

۷-۲-۳- جوش

۷-۲-۳-۱- تعریف

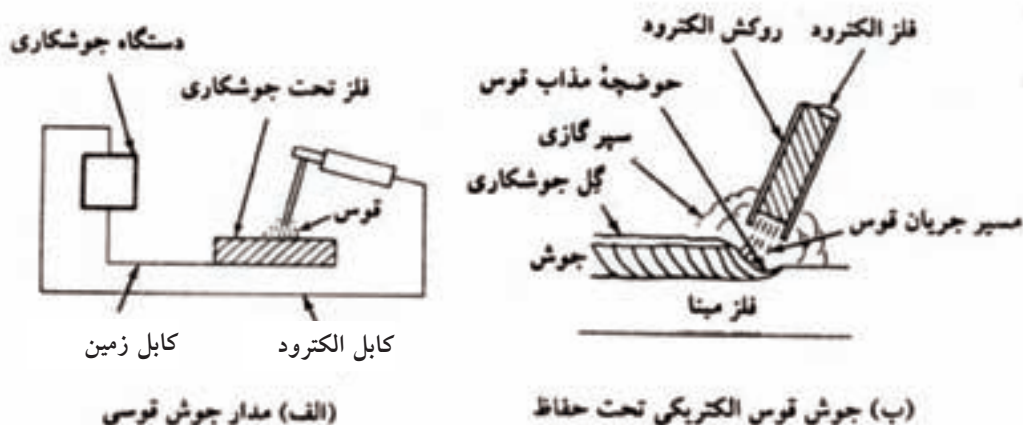
جوشکاری عبارت است از اتصال و یکپارچه کردن مصالح به یکدیگر به کمک حرارت، با و یا بدون استفاده از فشار و یا مواد پرکننده اضافی. به مصالحی که باید به هم متصل گردند فلز مینا و به ماده‌ای که این اتصال را برقرار می‌سازد فلز پرکننده یا فلز جوش گفته می‌شود. برای ذوب فلز مینا و فلز جوش، حرارت به کار می‌رود تا مواد به صورت سیال در آمده و تداخل آن‌ها امکان‌پذیر شود.

معمول‌ترین روش‌های جوشکاری، خصوصاً برای جوش فولاد ساختمانی، استفاده از انرژی برق به عنوان منبع حرارتی است و بدین منظور اغلب از قوس الکتریکی استفاده می‌شود. قوس الکتریکی عبارت است از تخلیه جریان نسبتاً بزرگ، بین فلز جوش (الکترو یا سیم جوش) و فلز مینا که از میان ستونی از مواد گازی یونیزه به نام پلاسما انجام می‌پذیرد. در جوش قوس الکتریکی، عمل ذوب و اتصال با جریان مواد در طول قوس و بدون اعمال فشار صورت می‌گیرد. (شکل ۷-۱۱)

۷-۲-۳-۲- جوشکاری با استفاده از قوس الکتریکی

جوشکاری با استفاده از قوس الکتریکی با الکترو روکشدار یکی از مهمترین، ساده‌ترین و شاید کارآمدترین روش‌هایی است که برای اتصال فولاد ساختمانی به کار می‌رود. در محاورات فنی، این روش به نام جوش دستی با الکترو خوانده می‌شود. حرارت لازم، با برقرار نمودن قوس الکتریکی بین الکترو روکشدار و اجزایی که باید متصل شوند، ایجاد می‌گردد. مدار جوشکاری در شکل ۷-۱۱-الف، به نمایش درآمده است.



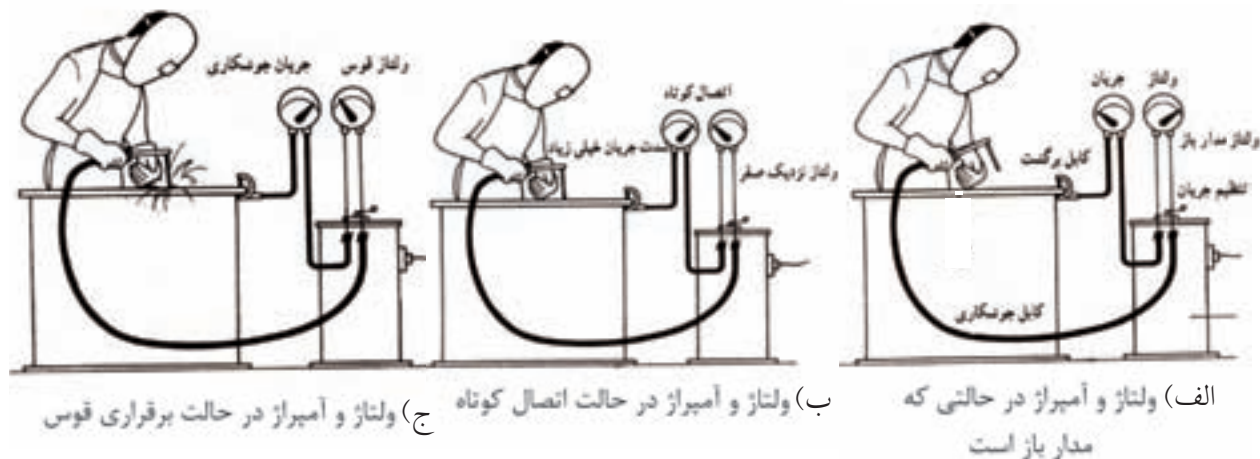


شکل ۷-۱۱- جوش قوس الکتریکی فلزی تحت حفاظت سپر گازی

در جریان جوشکاری، با ذوب الکترود و انتقال به فلز مینا، الکترود روکشدار مصرف می‌شود. فلز الکترود تبدیل به ماده پرکننده شده و قسمتی از روکش به گاز محافظ و قسمت دیگر آن به گل جوشکاری تبدیل می‌گردد. روکش، مخلوطی گل مانند از سیلیکات‌های سخت‌کننده و مواد دیگری، مانند فلوراید، کربنات‌ها، اکسیدها، آلیاژهای فلزی و سلولز است. این مخلوط، پخته و فشرده شده تا روکش سخت، خشک و متراکم را به وجود آورد.

روکش الکترود وظایف زیر را بر عهده دارد:

- ۱- با ایجاد سپرگازی، هوا را جداساخته، قوس را تثبیت می‌کند.
 - ۲- مواد دیگری مانند احیاکننده‌ها را وارد فلز جوش می‌نماید تا بافت ساختمانی آن را بهبود بخشد.
 - ۳- با ایجاد یک روکش از گل جوشکاری روی حوضچه مذاب و جوش سخت شده، آن‌ها را در مقابل اکسیژن و نیتروژن هوا محافظت کرده، در ضمن مانع سرد شدن سریع جوش می‌گردد.
- روش‌های دیگر جوشکاری با قوس الکتریکی که اغلب به صورت اتوماتیک انجام می‌شود، عبارتند از جوشکاری زیرپودری، جوشکاری تحت حفاظت گاز و جوشکاری با سیم جوش توپودری که برای تشریح آن‌ها باید به کتب تخصصی مراجعه نمود. در این روش‌ها، الکترود به صورت مفتول پیوسته عاری از روکش بوده و عمل پوشش را پودر و یا گاز CO_2 انجام می‌دهد.



الف) ولتاژ و آمپرژ در حالتی که مدار باز است
ب) ولتاژ و آمپرژ در حالت اتصال کوتاه
ج) ولتاژ و آمپرژ در حالت برقراری قوس

۲-۳-۳- جوش پذیری فولادهای ساختمانی

اغلب فولادهای ساختمانی استاندارد را می‌توان بدون تدابیر خاص و استفاده از روش‌های معین جوش کاری نمود. جوش پذیری فولاد، معرف درجه سهولت ایجاد یک اتصال ساختمانی سالم و بدون ترک است. بعضی انواع فولادهای ساختمانی برای جوشکاری از انواع دیگر مناسب‌ترند. جدول ۷-۱ ترکیب شیمیایی ایده‌آل فولادهای کربن‌دار را به نمایش می‌گذارد. اغلب فولادهای نرمه در این رده جای می‌گیرند، در حالی که مقادیر مطلوب برای فولادهای پرمقاومت ممکن است از حدود تحلیلی ایده‌آل نمایش داده شده در جدول ۷-۱ تجاوز کند.



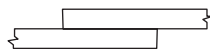
قوس الکتریکی در جوشکاری با الکتروده (روکش‌دار)

جدول ۷-۱- ترکیب شیمیایی مطلوب فولادهای کربن‌دار به منظور جوش‌پذیری

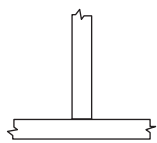
عنصر	محدوده نرمال	درصدی که احتیاج به تدابیر خاص جوشکاری دارد
کربن	۰/۰۶-۰/۲۵	۰/۳۵
منگنز	۰/۲۵-۰/۸۰	۱/۴۰
سیلیکون	حداکثر ۰/۱	۰/۳۰
گوگرد	حداکثر ۰/۰۳۵	۰/۵۰
فسفر	حداکثر ۰/۰۳۰	۰/۰۴۰



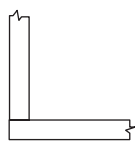
الف (اتصال لب به لب



ب (اتصال روی هم



پ (اتصال سپری



ت (اتصال گونیا



ث (اتصال پیشانی

شکل ۷-۱۲- انواع اصلی اتصال جوشی

۷-۲-۳-۴- انواع اتصالات جوشی

اگر چه در عمل انواع و ترکیبات مختلفی از انواع اتصال یافت می‌شود، ولی پنج نوع اتصال جوشی اصلی وجود دارد که عبارتند از لب‌به‌لب، رویهم، سپری، گونیا و پیشانی. در شکل ۷-۱۲ انواع آن نشان داده شده است.



نمونه‌ای از اتصال جوشی در مهاربند سافتمان

اتصال لب به لب (Butt Joint)

اتصال لب به لب اغلب برای متصل ساختن انتهای ورق‌های مسطح با ضخامت‌های نسبتاً مساوی مورد استفاده قرار می‌گیرد. امتیاز این نوع اتصال اجتناب از خروج از مرکزیتی است که در اتصالات روی هم یک طرفه مانند شکل ۷-۱۲-ب، به وجود می‌آید. وقتی که در اتصال لب به لب از جوش شیاری با نفوذ کامل استفاده شود، اندازه اتصال به حداقل خود رسیده و ظاهر آن بسیار خوشایندتر از انواع دیگر اتصالات می‌گردد.

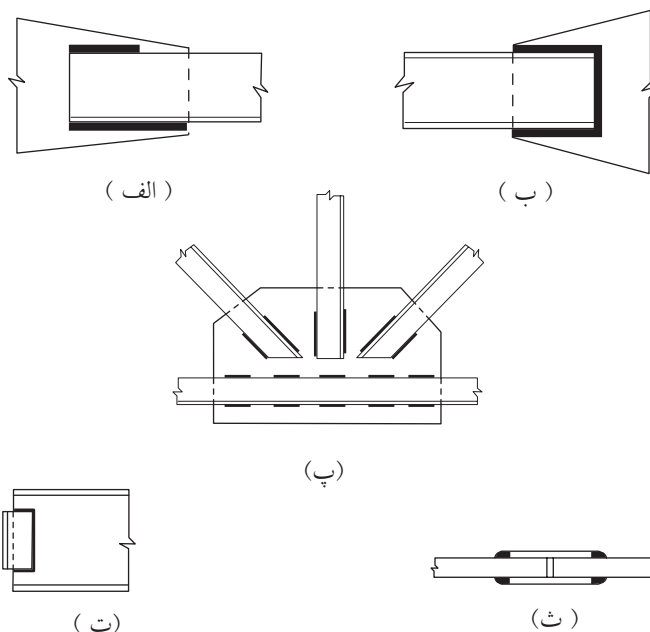


اتصال پوششی (روی هم) (Lap Joint)

اتصال پوششی که انواع آن در شکل ۷-۱۳ نمایش داده شده، معمول‌ترین نوع اتصال است. این اتصال دو مزیت عمده دارد:

۱- سادگی جفت و جور کردن: ساخت قطعات این نوع اتصال احتیاج به وقت زیاد، به میزانی که در انواع دیگر اتصالات جوشی مورد نیاز است، ندارد. قطعات می‌توانند بر روی هم کمی جابجا گردند تا خطاهای کوچک ساخت را پوشانده یا تنظیم طول را عملی سازند.

۲- سادگی اتصال دادن: لبه‌های قطعات متصل شونده احتیاج به آمادگی خاصی ندارند و اغلب برش عادی خورده یا با شعله بریده می‌شوند. در اتصال پوششی اغلب از جوش گوشه استفاده می‌گردد.



شکل ۷-۱۳- نمونه‌هایی از اتصالات پوششی (روی هم)

اتصال سپری (Tee Joint)

این نوع اتصال در ساخت نیمرخ‌های مرکب به شکل T و I، تیر ورق‌ها، سخت‌کننده‌های تحت بار، آویزها، نشیمن‌های طاقچه‌ای و عموماً قطعاتی که با زاویه با هم جفت می‌گردند مانند شکل ۷-۱۲-پ، کاربرد دارد.

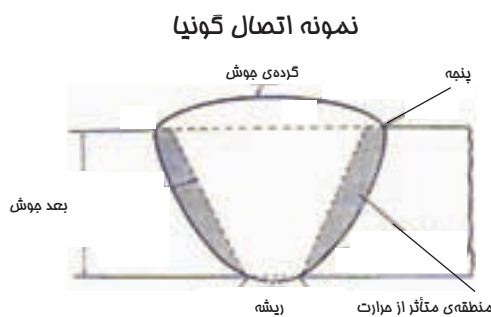


اتصال گونیا (Corner Joint)

اتصال گونیا عمدتاً در ساخت مقاطع جعبه‌ای مستطیل شکلی که تیرها و ستون‌های مقاوم در برابر پیچش را تشکیل می‌دهند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. (شکل ۷-۱۲-ت)

اتصال پیشانی (Edge Joint)

اتصال پیشانی اغلب نقش سازه‌ای به عهده ندارد و مورد استفاده آن معمولاً در نگهداری دو یا چند صفحه در یک سطح و یا نگهداری امتداد اولیه عضو است. (شکل ۷-۱۲-ث)



مزایای جوش شیاری



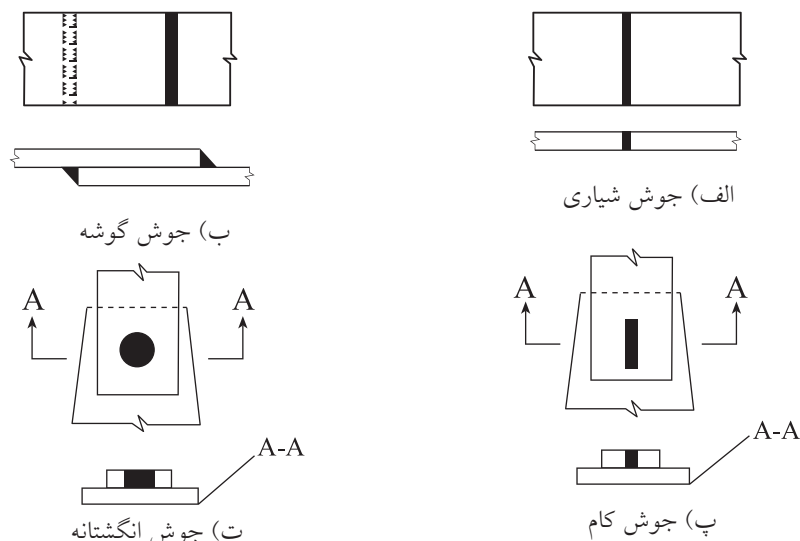
جوش شیاری

۷-۲-۳-۵- انواع جوش

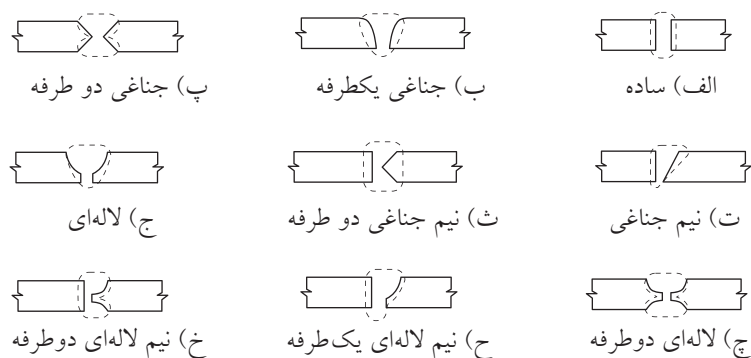
چهار نوع از جوش‌ها که در شکل ۷-۱۴ نمایش داده شده‌اند، عبارتند از: جوش شیاری، جوش گوشه، جوش کام و جوش انگستانه. هر نوع جوش مزیت‌هایی مخصوص به خود دارد که دامنه کاربرد آن را تعیین می‌نماید. نسبت تقریبی استفاده از این چهار نوع جوش در ساخت اتصالات ساختمانی به این ترتیب است: جوش شیاری ۱۵ درصد، جوش گوشه ۸۰ درصد و ۵ درصد بقیه موارد، جوش‌های کام و انگستانه و انواع دیگری از جوش‌های مخصوص به کار می‌روند.

جوش‌های شیاری

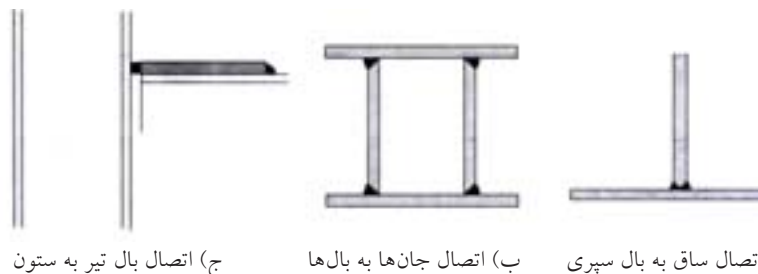
مورد استفاده اصلی جوش شیاری متصل ساختن قطعات سازه‌ای است که در روی یک سطح و در امتداد هم قرار گرفته‌اند. از آنجا که جوش‌های شیاری اغلب به منظور انتقال کل نیروی قطعاتی که به وسیله‌ی این جوش متصل می‌شوند مورد استفاده قرار می‌گیرد، لذا باید جوش از مقاومتی هم اندازه با مقاومت قطعات متصل شونده، برخوردار باشد. چنین جوش شیاری به عنوان جوش شیاری با نفوذ کامل شناخته می‌شود. وقتی که درز جوش چنان



شکل ۷-۱۴- انواع جوش



شکل ۷-۱۵- انواع معمول درز جوش شیاری



شکل ۷-۱۶- استفاده از جوش شیاری در اتصال سپری

طراحی شود که جوش شیاری در تمام عمق قطعات متصل شونده گسترش نیابد، به چنین جوشی، جوش شیاری با نفوذ نسبی اطلاق می‌شود. در طراحی این جوش‌ها الزامات خاصی را باید در نظر داشت. لبه درز جوش در اغلب جوش‌های شیاری باید به طرز مخصوصی آماده گردد. نام‌گذاری انواع درز جوش شیاری نیز با توجه به این امر انجام شده است. شکل ۷-۱۵ انواع معمول درز جوش شیاری را به نمایش گذاشته و نحوه‌ی آماده ساختن درز جوش را در هر یک مشخص می‌سازد. انتخاب جوش شیاری مناسب به روند جوشکاری مورد استفاده، هزینه‌ی آماده کردن لبه‌ی درزهای جوش و هزینه عملیات جوشکاری بستگی دارد. از جوش شیاری همچنین می‌توان در ساخت اتصالات سپری مانند شکل ۷-۱۶ استفاده نمود.

بیش‌تر بدانیم

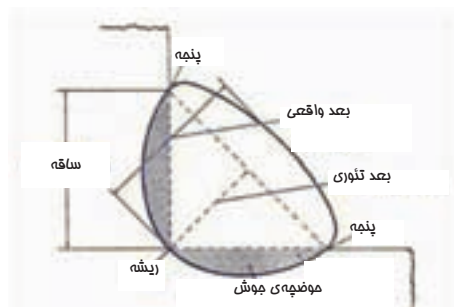
<http://www.iiw-iis.org> IIW انستیتو بین‌المللی جوش

<http://www.aws.org> انجمن جوش امریکا AWS

جوش گوشه

جوش گوشه به خاطر اقتصادی بودن آن، سادگی به کارگیری و قابلیت استفاده از آن در اغلب موارد جوشکاری، بیشتر از تمام انواع دیگر جوش بیشتر به کار می‌رود.

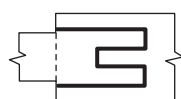
نمونه‌هایی از موارد استفاده‌ی جوش گوشه در شکل ۷-۱۷ ارائه شده است. در این نوع اتصالات به خاطر رویهم‌گذاری قطعات احتیاج به دقت کمتری در جفت و جور کردن می‌باشد، در حالی که در مورد جوش شیاری باید قطعات را به دقت در یک امتداد قرارداد و شکافی در ریشه‌ی جوش بین آنها باقی گذاشت. جوش گوشه به خصوص برای جوشکاری در محل نصب و یا برای جفت کردن دوباره‌ی اعضا یا اتصالاتی که قبلاً با رواداری‌های قابل قبولی ساخته شده‌اند ولی موقع نصب دقیقاً با هم جفت و جور نمی‌شوند، از مزیت‌های زیادی برخوردار است.



مزایای جوش گوشه



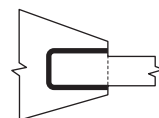
جوش گوشه



(پ) اتصال کام



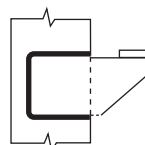
(ب) صفحات وصله



(الف) صفحات روی هم



(ج) ورق زیر سری تیرها



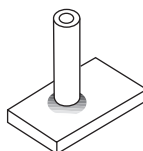
(ث) تیغه نشیمن



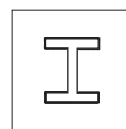
(ت) اتصال گونیا



(خ) نبشی جان به تیر



(ح) اتصال لوله



(چ) صفحات کف ستون



(د) مقاطع ترکیبی و تیر ورق‌ها

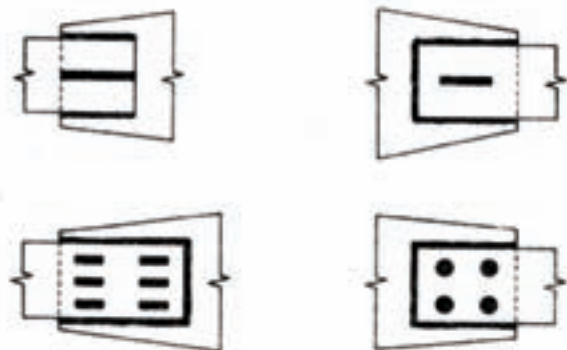
شکل ۷-۱۷- نمونه‌هایی از موارد استفاده از جوش گوشه

جوش های کام و انگشتانه

جوش های کام و انگشتانه را می توان به تنهایی و یا در ترکیب با جوش گوشه مانند شکل ۷-۱۸ به کار گرفت. یکی از موارد استفاده ی جوش کام و انگشتانه، انتقال برش در اتصالات پوششی است که طول جوش گوشه یا دیگر انواع جوش جوابگو نباشد. همچنین از این نوع جوش ها برای جلوگیری از کمانش قسمت های رویهم گذاشته شده، استفاده می شود.



شکل ۷-۱۹- جوش کام

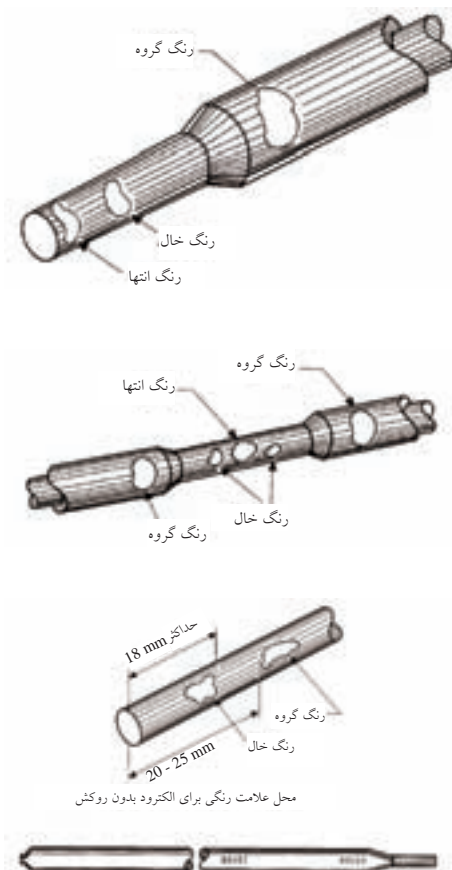


شکل ۷-۱۸- کاربرد جوش کام و انگشتانه

۷-۲-۳-۶- شناسایی انواع الکتروود

در استانداردهای مختلف برای نشان دادن انواع الکتروود از علائم گوناگون استفاده می شود. به عنوان مثال استاندارد انجمن جوشکاری آمریکا، الکتروودها را با حرف E شروع می کند و با یک عدد چهار یا پنج رقمی دنبال می نماید. دو رقم اول سمت چپ معرف مقاومت کششی فلز الکتروود بر حسب هزار پوند بر اینچ مربع (psi) می باشد^۱. به طور مثال الکتروودهای نشان داده شده به صورت E 60 XX دارای مقاومت کششی 60000psi (۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع) در فلز جوش است. اعداد بعدی که با XX نمایش داده شده اند، نمایشگر عوامل موثر دیگر مانند وضعیت جوشکاری، منبع توصیه شده برای تامین الکتریسیته، جنس روکش و مشخصات قوس الکتریکی می باشند. این استاندارد تا حدود زیادی در ایران متداول است و در این کتاب نیز از علائم آن استفاده شده است.

روش دیگر شناسایی الکتروودها، استفاده از یک سیستم رنگی است که توسط خطوط رنگی مشخص، انواع الکتروودها از یکدیگر تشخیص داده می شوند. این روش در حال حاضر منسوخ شده است.



۱- هر psi حدوداً معادل ۰/۰۷ کیلوگرم بر سانتیمترمربع است.

۷-۲-۳-۷- تجهیزات مورد استفاده در جوشکاری دستی با الکتروود روکش دار

تجهیزات مورد نیاز برای جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روکش دار، ساده و قابل حمل و نسبت به تجهیزات لازم برای انواع دیگر جوشکاری ارزان قیمت هستند. با اجرای تمهیدات لازم جهت تهویه ی کافی، جلوگیری از آتش سوزی و دیگر خطرات موجود، این نوع جوشکاری می تواند در محیط بسته و هوای آزاد و در هر مکان و موقعیتی انجام شود.

به طور کلی سه نوع ماشین جوشکاری وجود دارد:

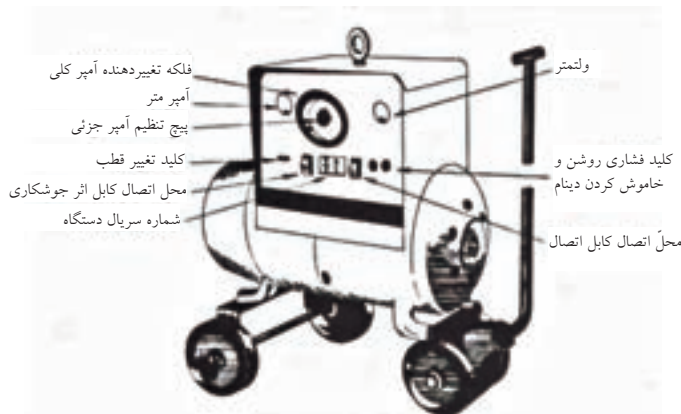
۱- موتور- مولدها، شامل موتور درونسوز یا موتور برقی (موتور - ژنراتور و دینام ها)

۲- مبدل -یکسوکننده ها (رکتیفایر)

۳- مبدل ها (ترانس ها)

دینام جوشکاری کارگاهی شامل یک دینام (ژنراتور) تولید جریان و یک الکتروموتور سه فاز است که با هم کوپل شده یا اساساً محور آن ها مشترک است. در یک سو، محور الکتروموتور و در سوی دیگر محور دینام تعبیه شده است. (شکل

۷-۲۰)



شکل ۷-۲۰- دینام جوش کارگاهی



شکل ۷-۲۱- قرار دادن کلید دینام جوشکاری

در حالت

الکتروموتور حرکت دورانی مناسب را به وجود می آورد و این حرکت باعث گردش محور دینام می شود و برق مورد نیاز جوشکاری را تولید می کند. اتصال الکتروموتور به برق شهر توسط یک کلید ستاره و مثلث صورت می گیرد و برای راه اندازی آن لازم است ابتدا کلید روی حالت ستاره (▲) قرار گرفته تا موتور به دور کامل برسد؛ سپس کلید روی حالت مثلث (Δ) (شکل ۷-۲۱) قرار می گیرد تا دور موتور ثابت و آماده ی جوشکاری شود. هیچ گاه نباید در حالتی که کلید روی ستاره است، جوشکاری شود، زیرا باعث می شود که دور موتور کم و زیاد شده و در نهایت دستگاه از کار بیفتد.

ماشین جوشکاری از نوع دیزل، بنزینی، دینام و یا رکتیفایر باید وضعیت مناسبی داشته باشد و جریان یکنواختی برای جوشکاری تولید نماید.

مبدل - یکسوکننده‌ها (رکتیفایرها)



شکل ۷-۲۲- (رکتیفایر جوشکاری)
با الکتروود دستی

رکتیفایرها دارای طرح‌های متعدد برای مقاصد مختلف می‌باشند. انعطاف پذیری، یکی از دلایل پذیرش گسترده‌ی این ماشین در صنعت جوشکاری است. این ماشین‌ها قادر به تحویل جریان مستقیم (DC) با قطبیت منفی یا مثبت می‌باشند؛ همچنین ممکن است برای جوشکاری دستی با الکتروود، جوشکاری تحت حفاظت گاز، جوشکاری زیرپودری و جوشکاری گل‌میخ‌ها مورد استفاده قرار گیرند و امکان سرویس‌دهی همزمان به چندین کاربر را دارا می‌باشند.

۷-۲-۴- ابزار جوشکاری در ساخت و نصب اسکلت فلزی



شکل ۷-۲۳- پیکش جوش

برای اجرای موفق جوشکاری قوسی (به‌خصوص روش دستی) لازم است که از ابزار و تجهیزات دیگری نیز استفاده شود. این ابزار عبارتند از:

چکش جوش:

از این وسیله برای برداشتن سرباره روی جوش و زدودن جرقه‌های اطراف خط جوش استفاده می‌شود. جنس آن بسیار سخت است و دو سر آن به دو صورت تبری و مخروطی تیز می‌باشد. (شکل ۷-۲۳)

برس سیمی:

برس سیمی برای تمیزکاری روی قطعات کار از گرد و غبار و زنگ به کار می‌رود و طوری ساخته شده که در برابر سایش مقاوم باشد. (شکل ۷-۲۴ و ۷-۲۵)
یعنی سیم‌های آن نریزد و زود فرسوده نشود. برس سیمی معمولی از جنس فولاد ضدزنگ ساخته می‌شود.



شکل ۷-۲۴- برس سیمی و

پیکش جوش سرهم

شکل ۷-۲۵- برس سیمی و تمیزکاری قطعه جوشکاری شده با آن

سنگ فرز:

سنگ فرز یکی از تجهیزاتی است که برای آماده‌سازی لبه‌های جوشکاری مورد استفاده‌ی زیادی دارد. از سنگ فرز همیشه در حالت ایستاده استفاده می‌کنند، بنابراین شرایط استفاده از سنگ فرز تقریباً همیشه سخت و نامساعد بوده و باید با دقت بسیار مورد استفاده قرار گیرد. (شکل ۷-۲۶)

دستگاه سنگ فرز با برق معمولی شبکه‌ی شهری کار می‌کند. یعنی اگر سیم رابط معیوب باشد یا دستگاه سنگ اتصالی داشته باشد خطر برق گرفتگی آن زیاد است. لازم است قبل از کار با دستگاه سنگ فرز اطمینان حاصل شود که تیغه‌ی سنگ شکسته نباشد و یا پیچ اتصال آن به ماشین سنگ شل نشده باشد.



شکل ۷-۲۶- نوعی ماشین سنگ فرز دستی با سنگ مربوطه

بیشتر بدانیم

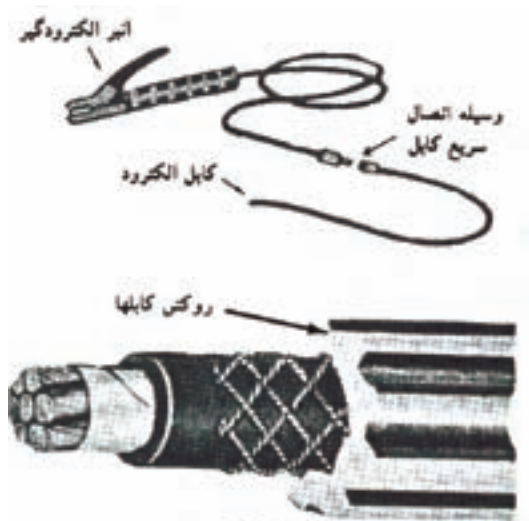


جوش نا مرغوب موجب گسیختگی آن در محل اتصال ورق مهاربند به ستون در اثر نیروی ناشی از زمین‌لرزه شده است

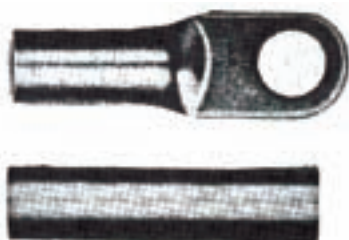


جوش ندادن ورق اتصال مهاربند به تیر باعث شده است تا در هنگام زلزله ناحیه‌ی اتصال از ظرفیت باربری لازم برخوردار نباشد

کابل‌های جوشکاری و اتصالات آن‌ها:



شکل ۲۷-۷ مقطع کابل جوشکاری قوسی



شکل ۲۸-۷- کابل شو برای اتصال کابل‌ها به اتصال قطعه کار و به ماشین جوش



شکل ۲۹-۷- نمونه اتصال کابل‌ها به یکدیگر

کابل‌های جوشکاری از نوع افشان و با عایق بسیار قوی و سبک است. (شکل ۲۷-۷) جنس سیم آن مسی یا آلومینیومی است. یکی از آن‌ها کابل انبر و دیگری کابل اتصال آهن است. کابل‌ها را با کمک کابل شو (کفش کابل) (شکل ۲۸-۷) به دستگاه جوش و به انبر وصل می‌کنند. اتصال کابل به کفش کابل باید محکم و بدون لقی باشد تا گرم نشود.

وقتی بخواهند کابل‌ها را به یکدیگر متصل کنند تا بلندتر شود، آن‌ها را با کمک اتصالات سرهم می‌کنند. (شکل ۲۹-۷)

انبرهای جوشکاری:

انبر جوشکاری وسیله گرفتن الکتروده و اجرای جوشکاری است. انبرها را برحسب ظرفیت جریانی که می‌توانند از خود عبور دهند، دسته‌بندی می‌کنند (شکل ۳۰-۷ و ۳۱-۷).

روی انبرها را از جنس عایق بسیار قوی و سبک می‌پوشانند. کائوچو، لاستیک و فیبر فشرده عایق‌های مناسبی هستند.

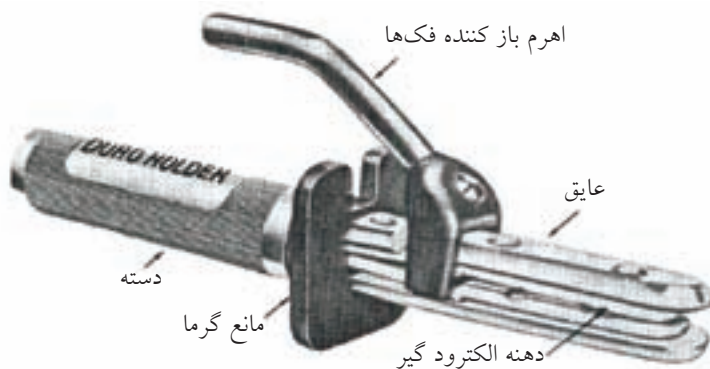
گیره‌های اتصال آهن نیز به کابل اتصال آهن متصل می‌شود و به پایه میز جوشکاری یا به قطعه‌ای مورد جوشکاری متصل می‌شود (شکل ۳۲-۷). این گیره‌ها باید تمیز باشد و فنر قوی داشته باشد که خوب به پایه میز یا به کار بچسبد.



شکل ۳۰-۷- انبر، کابل شو و کابل جوشکاری

جعبه ی الکتروود:

جهت حفاظت از الکتروودها و دسته بندی آنها، در صورت استفاده از چند نوع الکتروود، باید برای هر جوشکار یک جعبه ی الکتروود مناسب تهیه شود.



شکل ۷-۳۱- انبر جوشکاری

گرم کن دستی:

جهت پیش گرم کردن درزهای جوش قبل از جوشکاری بخصوص در روزهای سرد، مطابق دستورالعمل های جوشکاری از گرم کن دستی استفاده می شود. (شکل ۷-۳۳ و ۷-۳۴)

فک ها (دهانه)



این قسمت باز می شود تا کابل اتصال در آن قرار گیرد

شکل ۷-۳۲- گیره اتصال به قطعه کار



شکل ۷-۳۳- مشعل گرم کن درز اتصال



شکل ۷-۳۴- گرم کن دستی

ابزارهای اندازه گیری:

از این ابزارها برای تعیین محل برش و یا مونتاژ قطعات استفاده می‌شود. یکی از سودمندترین ابزارهای اندازه‌گیری، متر فولادی فنری است. معمولاً متر فنری ۳ متری نیازهای متعارف را برآورده می‌سازد، اما در پروژه‌های بزرگ ممکن است به متر ۱۵ متری نیاز باشد. برای انجام کارهای کوچکتر می‌توان از یک خط‌کش فولادی ۳۰ یا ۵۰ سانتیمتری نیز استفاده نمود. مناسب است همیشه یک خط‌کش پلاستیکی ۱۵ سانتیمتری در جیب لباس کار جوشکار موجود باشد.

ابزار نشانه گذاری:

از این ابزار برای ترسیم خط برش، بر طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده، استفاده می‌شود. هنگام کار با مشعل برشکاری، به خط نشانه‌ای نیاز می‌باشد که بر اثر شعله محو نشود. ابزارهای نشانه گذاری عبارتند از سوزن خط کشی و سنبه نشان ۹۰ درجه یا ۳۰ درجه. سنبه نشان ۹۰ درجه منظور ما را برآورده می‌سازد، اما سنبه نشان ۳۰ درجه بصورت ویژه به همین منظور ساخته شده است. به کمک این سنبه نشان می‌توان خطی تشکیل شده از نشانه‌های نزدیک به هم ترسیم نمود.

روش دیگری برای نشانه گذاری فلز به منظور برشکاری با مشعل استفاده از سنگ صابون است. اثر این سنگ مانند اثر گچ است، اما در دمای بالای برشکاری نمی‌سوزد. بنابراین مناسب است همیشه چند قطعه سنگ صابون در جعبه ابزار موجود باشد.

برای ترسیم کمان یا دایره از پرگار فلزی استفاده می‌شود؛ این وسیله نوعی سوزن خط کشی شبیه پرگار است، اما دو نوک فولادی تیز دارد.

لازم به ذکر است که از سوزن خط کشی فقط باید برای ترسیم خط برش استفاده شود. این نکته به ویژه در هنگام خط کشی ورق باید رعایت شود، زیرا بسیار احتمال می‌رود که ترک یا پارگی از محل خط کشی به دلیل تمرکز تنش ایجاد شده آغاز شود.

بیشتر بدانیم



علل تخریب: عدم جوشکاری صحیح - عدم اتصال صحیح دیوارها به ستون‌های فلزی



علل تخریب: ضعیف بودن جوش‌ها و صفحه اتصال آن‌ها

ایمنی در جوشکاری (Safety In Welding) :

یکی از مسائل مهمی که جوشکار و بویژه مسئولین یک کارگاه باید دقیقاً به آن توجه کنند نکات ایمنی می باشد که حائز اهمیت است. آسیب بر کارگران با خسارات جانی ، نقص عضو و عواقب آنها بر شخص و خانواده او را نمی توان با معیارهای مادی و مالی سنجید ، ولی اغلب ضرر و زیان های ناشی از حوادث خسارات جانی و گاه مالی غیر قابل جبرانی به بار می آورند. نکات ایمنی معمولاً در دو دسته ایمنی فردی و ایمنی گروهی مطالعه می شود که در گروه دوم علاوه بر مسئولیت هر شخص نسبت به خودش باید به اطرافیان و حتی کل جامعه هم توجه داشته باشد. چه بسا سهل انگاری و عدم رعایت بعضی نکات ایمنی یک فرد ، موجب خسارات جانی و مالی گروهی شود. بطور کلی حوادث و وقایع ناگواری که در حین جوشکاری یا برشکاری اتفاق می افتد ، دو دلیل عمده دارند که عبارتند از :

۱. عدم آشنایی و دانش شخص به نکات ایمنی و بهداشتی
 ۲. سهل انگاری و بی توجهی به رعایت نکات ایمنی.
- بنابر این آموزش جوشکار و مسئولین در هر برنامه آموزشی تکنولوژی جوشکاری اعم از نوآموزی یا بازآموزی الزامی بوده و ارشادهای لازم برای دقت در اجرای آنها نیز ضروری است.

مهمترین توصیه در تمام موارد این است که ، با وسیله ای که روش کار آن را نمی دانید و آموزش ندیده اید کار نکنید.

بعضی از نکات می باشند که باید در همه فرآیندهای جوش و برش رعایت شوند و در بعضی از فرآیندها باید علاوه بر نکات عمومی به نکات دیگری نیز اهمیت داد که ما در این مبحث نکات ایمنی عمومی و نکات ایمنی مربوط به فرآیند جوش برق را بیان می کنیم.

نکات ایمنی عمومی :

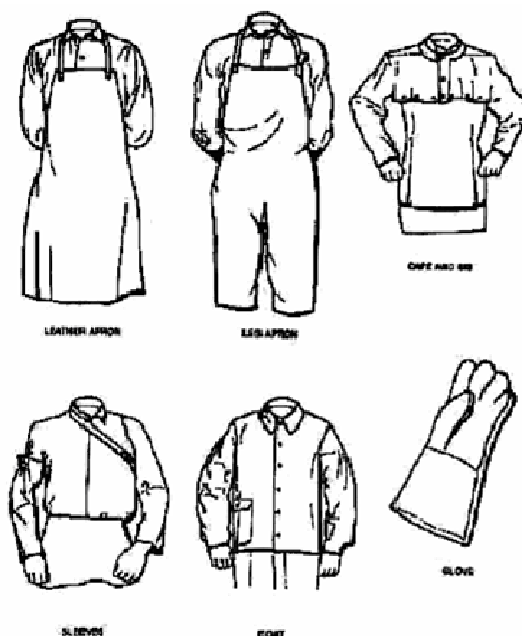
تهویه و سیستم گردش هوا :

همه عملیات جوش و برش باید در فضایی که سیستم تهویه خوب دارد انجام شود. جابجایی کافی هوا برای جلوگیری از انبوه شدن دودها و گازهای مسموم کننده و احتمالاً کاهش اکسیژن الزامی است. هنگامی که دودهای سمی ناشی از مواد پوشش داده شده با سرب ، روی ، برنز ، برنج ، کادمیم و برلیم باشد حساسیت و خطرات ناشی از عدم رعایت تهویه کافی و مناسب به مراتب شدیدتر می شود.

لباس محافظ (Protective Clothing) :

دستکش ساق بلند و پیش بند مقاوم در برابر آتش باید برای بیشتر عملیات جوش و برش استفاده شود. لباس های پشمی نسبت به لباس پنبه ای و نایلونی برای محافظت بدن در حین جوشکاری ترجیح داده می شوند زیرا مقاوم تر از همه در برابر آتش سوزی می باشد. از پوشیدن لباس هایی که دارای لبه های برگردان در سرآستین یا پاچه شلوار و جیب هستند ، خودداری شود چون احتمال حبس ذرات گداخته جرقه در آنها وجود دارد که منجر به سوختن لباس و پوست خواهد شد. بهتر است از کفش های مناسب استفاده کرد تا اولاً ، قسمتی از ضربه ناشی از سقوط احتمالی قطعات بر روی پا را بگیرد ، ثانیاً پا را در مقابل جرقه و ذرات گداخته شده که بر روی زمین می ریزند محافظت کند

در زیر لباس و دستکش مناسب برای جوشکار نشان داده شده است



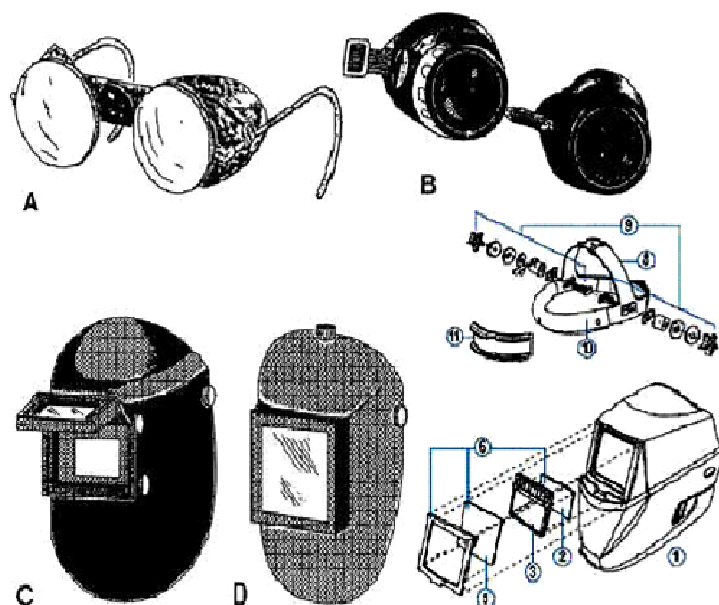
محافظت از چشم (Eye Protection) :

در تمام موارد جوشکاری و برشکاری لازم است از عینک با شیشه مناسب (شیشه تار با درجه تاریکی مناسب) استفاده کند. درجه تاریکی شیشه عینک به روش جوشکاری و شدت جریان بکار گرفته شده بستگی دارد. در بعضی موارد نظیر کار با شعله اکسی استیلین عینک های دودی معمولی هم می توان مورد استفاده قرار بگیرد. در جوشکاری با قوس الکتریکی علاوه بر محافظت از چشم باید از ماسک هایی که صورت را نیز می پوشاند استفاده شود. در بیشتر موارد عینک و ماسک با هم همراه می باشند.

باید توجه داشت که اشعه های ماوراء بنفش و مادون قرمز در قوس الکتریکی علاوه بر اثر بسیار خطرناک بر روی چشم ، بر روی پوست نیز اثر سوء دارد.

چشم بدون عینک نباید از فاصله ای کمتر از ۱۵ متر به قوس نگاه کند ، بنابراین باید در اطراف محل جوشکاری با قوس الکتریکی از پرده های مخصوص استفاده کرد تا محیط کارگاه و سایر کارگران را از اثرات اشعه محافظت نماید.

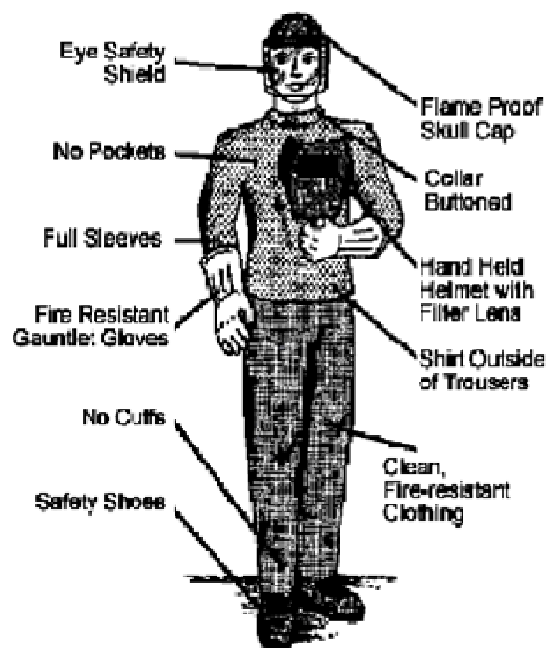
در زیر شمایی از عینک و ماسک های جوشکاری و برشکاری را می بینید



محافظت از سوختگی و آتش سوزی :

در عملیات جوشکاری و برشکاری هرگز نباید قطعه کار را بر روی کف بتنی قرار داد چون حرارتی که به بتن می رسد می تواند آن را منفجر کرده و قطعه پراکنده شده با نیروی زیادی که دارند احتمالاً موجب جراحاتی در جوشکار یا افراد اطرافش می شوند. قطعات جوشکاری و برشکاری که گرم می باشند با علامتی که نشان دهنده گرم بودن آن است مشخص شود تا موجب سوختگی افرادی که قصد لمس کردن یا جا به جا کردن آن را دارند ، نشود باید همیشه وسایل خاموش کردن حریق و کمک های اولیه بازرسی شده و در نزدیکترین محل مناسب قرار داشته باشد.

در زیر فردی را که دارای وسایل ایمنی کاملی می باشد را می بینید



شناخت و آشنایی با تجهیزات :

همانطور که قبلاً اشاره شد عمل کننده یا متصدی هرگز نباید با وسیله یا دستگاه جوشکاری کار کند مگر آنکه دستور کار دستگاه را کاملاً خوانده ، فهمیده و اجرا کند.

در صورت مشاهده نواقص یا عیوبی در ماشین آلات یا ابزار کار قبل از آنکه خود به رفع عیب بپردازد بهتر است با مسئول تعمیرات که دوره های مربوطه را دیده است تماس گرفته و احتمالاً زیر نظر او به رفع عیب بپردازد.

نکات ایمنی در جوشکاری با برق :

۱. فرایندهای جوشکاری با قوس الکتریکی و مقاومت الکتریکی دارای تنوع وسیع و ردیف گسترده قدرت عملیاتی می باشند و بر حسب میزان آمپر و ولتاژ آنها ممکن است نیاز به رعایت توجهات بیشتر باشند. اما آنچه

- بطور کلی و عمومی می تواند مورد بحث قرار گیرد در زیر مختصراً آورده شده است. البته باید توجه داشت که این نکات ایمنی در جوشکاری برق باید همراه با راهنمایی های سازنده های هر وسیله و دستگاه رعایت شود.
۲. نصب و برقراری ماشین آلات جوشکاری باید با رعایت استانداردهای مربوطه به تجهیزات و تأسیسات برقی باشد.
 ۳. ماشین جوشکاری باید از طریق کلید یا سوئیچ قطع نیرو (برق) چنان وصل باشد که دست یابی به کلید در لحظات بحرانی و خطر در اسرع وقت و به سهولت امکان پذیر باشد.
 ۴. تعمیرات تجهیزات و وسایل جوشکاری را نباید به هیچ وجه قبل از قطع جریان برق انجام داد.
 ۵. ماشین جوشکاری باید کاملاً اتصال زمین شده باشد. جریان استری (Stray Current) می تواند سبب شوک شدید به هنگام تماس و لمس کردن قطعات اتصال زمین نشده شود.
 ۶. کلید تغییر قطب را هرگز نباید هنگام روشن بودن ماشین تغییر داد. در این مواقع سعی شود ماشین و مدار باز باشد. در غیر این صورت سطح اتصالی کلید ممکن است بسوزد و قوس ناشی از آن می تواند موجب صدماتی شود.
 ۷. از کابل های جوشکاری نباید بار اضافی عبور کند ، یا ماشین با اتصالات ضعیف کار کند. کار کردن با شدت جریان مافوق ظرفیت کابل ، سبب گرم شدن زیاد آن می شود ، همین طور اتصالات ضعیف نیز می تواند موجب ایجاد قوس های ناخواسته در بین کابل و فلز متصل شده به اتصال زمین در مدار الکتریکی جوشکاری شود.
 ۸. باید از خیس کردن زمین ، لباس کار یا کار کردن با دست و یا دستکش خیس خودداری کرد. در این شرایط ممکن است شوک الکتریکی یا بعضی ناراحتی های دیگر حاصل شود.
 ۹. از لمس کردن و تماس حاصل نمودن قسمت غیر عایق شده نگهدارنده الکتروود با اتصال زمین ، هنگامی که جریان الکتریکی وصل است اجتناب شود چون این کار موجب جرقه زدن و آسیب رساندن به کار یا نگهدارنده الکتروود می شود.
 ۱۰. کابل جوشکاری از رطوبت ، چربی ، گریس و جرقه دور نگاه داشته شود.
 ۱۱. هرگز کابل جوشکاری که در آن جریان الکتریکی عبور می کند برای حمل و نقل به اطراف پا نیچد.
 ۱۲. فرا گرفتن اصول کمک های اولیه در مورد سوختگی ، برق گرفتگی ، خفگی ، شکستگی و غیره و در دست قرار دادن کلیه وسایل مربوطه الزامی می باشد.

بخش سوم
معرفی عیوب اصلی جوش
علل پیدایش و رفع عیوب
پیچیدگی در جوش و روش های کنترل آن

در حالیکه یکی از نکته نظرها در عملیات جوشکاری کاهش هزینه تمام شده یک اتصال است ، اما همزمان و در کنار آن تلاش برای تولید جوش سالم و بدون عیب و نقص می باشد. تا بحال تعداد زیادی کشتی، پل ، مخزن و اسکلت های فلزی در اثر ایجاد برخی عیوب در فلز جوش یا منطقه مجاور آن شکسته شده و موجب خسارات مالی و جانی فراوانی گشته اند.

جوش ایده آل با تعریفی که در قسمت اصطلاحات آمده بود ، تقریباً غیر ممکن است و معمولاً جوش ها دارای معایبی می باشند که در این بخش به شرح آنها می پردازیم. هر کدام از این معایب به جزء عیب ترک تا حد معینی بنا به حساسیت کاربردی موضع اتصال مجاز هستند و معمولاً قسمت کنترل مرغوبیت از طریق آزمایش های مختلف میزان این عیوب را با استاندارد های مربوطه مقایسه کرده و آنها را قبول یا رد می نمایند.

عیوب می توانند در اثر عوامل مختلف در طرح اتصال ، مناسب نبودن جنس مواد مصرفی (فلز قطعه کار ، الکترود ، پودر ، گاز محافظ و ...) ، پارامترهای جوشکاری (ولتاژ ، آمپر ، قطبیت اتصال ، سرعت و ...) عدم مهارت جوشکار در نحوه انجماد و ساختار میکروسکوپی جوش و منطقه مجاور ، وضعیت سطح و مسیر اتصال و یا عملیات ناصحیح " پیش گرم " یا " پس گرم " بوجود آیند.

معایب و مشکلات جوشکاری ممکن است در مراحل حرارت دادن و ذوب ، رسوب دادن فلز جوش ، انجماد و سرد شدن و یا در ضمن سرویس قطعه کار ایجاد و مشاهده شود.

عیوب از نقطه نظر چگونگی تشخیص به دو نوع عیوب داخلی و عیوب خارجی تقسیم بندی می شوند. مثلاً برای تشخیص عیوب داخلی به روش تست های غیر مخرب مانند آزمایش مافوق صوت نیاز داریم. و برای تشخیص عیوب خارجی می توانیم از روشهای بازرسی چشمی ، مایعات نافذ و آزمایش با ذرات مغناطیس استفاده کنیم.

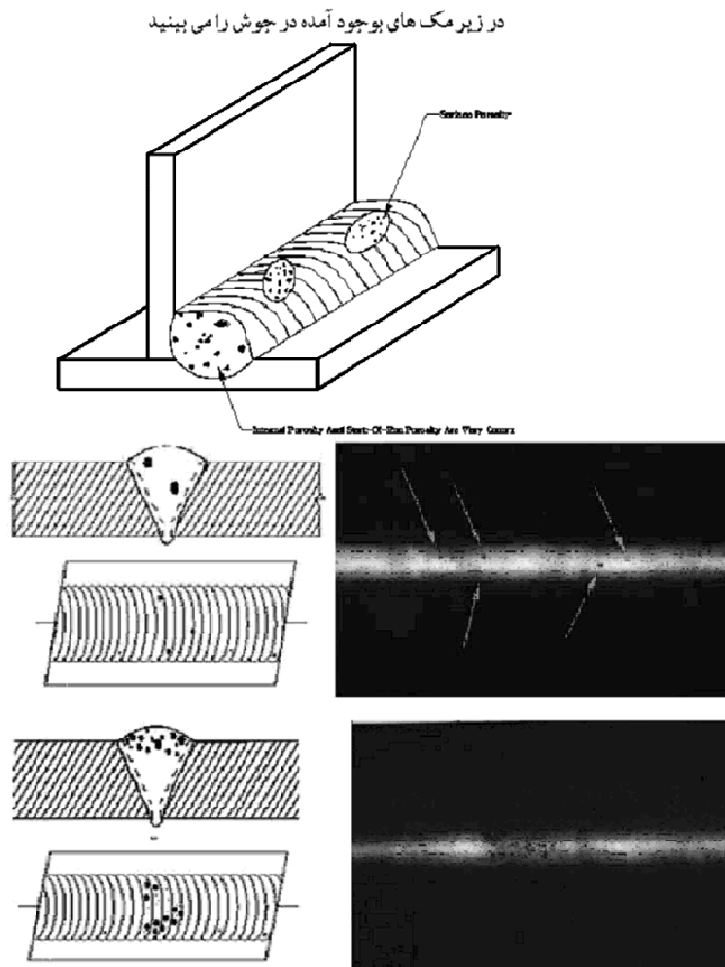
ما در این بخش به بررسی این معایب و چگونگی جلوگیری از بوجود آمدن این معایب یا اصلاح این معایب می پردازیم.

تخلخل و مک (Porosity) :

تخلخل سوراخ یا حفره ایست که به صورت داخلی یا خارجی در جوش دیده می شود. تخلخل همچنین به صورت (مک لوله ای) ، (مک سطحی) ، (سوراخهای کرمی) نیز دیده می شود. خلل و فرج در جوش چندین نوع بوده که به قرار زیر است :

۱. خلل و فرجی که در چند سانتی متری اولیه شروع جوشکاری در هنگام استفاده بعضی از الکترودها مشاهده می شود. این عیب در اثر فقدان اکسیژن زدایی کافی در ابتدای جوش است. در فولادهای آلیاژی با استحکام بالا درصد سیلیسیم در جوش معمولاً نباید از میزان معینی بیشتر شود ، چون اثر معکوس بر روی درجه حرارت انتقال نرمی به تدریج در استحکام ضربه ای می گذارد. برای پرهیز وقوع این نوع خلل و فرج تدابیر مختلفی پیش بینی شده است که عبارتند از :

- شروع عملیات جوشکاری بر روی قراضه فولادی که قبلاً در ابتدای مسیر عملیات جوش الصاق شده است انجام می شود و پس از خاتمه جوش از قطعه کار جدا می شود. واضح است که این تدبیر در بعضی موارد ممکن است اقتصادی نباشد.
 - تکنیک یک گام عقب (Back-Step) : نقطه شروع کمی عقب تر از محل شروع واقعی است. پس از آغاز جوشکاری ، الکتروده به ابتدای مسیر اتصال هدایت شده و عملیات جوشکاری ادامه می یابد. بدین ترتیب اگر خلل و فرج نیز ایجاد شده باشد با برگشت قوس و ذوب مجدد آن به احتمال زیاد برطرف می شود.
۲. خلل و فرج در دامنه انجماد : این نوع حفره ها ممکن است در سرتاسر جوش مشاهده شود و خود دارای دو نوع شکل است که عبارت است از : (۱) خلل و فرج های کروی شکل که به صورت متمرکز یا پراکنده در زیر جوش یا حتی روی جوش دیده می شوند. (۲) نوع دیگر که به سوراخ های کرمی شکل یا مک هوا مرسوم است. بعضی گازها در مذاب دارای حلالیت بوده که در درجه حرارت های بالا مقدار این حلالیت نیز افزایش می یابد. مثلاً گاز هیدروژن که در اثر تجزیه رطوبت وارد شده به مذاب فلز جوش بوجود می آید. در ضمن سرد شدن مذاب پس از اینکه حجم هیدروژن در مذاب از حد اشباع گذشت ، مقدار اضافی به صورت حبابهایی شروع به جوانه زدن ، رشد ، شناور شدن و در صورت امکان خارج شدن از مذاب می نماید. البته می توان پیش بینی کرد که در سطح انجماد گازها به حالت اشباع در آمده و مقدار اضافی از این حد به صورت حبابهایی در روی دانه های جامد جوانه زده و رشد می کنند. و در مواردی که شرایط مناسب نباشد حباب ها به حالت شناور یا در حین تکامل در لابلای دانه های جامد در حال رشد ، حبس شده و به صورت خلل و فرج و یا سوراخ های کرمی شکل در فلز جوش باقی می مانند. بنابراین تنها راه جلوگیری از ورود گازها ، حذف عوامل ایجاد گازها نظیر رطوبت ، چربی و ... است. به عنوان مثال با پیش گرم کردن الکتروده و یا انتخاب نوع مناسب الکتروده میزان هیدروژن ورودی را ، با کاهش طول قوس احتمال ورود اکسیژن و ازت ، با انتخاب نوع مرغوب تر فولاد (مثلاً با گوگرد کم) شانس ایجاد SO_2 و SH_2 و همچنین با انتخاب الکتروده با مواد اکسیژن زدایی بیشتر (در پوشش الکتروده) امکان ایجاد SO_2 را می توان کاهش داد.



علتهای بوجود آورنده تخلخل یا مک :

۱. سطح فلز پایه آلوده باشد. مثلاً آلودگیهای روغن ، غبار ، لکه یا زنگ.
۲. الکتروود نامناسب برای فلز پایه ، مثلاً استفاده از الکتروود روکش شکسته یا استفاده از الکتروود مرطوب.
۳. عدم محافظت گازی مناسب از جوش.
۴. استفاده از فلزات پایه با مقادیر بالای گوگرد و فسفر.
۵. زمان ناکافی برای فعل و انفعالات متالورژیکی در حوضچه جوش.

- مک بشدت استحکام اتصال جوش داده شده را کاهش می دهد ، تخلخل سطحی به اتمسفر خورنده اجازه می دهد که فلز جوش را مورد حمله قرار دهد و موجب نقص در آن شود.

ذوب ناقص (Inadequate joint penetration) :

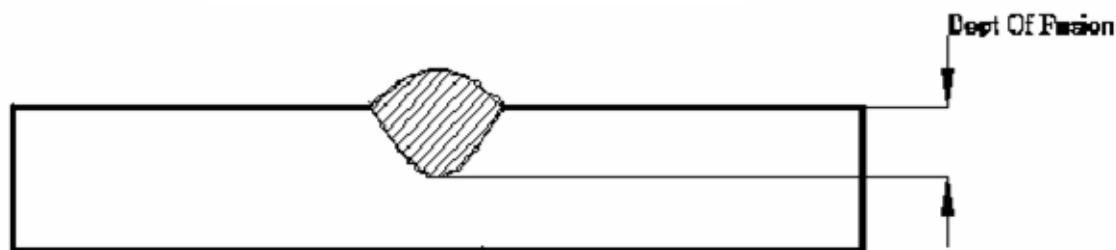
عدم اتصال بین فلز جوش و فلز پایه یا بین پاسهای جوش را ذوب ناقص گویند. این عیب بسیار مهم بوده و به سادگی نمی توان از این عیب گذشت و باید اصلاح گردد چون ذوب ناقص باعث بوجود آمدن یک اتصال ضعیف می شود و در نتیجه آن اتصال به یک منطقه مستعد ایجاد خستگی تبدیل می شود و در نهایت باعث گسیختگی قطعه می گردد. برای درک بهتر عیب ذوب ناقص باید مفهوم عمق ذوب را بدانیم که به شرح زیر است :

عمق ذوب (Dept Of Fusion) :

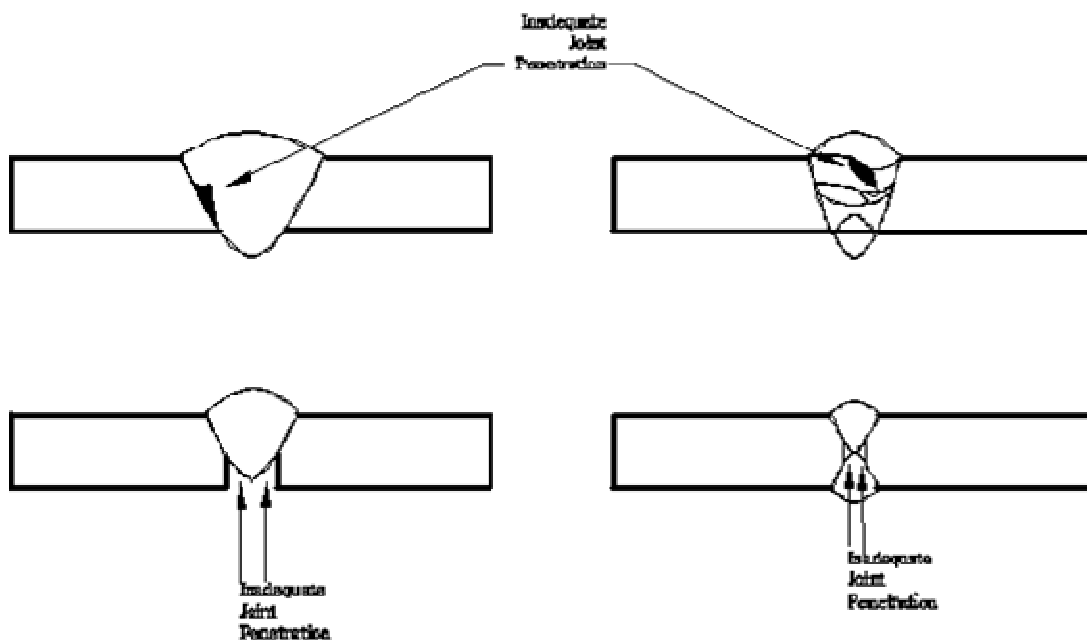
فاصله سطح کار یا سطح شکاف تا مرز جامد - مایع در حوضچه جوش و یا میزان وسعت پیشرفت ذوب در دیواره ها را عمق ذوب گویند. اگر عمق ذوب ناقص صورت گیرد باعث بوجود آمدن عیب ذوب ناقص می شود. عوامل بوجود آورنده ذوب ناقص :

۱. استفاده از الکترودهای کوچک برای فولادهای ضخیم.
۲. عدم استفاده از آمپرهای مناسب برای هر پاس.
۳. زاویه الکترود نامناسب.
۴. سرعت حرکت بسیار زیاد باعث عدم امکان ذوب کامل می گردد.
۵. سطح کثیف قطعه کار مثلاً پوسته نورد ، لکه ، روغن و ...

در شکل زیر عمق ذوب جوش مشخص شده است



در زیر چند نمونه از عیوب ذوب ناقص را مشاهده می کنید



نفوذ ناقص (Incomplete Fusion) :

عدم نفوذ کامل فلز جوش به ریشه اتصال را نفوذ ناقص گویند. این عیب نیز از عیوب مهم جوشکاری می باشد که باید رفع شود. زیرا این عیب باعث ضعیف شدن اتصال و در نتیجه بوجود آمدن یک منطقه مستعد ایجاد خستگی تبدیل می شود و در نهایت باعث گسیختگی قطعه می گردد. عمق نفوذ اتصال متأثر از چندین فاکتور می باشد که مهمترین آنها حرارت داده شده یا پیش گرم (Heat Input) به موضع جوش است. برای درک بهتر این عیب بهتر است با مفاهیم عمق نفوذ اتصال و عمق نفوذ ریشه اتصال آشنا شویم که به قرار زیر است:

عمق نفوذ اتصال (Joint Penetration) :

فاصله سطح ورق تا تنه حوضچه یا مرز تحتانی را که ذوب انجام گرفته است را عمق نفوذ اتصال گویند.

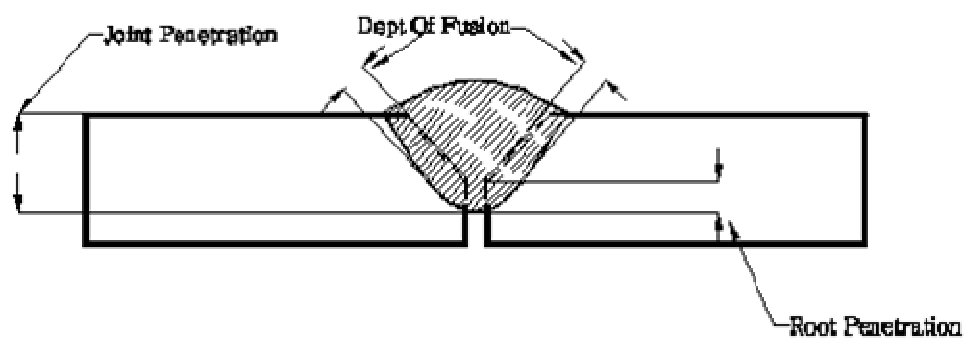
عمق نفوذ ریشه اتصال (Root Penetration) :

فاصله سطح کار یا سطح شکاف تا مرز جامد و مایع در حوضچه جوش و یا میزان وسعت پیشرفت ذوب در دیواره ها را عمق نفوذ ریشه اتصال گویند.

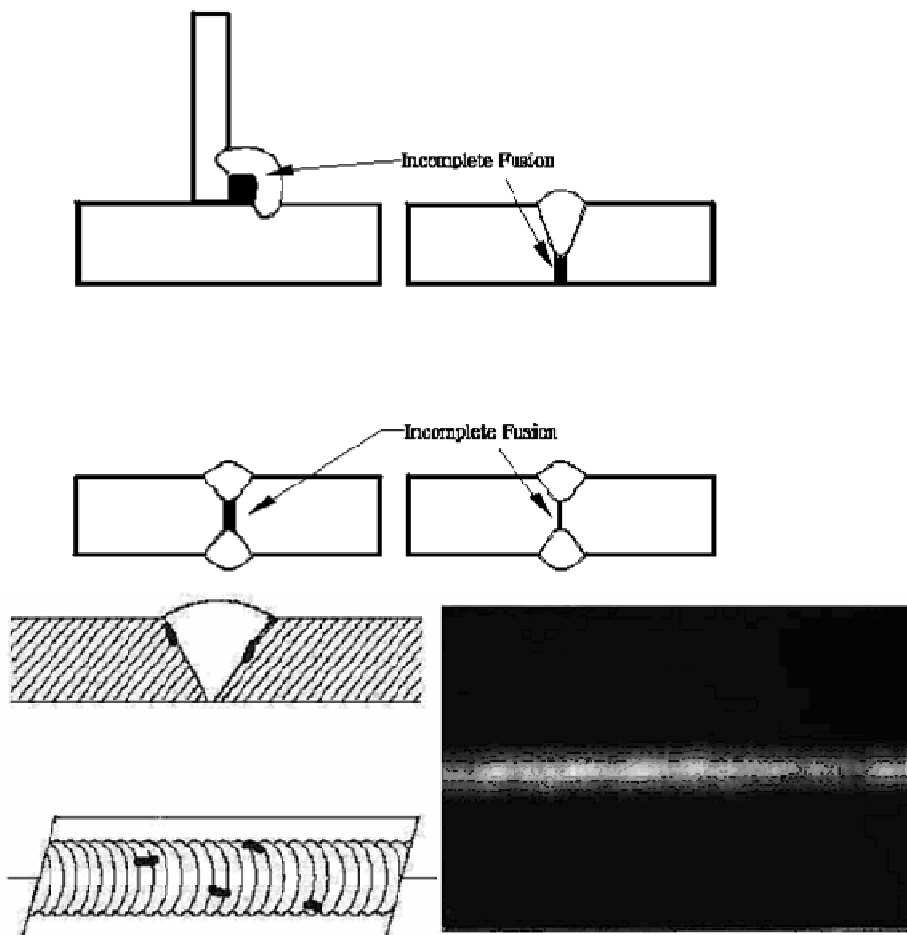
عوامل بوجود آورنده نفوذ ناقص :

۱. استفاده از جریان بسیار پایین.
۲. قرار دادن فاصله ناکافی در ریشه.
۳. استفاده از الکتروود با قطر بالا.
۴. سرعت حرکت زیاد دست.

در شکل زیر نفوذ عمیق در دیواره نشان داده شده است



در زیر عیب نفوذ ناقص را مشاهده می نمایید



ذرات سرباره محبوس شده یا آخال (Slag Inclusion) :

هر نوع ذرات غیر فلزی که در یک اتصال جوش بوجود آید را اصطلاحاً آخال گویند. منبع این ذرات لزوماً از پوشش الکتروود یا سرباره نیست بلکه محصول واکنش های مختلف سرباره ، گاز و فلز نیز می تواند باشد. شکل این ذرات در فلز جوش شبیه شکل آنها در قطعات ریختگی بصورت کروی می باشد و دارای ابعاد مختلفی هستند. مقدار کم این ذرات تأثیر چندانی بر روی خواص مکانیکی ندارد اما مقدار زیاد و بویژه ابعاد بزرگ و طویل بر روی خواص مکانیکی بویژه مقاومت ضربه ای فلز جوش تأثیر منفی می گذارد. آخالهای سرباره استحکام سطح مقطع جوش را کاهش می دهند و یک منطقه مستعد ترک ایجاد می کنند. ذرات سرباره محصول واکنش های عناصر اکسیژن زدا با اکسیژن هستند و می توانند به صورت مایع و یا جامد و بطور هموزن در فلز جوش توزیع شده باشند.

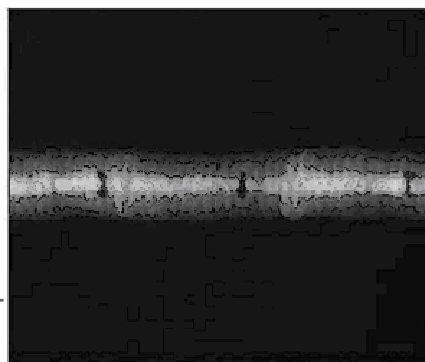
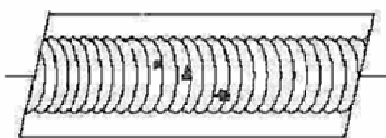
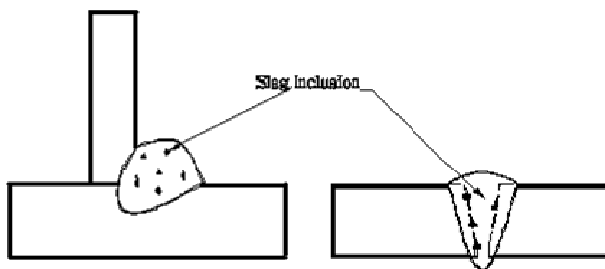
عوامل بوجود آورنده آخالها :

۱. پاک نشدن مناسب سرباره یا گل جوش از پاسهای قبلی.
۲. عدم استفاده از آمپرهای مناسب.
۳. نادرست بودن زاویه یا اندازه الکتروود.
۴. آماده سازی غلط قطعه برای جوش.
۵. ریخته شدن پوسته شکسته شده الکتروود به درون مذاب.
۶. استفاده از الکتروودی که قسمتی از آن بدون روپوش است.
۷. ورود هوا در اثر سهل انگاری جوشکار در حرکات نامناسب الکتروود یا مشعل.
۸. عدم دقت در تمیز کردن سرباره در انتهای پاس جوش در هنگام تعویض الکتروود.

مقدار ذرات سرباره محبوس شده در حالت غیر یکنواخت که بیشتر در اثر عدم رعایت نکات تکنیکی بوجود آمده اند ، راحت تر قابل کاهش و کنترل است.

برای تقلیل آخالهای کروی و توزیع شده در سرتاسر جوش به عواملی نظیر ، شکل و نوع چگالی و نوع ترکیب ذرات ، ترکیب و درجه حرارت و ویسکوزیته مذاب ، میزان بهم خوردن و تلاطم محیط ذوب و همچنین میزان چسبندگی این ذرات به لایه سرباره بستگی دارد. مثلاً ذرات درشت تر سریع تر از ذرات ریزتر به سطح مذاب شناور می شوند ، یا ذرات در مذاب گرم تر با ویسکوزیته پایین تر نسبت به مذاب سرد و ویسکوزیته بالاتر سریعتر به همدیگر متصل شده و بطرف بالا حرکت می کند. در عوض مذاب گرم امکان حل شدن بیشتر ذرات و ناخالصی ها در مذاب را فراهم می سازد. بهم زدن و تلاطم زیاد و سرعت سرد شدن سریع مذاب احتمال محبوس شدن ذرات شناور در لابلای کریستالهای جامد را افزایش می دهد.

در زیر عیب آخال را مشاهده می کنید



سوختگی و یا بریدگی کناره جوش (Under Cutting) :

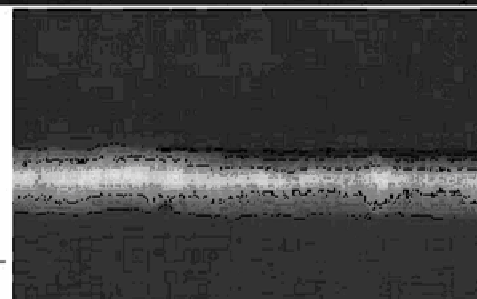
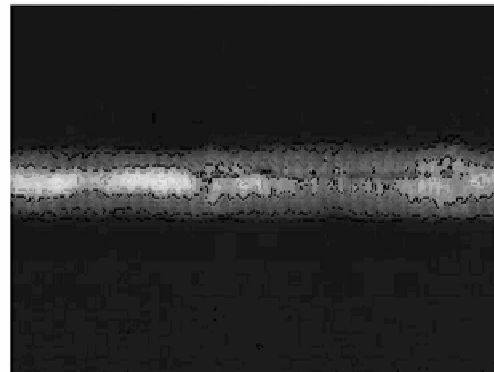
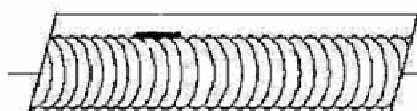
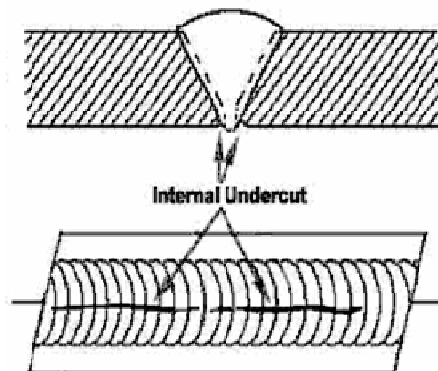
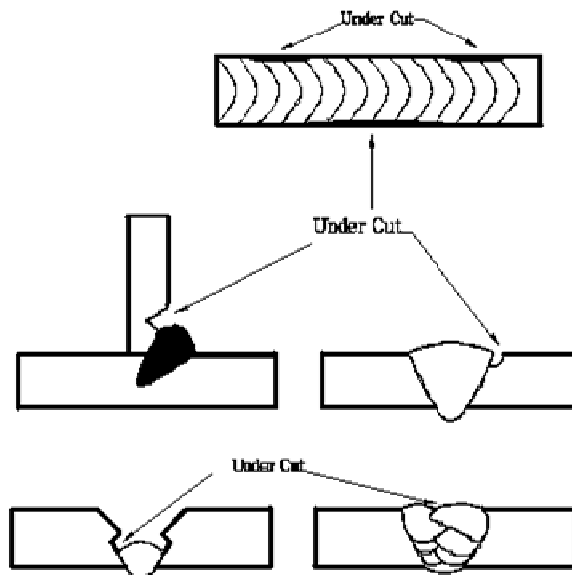
سوختگی کناره جوش و یا به عبارت دیگر وجود زبانه یا شکاف در اطراف منطقه جوش که به صورت منقطع یا پیوسته با عمق کم یا زیاد در سرتاسر مسیر جوش است را سوختگی می نامند. یا به عبارت دیگر شیاری که در کنار یا ریشه جوش که بر سطح جوش و یا فلز جوشی که قبلاً راسب شده است را سوختگی یا بریدگی کناره جوش گویند. شکافی که از عیب سوختگی بوجود می آید موجب تمرکز تنش و تشدید آن شده و باعث بوجود آمدن یک منطقه مستعد برای ایجاد ترک خستگی شده که سرانجام منجر به شروع شکست یا گسیختگی اتصال از آن محل می شود. این عیب به ویژه در اتصالاتی که در شرایط شکست یا خستگی یا تنش های سیکلی قرار می گیرد بسیار مهم و حساس بوده و باید حتماً با ذوب و رسوب مقدار اضافی فلز شکاف پر و برطرف شود.

عوامل بوجود آورنده بریدگی کناره جوش یا سوختگی :

۱. استفاده از آمپر بالا.
۲. بالا بودن طول قوس.
۳. استفاده از الکترودها با قطر کم.
۴. حرکت موجی زیاد الکترودها.
۵. سرعت بسیار زیاد حرکت جوشکاری.
۶. متمایل بودن زاویه الکترودها به سطح اتصال.

۷. بالا بودن ویسکوزیته و سرباره جهت ایجاد نیروی قوس نادرست.
۸. برای جلوگیری از این عیب باید از حرکت زیگزاکی مناسب، با مکث های کوتاه در کناره های لبه اتصال انجام داده و سرعت پیشرفت جوشکاری را کمی کاهش دهیم.

در زیر مواردی از آندرکات را می بینید



سر رفتن یا روی هم افتادگی (Over Lapsing – Over Roll) :

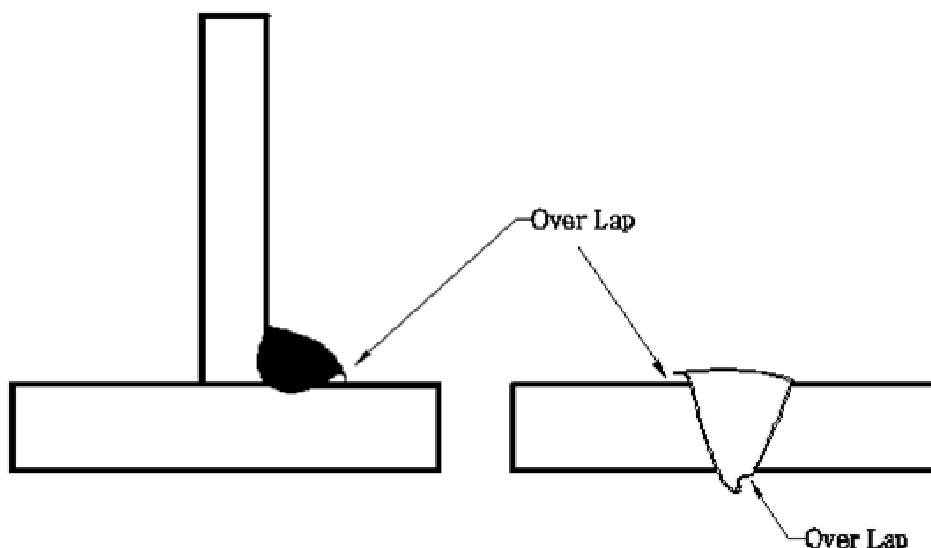
سر رفتن یا جاری شدن فلز جوش مذاب از دهانه اتصال بدون اینکه ذوب و جوش خوردن روی دهد عیبی بوجود می آورد که ظاهر جوش را بد و احتمالاً هزینه تمیز کاری بر روی جوش را افزایش می دهد. این عیب غالباً در اثر حرارت زیاد (شدت جریان بالا یا سرعت کم جوشکاری) بوجود می آید. سر رفتن در روش جوشکاری با الکتروود دستی و در وضعیت قائم بیشتر اتفاق می افتد که معمولاً در اثر زاویه اشتباه الکتروود با قطعه کار می باشد.

عوامل بوجود آورنده سر رفتن :

۱. سرعت حرکت نادرست جوشکار.
۲. جوشکاری با زاویه نامناسب الکتروود نسبت به قطعه کار.
۳. استفاده از الکتروودهای قطر بالا.
۴. استفاده کردن از آمپرهای نامناسب.

عوامل فوق اثراتی همانند بریدگی کناره جوش را دارند و در نتیجه یک منطقه تمرکز تنش ناشی از فلز جوش ترکیب نشده ایجاد می کند که باید برطرف شود.

در زیر عیب سر رفتن را مشاهده می نمایید



همراستا نبودن اتصال (Join Misalignment) :

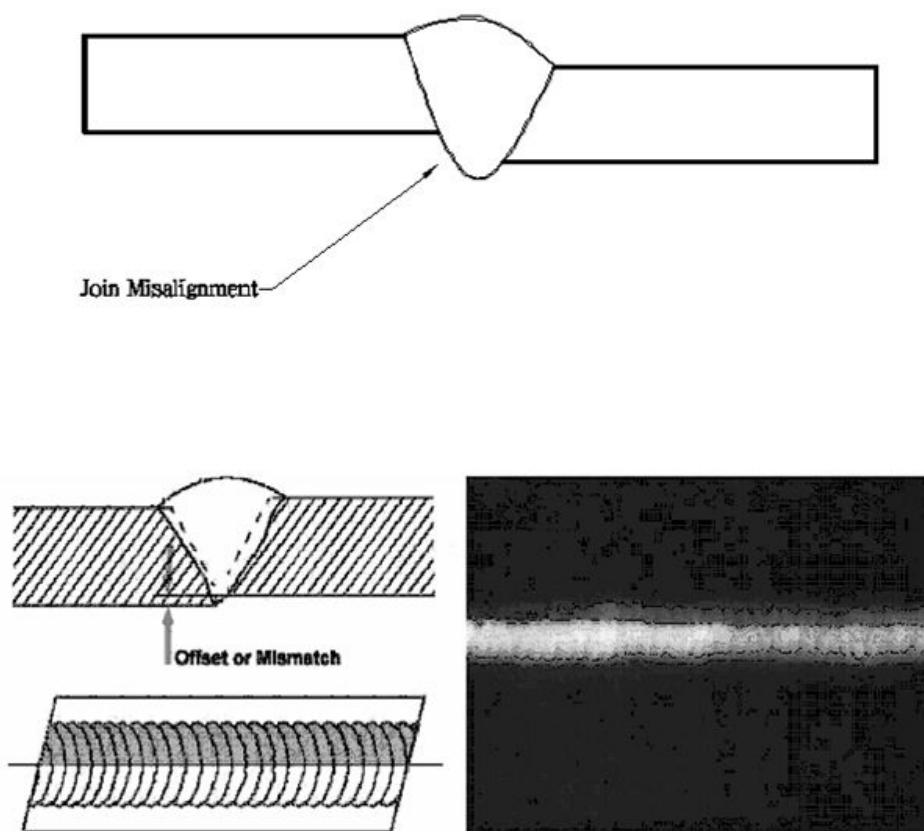
از عیوبی که در اثر سوار کردن و مونتاژ غلط اجزا مورد جوش در کنار یکدیگر بوجود می آید ، که معمول ترین آنها هم محور نبودن و همراهی نبودن دو سطح قطعه کار است. و یک مشکل معمول در آماده سازی جوش های لب به لب است و هنگامی ایجاد می شود که صفحات ریشه و صفحات اتصال از فلز پایه در محل درست خود برای جوشکاری قرار نگرفته اند. این عیب در بعضی از موارد با پرسکاری برطرف می شود اما در بیشتر مواقع باید جوش را بریده و دوباره عملیات جوشکاری با دقت تکرار کرد.

عدم تقارن فلز جوش در طرح های جوش دو طرفه نیز عیبی است که متالورژیکی نبوده و ناشی از طراحی غلط یا استفاده از تکنیک عملیاتی نامناسب می باشد. این عیب ممکن است استحکام جوش را تحت بعضی از تنش ها محدود کند.

عوامل بوجود آورنده عیب همراهی نبودن اتصال جوش :

۱. مونتاژ نادرست قطعاتی که باید جوش داده شوند.
۲. استفاده از خال جوش های نامناسب که در هنگام جوشکاری می شکند.
۳. استفاده نکردن از تعداد بست های کافی که موجب حرکت کردن قطعات در هنگام جوشکاری می شود.

در زیر این عیب نشان داده شده است



ترکیدگی یا ترک (Cracking) :

یکی از مهمترین حساس ترین و مضرترین عیب در جوش ها ترک می باشد.

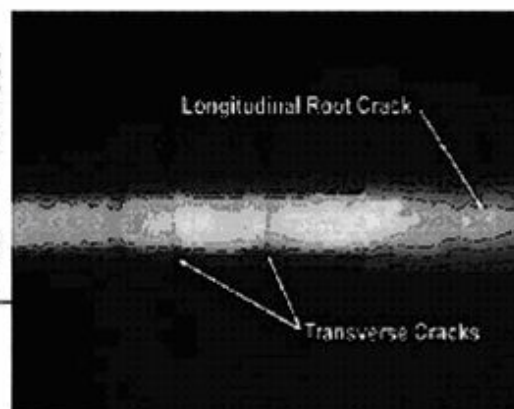
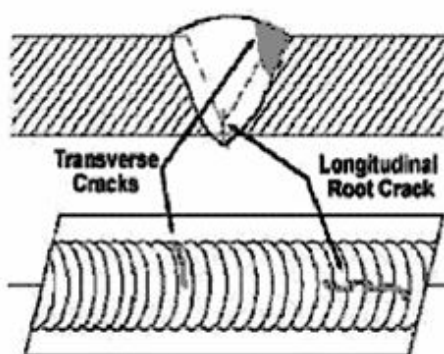
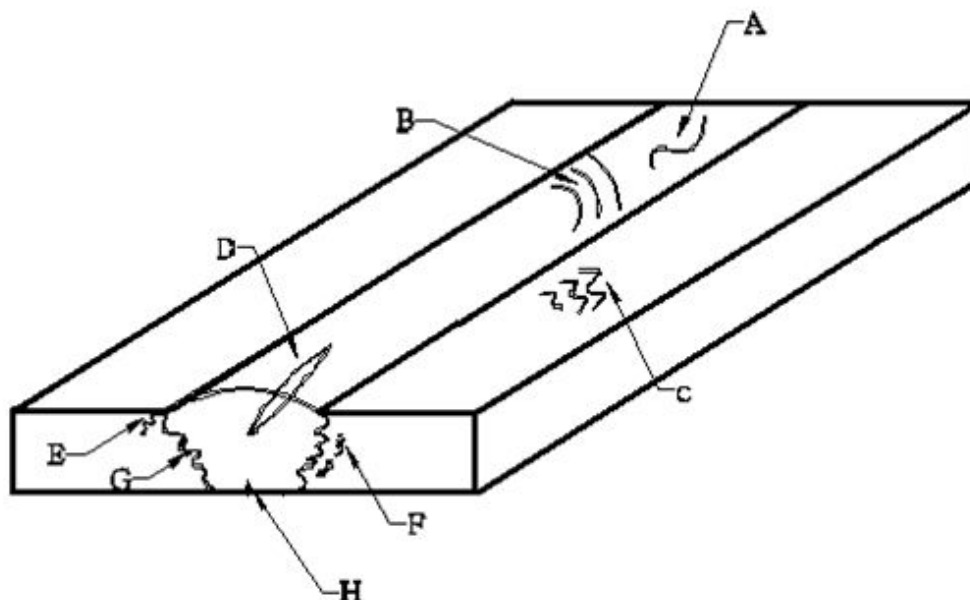
ترک : ترک ناپیوستگیهای صفحه ای (دو بعدی) است که بر اثر پاره شدن فلز جوش و فلز پایه ایجاد می شود. ترک فلز جوش می تواند در شرایط پلاستیک (ترک گرم) پدید آید و هم می تواند توسط شکست هنگامی که فلز سرد شده است (ترک سرد) بوجود آید.

ترکیب شیمیایی مواد مصرفی پارامترهای جوشکاری طراحی قطعه و محل اتصال و شرایط عملی و تکنیکی در جوشکاری می تواند سبب تشدید یا تقلیل نوع خاصی از ترک شود.

انواع ترک که در مناطق مختلف قطعه جوش داده شده بوجود می آید :

۱. ترکیدگی در حوضچه جوش یا دهانه انتهایی (Weld Metal Crater Cracking)
۲. ترک عرضی در جوش (Weld Metal Transverse Cracking)
۳. ترک عرضی در منطقه مجاور جوش (H.A.Z Transverse Cracking)
۴. ترک طولی در فلز جوش (Weld Metal Longitudinal Cracking)
۵. ترکیدگی زبانه یا گوشه ای (Toe Cracking)
۶. ترکیدگی زیر فلز جوش (Under Bead Cracking)
۷. ترکیدگی در خط ذوب (Fusion Line Cracking)
۸. ترک ریشه فلز جوش (Weld Metal Root Cracking)

در زیر ترک‌هایی که در بالا نام برده شد نشان داده شده است



یکی از عوارض مهم ترک شکسته شدن قطعه بدون تغییر فرم پلاستیکی است که شکست ترد نامیده می‌شود. این نوع شکست در ابتدا بسیار کند بوده و پس از ادامه آن تا حد معینی پیشرفت بسیار سریع است و ترک بوجود آمده در زمان کوتاه بدون نیاز به تنش ادامه یافته و شکست به وقوع می‌پیوندد.

ترک گرم (Hot Cracking) :

ترک گرم در دماهای بالا و معمولاً در هنگام جوشکاری یا بلافاصله پس از آغاز انجماد فلز جوش رخ می‌دهد. (ترک گرم معمولاً بالای ۶۵۰ درجه سانتیگراد در حین جوشکاری یا سرد شدن ایجاد می‌شود). در اثر نفوذ هوا و اکسید شدن سطح ترک در درجه حرارت نسبتاً بالا و غالباً مقطع ظاهری شکست در ترکیب‌های گرم قهوه‌ای می‌باشد.

دو شرط لازم است تا در دامنه انجماد در جوش ترک گرم ایجاد شود که عبارتند از : اولاً نرمی و انعطاف پذیری فلز به اندازه کافی نباشد و ثانیاً تنش پیچشی ایجاد شده بین کریستال های جامد ناشی از انقباض از تنش شکست فلز در آن درجه حرارت تجاوز کند.

عوامل بوجود آورنده ترک گرم عبارتند از :

۱. بیش از حد بودن مقدار گوگرد ، فسفر و قلع در فلز مینا.
۲. علت بوجود آمدن ترک در فلزات غیر آهنی می تواند وجود عناصر گوگرد یا روی باشد.
۳. روش نامناسب قطع قوس.
۴. کوچک بودن سطح مقطع گرده جوش در مقایسه با سطح فلز مینا در پاس ریشه.
۵. ترک گرم معمولاً در جوشهای با نفوذ و عمیق زیاد رخ دهد و در صورت عدم اصلاح می تواند از لایه های بعدی هم گذر کند.

روشهای پیشگیری از ترک گرم عبارتند از :

۱. پیش گرم کردن به منظور کاهش تنشهای انقباضی جوش.
 ۲. به کار بردن گاز محافظ پاکیزه و غیر آلوده در جوشکاری با گاز.
 ۳. افزایش مساحت سطح مقطع گرده جوش.
 ۴. تغییر طرح و شکل گرده جوش.
 ۵. استفاده از فلز مینایی که دارای حداقل عناصر ایجاد ترک گرم هستند.
 ۶. در جوشکاری فولادها ، استفاده از فلزات پر کربن که دارای مقدار منگنز بالا نیز می باشند .
- ترک سرد (Cold Cracking) :

هنگامی که ترک در عرض دهانه ها ادامه می یابد و علائمی دال بر تمایل پیشرفت ترک در مرز دانه ها مشاهده نشود به احتمال زیاد ترک از نوع سرد یا زیر خط انجماد است. از دمای ۳۱۶ درجه سانتیگراد به پایین ممکن است بعد از یک ساعت چند روز و حتی چندین هفته پس از جوشکاری ترک هایی ایجاد و رشد یابند که آنها را ترک های سرد می گویند.

عوامل بوجود آورنده ترک سرد عبارتند از :

۱. ترد و سخت شدن منطقه مجاور جوش مثلاً با سریع سرد کردن.
۲. ایجاد و پیشرفت تنش های واکنشی و پسماند.
۳. هیدروژن تردی.
۴. مهار اضافی اتصال.

روشهای پیشگیری از بوجود آمدن ترک سرد :

۱. استفاده از پیش گرم کردن که باعث کاهش نرخ سرد شدن می شود.
۲. استفاده از پس گرم که این مورد هم باعث کاهش نرخ سرد شدن می گردد و هم فرصت لازم را برای خروج گاز هیدروژن فراهم می آورد.
۳. انتخاب فولاد مناسب که قابلیت سختی پذیری کمتری داشته باشد.
۴. برطرف کردن موارد و عناصری که باعث تولید هیدروژن می شوند مثلاً رطوبت و روغن.
۵. استفاده کردن از الکترودهای کم هیدروژن.

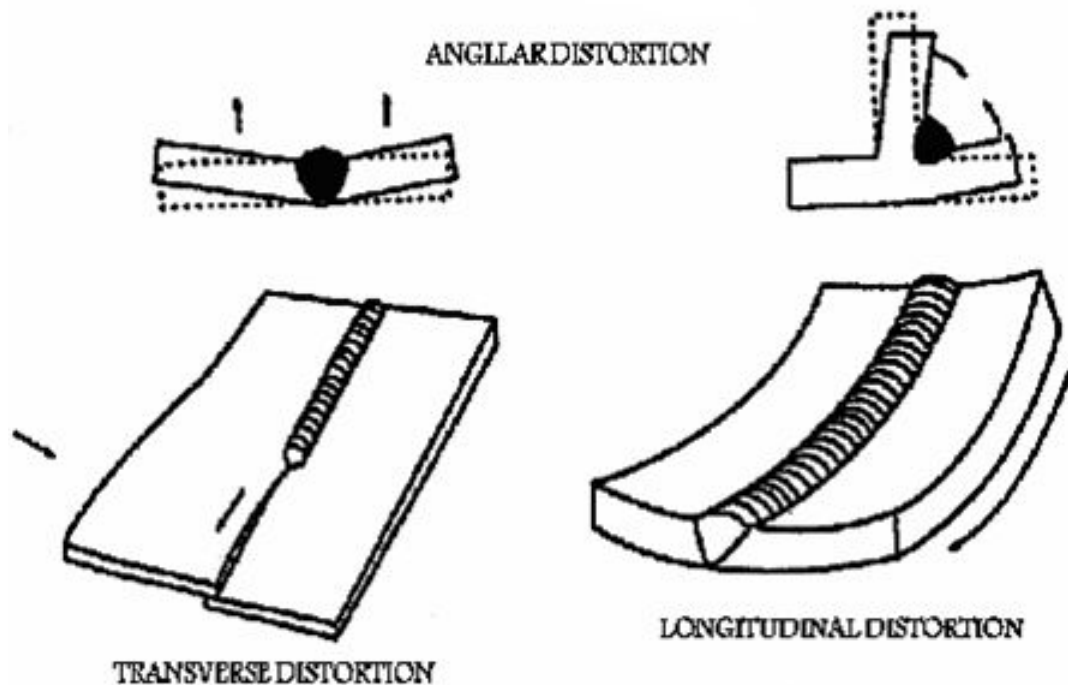
ساختار میکروسکوپی فولاد قطعه کار یکی از فاکتورهای مهم در ترک سرد است که بر روی شروع و پیشرفت ترکیدگی تأثیر بسزا می گذارند. ساختار میکروسکوپی می تواند خود بتنهایی یا با فاکتورهای دیگر نظیر " هیدروژن تردی " و یا سایر تنش ها شرایط بوجود آمدن ترک سرد را فراهم کند. بطور کلی هر نوع ساختار میکروسکوپی را که پایین آورنده نرمش فلز باشد حساسیت جوش و منطقه مجاور آن را برای ایجاد ترک های سرد تشدید می کند.

اعوجاج و پیچیدگی و تاب برداشتن در جوشکاری (Distortion) :

یکی از مسائل مهمی که باید توسط طراح و مسئول تولید با هم مورد توجه قرار داده و تدابیری در مورد آن اتخاذ کنند ، پیچیدگی و تغییر ابعاد اجزاء جوش داده شده پس از عملیات جوشکاری می باشد. اعوجاج اثر ناخواسته انبساط و انقباض فلز حرارت دیده است. البته باید در نظر داشت که اعوجاج تا حدی در تمام انواع جوشکاری ها وجود دارد. در بسیاری از موارد آنقدر اعوجاج کوچک است که به سختی قابل رویت است ، ولی در بعضی از موارد آنقدر مقدار اعوجاج زیاد است که باید پیش از جوشکاری یا در هنگام جوشکاری و یا پس از جوشکاری تدابیری برای مبارزه با آن اتخاذ کرد. اعوجاج دارای سه نوع است که عبارتند از :

۱. اعوجاج زاویه ای.
۲. اعوجاج طولی.
۳. اعوجاج عرضی.

در شکل های زیر سه نوع اعوجاج نشان داده شده است



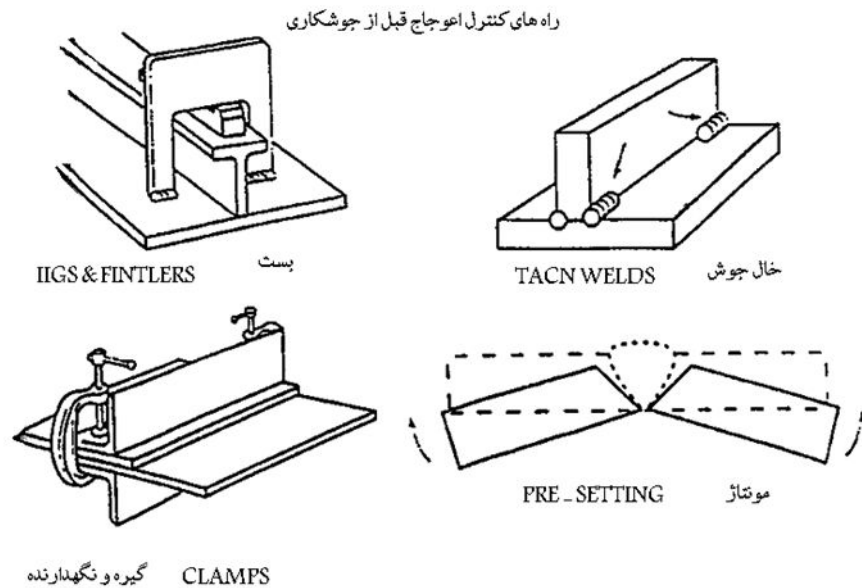
علل بوجود آمدن اعوجاج عبارتند از :

۱. حرارت دادن.
۲. عدم استفاده از وسایل مورد نیاز برای مهار کردن قطعه.
۳. تنش های پسماند موجود در قطعه.
۴. مناسب نبودن خواص قطعه کار.

علل اعوجاج هنگامی که فلز تحت بار ، کرنش یا حرکت می کند و تغییر شکل می دهد :

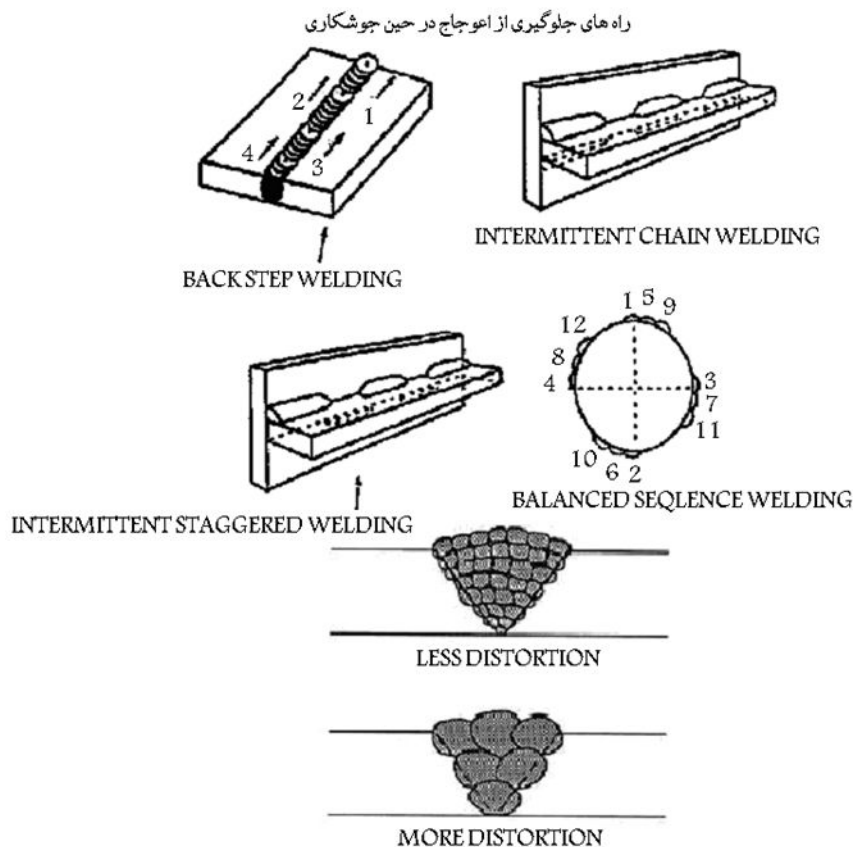
۱. تحت بار گذاری ضعیف ، فلزات بصورت الاستیک باقی می مانند. (به شکل اصلی خود باز می گردند یا پس از اینکه بار برداشته شد شکل جدید می گیرند) که این مطلب تحت عنوان محدوده الاستیک شناخته می شود.
۲. تحت بار خیلی زیاد ، فلزات تا حدی تحت تنش قرار می گیرند که دیگر به شکل اول خود باز نمی گردند یا شکل نمی گیرند و این نقطه (نقطه تسلیم) نامیده می شود. (تنش تسلیم)
۳. فلزات با حرارت دیدن انبساط می یابند و وقتی سرد می شوند منقبض می شوند. فلزات در حین جوشکاری گرم و سرد می شوند که موجب تنش های بالای ناگهانی و اعوجاج می شوند.

اگر تنش های بالا از محدوده الاستیک بگذرند و از نقطه تسلیم نیز رد شوند ، باعث بوجود آمدن برخی پیچیدگی های دائمی در فلز می شوند ، تنش تسلیم فلز در دماهای بالا کاهش می یابد.



راه های کنترل اعوجاج در حین جوشکاری عبارتند از :

۱. روش جوشکاری گام به عقب (Back Step Welding).
۲. جوشکاری زنجیره ای منقطع (Intermittent Chain Welding).
۳. جوشکاری متباعد منقطع یا جوش های روبروی هم در جوش گوشه ای. (Intermittent Staggered Welding).
۴. جوشکاری متقارن (Balanced Sequence Welding).
۵. رعایت دمای بین پاسی.
۶. استفاده از حداقل حجم جوش.
۷. استفاده از تعداد پاس کمتر در جوشکاری لب به لب.



راه های کنترل اعوجاج بعد از جوشکاری عبارتند از :

۱. آرام سرد کردن.
۲. صافکاری شعله ای (حرارت دهی معکوس).
۳. آنیل کردن.
۴. تنش زدایی.
۵. نرمال کردن.
۶. صافکاری مکانیکی.

در سازه های فلزی ساختمان معمولاً روش های ۱ و ۲ بیشتر اعمال می گردد و سایر روش ها در کارهای صنعتی بیشتر کاربرد دارد.

آرام سرد کردن :

یکی از روش های جلوگیری از اعوجاج آرام سرد کردن قطعه مثلاً سرد کردن قطعه در کوره است. قطعه جوش داده شده هر چقدر آرام سرد شود اعوجاج کمتری بوجود می آید. با سریع سرد کردن قطعه مثلاً قطعه را در دمای محیط یا در آب سرد کنیم باعث بوجود آمدن اعوجاج و ساختارهای سخت مارتنزیتی می شود.

آنیل کردن :

آنیل کردن یک پروسه عملیات حرارتی است که برای نرم کردن فلزات جهت کار سرد یا ماشینکاری بکار می رود. در فرآیند آنیل کردن قطعه ، معمولاً قطعه را در کوره تا دمای بحرانی (برای فولاد با ۰،۵۲ درصد کربن حدود ۸۲۰ - ۷۲۳ درجه سانتیگراد می باشد.) حرارت داده و سپس به آرامی سرد می کنند.

تنش زدایی :

تنش زدایی ، حرارت دهی یکنواخت قطعات جوش شده تا دمای زیر دمای بحرانی است که با سرد کردن آرام دنبال می شود ، این فرآیند نقطه تسلیم فلز را کاهش می دهد لذا تنش های باقیمانده در فلز کاهش می یابند.

نرمال کردن :

نرمال کردن ، پروسه ای برای ریز کردن ساختار دانه ای فلز است که باعث بهبود مقاومت آن در برابر شوک و خستگی می شود.

در نرمال کردن قطعات جوش شده تا بالای دمای بحرانی (برای فولاد با ۰،۲۵ درصد کربن ۸۲۰ درجه سانتیگراد می باشد) تقریباً یک ساعت برای هر ۲۵ mm ضخامت ، حرارت می دهند و سپس در هوا سرد می شود. (مستقیم کاری)

صافکاری مکانیکی :

استفاده کردن از کارهای مکانیکی یکی از روشهای جلوگیری از اعوجاج در مرحله پس از جوشکاری است. از جمله این کارها می توانیم به موارد زیر اشاره کنیم :

۱. پرس کاری.
۲. چکش زنی.
۳. نورد.

بخش چهارم

ضرورت بازرسی در جوش

خصوصیات و وظایف بازرس جوش

بازرسی قبل از جوشکاری

بازرسی حین جوشکاری

بازرسی بعد از جوشکاری

تست های غیر مخرب در جوشکاری

ملاکهای تایید جوش تحت بار دینامیکی و استاتیکی

در استاندارد AWS D.11

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 همراه می شوند. 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 کلیه 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 کلیه مراحل اجزاء 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 هزینه 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 بازرسی

۱. بازرسی فنی بایستی با نقشه های مهندسی آشنایی کامل داشته و نقشه را خوب خوانده و بفهمند.
۲. اصطلاحات تعریف شده بین المللی ، علائم جوشکاری و کدهای استاندارد را بدانند.
۳. از فرآیندهای جوشکاری اطلاعات کافی داشته باشند.
۴. با روش های تست استاندارد آشنا باشند.
۵. توانایی آزمایش تأیید صلاحیت جوشکاری را داشته باشند.
۶. اطلاعات کافی از متالورژی جوش داشته باشند ، تا در هنگام ضرورت قادر به تجزیه و تحلیل مسائل مهندسی جوش باشند.
۷. در جوش تجربه داشته و عیوب جوش را بشناسند و روش های پیشگیری یا رفع آنها را بدانند.
۸. در کار بازرسی ، تجربه آموخته باشند.

۹. گزارشات کنترل کیفیت را در مراحل مختلف ساخت ، تهیه و تثبیت نمایند.
۱۰. در تمامی مراحل ساخت پروژه ، حضور داشته باشند.

وظایف بازرسی 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 گزارش بورد طبق نیازمندیهای معین شده.
۵. بررسی فلز مبنا از نظر عیوب و انحرافات مجاز.
۶. بررسی نحوه 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 جوش داده شده ، بازرسی در سه مرحله انجام می شود که عبارتند از :

۱. بازرسی قبل از جوشکاری
۲. بازرسی هنگام جوشکاری
۳. بازرسی بعد 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 بازرسی در شروع کار جوشکاری یک سازه فلزی بایستی موقعیت سازه را مورد بررسی قرار دهد و به این سوالات جواب بدهد :

آیا محل استقرار سازه در منطقه زلزله خیز قرار گرفته است ؟

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

آیا محل استقرار سازه در منطقه سردسیر است یا گرمسیر ؟
 بار گذاری سازه بر اساس استاتیکی محاسبه شده یا دینامیکی ؟
 تعداد طبقات اسکلت فلزی ، نحوه اتصالات ، ضخامت ورق ها ، موقعیت و تجهیزات کارگاهی نیز از مواردی است که بایستی مورد بررسی قرار گیرند.

B.مطالعه دقیق نقشه ها و مشخصات فنی (اجزاء جوش ، اندازه ها و مشخصه فر آیند) :
 معمولاً مهندسین سازه ، ابعاد مقدار جوش را در نقشه ها مشخص می کنند و با علائم محل جوش و اتصالات را نشان می دهند. لذا مطالعه دقیق نقشه ها علاوه بر اطلاع یافتن از موارد فوق ، جهت برنامه ریزی برای ارائه یک الگوی بازرسی در مراحل مختلف پروژه مهم و ضروری است.
C.مقایسه مشخصه داده شده توسط مشتری و کیفیت مورد نیاز با محصول.

D.مطالعه استانداردهای مربوطه و انتخاب استانداردهای اجرائی :
 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 الکتروود دستی و جوشکاری زیر پودری و بندرت در مواردی از جوشکاری با گاز محافظ استفاده می شود. در موقع نصب سازه فلزی از روش الکتروود 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 :
 نحوه انتخاب مواد مصرفی جوشکاری و بازرسی و تست آنها در دستیابی به کیفیت بالا در اتصالات جوش نقش تعیین کننده دارد.

در انتخاب الکتروود دو مطلب باید در نظر گرفته شود :

- (۱) نوع الکتروود
 - (۲) سایز الکتروود
- در خصوص نوع الکتروود مسائل موردنظر عبارتند از :

- جنس قطعه و ضخامت آن
- نوع تنش و مقدار تنش
- درجه حرارت
- خوردگی محیط
- نوع جریان الکتریکی وضعیت جوشکاری
- نرخ رسوب
- سهولت کار
- قیمت الکتروود

در خصوص سایز الکتروود باید به موارد زیر توجه کرد :

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

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

۱. انجام آزمایش بر روی خواص جوش الکتروود و یا پودر و مفتول مصرفی جوش
۲. اخذ گواهی از شرکت های سازنده الکتروود ، 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 مشاهده ترک های ناشی از تورق و یا ناپیوستگی های سطحی می توان مطابق جدول زیر به تعمیر و عملیات اصلاحی اقدام نمود.

محدوده پذیرش و یا تعمیر ناپیوستگی های تورقی ناشی از خورد در سطوح برش خورده

شرح ناپیوستگی	تعمیر لازم
مردوع ناپیوستگی با طول مساوی 25 میلیمتر یا کمتر	لازم نیست
مردوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از 25 میلیمتر و عمق کمتر از 3 میلیمتر	لازم نیست ولی عمق باید مورد بررسی قرار گیرد
مردوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از 25 میلیمتر و عمق 3 تا 6 میلیمتر	باید کاملاً پرداخته ولی جوش لازم نیست
مردوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از 25 میلیمتر و عمق بیش از 6 میلیمتر	باید کاملاً پرداخته و با جوش پر شود

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 بازرسی 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 بازرسی 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.

موارد مهمی که در دستورالعمل جوشکاری (WPS) بایستی به آن اشاره شود عبارتند از :
 نوع فرآیند جوشکاری ، نوع ضخامت ورق مصرفی ، نوع و قطر الکتروود مصرفی ، مشخصات الکتریکی دستگاه جوش و اتصال الکتروود ، ترتیب جوشکاری ، نحوه 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 بازرسی.

J. آزمون جوشکاران و اپراتورها و بررسی صلاحیت آنها :

تمامی جوشکاران بایستی قبل از جوشکاری بر روی سازه فلزی توسط بازرس تعیین صلاحیت شوند. بازرس بایستی متناسب با نوع نیاز و روش و الکتروود و نحوه 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 U_t یا R_t انجام می شود.

K. بررسی تسهیلات آزمایش.

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

A. بازرسی قطعات متصل شونده و درزهای آماده جوشکاری :

نحوه اتصال جوش از نظر زوایای پخ سازی ، فاصله ریشه اتصال ، فاصله پیشانی اتصال بایستی کنترل شود. همچنین نحوه 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 با شعله یا شیار زده ، 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 الکتروود 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 الکتروود بایستی نسبت به دیوار و کف انبار فاصله داشته باشد و هنگام حمل ضربه نخورد. در زیر جدولی در رابطه با شرایط الکترودهای قلیای آورده شده است. (شرایط مجاز جهت نگهداری و خشک کردن الکترودها)

مقادیر مجاز تماس الکترودهای کم هیدروژن با هوای آزه

نوع الکتروود	ستون (الف)	ستون (ب)
E70XX	4 ساعت	بین 4 تا 10 ساعت
E70XXR	9 ساعت	
E70XXHZR	9 ساعت	
E7018M	9 ساعت	
E70XX.X	4 ساعت	
E80XX.X	2 ساعت	2 تا 10 ساعت
E90XX.X	1 ساعت	1 تا 5 ساعت
E100XX.X	0.5 ساعت	0.5 تا 4 ساعت
E100XX.X	0.5 ساعت	0.5 تا 4 ساعت

F. بازرسی جوشکارانی که تایید صلاحیت شده اند و کد دارند و کنترل کیفیت جوش آنها در حین کار :
 بازرسی 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 مجدداً 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 بالا (20mm) 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 18- 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 18- درجه سانتیگراد کمتر باشد ، انجام جوشکاری به کلی ممنوع است. در محیط با دمای 0 تا 18- درجه 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 سازه 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 :

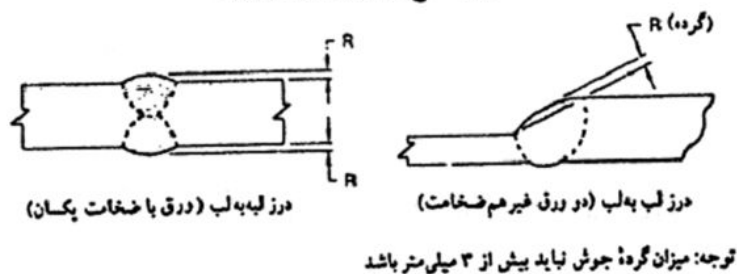
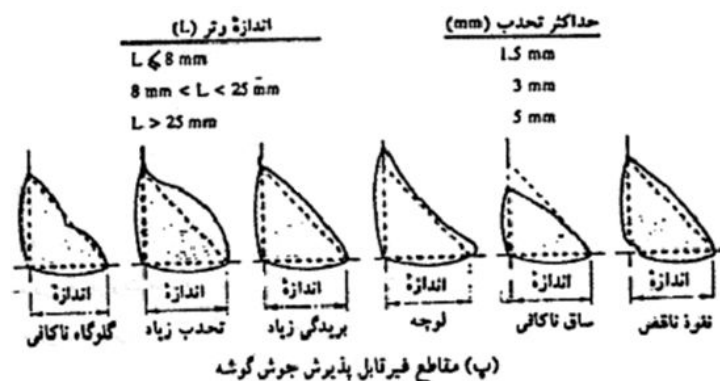
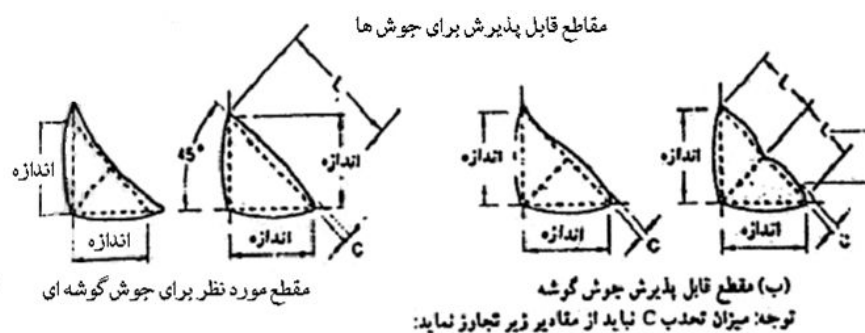
۱. آزمایشات مخرب
۲. آزمایشات غیر مخرب

آزمایشات غیر مخرب بر روی جوش :

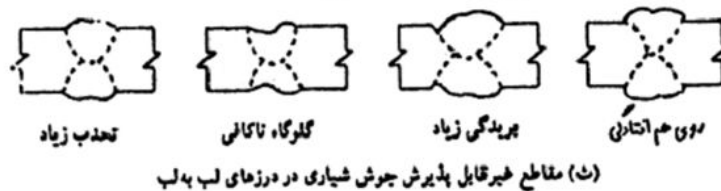
هدف از انجام دادن این آزمایشات تشخیص عیوب مختلف در جوش (سطحی و عمقی) می باشد ، بدون اینکه قطعه جوش داده شده غیر قابل استفاده شود. بسیاری از موارد با تشخیص عیوب می توان فلز جوش را در آن موضع برداشته و با رسوب مجدد ، اتصال کاملی بدست آورد. اغلب آزمایشات غیر مخرب با استفاده از خواص فیزیکی فلز به کمک وسایل و تجهیزات خاص برای کشف عیوب استفاده می شود. معمول ترین آزمایشات غیر مخرب که در بازرسی جوش استفاده می شوند عبارتند از :

۱- بازرسی چشمی (Visual Inspection) :

یک از ساده ترین و سریع ترین و کم خرج ترین روش برای کشف بعضی عیوب نظیر موارد زیر ، بازرسی چشمی می باشد که این آزمایش غالباً با دقت و کمک انواع ذره بین با درشت نمایی ۵-۲۰ مرتبه انجام می گیرد. سطح جوش گوشه تا مقدار محدودی می تواند محدب یا مقعر باشد به استثنای عیوب مربوط به بریدگی پای جوش وجود سایر عیوب در دو انتهای جوش های منقطع ، خارج از طول مؤثر جوش مهم نمی باشد. جوش های شیار ی ترجیحاً باید با حداقل تحدب اجرا شوند. در درزهای لب به لب یا اتصالات گونیا حداکثر تحدب مساوی ۳ میلیمتر می باشد و باید دارای انتقال تدریجی با سطح فلز پایه باشد. در درزهای لب به لب در صورتیکه سطح هم تراز برای جوش مورد نظر باشد تحدب جوش بیش از ۱ میلیمتر باید برداشته شود.



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



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

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

۲-آزمایش نفوذ (Leak Test) :

آزمایش نفوذ یکی از آزمایشات نسبتاً ساده و سریع برای تشخیص کامل بودن جوش در مخازن ، سیلندرها و لوله ها از نظر نفوذ مایع یا گاز است. پس از بستن کلیه دریچه ها در مخزن یا کپسول از طریق فشار هیدرولیکی آب ، نفت ، هوا و گاز به داخل آن هدایت می شود. آب قابلیت نفوذ کم ، نفت نسبتاً خوب و هوا و گازها مخصوصاً گاز هیدروژن قابلیت نفوذ زیادی دارند. در مواردی که استفاده از آب قابل قبول باشد بهتر است از آب استفاده شود. ، چون خطرات ناشی از پاره شدن مخزن کمتر از حالت بکار بردن گازها است. فشار اعمال شده در منبع یا لوله تقریباً ۲ برابر فشاری است که در عمل و موقع کار در آن ایجاد می شود. البته شرایط و موارد مختلف را استانداردها تعیین کرده اند.

از طرق مختلف می توان نفوذ مایع یا گاز به خارج از مخزن را مشخص کرد که متداول ترین آن عبارتند از :

- اعمال فشار معین و خواندن این فشار بر روی فشارسنج در زمان های مختلف : در صورتیکه افت فشاری ایجاد شود نشان دهنده سوراخ و یا نفوذ گاز یا مایع به بیرون است.
- پس از وارد کردن هوا یا گاز به داخل مخزن با فشار مشخص ، محلول آب صابون در مسیر جوشکاری مالیده می شود و یا مخزن را وارد آب صابون می کنیم : در صورت ملاحظه حباب ها می توان پی به نفوذ هوا یا گاز از مخزن به بیرون برد.

۳- بازرسی به کمک مایعات نافذ (PT) :

بازرسی به کمک مواد نافذ از شیوه های غیر مخرب برای محل یابی معایب سطحی می باشد. این آزمایش برای فلزات غیر مغناطیسی نظیر فولاد زنگ نزن ، آلومینیوم ، منیزیم ، تنگستن و پلاستیک ها نیز قابل کاربرد است. آزمایش با مواد نافذ جهت تشخیص عیوب داخلی قابل استفاده نمی باشد.

سطح مورد بازرسی باید در ابتدا از لکه های روغن ، گریس و مواد ناخالص خارجی تمیز شود. سپس ماده رنگی مورد نظر بر روی سطح پاشیده شده و در داخل ترک ها و سایر ناهمواری ها نفوذ می کند. رنگ اضافی از روی سطح پاک شده و سپس یک مایع فوق العاده فرار حاوی ذرات ریز سفید رنگ بر روی سطح پاشیده می شود. این ماده بنام ماده ظهور (ظاهر کننده) خوانده می شود.

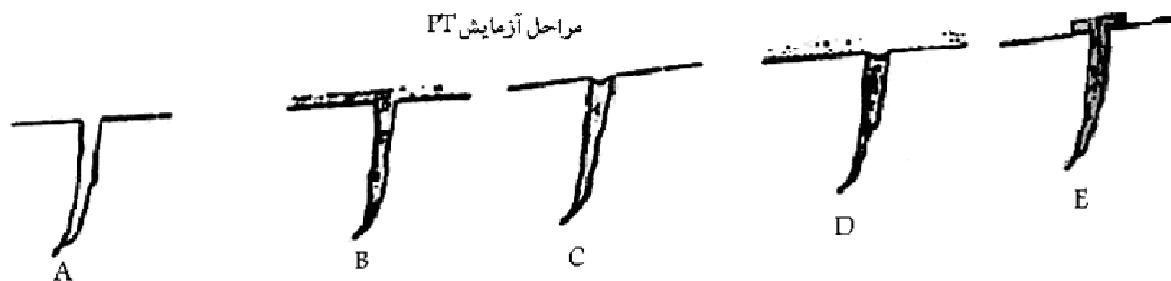
تبخیر مایع فرار باعث بر جای ماندن گرد خشک سفید رنگ بر روی ماده قرمز رنگ نفوذ کرده در ترک ها می گردد و بر اثر عمل موئینگی ، ماده قرمز از ترک بیرون کشیده شده و پودر سفید کاملاً قرمز می شود. به همین جهت ترک مورد نظر به وضوح با این روش قابل شناسایی است.

مزایای روش (PT) :

۱. ساده بودن روش کار
۲. بسیار ارزان است.
۳. بازرسی با مایع نافذ برای کلیه قطعات به هر شکل و هر اندازه قابل استفاده است.
۴. قطعات در حال کار را می توان در محل کار بازرسی کرد.

معایب روش (PT) :

۱. فقط برای عیب یابی ترک های سطحی بکار می رود.
۲. برای قطعاتی که دارای سطوح زیر و خشن هستند ، استفاده نمی شود



- A- سطح ماده تمیز و بدون گریس باشد
- B- مایع نافذ به داخل عیب جذب شود
- C- مایع نافذ اضافی از سطح قطعه پاک شود ولی در داخل ترک باقی بماند
- D- سطح به ماده ظاهر کننده آغشته می شود
- E- مایع نافذ توسط ظاهر کننده جذب می شود و نشانه های ترک را آشکار می کند

۴-آزمایش صدا (Stethoscope Test) :

اصول کلی این روش از روی تشخیص صدای رنگ دار جوش سالم و صدای خفه یا گرفته جوش شکسته یا عیب دار می باشد. وسایل خاصی ممکن است برای تشخیص دقیق تر نوع صدا نیز بکار رود. این آزمایش برای سلامت جوش در سازه و اسکلت های فلزی بسیار مناسب است.

۵- 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 سرباره 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 می شود که پس از پاشیدن پودر ریز مغناطیسی شونده بر روی منطقه جوش ، اگر عیوبی در سطح یا لایه زیر سطح وجود داشته باشد موجب قطع نیرو 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 حوزه مغناطیسی قوی تر بوده و این تمرکز ذرات در سطح نامشخص تر است.

مزایای روش ذرات مغناطیس

۱. عیوب سطحی و زیر سطحی تا عمق ۷ میلیمتر 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.

معایب روش ذرات مغناطیس

۱. فقط برای مواد فرومانیتیک قابل استفاده است.
۲. همیشه بهتر است که میدان مغناطیسی عمود بر عیوب باشد.
۳. بعضی مواقع لازم است یک قطعه را چندین بار مغناطیسی کنیم.
۴. بعد از عمل بازرسی باید مغناطیس زدایی انجام گیرد.
۵. مهارت و تجربه زیادی نیاز دارد.

۶- آزمایش با امواج صوتی یا رادیویی (Ultrasonic Testing) :

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

اصول کلی روش بدین ترتیب است که از عبور جریان الکتریکی متناوب با فرکانس بالا (یک میلیون سیکل در ثانیه) 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 شده مورد آزمایش با این سطح منتشر کننده موج تماس حاصل نماید امواج به طور مؤثر از Probe به کار منتقل می شود. پس از عبور در ضخامت قطعه ، این امواج در اطراف دیگر سطح منعکس می شود. 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 استاندارد که نشان دهنده فاصله یا زمان رفت و برگشت موج است در روی صفحه موجود باشد ، به راحتی می توان فاصله عیب را تا سطح نیز تعیین کرد.

مزایای روش Ultrasonic

۱. با استفاده از این روش عیوب سطحی ، زیر سطح و داخل جوش و عمق ریشه شیار قابل شناسایی می باشد.
۲. قابل انتقال در هر موقعیت سازه جهت تست می باشد.
۳. دقت کار بالا است.
۴. نوع ، ابعاد و موقعیت عیب قابل شناسایی است.

معایب روش Ultrasonic

۱. گران بودن تجهیزات و دستگاه
۲. مهارت اپراتور باید زیاد باشد و آموزش های خاصی لازم است.
۳. تمیز بودن و صاف بودن سطح محل آزمایش مهم است و در دقت کار اثر دارد. (بایستی محل آزمایش سنگ زده شود و از گریس یا روغن برای پر کردن ناهمواری ها و صیقل شدن سطح استفاده می شود.)

۷-رادیوگرافی (Radiographic Inspection) :

پرتونگاری یکی از روش های آزمایش غیر مخرب می باشد که نوع و محل عیوب داخلی و بسیار ریز جوش را نشان می دهد. در این روش از دو نوع پرتو X و گاما را مورد استفاده قرار می دهند. اشعه گاما به خاطر طول موج کوتاه خود می تواند در ضخامت های نسبتاً زیادی از مواد نفوذ کند ، در ضمن تابش اشعه به قطعه مورد پرتونگاری در مورد اشعه گاما نسبت به اشعه X بسیار طولانی تر می باشد. در آزمایش پرتونگاری یک عکس از وضعیت داخلی فلز جوش گرفته می شود. در حین عکس برداری ، فیلم در یک طرف و منبع پرتوزا (X یا گاما) در سمت دیگر قطعه قرار می گیرد. پرتو رادیویی در ضخامت فلز نفوذ کرده و پس از عبور از این ضخامت لکه ای بر روی صفحه فیلم ایجاد می کند. میزان جذب پرتوهای رادیویی توسط مواد مختلف متفاوت است. نفوذ گل ، حفره گازی ، ترک ها ، بریدگی های کناره جوش و قسمت های نفوذ ناقص جوش ، ترک کمتری نسبت به فولاد سالم دارند. بنابراین در حوالی این قسمت ها پرتو بیشتری به سطح فیلم می رسد و عیوب فلز جوش ، به صورت لکه های تاریکی بر روی فیلم ثبت می شوند. این شیوه پرتونگاری حضور معایب مختلف در فلز جوش و فلز پایه را مسجل کرده و اندازه ، شکل و محل آنها را ثبت می کند.

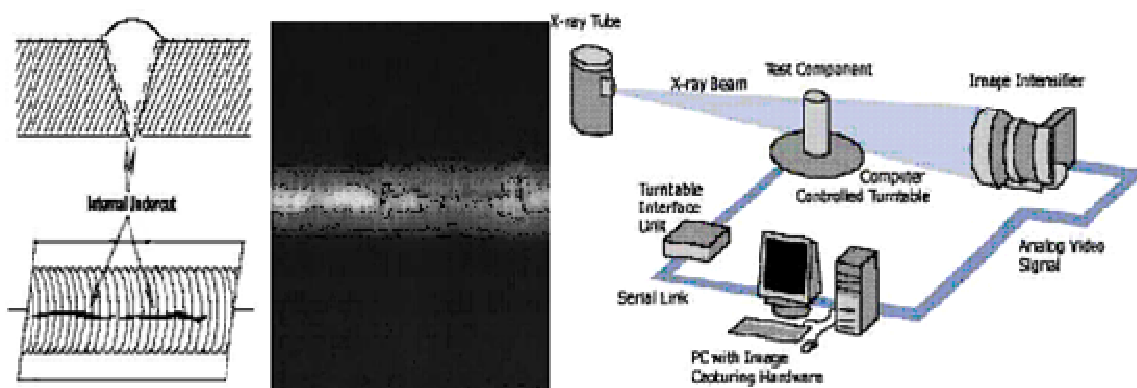
مزایای رادیوگرافی

۱. برای بررسی عیوب عمقی مؤثر و مفید است.
۲. مواد فلزی آهنی و غیر فلزی را می توان رادیوگرافی کرد.
۳. محل عیوب و شکل ظاهری عیب را می توان در عکس ملاحظه نمود.

معایب رادیوگرافی

۱. گران بودن ابزار و وسایل کار
۲. نیاز به اتاق تاریک برای ظهور و ثبوت فیلم
۳. تنظیم دستگاه وقت گیر است.
۴. حداکثر ۷۵ میلیمتر از عمق فولاد را می توان به طور مؤثر رادیوگرافی کرد.
۵. خطرات فراوانی برای سلامتی افراد دارد.

در زیر کار دستگاه رادیوگرافی و یک نمونه از فیلم این دستگاه را می بینید



تعمیر عیوب جوش :

- جوش های مردود را می توان 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 سر رفتگی (Overlap) و تحذب بیش از حد ، جوش اضافی باید به روش مناسبی برداشته شود. (معمولاً سنگ می زنند).
- تقعر بیش از حد حوضچه چاله جوش ، کمبود در اندازه 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.
- لکه 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 شیار ، 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 قطعه اضافی را حذف کرده و لبه جوش با عمق هم سطح و سنگ زده شود و از سلامت جوش مطمئن شد.

معیارهای پذیرش عیوب مطابق استاندارد AWS D 1.1 عبارتند از :

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 لبه جوش می تواند 1.6mm باشد.
- در ضخامت های ورق های بیشتر از 25.4mm 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 قطر ها نباید در هر 305mm طول جوش از 19mm بیشتر باشد.
۶. اندازه جوش گلوبی چنانچه در مجموع طول یک جوش از ده درصد آن تجاوز نکند ، می تواند به میزان 1.6mm از اندازه 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 شیار 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 شیار 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 48 ساعت از اتمام جوشکاری انجام می گیرد.

کیفیت جوش تحت بار دینامیکی :

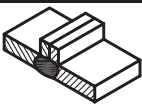



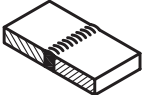


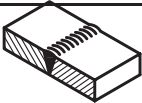


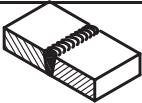



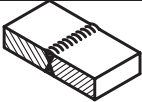


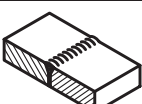


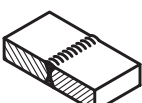


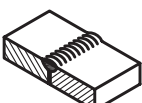


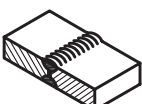


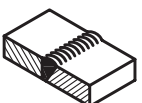


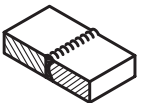








۱. جوش ترک نداشته باشد.
 ۲. ذوب کامل بین فلز جوش و فلز پایه و شیار بین لایه ها حاصل شده باشد.
 ۳. کلیه فرورفتگی های سطح مقطع جوش باید به طور کامل پر شوند ، مگر برای انتهای جوش های گوشه منقطع که بیشتر از طول مؤثر جوشکاری شده اند.
 ۴. عمق فرورفتگی جوش در اعضا ابتدایی که جوش عمود بر تنش برش و زیر هر بار 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 طول جوش تجاوز نماید.
۱. اندازه جوش گلوبی چنانچه در مجموع طول یک جوش از 10 درصد تجاوز نکند می تواند به میزان 1.6mm از اندازه 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.

۲. 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

جدول ۱۱-۲- نشانه‌های قراردادی جوش طبق دستور ISO۲۵۵۳

نوع درز	نام	شکل نمادین	نمایش		نمای مجسم
			فرم درز	مقطع درز	
درزهای لب‌به‌لب	درز نیم‌جناغی دمدار (یک‌سویه)				
	درز نیم‌جناغی دمدار (دوسویه کند)				
	درز نیم‌لاله‌ای دمدار (یک‌سویه)				
	درز نیم‌لاله‌ای (دوسویه)				
درزهای پیشانی	درز پیشانی تخت				
	درز پیشانی جناغی				
	درز گلویی یا گوشه‌ای				
	درز گلویی یا گوشه‌ای دوسویه				
	درز گوشه‌ای با درز گلویی بیرونی				
	درز نیم‌جناغی باریشه باز				

جدول ۱۱-۳

نمای سه بعدی	نمایش		شکل شماتیک	نام	نوع درز
	برش درز	فرم درز			
	بعد از جوش 	قبل از جوش 		درز لب برگردان	درزهای لب به لب
				درز سر به سر یا لب به لب	
			∇	درز جناغی	
				درز جناغی یا ریشه باز	
			X	درز جناغی دوسویه تیز	
			Y	درز جناغی (دمدار)	
			X	درز جناغی دوسویه کند (دمدار)	
			U	درز ناودانی یا لاله‌ای یک‌سویه	
			U	درز ناودانی یا لاله‌ای دوسویه	
			∇	درز نیم جناغی	
			K	درز نیم جناغی دوسویه تیز	
			○	نقطه جوش	
			⊕	فرقه جوش	

۸-۱۱- جوش در نقشه

چگونگی و نوع جوش را در نقشه با نشانه‌های قراردادی به همراه علامت مبنا و موارد اضافی، نشان می‌دهند.

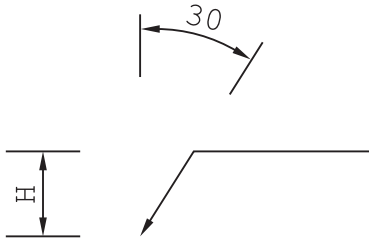
۸-۱۱-۱ علامت مبنا: علامت پایه، یک فلش و دنباله شکسته

آن است (شکل ۹-۱۱).

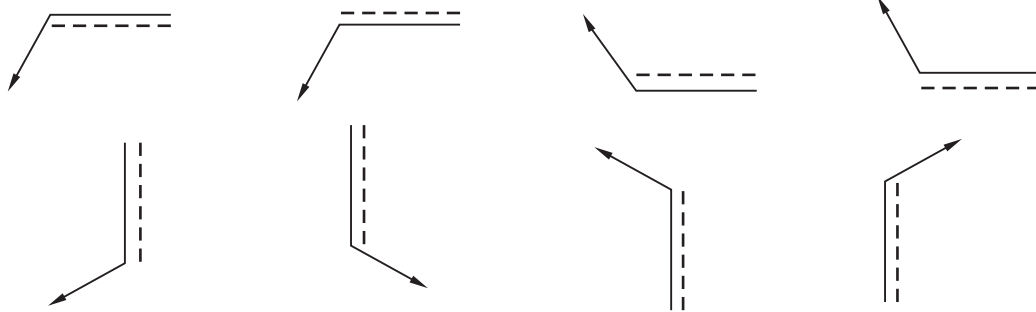
در موارد خاص ممکن است زاویه را تا ۴۵ درجه هم افزایش داد، همچنین H حدود دو برابر بلندی اعداد نقشه و بلندی دنباله تا حد لزوم خواهد بود. دقت شود که تا حد امکان زاویه ۳۰ درجه رعایت شود. همه

نشانه‌ها و علائم با خط نازک رسم خواهند شد. اغلب یک خط چین با این نشانه همراه است. این خط چین را خط تشخیص می‌نامیم و مفهوم آن دید یا ندید بودن درز جوش در نقشه است.

نشانه پایه، با توجه به شرایط علامت‌گذاری می‌تواند به هر یک از صورت‌های شکل ۱۰-۱۱ به کار رود.



شکل ۹-۱۱- نشانه پایه در جوشکاری



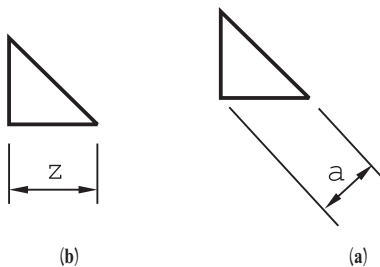
شکل ۱۰-۱۱- حالت‌هایی از قرار دادن علامت مبنا

باز هم حالات دیگری ممکن است (مثلاً در شرایط شیب).

۲-۸-۱۱- ضخامت جوش: همان‌گونه که از شکل‌های

جوش (ارائه شده در دو جدول) دریافت می‌شود، گودی و ضخامت جوش تا اندازه زیادی با ضخامت قطعات مورد جوشکاری تناسب دارد. اما در جوش‌های گوشه‌ای، همواره به نوشتن ضخامت جوش نیاز است^۱.

شکل جوش، تقریباً یک مثلث راست گوشه متساوی الساقین است که می‌توان ارتفاع وارد بر وتر یا یک ضلع آن را نماینده ضخامت جوش دانست (۱۱-۱۱، a, b).



شکل ۱۱-۱۱- (a) ضخامت جوش a (b) ضخامت جوش z

$$Z = a\sqrt{2}$$

۱- در دیگر موارد هم، در صورت نیاز، ضخامت جوش گفته خواهد شد. به استاندارد ISO2553 نگاه کنید.

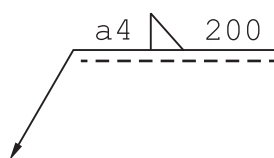
البته نشانه‌های a یا z باید آورده شوند. با این توضیح که مورد a در اندازه‌گذاری‌ها و کد بندی‌ها، کاربرد بیشتری دارد. شکل ۱۱-۱۲ نمونه‌ای را نشان می‌دهد.

مفهوم شکل آن است که جوش گوشه‌ای است با ضخامت ۴ و به طول ۲۰۰ با درز جوش در حالت دید در نقشه.

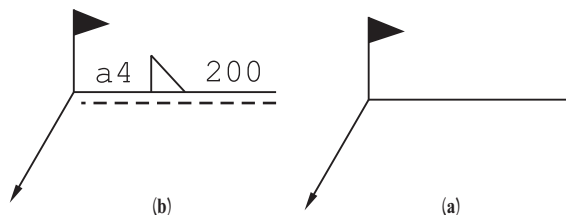
۳-۸-۱۱- نشانه‌های اضافی: ممکن است قطعه‌ای در هنگام سوار

کردن سایر قطعات و هم‌زمان جوشکاری شود. در این صورت یک گوشه توپر و فلش مانند یا شبیه پرچم، اضافه خواهد شد (شکل a ۱۱-۱۳).

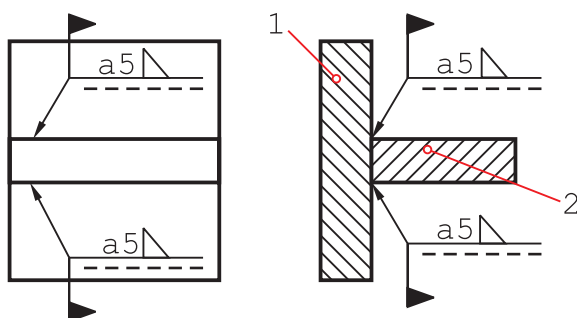
در شکل b، نشانه‌ها این را می‌رسانند که، درز جوش گلولی (گوشه‌ای) به ضخامت ۴ و در هنگام سوار کردن انجام خواهد شد. شکل ۱۱-۱۴ نمونه‌ای از کاربرد را نشان می‌دهد.



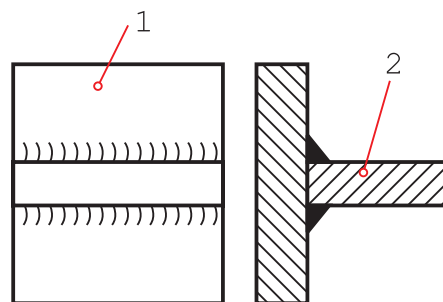
شکل ۱۱-۱۲



شکل ۱۱-۱۳ (a) علامت جوش به هنگام سوار کردن



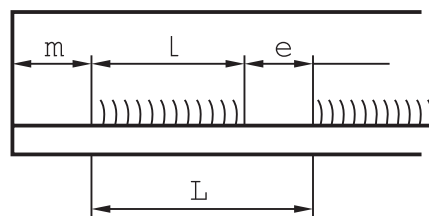
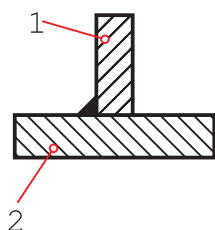
شکل قراردادی (b)



شکل حقیقی (a)

شکل ۱۱-۱۴

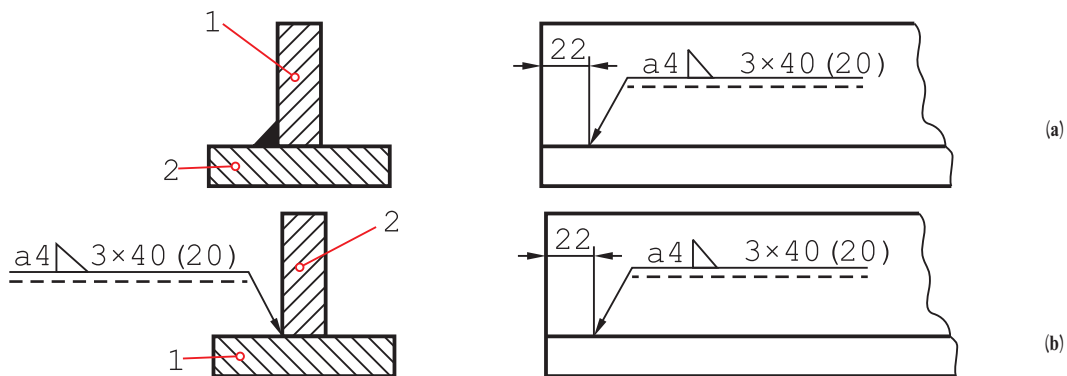
به شکل ۱۱-۱۵ نگاه کنید.



شکل ۱۱-۱۵- نمای حقیقی جوش چند تکه یا بریده

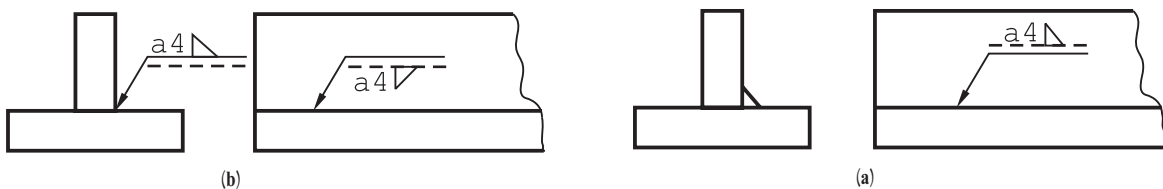
جوش تکه تکه است. طول هر تکه l، فاصله تکه‌ها e و گام جوش L است.

m نیز فاصله اولیه از لبه است که می‌تواند صفر هم باشد و روی نقشه نوشته خواهد شد.
با استفاده از نشانه‌ها شکل ۱۶-۱۱ یا b را داریم.
در این شکل، جوش با فاصله ۲۲ از لبه شروع می‌شود و در نقشه به حالت دید است.



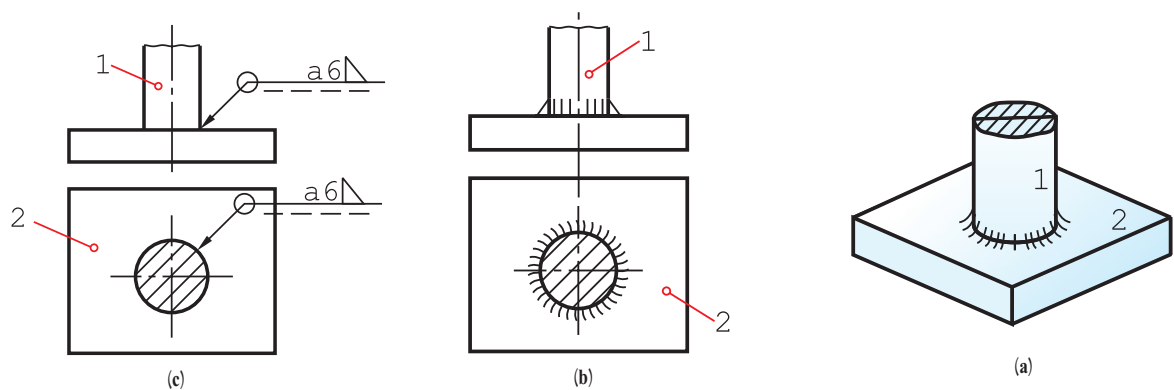
شکل ۱۶-۱۱ (a) یا (b) ضخامت جوش گوشه‌ای ۴، سه تکه ۴۰ و فاصله ۲۰

در شکل ۱۷-۱۱، که باز هم در دو حالت a یا b دیده می‌شود، جوش در نمای جانبی در حالت ندید است.



شکل ۱۷-۱۱

به چگونگی نوشتن علائم بالای خط افقی یا زیر آن توجه شود. در حالت ندید، نشانه جوش وقتی در پایین گذاشته می‌شود، ۱۸۰ درجه می‌چرخد (اگر خط چین را در بالای خط یک‌سره می‌گذاشتیم دیگر چرخش علامت لازم نبود).
۴-۸-۱۱- جوش دور تا دور : با افزودن یک دایره به علامت مینا، می‌توان دور تا دور بودن جوش را یادآور شد. (شکل ۱۸-۱۱، a تا c).

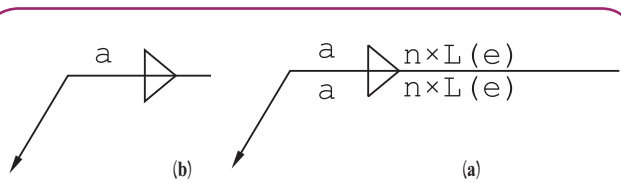


شکل ۱۸-۱۱ جوش دو تا دور

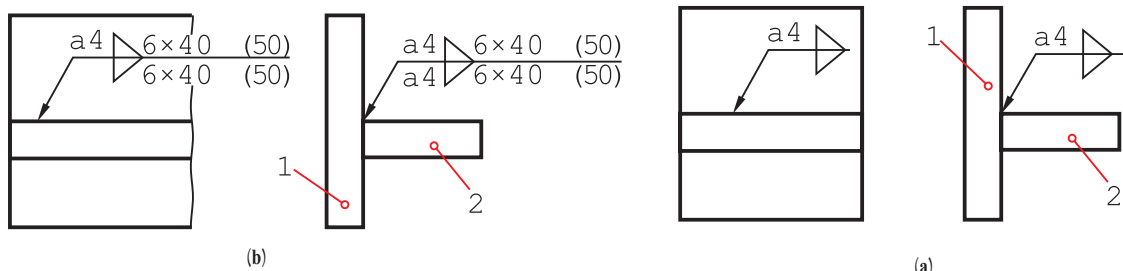
۱- دور تا دور می‌تواند یک شکل دایره‌ای یا چهار گوش و جز آن‌ها باشد. ضمن آن که بیشتر حالت‌ها دایره‌ای یا حلقوی است.

۵-۸-۱۱- جوش دو سویه : اگر بخواهیم دو

طرفه بودن جوش را مشخص کنیم، دیگر به خط تشخیص یا خط چین نیاز نیست و نباید اضافه شود و به جای آن نشانه جوش را می افزایند. شکل a ۱۱-۱۹ موقعیت جوش تکه ای و شکل b موقعیت جوش یک سره را نشان می دهد.



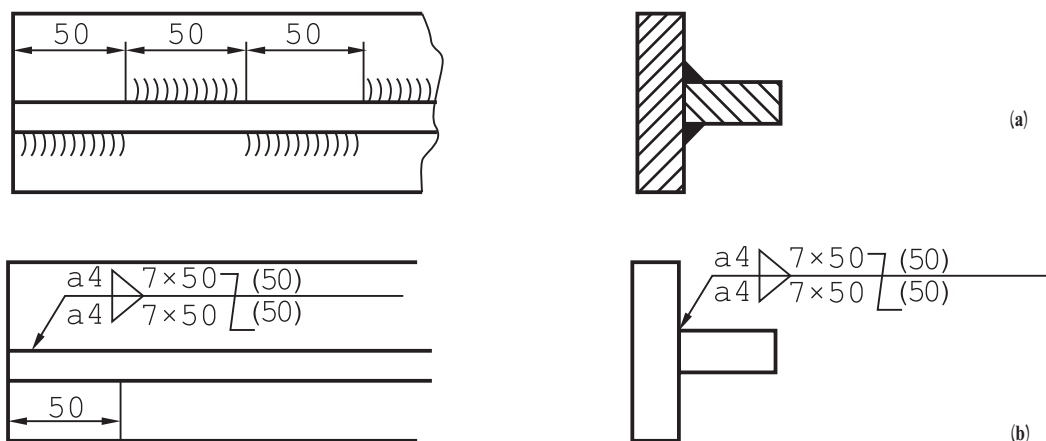
شکل ۱۱-۱۹



شکل ۱۱-۲۰

در شکل ۱۱-۲۰، دو نمونه از کاربرد کدها را ملاحظه می کنید.

اگر جوش در دو سمت، علاوه بر تکه ای بودن، چپ و راست (زیگزاگ) هم باشد، فاصله اولیه از لبه، موقعیت تکه های جوش را مشخص می کند. در شکل ۱۱-۲۱، فاصله اولیه به گونه ای است که فاصله های خالی بالا در زیر قطعه پر می شود.



شکل ۱۱-۲۱ جوش دو سویه تکه ای با طول های برابر و چپ و راست

۱- زیگزاگ، چپ و راست zigzag

۲- اگر مشخصات بالا و پایین به گونه ای متفاوت باشند که امکان به کار بردن یک فلش نباشد، برای هر طرف جداگانه و به صورت معمول نشانه ها به کار برده خواهد شد.