسفری یا خوردگی شیمیایی است؟

III. آیا محل استقرار سازه در منطقهٔ سردسیر است یا گرمسیر؟

IV. بارگذاری سازه بر اساس استاتیکی محاسبه شده یا دینامیکی؟

تعداد طبقات اسکلت فلزی، نحوهٔ اتصالات، ضخامت ورق ها، موقعیت و تجهیزات کارگاهی نیز از مواردی است که بایستی مورد بررسی قرار گیرند.

B. مطالعهٔ دقیق نقشه ها و مشخصات فنی

معمولاً مهندسین سازه، ابعاد مقدار جوش را در نقشه ها مشخص می کنند و با علایم محل جوش و اتصالات را نشان می دهند. لذا مطالعه دقیق نقشه ها علاوه بر اطلاع یافتن از موارد فوق، جهت برنامه ریزی برای ارایه یک الگوی بازرسی در مراحل مختلف پروژه مهم و ضروری است.

C. مقایسهٔ مشخصات داده شده توسط مشتری و کیفیت مورد نیاز با محصول

D. مطالعه استانداردهای مربوطه و انتخاب استانداردهای اجرایی

مروری بر استانداردهای جوش در سازه های فلزی به عنوان مرجع نهایی بازرسی و کنترل کیفیت جوش امری ضروری است. در بعضی موارد می توان بر اساس استانداردهای بین المللی برداشتهایی متناسب با کار از استاندارد اقتباس و در اجرا

بکار گیرد. البته هر نوع برداشتی کارشناسانه از استاندارد که منطبق با استاندارد نباشد ، قبل از اجرا بایستی در نمونه های تست تایید شده باشد.

E. انتخاب و ارزیابی روش جوشکاری

بطور کلی در اسکلت های فلزی عمدتاً " از روش های الکترود دستی و جوشکاری زیر پودری و بندرت در مواردی از جوشکاری با گاز محافظ استفاده می شود. در موقع نصب سازه فلزی از روش الکترود دستی استفاده می شود ، اما در موقع اتصال ورق ها به هم دیگر و ساخت ستون و نیز تیر ورق روی کف کارگاه در مواردی که جوشکاری ها بصورت طولی و سری می باشند برای بالا بردن سرعت کار ، کیفیت ظاهری بهتر و نفوذ بیشتر می توان از روش جوشکاری زیر پودری استفاده نمود. ولی با استفاده از این روش تنها می توان در حالت تخت و افقی جوشکاری نمود و در حالات سربالا ، بالای سر و سرازیر جوشکاری امکان پذیر نیست.

F. انتخاب مصالح و بازرسی مصالح

منظور از مصالح عمدتاً شامل صفحه سنگ ساب، برس سیمی، انبر جوشکاری، ماسک و شیشه ماسک جوشکاری می باشد، که انتخاب صحیح و بازرسی آنها از نظر کیفیتی و نیز موارد ایمنی در موقع جوشکاری اسکلت فلزی مؤثر و مفید است.

G. انتخاب مواد مصرفی و بازرسی مواد مصرفی

نحوۀ انتخاب مواد مصرفی جوشکاری و بازرسی و تست آنها در دستیابی به کیفیت بالا در اتصالات جوش نقش تعیین کننده دارد.

در انتخاب الکترود دو مطلب باید در نظر گرفته شود:

۱) نوع الکترود **۲) سایز الکترود**

۱) در خصوص نوع الکترود می بایست موارد زیر را مورد بررسی قرار داد

- جنس قطعه و ضخامت آن
- نوع تنش و مقدار تنش
- درجه حرارت

- خورندگی محیط
- نوع جریان الکتریکی
- وضعیت جوشکاری
- نرخ رسوب
- سهولت کار
- قیمت الکترود

۲) در خصوص سایز الکترود می بایست موارد زیر را مورد بررسی قرار داد

- ضخامت قطعه
- طرح اتصال
- وضعیت جوشکاری
- سهولت کار
- کیفیت جوش
- هزینه

بازرسی مواد مصرفی جوش توسط بازرس می تواند به دو صورت انجام گیرد :

۱. انجام آزمایش بر روی خواص جوش الکترود و یا پودر و مفتول مصرفی جوش

۲. اخذ گواهی از شرکت های سازنده الکترود، پودر یا مفتول جوشکاری

بازرسی ورق های مصرفی:

ورق ها بایستی از نظر ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی کنترل شوند، چون اغلب دیده شده است که ورق های خریداری شده از بازار بعضاً مطابق با کد فولاد خواص مکانیکی آن مطابق نیست. لذا بایستی به منظور بررسی خواص مکانیکی ورق در جهت نورد و خلاف جهت نورد نمونه برداری انجام داده و آزمایش کشش سطحی جهت بررسی استحکام فولاد صورت گیرد. ضمناً از نظر ظاهری ورق ها باید کنترل و بازرسی شوند، بعضاً سطوح ورق ها دارای ترک، ناپیوستگی های زیاد، زنگ زدگی شدید و در مواردی از نظر ابعاد دو پهن می باشند.

در صورت مشاهدهٔ ترک های ناشی از تورق و یا ناپیوستگی های سطحی می توان مطابق با استاندارد و مشخصات فنی پروژه به تعمیر و عملیات اصلاحی اقدام نمود.

در مواردی که سطح ورق ها دارای ناپیوستگی های با عمق زیاد و یا سوراخ باشد و نیاز به این باشد که با جوش پر شود، بهتر است اولاً این مواد با الکترودهای کم هیدروژن مثل E7018 اصلاح شوند، ثانیاً پس از جوشکاری با آزمایش های PT یا MT از کیفیت کامل موضع جوشکاری شده اطمینان حاصل نمود.

H. بازرسی وسایل و تجهیزات جوشکاری ، برشکاری و عملیات حرارتی

I. طرح و تنظیم و یا ارائه دستورالعمل جوشکاری

یک بازرس می تواند دستورالعمل جوشکاری WPS مربوط به سازه فلزی مورد نظر را تدوین و تهیه کند یا اینکه دستورالعمل جوشکاری توسط یک مهندس جوش تدوین و تایید شده باشد و بازرس با در دست داشتن دستورالعمل مربوطه تمامی بندهای دستورالعمل را در ابتدای شروع کار به اپراتور و کارشناسان پروژه توضیح داده و سپس مطابق آن کنترل های لازم را اعمال نماید.

دستورالعمل جوشکاری معمولاً بایستی با تست و آزمایشاتی که در استاندارد به آن ارجاع داده توسط آزمایشگاه معتبر تایید گردد که به آن PQR می گویند.

اطلاعات مهمی که در یک دستورالعمل جوشکاری WPS می بایستی بطور دقیق و واضح به آن اشاره شود عبارتند از:

نوع فرآیند جوشکاری، نوع ضخامت ورق مصرفی، نوع و قطر الکترود مصرفی، مشخصات الکتریکی دستگاه جوش و اتصال الکترود، ترتیب جوشکاری، نحوهٔ تکنیک جوشکاری، عملیات حرارتی پیش گرم و یا پس گرم کردن.

تست هایی که در گزارش کیفیت دستورالعمل جوش PQR بکار برده می شوند و معمولاً در استاندارد نیز به آنها توجه شده است شامل:

- بازرسی چشمی
- آزمایش مخرب PT یا MT و UT یا RT
- آزمایش کشش عرضی
- آزمایش خمش
- آزمایش ضربه در شرایط خاص یا به تشخیص بازرس

J. *آزمون جوشکاران و اپراتورها و بررسی صلاحیت آنها*

تمامی جوشکاران بایستی قبل از جوشکاری بر روی سازهٔ فلزی توسط بازرس تعیین صلاحیت شوند. بازرس بایستی متناسب با نوع نیاز و روش و الکترود و نحوهٔ اتصالات جوش در سازه از جوشکاران آزمایش مطابق استاندارد بعمل آورد و پس از تایید، متناسب با نوع تایید و گواهی که هر جوشکار دریافت می کند بایستی در پروژه از وی استفاده شود. جوشکارانی که کیفیت جوش آنها تایید نشده است نمی توانند جوشکاری نمایند.

معمولاً در صورت تست در حالت گوشه علاوه بر کنترل چشمی ظاهر جوش، آزمایش شکست نمونه جوش گوشه انجام می شود و در صورت جوشکاری در حالت نفوذی و اتصال لب به لب علاوه بر کنترل چشمی آزمایش خمش و یا آزمایش غیر مخرب UT یا RT انجام می شود.

K. *بررسی تسهیلات آزمایش*

بازرسی در حین جوشکاری

بازرسی در حین جوشکاری نیز شامل مواردی می باشد که عبارتند از

A. بازرسی قطعات متصل شونده و درزهای آمادهٔ جوشکاری

نحوهٔ اتصال جوش از نظر زوایای پخ سازی ، فاصلهٔ ریشهٔ اتصال ، فاصلهٔ پیشانی اتصال بایستی کنترل شود. همچنین نحوهٔ اتصالات گوشه محل استقرار اتصال سپری از نظر یکنواختی فواصل در طول اتصال بایستی کنترل شود.

B. بازرسی محل های جوش و سطوح مجاور به منظور اطمینان از تمیزی و عدم آلودگی با موادی که اثرات زیان بخشی بر جوش دارند

معمولاً سطوح پخ سازی شده چون با هوا برش انجام می شود ، ممکن است سطوح پخ پوسته های اکسیدی داشته باشد که حتماً بایستی تمیز و عاری از اکسیدهای سطحی باشد ، همچنین چربی ، گریس ، روغن و زنگ زدگی و رنگ روی سطوح اتصال بایستی کاملاً تمیز شوند زیرا در غیر این صورت باعث بروز عیوب سطحی و داخلی در جوش خواهند شد.

C. بازرسی سطوح جوشکاری شده یا شیار زده شده از نظر پوسته، ترک و غیره

D. بازرسی و ترتیب و توالی جوشکاری، استفاده از قیدها، گیره ها و سایر تمهیدات به منظور کنترل پیچیدگی ناشی از جوشکاری

رعایت ترتیب جوشکاری باعث پیشگیری از پیچیدگی در جوش و ورق و نیز باعث جلوگیری از بروز عیوب مثل ترک، عدم نفوذ، عدم ذوب و غیره می شود.

در صورت عدم رعایت ترتیب جوشکاری باعث ایجاد تنش های پسماند در اتصال جوش می شود. تنش های پسماند تنش هایی هستند که در قطعه می مانند، حتی اگر بار خارجی بر روی قطعه وجود نداشته باشد. این تنش ها در واقع در اثر گرم و سرد شدن غیر تعادلی قطعه بوجود می آیند.

E. بازرسی مواد مصرفی جوشکاری از نظر دارا بودن شرایط مطلوب و گرم و خشک کردن الکترودهای روپوش قلیایی طبق دستورالعمل های مصوبه

الکترودهای جوشکاری بایستی از آلوده شدن به رطوبت و روغن مصون بمانند. همچنین الکترودها نباید در طول خم شوند، این کار باعث شکستن روکش الکترود و ایجاد عیوب در فلز جوش هنگام جوشکاری می شود.

شرایط انبارداری بایستی به صورتی باشد که اولاً رطوبت نسبی هوای انبار حداکثر ۶۰ درصد و درجه حرارت انبار بیش از ۱۸ درجه سانتیگراد باشد. ضمناً قفسه ها و طبقات نگهداری الکترود بایستی نسبت به دیوار و کف انبار فاصله داشته باشد و هنگام حمل ضربه نخورد.

F. بازرسی جوشکارانی که تایید صلاحیت شده اند و دارای کد میباشند و کنترل کیفیت جوش آنها در حین کار

بازرس مجاز می باشد که اگر جوشکاری قبلاً در تست اولیه صلاحیت وی تایید شده باشد ولی در حین کار اصول کیفیتی را رعایت نکند یا کیفیت جوشکاری او مورد تایید نباشد از ادامه کار آن جلوگیری بعمل آورد.

معمولاً جوشکاری که تایید صلاحیت شده است، اگر بیش از ۶ ماه در حالت پذیرفته شده جوشکاری نکند بایستی مجدد از وی تست صلاحیت گرفته شود.

G. کنترل تمیز کاری و حذف سرباره های جوش در بین لایه و پاس های جوشکاری

در صورت عدم تمیز کاری سرباره جوش در حین کار باعث مردود شدن اتصال جوشکاری شده در قسمت های نهایی خواهد شد و در نتیجه باعث تخریب اتصال و افزایش دوباره کاری ها می گردد.

H. بازرسی پیش گرم کردن و حفظ درجه حرارت بین پاسی در صورت لزوم

جوشکاران مطابق دستورالعمل جوشکاری ارائه شده ملزم به رعایت دمای پیش گرم و حفظ این دما بین پاس های جوشکاران می باشند. در صورت جوشکاری به صورت

پیوسته و داغ روی پاس های جوش و عدم رعایت دمای بین پاسی ، باعث سوختن عناصر آلیاژ فلز جوش شده و خواص مکانیکی اتصال جوش کاهش می یابد. و اگر دمای پیش گرم (در صورت ضرورت داشتن) رعایت نگردد، منجر به ایجاد ترک در فصل مشترک بین جوش و ورق خواهد شد.

معمولاً عملیات پیش گرم برای ورق های با کربن بالاتر از ۰,۲۵ درصد و نیز برای ورق های با ضخامت بالای ۲۰ میلیمتر ضرورت پیدا می کند. اصولاً مطابق استاندارد ورق هایی که جوشکاری می شوند نباید دمای آنها از صفر درجه کمتر باشد، در صورتی که دمای فلز کمتر از صفر درجه برسد بایستی تا ۲۵ درجه سانتیگراد حرارت ببینند. بنابراین بازرسین بایستی به رعایت دمای اولیه ورق و نیز دمای بین لایه های جوش توجه داشته و کنترل نمایند.

بطور کلی جوشکاری در شرایط زیر مجاز نیست:

- وقتی که درجه حرارت محیط کار کمتر از ۱۸ درجه سانتیگراد باشد
- وقتی که درجه حرارت فلز پایه کمتر از صفر باشد
- وقتی که سطح کار مرطوب یا در معرض بارش باران یا برف باشد
- وقتی که کار در معرض وزش باد با سرعت زیاد است
- وقتی که پرسنل جوشکاری تحت شرایط غیر متعادل و سخت هستند

- در صورتیکه دمای اطراف قطعه مورد جوشکاری از ۱۸ درجه سانتیگراد کمتر باشد ، انجام جوشکاری به کلی ممنوع است. در محیط با دمای ۰ تا ۱۸ درجهٔ سانتیگراد با ایجاد چادر و سرپوش و گرم کردن درون آن می توان دمای محیطی مناسب (حدود ۵ درجه سانتیگراد) برای جوشکار و جوشکاری فراهم نمود.

بازرسی بعد از جوشکاری

اهم آزمایشات و بازرسی ها بعد از اتمام جوشکاری به منظور

۱. ارزیابی خواص و کیفیت اتصال جوش داده شده

۲. ارزیابی مناسب بودن سازۀ جوش داده شده برای هدف تعیین شده ، انجام می گیرد.

آزمایشات و بازرسی های اتصال جوش داده شده را می توان به دو گروه اصلی زیر تقسیم کرد که عبارتند از

۱. **آزمایشات مخرب**

۲. **آزمایشات غیر مخرب**

آزمونهای غیر مخرب بر روی جوش

هدف از انجام دادن این آزمونهای تشخیص عیوب مختلف در جوش (سطحی و عمقی) می باشد، بدون اینکه قطعهٔ جوش داده شده غیر قابل استفاده شود. بسیاری از موارد با تشخیص عیوب می توان فلز جوش را در آن موضع برداشته و با رسوب مجدد، اتصال کاملی بدست آورد. اغلب آزمونهای غیر مخرب با استفاده از خواص فیزیکی فلز به کمک وسایل و تجهیزات خاص برای کشف عیوب استفاده می شود. آزمونهای غیر مخرب شامل روشهای مختلفی می باشد که هر یک از روشهای برای منظورهای مختلفی میتواند مورد استفاده قرار گیرد. باید توجه داشت که هیچ قطعه ای با یک روش آزمون غیر مخرب نمیتواند مورد تایید کلی قرار گیرد.

انواع آزمونهای غیر مخرب شامل:

۱- آزمون رادیوگرافی	Radiographic Test
۲- آزمون امواج ماوراء صوت	Ultrasonic Test
۳- آزمون ذرات مغناطیسی	Magnetic Particle Test
۴- آزمون رنگهای نفوذی	Liquid Penetrant Test
۵- آزمون نشت یابی	Leakage Test
۶- آزمون میدان الکترومغناطیسی	Electromagnetic Test
۷- آزمون امواج مادون قرمز	Infera red Test
۸- آزمون انتشار آکوستیکی	Acoustic Emission Test
۹- آزمون آنالیز لرزه	Vibration Analysis Test
۱۰- آزمون نشت میدان مغناطیسی	Magnetic Flux Leakage Test
۱۱- آزمون رادیوگرافی با نوترون	Neutron Radiographic Test
۱۲- آزمون بازرسی چشمی	Visual & Optical Test

در ادامه روشهای متداول در صنعت را بطور خلاصه مورد بررسی و ارزیابی قرار میدهیم.

۱. رادیوگرافی Radiographic Inspection

یکی از مفیدترین و متداول ترین روش بازرسی و کیفیت و سلامت جوش در قطعات با ابعاد، اشکال و مواد مختلف، رادیوگرافی به کمک اشعهٔ الکترومغناطیسی ایکس یا گاما می باشد. اشعهٔایکس یا گاما از داخل قطعه کار عبور کرده و قسمتی از آن جذب و مقداری از آن، از طرف دیگر قطعه عبور می کند. اگر فیلم یا صفحهٔ حساس در طرف دیگر مستقیماً قرار داشته باشد، اشعه بر روی آن اثر می کند. میزان سفیدی و سیاهی فیلم بستگی به ضخامت ی دارد که اشعه از آن عبور کرده است. اگر بر اثر عیوب مختلف این ضخامت کمتر شود با ایجاد سایه ای تیره رنگ تصویری از آن عیب بر روی فیلم تشکیل و آن را قابل تشخیص می نماید.

بعد از ظاهر کردن فیلم و مطالعهٔ ناحیه های روشن تر و تاریک تر می توان وضعیت، اندازه و نوع عیب را تشخیص داد. البته نمونه ها و استانداردهایی برای مقایسهٔ فیلم بدست آمده با آنها وجود دارد. در انجام آزمایش رادیوگرافی از رادیوایزوتوپها از قبیل ایریدیوم – کبالت – سلنیوم – سزیوم و غیره و همچنین از اشعه ایکس که توسط مولدهای ایکس تولید میشوند استفاده نمود.

فیلمهای صنعتی مورد استفاده نیز در ۲ کلاس فیلمهای سرعت پایین و سرعت بالا توسط کارخانجات شناخته شده از قبیل کداک، آگفا، فوجی، فوما تامین میگردد.

سرعت این فیلمها تاثیر مستقیمی بر روی وضوح تصویر بر روی فیلمها دارد. در جدول زیر مشخصات فیلمهای مورد استفاده در صنعت بر اساس کلاس بندی استاندارد مشخص گردیده اند.

کارخانه سازنده	نوع فیلم	
	فیلم سرعت پایین Class I	فیلم سرعت بالا Class II
کداک KODAK	MX - 125	AA - 400
آگفا AGFA	D 4	D 7
فوجی FUJI	IX - 50	IX - 100
فوما FOMA	R 4	R 7

۲. آزمایش با امواج ماوراء صوتی Ultrasonic Testing

در این آزمایش از امواج فرکانس بالا 500KHz - 20MHz برای تشخیص موقعیت و اندازهٔ عیوب سطحی و عمق نظیر خلل و فرج، ترک، سربارهٔ محبوس شده، نفوذ ناقص و حتی ضخامت جوش یا قطعه کار استفاده میگردد. این روش که بسیار حساس و دقیق است برای فلزات آهنی و غیر آهنی و حتی غیر فلزات (سرامیک، پلاستیک، بتون) نیز قابل استفاده و دارای کاربرد می باشد.

اصول کلی روش بدین ترتیب است که با عبور جریان الکتریکی متناوب از کریستال کوارتز، انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی تبدیل می شود. در قسمت اول سیکل سطح کریستال منبسط شده و در نیم سیکل دیگر منقبض می شود و بدین ترتیب ارتعاش مکانیکی ایجاد می شود. اگر سطح صاف شدهٔ مورد آزمایش با این سطح منتشر کنندهٔ موج تماس حاصل نماید امواج به طور مؤثر از Probe به داخل قطعه منتقل می شود. امواج با حرکت در داخل قطعه با برخورد به هر سطح منعکس کننده بازگشت پیدا میکنند. اگر کوچکترین عیبی در مسیر این امواج باشد، تمام یا قسمتی از موج در برخورد با این عیب، منعکس می شود و در روی صفحه کاملاً مشهود خواهد بود.

اگر منحنی استانداردی که نشان دهندهٔ فاصله یا زمان رفت و برگشت موج است در روی صفحه موجود باشد، به راحتی می توان فاصلهٔ عیب را تا سطح نیز تعیین کرد.

از مزایایی این روش سرعت عمل زیاد، حساسیت خوب (بیشتر از رادیوگرافی)، هزینهٔ کم و نا محدود بودن بزرگی موضع مورد بازرسی را نام برد.

اما از محدودیت های آن نیز به صاف بودن سطح و عدم کاربرد آن برای جوش ها و اتصالات با شکل های پیچیده و همچنین نیاز به مهارت و تجربه در کاربرد آن می باشد.

همانطور که اشاره شد این روش میتوان برای موارد زیر استفاده نمود

- ضخامت سنجی
- مشخص نمودن عیب تورق
- عیب یابی
- تعیین میزان خوردگی

۳. بازرسی با ذرات مغناطیسی Magnetic Particle Inspection

بازرسی با ذرات مغناطیسی یکی از روش های ساده و سریع برای آشکار کردن بعضی عیوب سطحی غیر قابل رویت و یا کمی زیر سطح نظیر ترک های خیلی ریز، ذرات سربارهٔ محبوس نشده و خلل و فرج که در عمق زیادی قرار نداشته باشند است.

در این روش از یک جریان قوی ایجاد کننده حوزه مغناطیسی در جوش استفاده میشود که پس از پاشیدن پودر مغناطیسی شونده بر روی منطقهٔ جوش، اگر عیوبی در سطح یا لایه زیر سطح وجود داشته باشد موجب قطع میدان و خطوط مغناطیس شده و منجر به تمرکز ذرات پودر در اطراف عیب می شود (ایجاد قطب های مغناطیسی در دو طرف عیب). به این ترتیب اندازه، شکل و موقعیت عیب مشخص می شود. طبیعی است که هر چه عیب در عمق پایین تری باشد نیاز به حوزهٔ مغناطیسی قوی تر بوده و این تمرکز ذرات در سطح نامشخص تر است.

این روش برای ترک یابی و بعضی عیوب دیگر مکمل روش های غیر مخرب می باشد. یکی از محدودیت های این روش این است که فقط می توان برای فلزاتی استفاده کرد که در اثر عبور جریان الکتریکی حوزهٔ مغناطیسی در آن ایجاد می شود.

۴. بازرسی به کمک رنگ های نفوذ کننده Dye Penetrate Inspection

یکی دیگر از روشهای بازرسی عیوب سطحی در جوش نظیر ترک های ریز سطحی استفاده از محلول های رنگی نفوذ کننده و آشکارساز Developer است. مزیت عمدهٔ این روش نسبت به روش قبل (ذرات مغناطیس شونده) امکان کاربرد آن برای فلزات آهنی و غیر آهنی و حتی مواد غیر فلزی است. مواد رنگی خاص معلق در مایعات با سیالیت، قدرت نفوذ و خاصیت خیس کنندگی خیلی بالا، بر روی سطح مورد بازرسی پاشیده می شود. در صورت وجود عیوب سطحی، این مایع در آن نفوذ کرده، سپس سطح آن را با آب یا پارچه تمیز می کنند. با بکار بردن پودر آشکارساز مخصوص رنگ باقی مانده در داخل عیوب و حفره ها جذب شده و موضع عیب را بطور وسیع تری ظاهر می سازد.

رنگهای نفوذی یا به رنگ قرمز میباشد که در زیر نور سفید دیده میشود و یا فلورسنت میباشد که در زیر نور سیاه قابل رویت خواهد بود.

۵. بازرسی چشمی Visual Inspection

یکی از اثرگذارترین، سریع ترین و کم خرج ترین روش برای کنترل و بررسی بعضی عیوب نظیر موارد زیر، بازرسی چشمی می باشد که این آزمایش غالباً با دقت و کمک انواع ذره بین با درشت نمایی ۵ -۱۰ مرتبه انجام می گیرد.

عیوبی را که می توان با بازرسی چشمی تشخیص داد عبارتند از

- خلل و فرج هایی که تا سطح جوش امتداد دارند
- سوختگی و بریدگی کنارۀ جوش و یا پر نشدن کامل شکاف جوش
- حفرۀ انتهایی جوش همراه با سوراخ ناشی از انقباض حاصل از انجماد
- گردۀ جوش اضافی و یا سررفتن فلز جوش
- موج های زیاد، ناموزون و خشن پشت جوش در اثر حرکات موجی و زیگزاکی غیر یکنواخت با الکترود یا مشعل
- قطرات چسبیده شدۀ جرقه و ترشح و یا اثرات لکۀ قوس در کنارۀ خط جوش
- ترکیدگی ها در جوش یا منطقۀ مجاور جوش که قابل تشخیص با چشم به کمک ذره بین باشند
- جا به جا شدن، تاب برداشتن و تغییر ابعاد اجزاء مورد جوش

تعمیر عیوب جوش

جوش های دارای عیب را می توان بر اساس استاندارد مرجع تعمیر نمود و یا تمام آن را برداشته و مجدداً بطور کامل جوش داد. معیار پذیرش جوش تعمیر شده مطابق جوش های اصلی بوده و با همان روش باید مورد آزمایش قرار گیرد. روش های تعمیر عیوب به قرار زیر می باشد :

- جهت تعمیر عیب Overlap و تحدب بیش از حد، جوش اضافی باید به روش مناسبی برداشته شود (معمولاً سنگ می زنند)
- تقعر بیش از حد حوضچهٔ چالهٔ جوش، کمبود در اندازهٔ جوش و بریدگی کنار جوش را بایستی با جوشکاری تکمیلی ضخامت مورد نظر را جبران نمود.
- ذوب ناقص، تخلخل بیش از حد و حبس سرباره بایستی در قسمت های مشکوک را با سنگ برداشته و مجدداً جوش داد.
- ترک در جوش یا فلز پایه: در این حالت عمق نفوذ ترک باید به کمک آزمایش های مناسب (PT و MT) تعیین نمود و یک دو طرف ترک برداشته شده و مجدداً با جوش پر کرد.
- لکهٔ قوس بایستی با سنگ فرز برداشته شود.
- سوراخ های اضافی را بایستی با جوش پر شوند و پس از جوش با تست های غیر مخرب کنترل نمود.
- پشت بند جوش های شیاری، اگر سازه تحت بار استاتیکی باشد، لزومی به برداشتن آن نیست ولی اگر تحت بار دینامیکی باشد بایستی پشت بند را برداشت.
- قسمت های انتهایی جوش در انتهای کار بهتر است با جوش دادن روی یک قطعه ورق اضافی آن را خاتمه داد و پس از اتمام جوشکاری اگر سازه تحت بار استاتیکی باشد نیازی به حذف آن نیست ولی اگر تحت بار دینامیکی باشد بایستی قطعهٔ اضافی را حذف کرده و لبهٔ جوش با عمق هم سطح و سنگ زده شود و از سلامت جوش مطمئن شد.

آزمایشات مخرب بر روی جوش

آزمایشات کمی و کیفی که شامل خرابی کامل واحد جوش شده ، یا نمونهٔ انتخاب شدهٔ معرف که از واحد مورد آزمایش بریده شده است. همانطور که از اسم این آزمایشات استنباط می شود ، نمونه ها پس از آزمایش ، قابل استفادهٔ مجدد نیستند. محل و تعداد و نحوهٔ تهیهٔ نمونه ها برای آزمایشات مختلف بستگی به نوع کار می باشد که در استانداردها مشخص شده اند. نمونه ای از این آزمایشات در زیر آماده است.

۱. آزمایشات کشش Tensile Testing

این آزمایش جهت ارزیابی دقیق استحکام و انعطاف پذیری مواد یا جوش، یا در فلز جوش به منظور تعیین مشخصات مکانیکی جسم مانند استحکام کششی، استحکام تسلیم، افزایش و کاهش در مقطع انجام می پذیرد. از این آزمایشات می توان استحکام کششی، نقطهٔ تسلیم یا مقاومت تسلیم، مدول الاستیسیته و انعطاف پذیری (درصد تغییر طول نسبی و درصد تغییر سطح نسبی) را استخراج کرد.

آزمایشات کشش دو نوع می باشند که عبارتند از :

A. آزمایش کشش عرضی

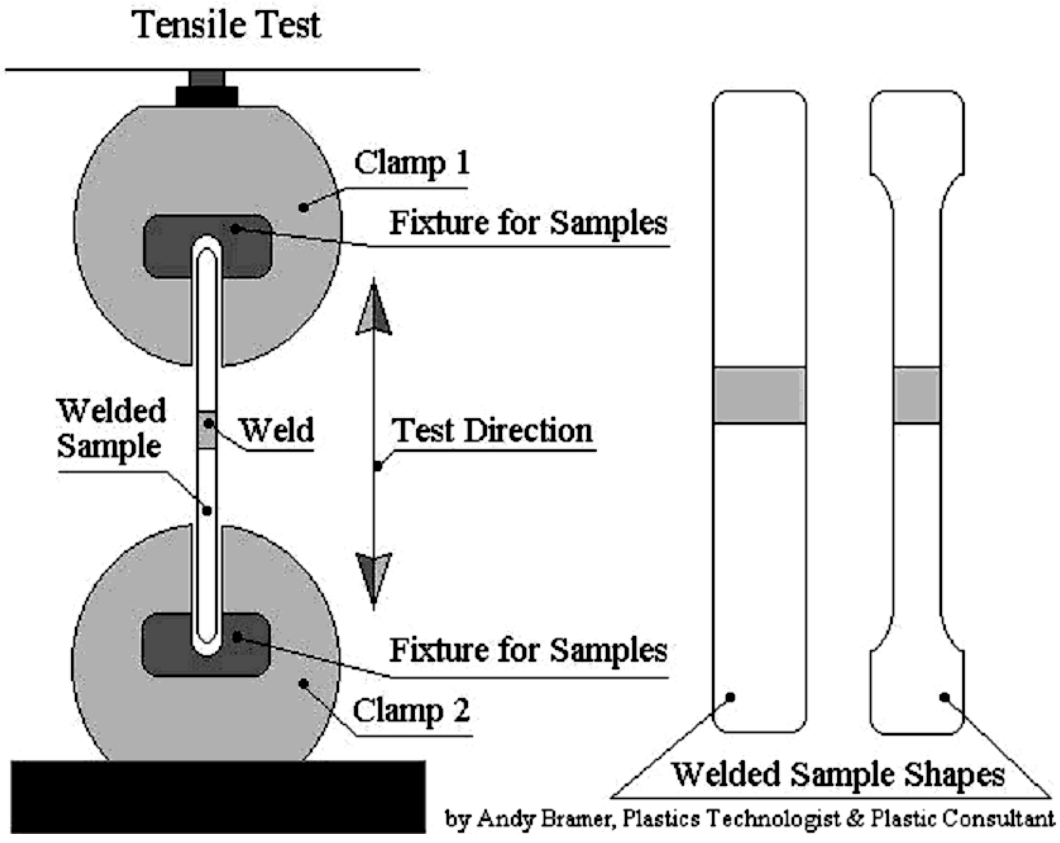
در این آزمایش، نمونهٔ کششی از جوش سر به سر یا لب به لب به طریقی بریده می شود تا جوش در وسط و عمود بر طول نمونه قرار داشته باشد. غالباً استحکام کششی عرضی اتصال از این آزمایش بدست می آید. در این آزمایش، بعد از اعمال نیرو تا حد گسیختگی باید محل پارگی خارج از جوش بوده باشد و اگر بر روی جوش است، مقطع شکست دارای مقاومت کششی کمتر از حد مجاز می باشد.

B. آزمایش کشش طولی از فلز جوش

نمونهٔ کششی باید در سرتاسر جوش و از مغز جوش تهیه شود. در اینجا هم اندازه های مختلف برای نمونهٔ کششی وجود دارد. طبیعتاً لازمهٔ انجام این چنین آزمایشی، داشتن میزان کافی مقطع جوش برای تهیهٔ نمونه کششی از آن است.

هدف از انجام این آزمایش، تعیین مناسب بودن الکترود یا سیم جوش برای کار مورد نظر و بررسی کیفیت فلز رسوب داده شده در موضع اتصال است.
روش انجام آزمایش ساده بوده بدین ترتیب که بعد از علامت گذاری طول مؤثر بر روی قطعه، نمونه را در دو فک دستگاه کشش محکم کرده، سپس بتدریج نیروی کششی اعمال می شود. منحنی نیروی اعمال شده و تغییر شکل الاستیکی (در ابتدا) و پلاستیکی (مرحلهٔ دوم تغییر شکل) بر روی کاغذ ثبت می شود. موضعی از نمونه شروع به باریک شدن و بالاخره شکست می کند. پس از پاره شدن نمونه، دو قسمت آن از فک ها باز و در کنار یکدیگر قرار می دهند ، طول مؤثر کش آمده و کوچکترین سطح مقطع اندازه گیری می شود، سپس خواص جوش مورد نظر را طبق استانداردهایی که در جداول و نموداری آورده شده مشخص می گردد.
در بعضی از موارد، مطالعهٔ سطح شکست نمونه های پاره شده نیز می توان به بعضی عیوب نظیر ذرات سرباره، ذوب ناقص و حتی اندازهٔ دانه ها پی برد.

در زیر نمونه ای از دستگاه کشش و قطعات آماده شده برای آزمایش کشش آورده شده است.



۲. آزمایش مقاومت برشی

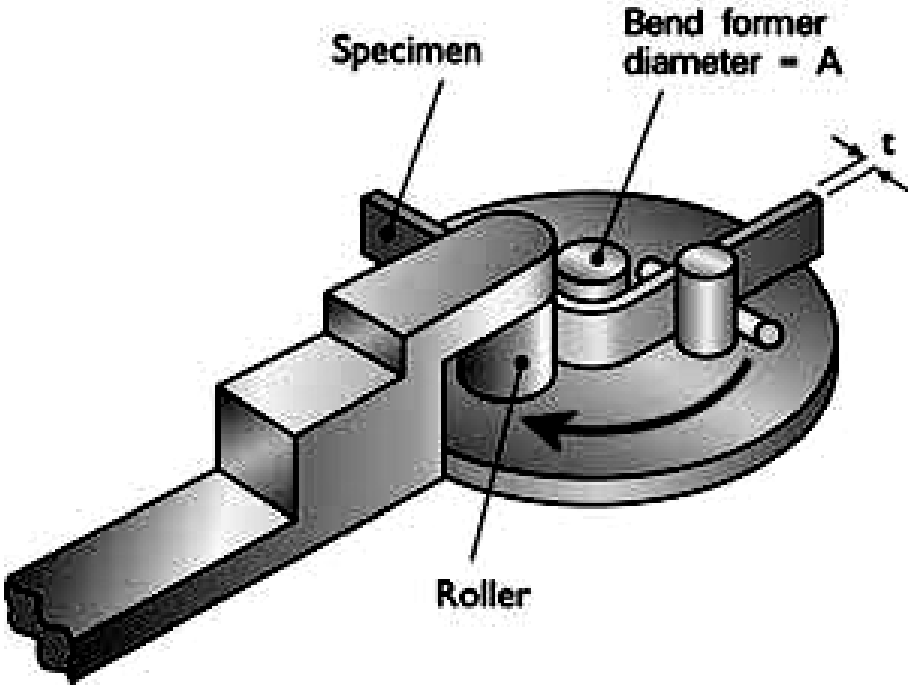
محاسبهٔ مقاومت برش اتصال جوش یا لحیم شده (بیشتر برای قطعات لحیم شده) از طریق نمونه های عرضی و طولی از اتصال و اعمال نیروی کششی تا مرحلهٔ گسسته شدن بدست می آید.

خارج قسمت ماکزیمم نیروی اعمال شده بر طول اتصال، برابر مقاومت برشی اتصال است.

۳. آزمایشات خمشی Bend Test

یکی از آزمایشات ارزان و ساده برای نشان دادن بعضی مشخصات اتصال جوش داده شده و فلز جوش، آزمایش خمش است که می توان آن را با دستگاه کشش، برش ساده و حتی با گیره و چکش نیز انجام داد. این آزمایش ممکن است برای پیدا کردن انعطاف پذیری منطقهٔ جوش، نفوذ جوش، ساختار کریستالی، مقاومت و حتی تشخیص بعضی عیوب در جوش انجام داد.

در زیر یک نمونه دستگاه تست خمش را می بینید.

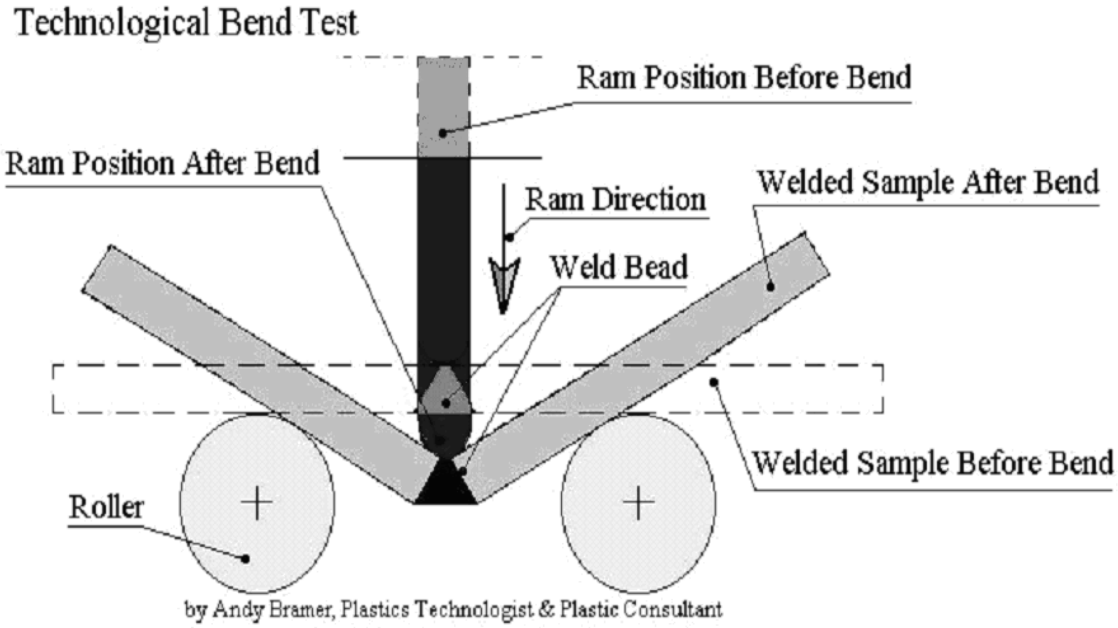


آزمایش خمش به صورت های مختلف خمش یعنی، انتهای آزاد Free Bend Test و خمش هدایت شده Guided Bend Test انجام می شود.

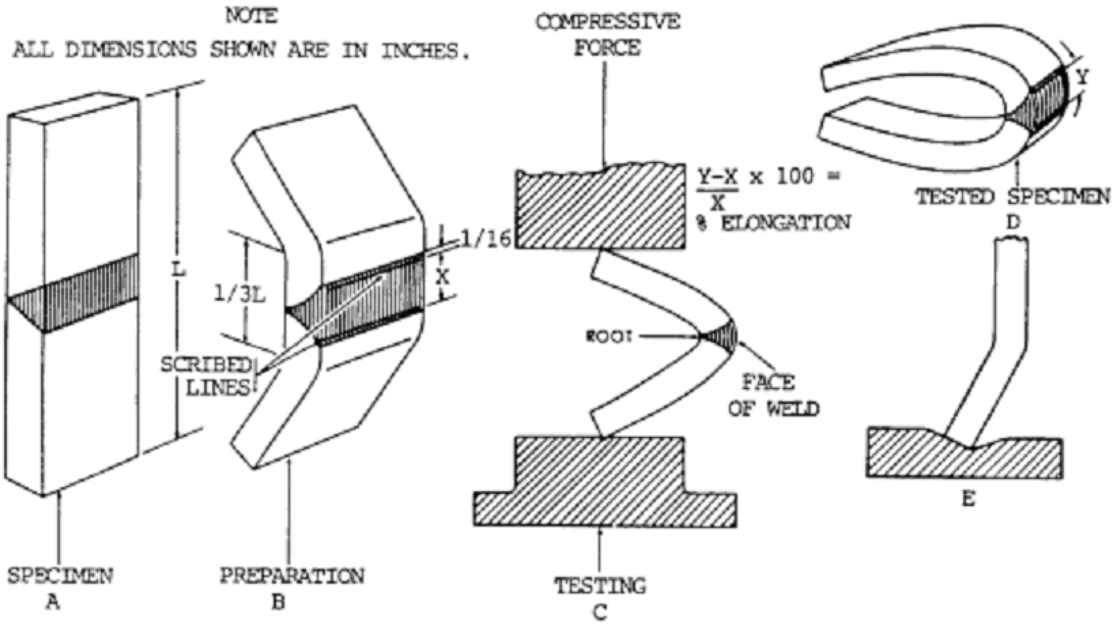
آزمایش خمش انتها آزاد Free Bend Test

این آزمایش برای محاسبهٔ انعطاف پذیری فلز جوش انجام می شود. نمونهٔ مورد آزمایش از جوش لب به لب تهیه شده که جوش هم در وسط قرار دارد. پشت یا گردهٔ جوش ماشین کاری می شود. با ایجاد دو خط بر روی سطح جوش، طول مؤثر بر روی آن مشخص می شود. سپس با قرار دادن نمونه در گیره یا وسیلهٔ دیگر آن را به جهتی خم می کنند که سطح جوش در پشت یا قسمت محدب باشد. خم کردن تا حدی ادامه می یابد که ترکیدگی یا عیوبی بزرگتر از ۱,۵ سانتیمتر در سطح محدب ظاهر شود. اگر عیبی ظاهر نگشت تا دو لایه شدن کامل نمونه ، اعمال نیرو ادامه می یابد. درصد تغییر طول نسبی را می توان با نسبت دادن طول مؤثر به طول مؤثر اولیه ضربدر ۱۰۰ بدست آورد.

در زیر شکل دستگاه آزمایش خمش انتها آزاد و چگونگی کار این نوع آزمایش را می بینید



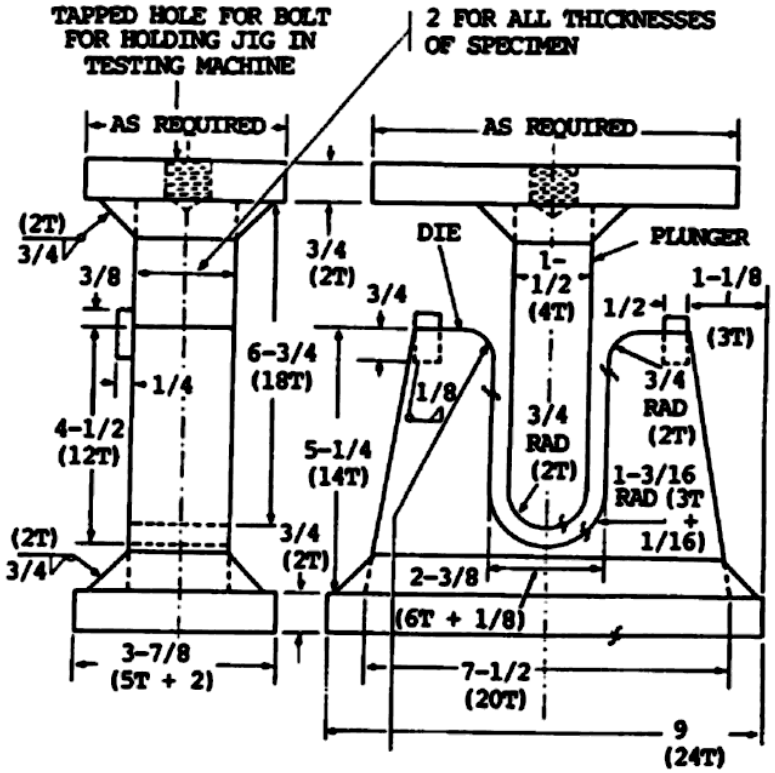
در زیر مراحل آزمایش خمش انتها آزاد را می بینید



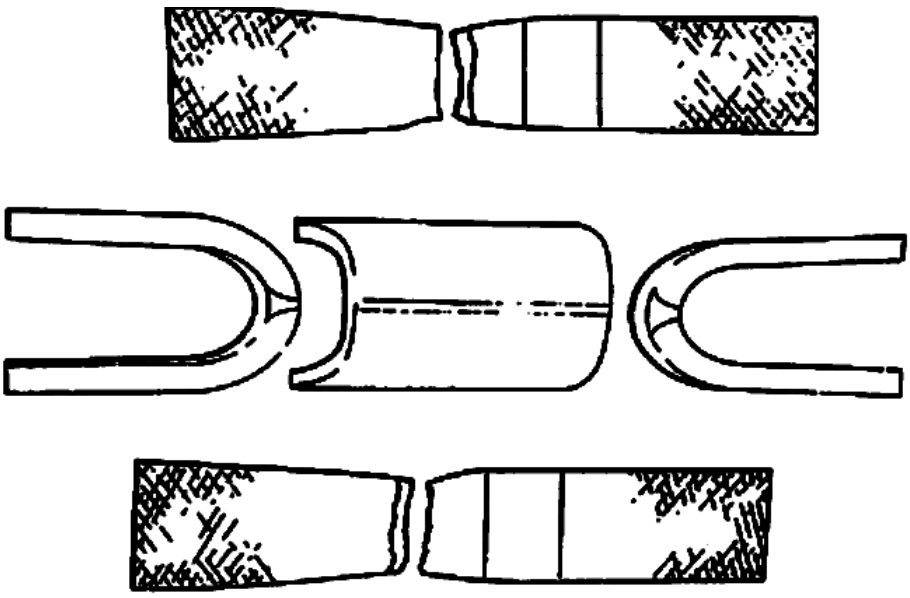
آزمایش خمش هدایت شده (Guided Bend Test)

نمونه های تهیه شده در گیره یا فک مخصوص قرار گرفته و نیرو از طریق سمبه با ابعاد مشخص بر روی نمونه اعمال می شود. بر حسب اینکه نمونه به صورت طولی ، عرضی یا کناری از جوش تهیه شوند و درجه وضعیت بر روی فک تحت نیرو ، آزمایشات مختلفی انجام می گیرد.

نحوهٔ اعمال نیرو در خمش هدایت شده



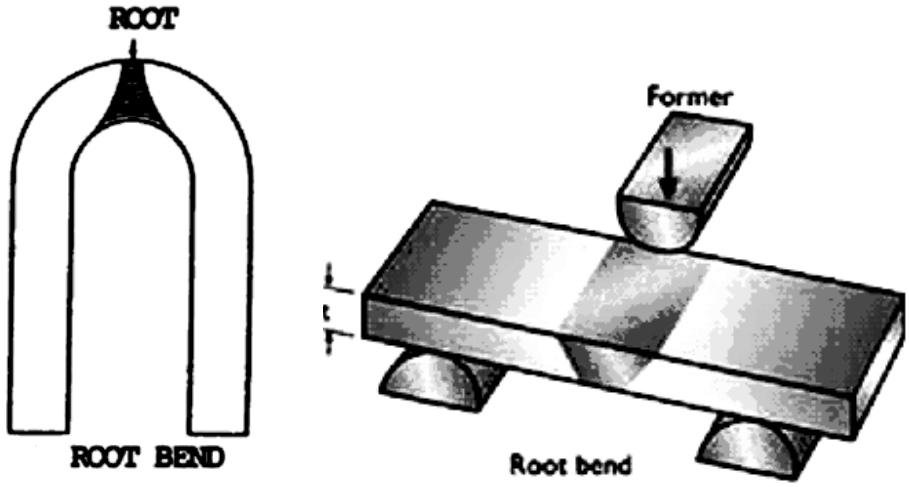
در زیر نمونه هایی از قطعات خمش هدایت شده را می بینید.



آزمایش خمش هدایت شونده به چهار طریق زیر صورت می گیرد :

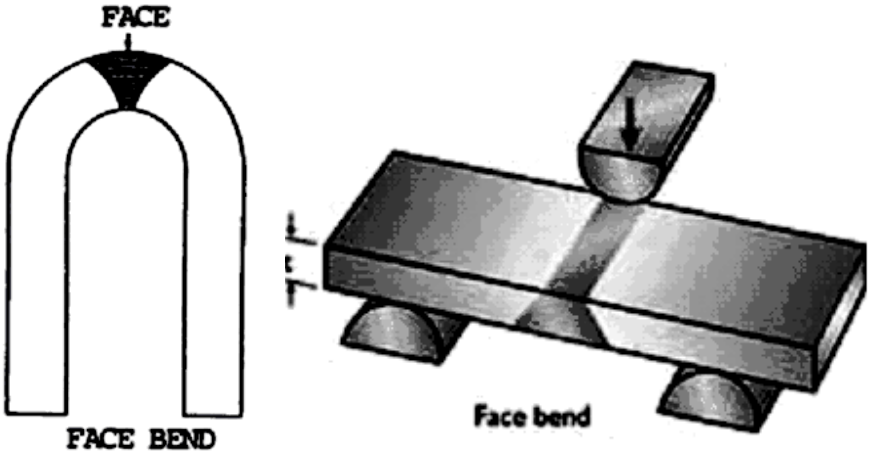
- **آزمایش خمش ریشه ای (Root Bend)**

در زیر نحوهٔ اعمال نیرو را در تست خمش ریشه می بینید



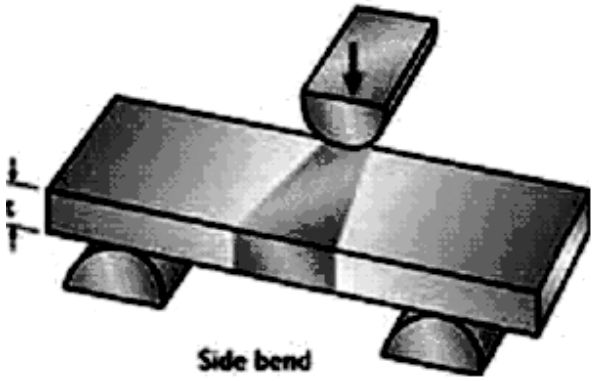
- **آزمایش خمش رویی (Face Bend)**

در زیر نحوهٔ اعمال نیرو را در خمش رویی می بینید



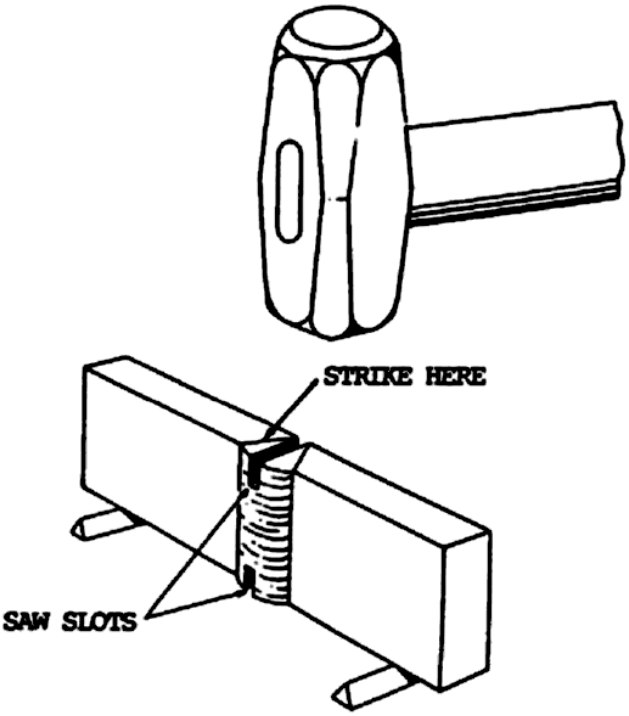
➢ آزمایش خمش کناره ای (Side Bend)

در زیر نحوهٔ اعمال نیرو را در آزمایش خمش کناره ای می بینید



➢ خمش با شکاف (Nick Break)

در زیر چگونگی آزمایش خمش با شکاف را می بینید



آزمایش خمش طولی :

نمونه طولی آزمایش خمش نیز در بعضی موارد از سرتاسر جوش تهیه می شود. طبیعتاً ازدیاد طول فلز جوش ، منطقهٔ مجاور آن و فلز اصلی بطور یکسان انجام می گیرد و می توان تغییرات و تأثیرات هر سه منطقه را تحت نیروی خمشی مطالعه کرد. این آزمایش بیشتر برای اتصالات فلزات غیر هم جنس استفاده می شود.

آزمایش خمش جوش نبشی آزمایشات خمشی ذکر شده در بالا بیشتر برای جوش های لب به لب انجام می شود.

۴. آزمایش ضربه Impact Test

یکی از آزمایشاتی که قابلیت و رفتار جوش را در برابر نیروهای دینامیکی نشان می دهد آزمایش ضربه است.

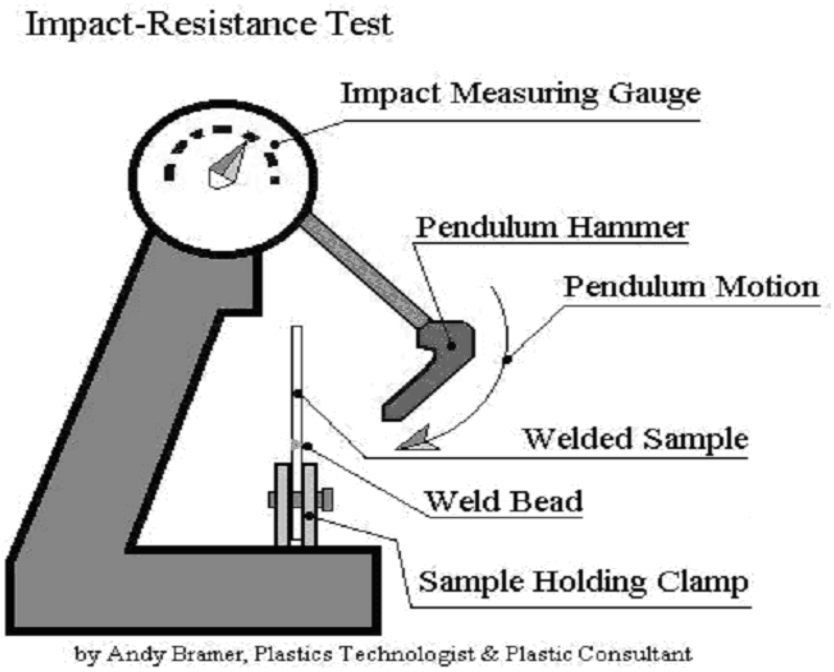
آزمایش ضربه، چقرمگی Toughness نسبی جوش را در مقایسه با فلز قطعه کار یا به بیان دیگر مقدار انرژی لازم یا مقاومت نمونهٔ تهیه شده از جوش را (تحت نیروی دینامیکی) برای شکست نشان می دهد. نتیجهٔ دیگری که می توان از این آزمایش ضربه استخراج کرد، درجه حرارت انتقال شکست نرم Ductile Fracture به شکست تردد Brittle Fracture است که غالباً با انجام آزمایش ضربه بر روی نمونه ها در درجات مختلف و رسم منحنی انرژی شکست به درجه حرارت بدست می آید. البته از روی مقطع شکست نیز می توان درصد شکست نرم و ترد را حدس زد.

بطور کلی آزمایش ضربه از نظر نحوهٔ اعمال نیروی دینامیکی برای شکست نمونه دو نوع است که عبارتند از : آزمایش شارپی (Charpy) و آزمایش ایزود (Izod).

آزمایش ایزود

در آزمایش ایزود یک طرف نمونه در گیره ای محکم شده و چکش پاندولی با انرژی پتانسیل معینی رها شده و پس از تبدیل به انرژی جنبشی به طرف آزاد نمونه برخورد می کند. مقداری از انرژی صرف شکست نمونه و باقیماندهٔ انرژی جنبشی پاندول را تا ارتفاع معینی بالا می برد. دستگاه تفاوت انرژی اولیه پاندول و انرژی باقیمانده در آن (انرژی مصرف شده برای شکست) را نشان می دهد.

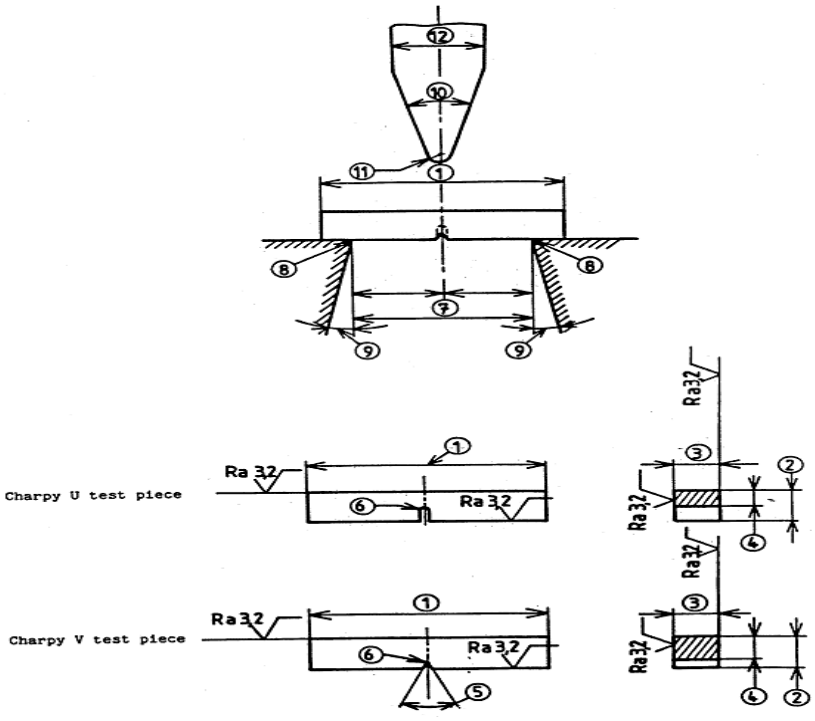
در زیر دستگاه تست ضربه نشان داده شده است.



آزمایش شارپی

در آزمایش شارپی دو طرف نمونه در تکیه گاه قرار می گیرند و چکش پاندولی به وسط نمونه برخورد کرده و آن را می شکند.

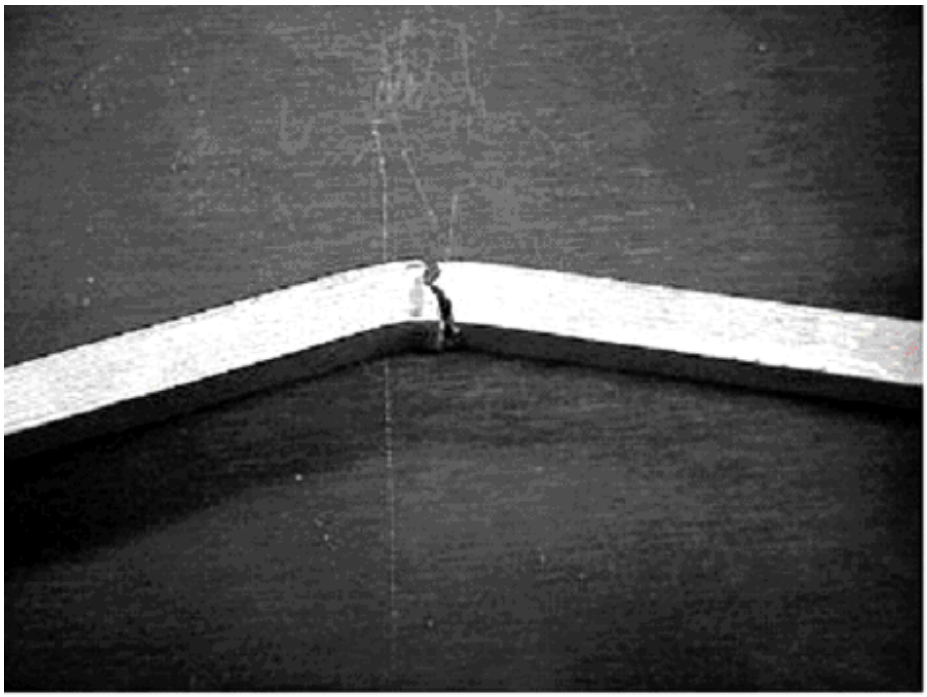
در زیر نحوهٔ اعمال نیرو در تست ضربه شارپی نشان داده شده است.



غالباً نمونه های ضربه ای بطور عرضی از جوش تهیه می شوند. بطوریکه جوش در وسط نمونه قرار می گیرد و نمونه دارای شکاف با زاویه ، عمق و شعاع استاندارد و معینی هستند ، که در ایجاد این شکاف ها بر روی نمونه باید دقت زیادی بکار برد. معمولاً امتداد شکاف عمود بر سطح جوش بوده و محل آن در نمونه شارپی وسط و در نمونهٔ ایزود نزدیک به طرف آزاد نمونه است.

در بعضی موارد که لازم باشد نمونه های طولی از جوش و یا مقطع دایره ای و کوچکتر نیز تهیه می کنند. همانطور که اشاره شد نمونه ها می توانند در درجه حرارت محیط و یا هر درجه حرارت دیگر آزمایش شوند.

در زیر یک نمونه قطعهٔ شکسته شده به روش تست ضربه نشان داده شده است



۵. آزمایش سختی Hardness Test

در بعضی از منابع آزمایش سختی را جزو آزمایشات مخرب منظور کرده اند. آزمایش سختی ایده ای برای مقاومت سایشی فلز جوش داده و در بعضی مواقع که سرعت

عمل و ارزانی آزمایش مطرح باشد ، بجای آزمایش کشش انجام می شود تا مقاومت تقریبی جوش حدس زده شود. این آزمایش مقاومت فلز در برابر فرورفتن جسم سخت تر (ساچمهٔ فولادی ، کریستال الماس و یا مخروط سخت) در سطح آن را نشان می دهد. با مقایسهٔ سختی فلز جوش با منطقهٔ مجاور جوش (H.A.Z) و یا با فلز قطعه کار می توان میزان سختی پذیری جوش و حتی حساسیت آن را در برابر ترکیدگی یا قابلیت ماشین کاری آن را تشخیص داد.

همانطور که اشاره شد این آزمایش را می توان بدون اینکه قطعهٔ جوش داده شده از بین برود بر روی جوش یا منطقهٔ مجاورش (بهتر است سنگ زده شود) انجام داد و یا بر روی نمونه ای که از جوش بریده شده و احتمالاً مقطع آن اچ شده است در میان خط جوش ، در قسمت صورت ، در ریشهٔ آن و یا منطقهٔ متأثر از حرارت اندازه گیری کرد و حتی تغییرات میزان سختی را در فواصل مختلف به صورت منحنی رسم کرد.

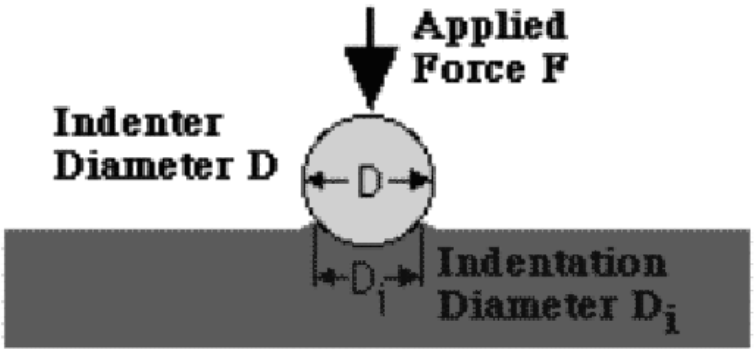
در زیر یک نوع از دستگاه های سختی سنجی نشان داده شده است

روش های مختلفی برای اندازه گیری سختی وجود دارد که دو روش راکول و برینل متداول تر است.

در روش برینل ساچمهٔ فولادی با قطر معینی تحت نیروی مشخص (نیروی اعمال شده و قطر ساچمه قابل تغییر بوده و معمولاً متناسب به همدیگر انتخاب می شود)

در سطح فلز فرو می رود ، پس از چند ثانیه نیروی اعمال شده برداشته شده و توسط دستگاه ، قطر اثر دایره ای شکل (ناشی از فرورفتگی ساچمه) اندازه گیری می شود. عدد سختی برینل از نسبت نیروی اعمال شده به سطح غالباً به کمک جدول مستقیماً استخراج می شود.

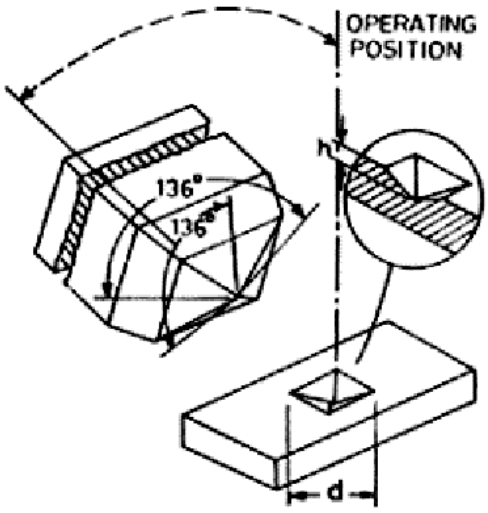
در زیر نمایی از سختی سنجی برینل را مشاهده می نمایید



$$BHN = \frac{F}{\frac{\pi}{2} D \cdot (D - \sqrt{D^2 - D_i^2})}$$

در روش راکول که غالباً برای سختی های بالا از آن استفاده می شود. جسم سخت فرورونده مخروطی شکل و با قطر کوچکتر می باشد. در اینجا قطر اثر مخروط بر روی سطح اندازه گیری نمی شود بلکه بر روی دستگاه سریعاً عدد که نشان دهندۀ سختی است می توان ملاحضه کرد و نیازی به پولیش کردن سطح هم نیست.

در زیر نمایی از سختی سنجی راکول را مشاهده می نمایید



دستگاه هایی برای اندازه گیری سختی فازها یا بعضی ناخالصی های میکروسکوپی در ساختار فلز جوش یا منطقهٔ مجاور آن وجود دارند که غالباً در کارهای تحقیقاتی از آن استفاده می شود.

۶. آزمایش خوردگی Corrosion Testing

در جوشکاری فولادهای زنگ نزن، آلومینیوم و بعضی از آلیاژهای دیگر مقاومت خوردگی فلز جوش یا منطقهٔ مجاور جوش حائز اهمیت است که تقلیل مقاومت خوردگی می تواند ناشی از عوامل مختلف از جمله مناسب نبودن ترکیب شیمیایی فلز پر کننده، تغییرات فازها یا رسوب ناخالصی ها در مرز دانه ها، بقایای سرباره و یا روان ساز باشد. برای مقایسهٔ مقاومت خوردگی منطقهٔ جوش با بقیهٔ قطعه کار معمولاً براساس استاندارد نمونه هایی تهیه شده و در شرایط مشابه با قطعه جوش داده شده (درجه حرارت، تنش ها و محلول خورنده) قرار داده و در زمان های معینی نمونه ها مورد مطالعه و بررسی قرار می گیرند. (شستن و وزن کردن، مطالعهٔ میکروسکوپی با طرق دیگر ...)

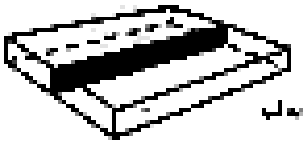
۷. اچ کردن Etch Test

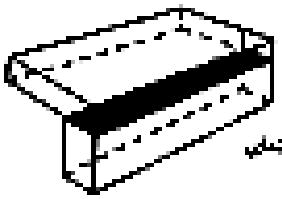
گاهی اوقات برای مطالعهٔ ساختار میکروسکوپی، اندازهٔ دانه ها یا بعضی فازها و حتی عیوب و ناخالصی ها در فلز جوش یا منطقهٔ مجاور آن، همچنین بررسی شکل مقطع فلز جوش و میزان نفوذ ذوب، لازم است تا نمونه هایی از منطقهٔ جوش داده شده بریده و پس از پولیش کردن با محلول های مختلف اچ کرد. محلول های شیمیایی اچ برای آلیاژهای مختلف و اهداف گوناگون (ماکروسکوپی، میکروسکوپی، مشخص کردن فاز خاص یا عیب ویژه) متفاوت است، اما عمل این محلول ها خوردن مناطق خاص است تا این مواضع در زیر میکروسکوپ بصورت تیره یا روشن و یا اشکال خاص قابل تمایز و تشخیص باشند.

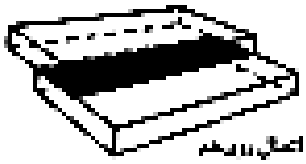
علایم و نشانه های جوش در نقشه ها

علائم و نشانه های استانداردی وجود دارد که غالباً بر روی نقشه و طرح ثبت می شود، این علائم را می توان زبان مهندسی طرح ، تولید و اجرا محسوب نمود. علائم مذکور نوع طرح اتصال، نوع جوش، محل جوش، اندازۀ جوش و حتی روش جوش کاری و ابعاد مورد نیاز دیگر را مشخص می کنند. دانستن کامل این علائم و قواعد مربوط به آن از وظایف نقشه کش می باشد. اما مهندس جوش نیز باید با آنها آشنایی داشته باشد تا بتواند نقشه را خوانده و آن را پیدا کند. در این قسمت مختصراً مهمترین این علائم ، که توسط جامعۀ جوشکاران آمریکا (AWS) استاندارد شده است توضیح مختصری داده می شود.

اولین فاکتور مهم در فهمیدن علائم جوشکاری انواع طرح های جوش است. که در زیر انواع اتصالات جوش آورده شده است.



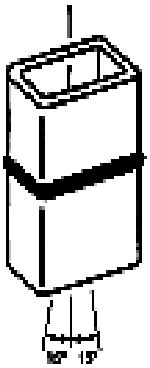


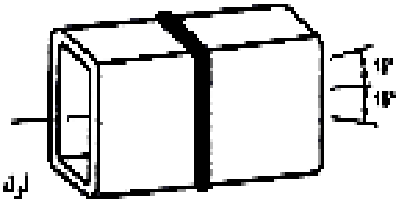


لوله قائم زیر خیده جوش لغت ($15^{\circ}\pm$)
طازیرکننده دراندیک سر باد سر لوله رسوب دهید
(A) وضعیت آزمایش 1G جرخیده

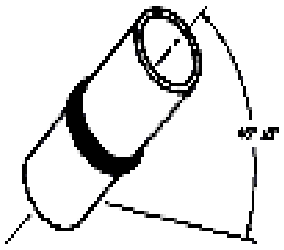
لوله قائم ودر جریان جوشکاری نمی چرخد.
جوش افقی ($15^{\circ}\pm$)

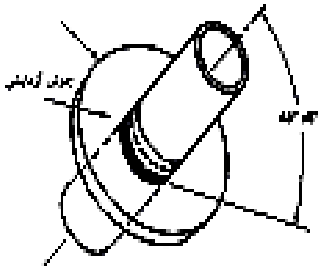
(B) وضعیت آزمایش 2G





لوله افقی ثابت ($15^{\circ}\pm$) ودر جریان جوشکاری نمی چرخد
جوش لغت اقلام بالاسر
(C) وضعیت آزمایش 5G

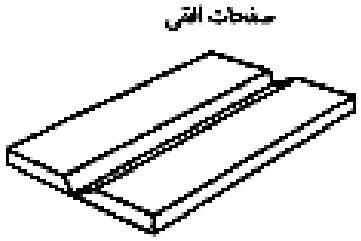




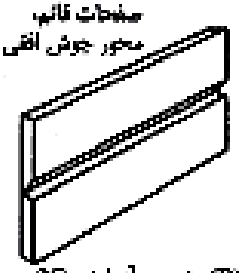
لوله منحرف ثابت ($15^{\circ}\pm 45^{\circ}$) ودر جریان جوشکاری نمی چرخد
(D) وضعیت آزمایش 6G

(E) وضعیت آزمایش 6GR (اتصالات T,Y,K)

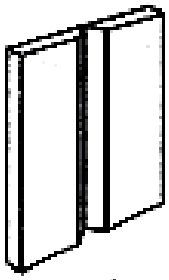
حالات لوله ای آزمایش برای جوش های شیاری



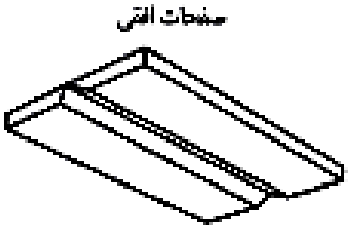
(A) وضعیت آزمایش 1G



(B) وضعیت آزمایش 2G

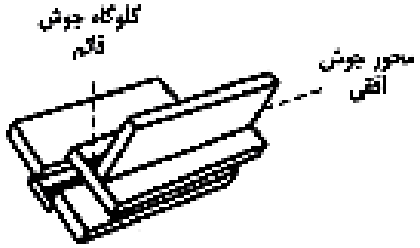


(C) وضعیت آزمایش 3G

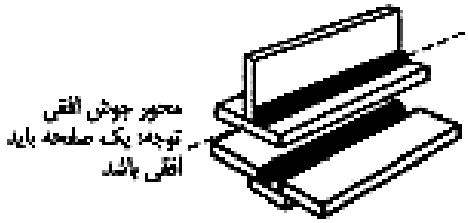


(D) وضعیت آزمایش 4G

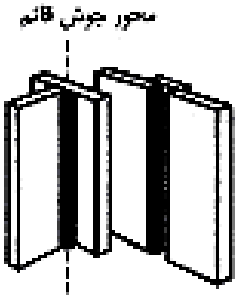
حالات صفحات آزمایش جهت جوش های شیاری



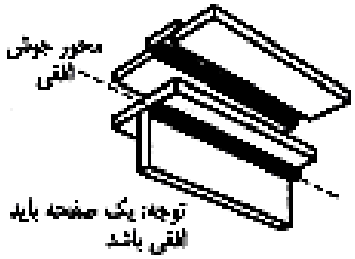
(A) وضعیت تخت 1F



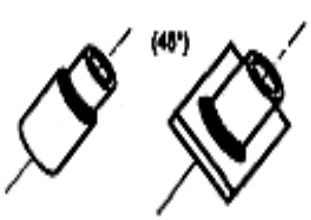
(B) وضعیت افقی 2F



(C) وضعیت قائم 3F

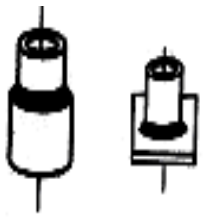


(D) وضعیت بالاسر (D)

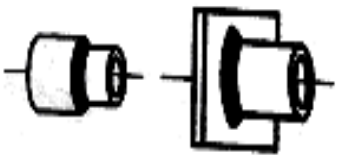


لوله چرخیده

(A) جوشکاری تخت، وضعیت آزمایش 1F-

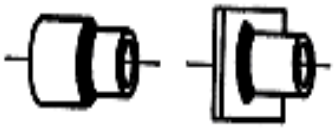


(B) جوشکاری افقی، وضعیت آزمایش 2F-

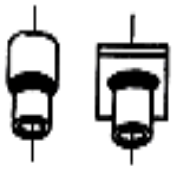


لوله چرخیده

(C) جوشکاری افقی، وضعیت آزمایش 2FR-



(D) جوشکاری بالاسر، وضعیت آزمایش 4F-



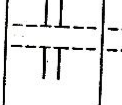
(E) جوشکاری چند تایی وضعیت آزمایش 5F-

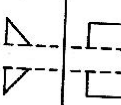
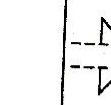
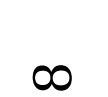
(F) جوشکاری چند تایی، وضعیت آزمایش 6F-

حالات لوله‌های آزمایشی جهت جوش‌های گوشه‌ای

A. محل جوش (Location Of Weld) :

در زیر بعضی از نشانه های جوشکاری نشان داده شده است.

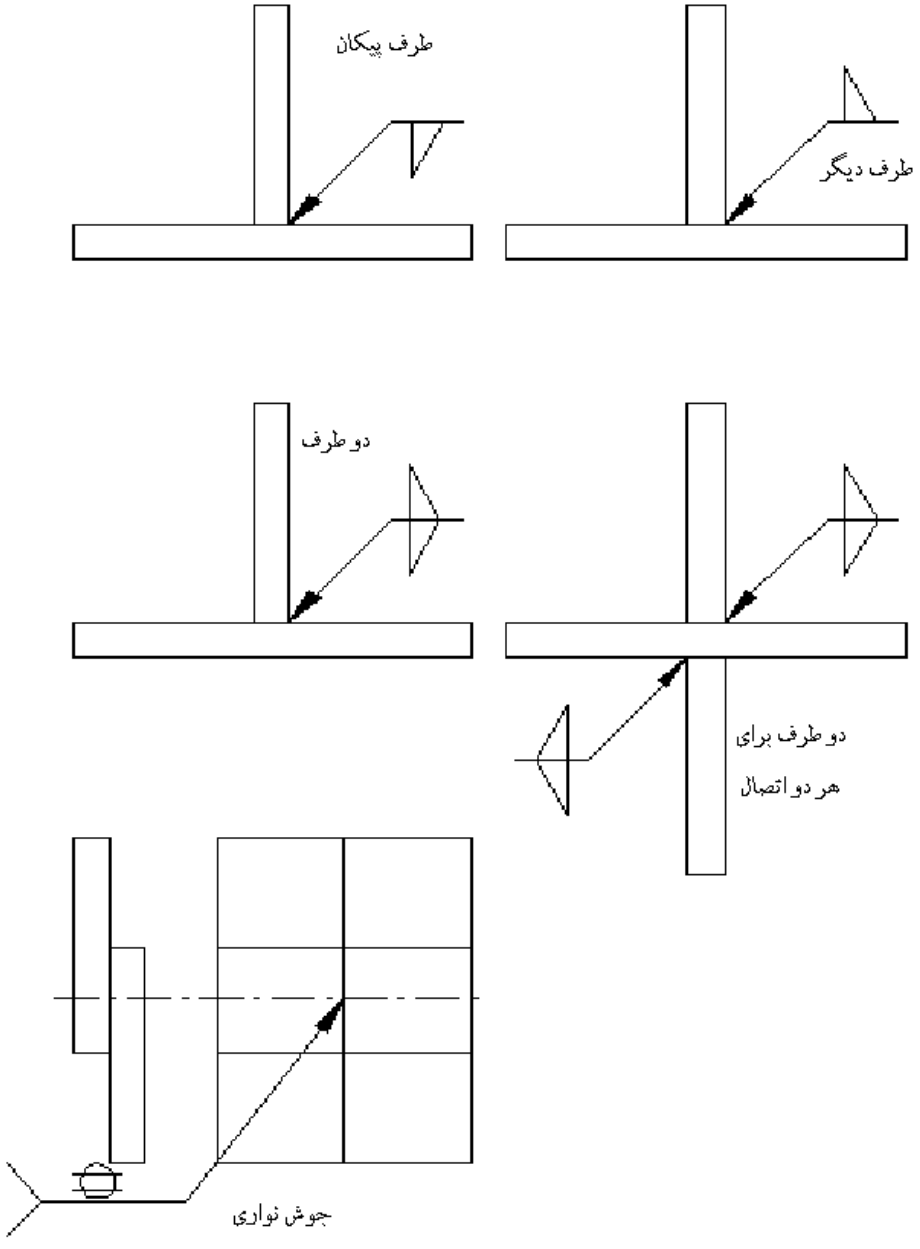
شیار							
پخ لبه گرد	لبه گرد جناغی	J	U	پخ	جناغی	پخ‌دار	گونیا
							

فلنج		سطح کاری	پشت یا پشت‌بندی	درز	نقطه‌ای یا برجسته	زائده	گل میخ یا شکاف	گوشه
گوشه	لبه							
								

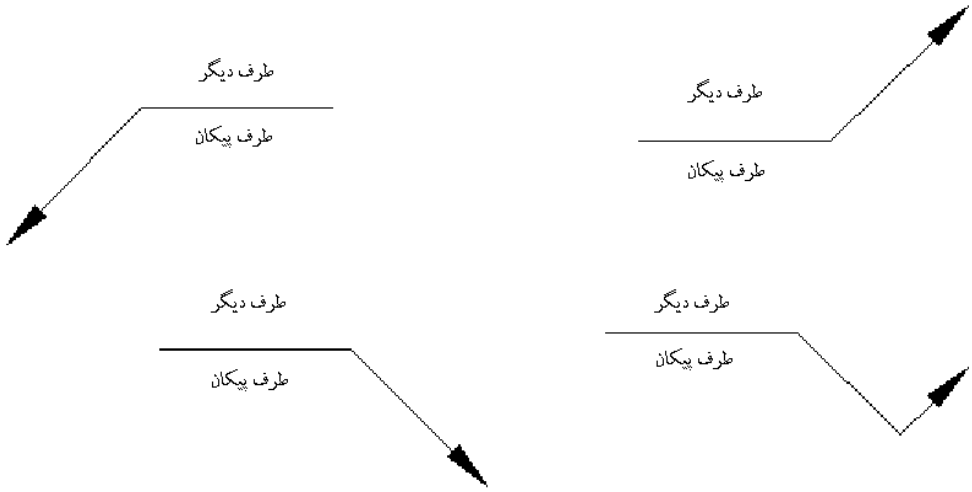
محل جوش را با کشیدن بردار یا پیکانی مشخص می کنند ، که جهت و امتداد پیکان در هر طرف از شکل می تواند قرار گیرد ولی نوک آن به محل جوش اشاره می کند.

رسم علائم جوش در پایین خط بردار ، نوع و محل جوش را مشخص می کند. اگر علائم جوش در بالا قرار داشته باشند نشانهٔ آن است که جوش باید در طرف مقابل فلش انجام شود ، و باز هم چنانچه جوش دو طرفه باشد ، علامت نوع جوش در بالا و پائین خط بردار کشیده می شود.

در زیر نمونه هایی از این علائم نشان داده شده است.



البته بردار را می تواند هر طرفی کشیده شود.



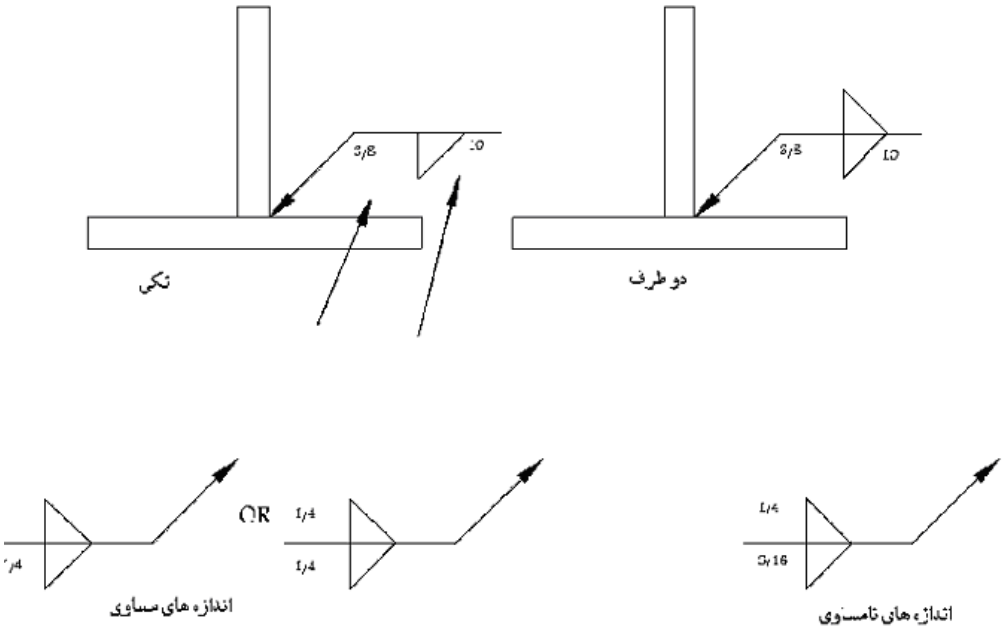
B. اندازهٔ جوش ها (Size Of Weld) :

نمایش اندازهٔ جوش با نشانه های متفاوتی انجام می گیرد که آنها را به ترتیب زیر دسته بندی شده اند :

۱.جوش های نبشی :

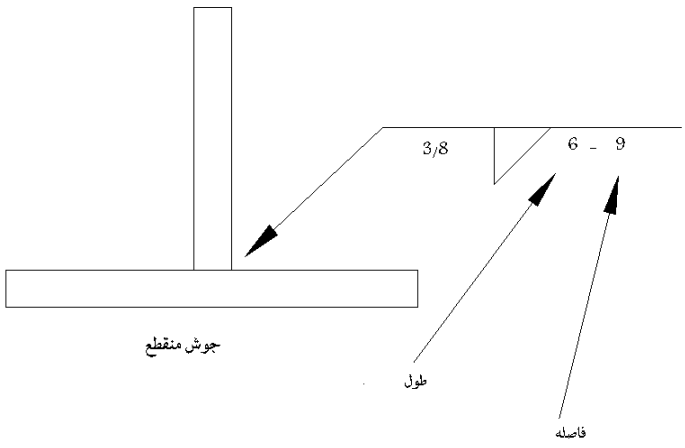
پهنای ساق جوش نبشی را در طرف چپ از علامت مشخصهٔ آن و غالباً بصورت جزء کسری و بر حسب اینچ مشخص می کنند. اگر اندازهٔ دو ساق جوش نبشی برابر باشد ، فقط به درج اندازهٔ مذکور در کنار یکی از علامت ها اکتفا می نمایند. طول جوش در قسمت راست علامت جوش نبشی و در مواردی که جوش نبشی دارای ساق های متفاوت باشد طول هر یک در داخل پرانتز نوشته می شود.

در زیر اندازه ساق جوش نبشی و طول جوش را در چندین حالت نشان داده شده است.



در بعضی موارد جوش نبشی بطور منقطع انجام می شود ، یعنی طول معینی جوش داده شده ، سپس فاصله ای بدون جوش رها شده و مجدداً مسافتی جوش داده می شود. عدد اول نوشته شده در سمت راست ، طول مسیر جوش را نشان داده و عدد دوم که با خط فاصله جدا شده ، نشان دهندۀ فاصلۀ باقیمانده یا جوش داده نشده است.

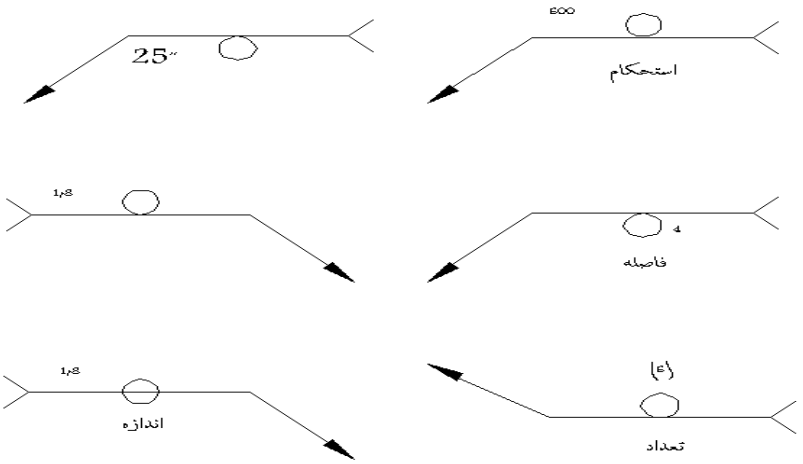
علامت زیر ، علامت جوش نبشی منقطع را نشان می دهد.



۲. جوش نقطه ای (Spot Welds) :

جوش های نقطه ای را با اندازهٔ قطر یا مینیمم استحکام برشی لازم در طرف چپ علامت مشخصهٔ آن معین می کنند. فاصلهٔ جوش های نقطه ای نسبت به یکدیگر در طرف راست آورده می شود. اگر تعداد جوش های لازم هم باید نوشته شود ، آن را داخل پرانتز و در طرف راست می آورند. در زیر حالت های مختلفی از نشان دادن اندازه در جوش نقطه ای آورده شده است.

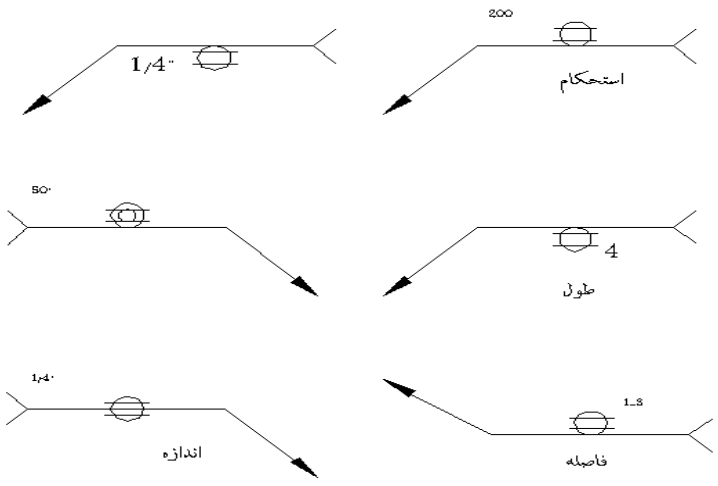
نمایش اندازه ها در جوش نقطه ای



۳. جوش های نواری (Seam Welds) :

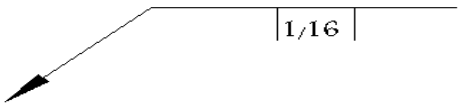
جوش های نواری غالباً با مینیمم استحکام برشی لازم و یا پهنای باند یا نوار جوش در طرف چپ علامت جوش و طول آن را در طرف راست مشخص می کنند. چند نمونه از اندازه یا استحکام و طول جوش نواری را در زیر نشان داده شده است.

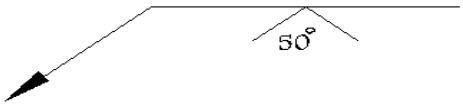
نمایش اندازه ، استحکام و طول در جوش نواری



♣ برای مشخص کردن زاویهٔ پخ یا شکاف و یا فاصلهٔ ریشهٔ جوش این اندازه ها در داخل علامت مشخصهٔ جوش نوشته می شود.

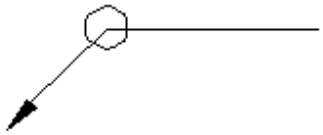
مشخص کردن زاویه و فاصلهٔ ریشهٔ جوش





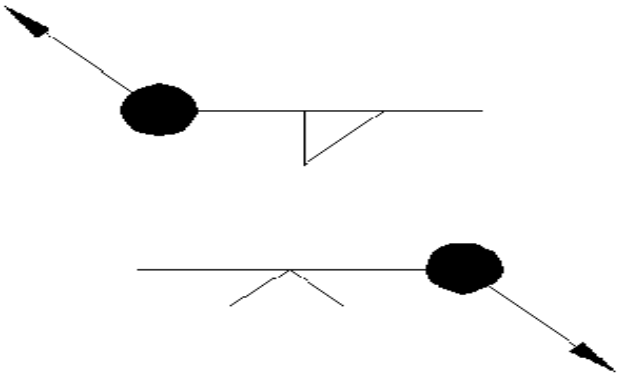
♣ هنگامی که لازم است جوش در تمام اطراف طرح اتصال رسوب داده شود با کشیدن دایره ای بر روی محل انکسار خط ، نشان داده می شود.

جوش در دور تا دور طرح اتصال انجام می گیرد.



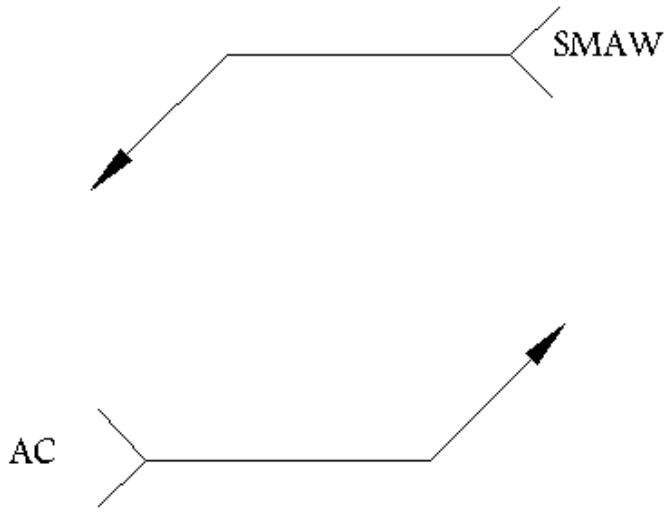
♣ اگر نیاز باشد عملیات جوشکاری در خارج از محیط کارگاه و در محل نصب انجام شود با کشیدن دایرهٔ توپر روی محل انکسار خط بردار ، جوشکاری در خارج از کارگاه را نشان می دهد.

مشخص کردن محیط جوشکاری



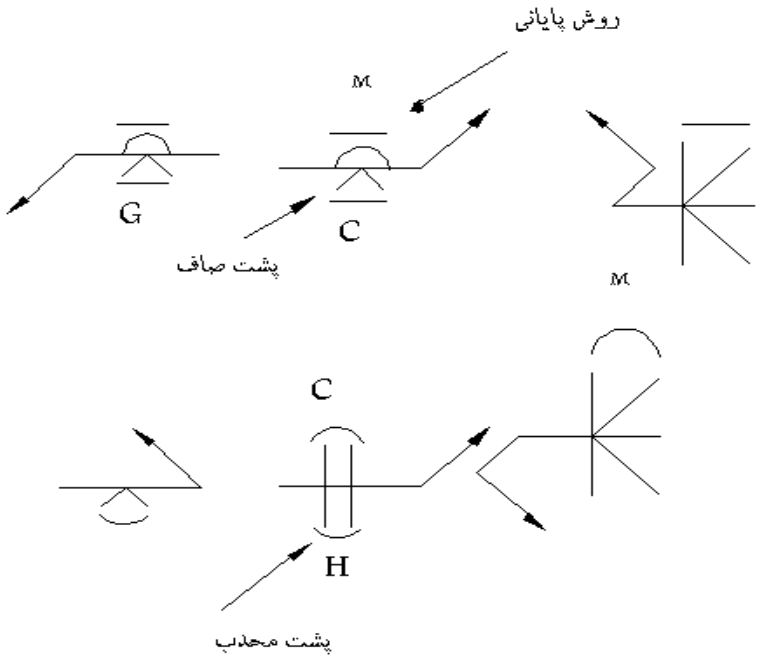
♣ برای دادن اطلاعات بیشتر مانند روش جوشکاری از حروف اختصاری مورد نیاز در دنبالهٔ بردار استفاده می کنیم.

دادن اطلاعات بیشتر در دنبالهٔ بردار



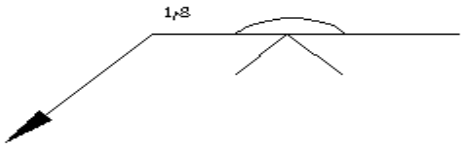
♣ در صورت ضرورت به کیفیت پشت یا گردهٔ جوش (تحدب ، تقعر و تخت یا مسطح بودن) از علائم مخصوص که چند نمونه از آن در زیر نشان داده شده است ، استفاده می کنیم.

روش نشان دادن چگونگی سطح یا گردهٔ جوش



♣ در مواردی که استحکام یا مقاومت بالا و نفوذ کامل نیاز باشد یک پاس جوش پشتی نیز انجام می شود که بر روی نقشه در قسمت بالای خط بردار و مقابل علامت جوش این عمل با علامت نیم دایره نشان داده می شود.

در زیر علامت جوش پشتی نشان داده شده است.



علائم اختصاری فرآیندهای جوشکاری و برشکاری

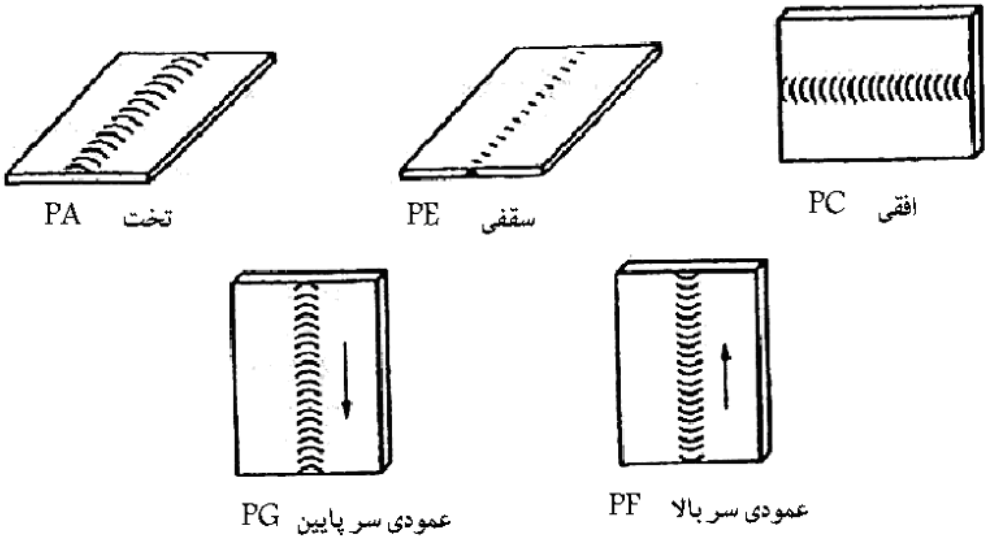
در جوشکاری و برشکاری ، هر فرآیند جوش نشانه ای دارد که همان حروف خلاصه شدهٔ آن است. در زیر جدولی آمده است که برخی از فرآیندهای جوشکاری و علائم آنها آورده شده است.

نشانهٔ اختصاری فرآیند جوشکاری	نام فرآیند جوشکاری به فارسی	نام فرآیند جوشکاری به انگلیسی
AAW	جوشکاری هوا استیلن	Air Acetylene Welding
AHW	جوشکاری هیدروژن اتمی	Atomic Hydrogen Welding
BMAW	جوشکاری قوس لخت	Bare Metal Arc Welding
CABW	جوشکاری لحیم کاری سخت قوسی	Carbon Arc Braze Welding
CFC	برشکاری سرباره ای شیمیایی	Chemical Flux Cutting
CEW	جوشکاری روزن رانی	Co Extrusion Welding
CW	جوشکاری سرد	Cold Welding
DW	جوشکاری قالبی	Die Welding
EGW	جوشکاری گازی الکتریکی	Electro gas Welding
EBBW	لحیم جوشکاری سخت پرتو الکترونی	Electron Bean Braze Welding
EBC	برشکاری پرتو الکترونی	Electron Bean Cutting
EBW	جوشکاری با پرتو الکترونی	Electron Bean Welding
ESW	جوشکاری الکتریکی سرباره ای	Electro Slag Welding
EXBW	لحیم جوشکاری سخت گرمازا	Exothermic Braze Welding
EXB	لحیم کاری سخت گرمازا	Exothermic Braze
EXC	برشکاری انفجاری	Explosion Cutting
EXW	جوشکاری انفجاری	Explosion Welding
FLOW	جوشکاری گدازی	Flow Welding
FCAW	جوشکاری با الکترود تو پودری	Flux Cored Arc Welding
FOC	برشکاری گداز آوری	Flux Cutting
FOW	جوشکاری پتکه ای	Forge Welding
FSSW	جوشکاری اصطکاکی تلاطمی نقطه ای	Friction Spot Stir Welding

Friction Welding	جوشکاری اصطکاکی	FRW
Furnace Soldering	لحیم کاری کوره ای	FS
Gas Metal Arc Cutting	برشکاری قوس فلزی با گاز	GMAC
Gas Metal Arc Welding	جوشکاری قوس فلزی با گاز	GMAW
Gas tungsten Arc Cutting	برشکاری قوس تنگستنی گازی	GTAC
Gas Tungsten Arc Welding	جوشکاری قوس تنگستنی گاز	GTAW
High Frequency Resistance Welding	جوشکاری مقاومتی با فرکانس زیاد	HFRW
High Frequency Seam Welding	جوشکاری درزی پُر فرکانس	RSEW-HF
High Frequency Upset Welding	جوشکاری مقاومتی سر به سر پُر فرکانس	UW-HF
Laser Beam Braze Welding	لحیم جوشکاری سخت با پرتو لیزر	LBBW
Laser Beam Cutting	برشکاری با پرتو لیزر	LBC
Laser Beam Evaporative Cutting	برشکاری تبخیری با پرتو لیزر	LBC-EW
Laser Beam Welding	جوشکاری با پرتو لیزر	LBW
Metal Arc Cutting	برشکاری قوسی فلزی	MAC
Metal Powder Cutting	برشکاری پودر فلزی	POC
Nonpressure Thrmite Welding	جوشکاری ترمیتی بدون فشار	NTM
Oxyacetylene Cutting	برشکاری با شعلهٔ اکسی استیلن	OFC-A
Oxyacetylene Welding	جوشکاری اکسی استیلن	OAW
Oxy fuel Gas Cutting	برشکاری شعله ای با سوخت گازی	OFC
fuel Gas Welding Oxy	جوشکاری با سوخت گازی	OFW
Oxygen Arc Cutting	برشکاری با قوس اکسیژنی	AOC
Oxygen Cutting	برشکاری با گاز	OC
Oxy hydrogen Welding	جوشکاری هیدروژنی	OHW
Percussion Welding	جوشکاری ضربه ای	PEW
Plasma Arc Cutting	برشکاری قوس پلاسما	PAC
Plasma Arc Welding	جوشکاری پلاسما	PAW
Resistance Seam Welding	جوشکاری درز مقاومتی	RSEW
Resistance Spot Welding	جوشکاری مقاومتی نقطه ای	RSW
Resistance Welding	جوشکاری مقاومتی	RW
Roll Welding	جوشکاری غلطکی	ROW
Shielded Carbon Arc Welding	جوشکاری قوس کربنی محافظت شده	CAW-S
Shielded Metal Arc Cutting	برشکاری قوس با الکترود روپوش دار	SMAC
Shielded Metal Arc Welding	جوشکاری قوس با الکترود روپوش دار	SMAW
Solid-State Welding	جوشکاری حالت جامد	SSW
Termite Welding	جوشکاری ترمیتی	TW
Twin Carbon Arc Welding	جوشکاری قوس کربنی دو قلو	TCAW
Ultrasonic Welding	جوشکاری فرا صوتی	USW
Submerge Arc Welding	جوشکاری زیر پودری	SAW
Fusion Welding	جوشکاری های ذوبی	FW

حالات جوشکاری نیز دارای اصطلاحاتی و علائم اختصاری می باشند که در زیر بعضی از این اصطلاحات آورده شده است.

علائم اختصاری حالات جوشکاری



جوش های لب به لب

جوش های گوشه ای

معیارهای پذیرش عیوب مطابق استاندارد AWS D 1.1

کیفیت جوش تحت بار استاتیکی

۱. جوش ترک نداشته باشد
۲. ذوب کامل بین فلز جوش و فلز پایه و شیار بین لایه ها حاصل شده باشد
۳. چاله جوش ها پر شده باشد
۴. بریدگی کنار جوش طبق این شرایط قابل قبول است:

- ضخامت ورق کمتر از 25.4mm بریدگی نباید بیشتر از 1mm باشد. در 50mm از 305mm طول جوش حداکثر مقدار بریدگی لبۀ جوش می تواند 1.6mm باشد
- در ضخامت های ورق های بیشتر از 25.4 عمق گودی نباید از 1.6mm برای هر طول جوش افزایش یابد

۵. مجموع قطر حفره های قابل قبول رویت 1mm یا بزرگتر بر روی سطح جوش در 25.4mm طول جوش نباید از 10mm تجاوز کند، مجموع قطرها نباید در هر 305mm طول جوش از 19mm بیشتر باشد
۶. اندازۀ جوش گلویی چنانچه در مجموع طول یک جوش از ده درصد آن تجاوز نکند، می تواند به میزان 1.6mm از اندازۀ واقعی آن کمتر باشد در جوش های جان و بال تیرها در دو طرف تیر طول معدل، نباید کمتر از دو برابر پهنای آن باشد
۷. در جوش های شیاری با نفوذ کامل اتصالات لب به لب عمود بر جهت تنش های حساب نشده، نباید حفره های استوانه ای وجود داشته باشد. برای جوش های شیاری دیگر نیز حجم محدود حفره های 1mm نباید از 10mm در هر مورد جوش تجاوز کند و همینطور در 305mm از 19mm بیشتر باشد
۸. بازرسی چشمی باید بلافاصله پس از سرد شدن تمام جوش در درجه حرارت محیط انجام پذیرد. معیار پذیرش برای ASTM در فولادهای A514 و A517 بازرسی چشمی پس از حداقل ۴۸ ساعت از اتمام جوشکاری انجام می گیرد

کیفیت جوش تحت بار دینامیکی

۱. جوش ترک نداشته باشد
۲. ذوب کامل بین فلز جوش و فلز پایه و شیار بین لایه ها حاصل شده باشد
۳. کلیهٔ فرورفتگی های سطح مقطع جوش باید به طور کامل پر شوند، مگر برای انتهای جوش های گوشه منقطع که بیشتر از طول مؤثر جوشکاری شده اند
۴. عمق فرورفتگی جوش در اعضا ابتدایی که جوش عمود بر تنش برش و زیر هر بار طراحی قرار می گیرند، نباید از 0.25mm تجاوز کند. برای حالات دیگر سقف مجاز 1mm است.
۵. در هر 100mm از طول جوش گوشه نباید بیش از یک مجموع تخلخل وجود داشته باشد و ماکزیمم قطر آن نباید از 2mm تجاوز کند

❖ استثنا برای جوش های گوشه ای که برای تقویت جان بکار می روند ، جمع قطر حفره ها نباید از 10mm در هر 25.4mm جوش و از 19mm برای هر 305mm در طول جوش تجاوز نماید.

۶. اندازهٔ جوش گلویی چنانچه در مجموع طول یک جوش از ۱۰ درصد تجاوز نکند می تواند به میزان 1.6mm از اندازهٔ واقعی آن کمتر باشد. در جوش های جان و بال تیرها و در دو طرف تیر طول معادل نباید کمتر از دو برابر پهنای آن باشد
۷. در جوش های با نفوذ کامل اتصالات لب به لب عمود بر جهت تنش های محاسبه شده نباید هیچ حفره کرمی شکل وجود داشته باشد و در همه جوش های لب به لب دیگر در هر 100mm از طول جوش گوشه حداکثر یک مجموعه تخلخل مجاز است و ماکزیمم قطر آن نباید از 2mm تجاوز کند