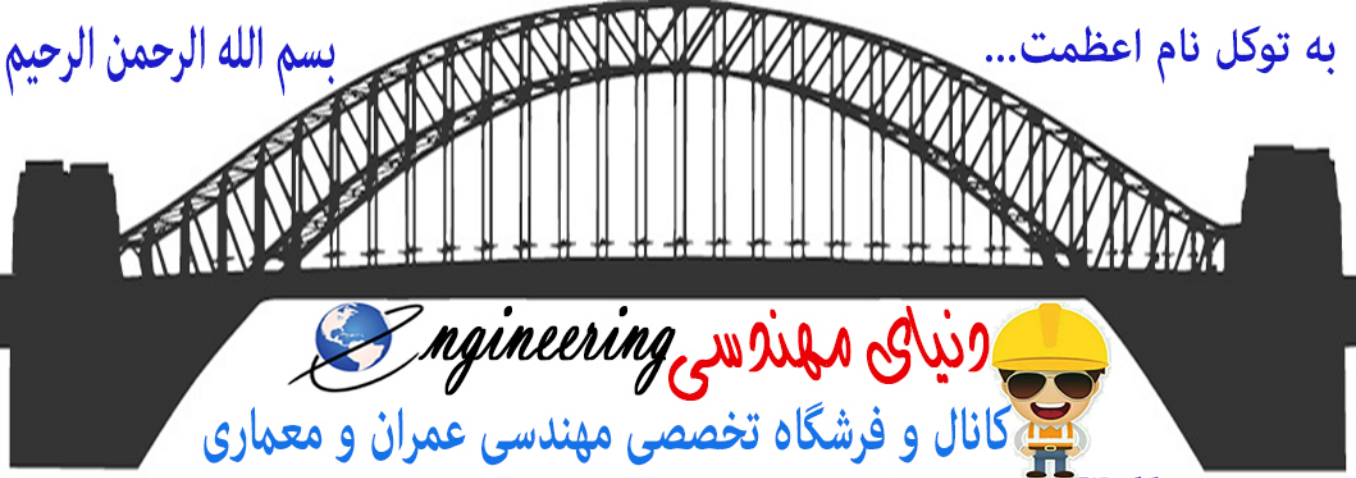
بسم الله الرحمن الرحیم

به توکل نام اعظمت...



دنیای مهندسی Engineering

کانال و فرشگاه تخصصی مهندسی عمران و معماری

@WorldEngineering

www.WorldEngineering.sellfile.Ir

Gmail HomanHoseini@Gmail.com

@HomanHoseini

۳۰۰۰۲۵۸۸۲۰۴۶۳۶

کـــانال تلگرام

- فیلم ومستندات آموزشی
- اخبار ومقالات مهندسی
- آزمون های ارشد ودکتری
- آموزش نرم افزارهای تخصصی
- نمونه پروژه های دانشجویی و کارآموزی

فروشگـــاه دنیای مهندسی

برنامه ها ونرم افزارهای مهندسی برای آندروید

برنامه های مهندسی تحت اکسل

انواع پلان ونقشه های اتوکد

انواع جزوات مهندسی

بهترین ها همه در دنیای مهندسی

به ما ملحق شوید

دنیای عمران و معماری

بسم الله الرحمن الرحيم

http://omidi2010.blogsky.com (وبلاگ مهندس امیدی)

جوشـــــــــــکاری

در سازه های فولادی

تهیه و تدوین : مهندس امیدی

فهرست

- **بخش ا ول**
- **اصول جوشکاری و تعریف جوشکاری**
- **بخش دوم**
- **فرآیندهای متداول جوشکاری سازه های فلزی**
- **مواد مصرفی در جوشکاری**
- **منابع تولید قدرت در جوشکاری با قوس الکتریکی**
- **نکات ایمنی در جوش برق**
- **بخش سوم**
- **معرفی عیوب اصلی جوش**
- **علل پیدایش و رفع عیوب**
- **پیچیدگی در جوش و روش های کنترل آن**
- **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**
- **بخش پنجم**
- **انواع اتصالات**
- **چگونگی حالت های صحیح جوشکاری در حالت های تخت ، سر بالا و سقفی**
- **مشخصات روش جوشکاری (WPS)**
- **گزارش کیفیت جوشکاری (PQR)**

بخش اول
اصول جوشکاری و تعریف جوشکاری

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

تاریخچهٔ جوشکاری

جوشکاری یا فن فلزات از دیر باز مورد توجه بشر بوده است و در ابتدا ظروف آشپزخانه و جواهرات و امروزه در صنایع کشتی سازی و هوا فضا کاربرد بسیاری دارد.

طبق مدارکی که در کتاب ها و استانداردها آمده است جوشکاری ۸۲۰۰ سال قدمت دارد.

در حدود ۲۲۰۰ سال قبل از میلاد ، از لحیم کاری برای ساخت قطعات جواهر استفاده می شد.

در حدود ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد ، قطعات را به روش جوشکاری پتکی به هم متصل می کردند.

سال ۱۷۸۳ میلادی لیچتنبرگ قوس الکتریکی را کشف کرد.

سال ۱۸۰۹ میلادی دیوی فیزیکدان انگلیسی از قوس الکتریکی به عنوان یک منبع نور استفاده کرد.

سال ۱۸۶۷ میلادی الیکاتاسن جوشکاری مقاومتی را اختراع کرد.

سال ۱۸۸۵ برنادوس اولین فرآیند جوشکاری قوسی را تجربه کرد.

سال ۱۸۹۰ میلادی فرآیند جوشکاری قوسی بوسیلهٔ ذوب الکترود فلزی انجام گرفت.

سال ۱۸۹۱ میلادی جوشکاری اکسی استیلن کشف شد.

سال ۱۸۹۵ میلادی ، سال توسعهٔ فرآیند تقطیر هوا به وسیلهٔ ون لینده بود.

سال ۱۸۹۶ ″ دارگر ″ نازل های تورچ جوشکاری را توسعه داد.

سال ۱۹۰۱ برای اولین بار استیلن حل شده در استن مورد استفاده قرار گرفت.

سال ۱۹۰۸ ″ گیلبرگ ″ الکترودها را تکامل داد.

سال ۱۹۲۰ استفاده از الکترود تنگستن ، تحت پوشش گازهای محافظ مورد استفاده قرار گرفت.

سال ۱۹۶۵ جوشکاری لیزر مورد استفاده قرار گرفت.

دانشمندان امروزه بر این باور هستند که سیر اختراعات فرآیندهای جوشکاری امروزه متوقف شده و از این به بعد در جهت تکامل فرآیندهای اختراع شده پیش خواهیم رفت.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

اصطلاحات جوشکاری

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

راهنمای مشخصات فنی رویهٔ جوشکاری(Welding Procedure Specification-WPS): سندی که متغیرهای مورد لزوم جوشکاری برای کاربردی خاص را تأمین می کند و برای هر جوشکار آموزش دیدهٔ ماهر و هر اپراتور جوشکار تکرار پذیر است. این سند حاوی کلیهٔ دستورات لازم جهت تولید جوش ، کیفیت جوشکاری ، صلاحیت جوشکاری ، کدها در مورد فولاد ، دیگ بخار و مخازن فشاری است.

مدرک کنترل کیفی دستورالعمل (Procedure Qualification Records-PQR) : سندی حاوی کلیهٔ مقادیر واقعی متغیرهای جوشکاری برای آزمایش جوش جهت کنترل کیفی دستورالعمل جوشکاری و مقادیر واقعی نتایج آزمایش های صورت گرفته روی نمونهٔ جوش است.

اهمیت جوشکاری

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

جوشکاری کار آمدترین راه اتصال فلزات است. جوشکاری تنها راه اتصال دو یا چند قطعه فلز برای یکپارچه ساختن آنهاست.

جوشکاری بطور وسیعی برای ساخت یا تعمیر تمام محصولات فلزی به کار برده می شود. بیشتر چیزهای فلزی پیرامون ما ، جوش داده می شوند. بلندترین ساختمان دنیا ، سفینه های فضایی ، راکتورهای هسته ای ، لوازم خانگی ، خودروها و غیره جوش داده می شوند. استفاده از فرآیند جوشکاری روز به روز در حال افزایش است. جوش یک اتصال

دائمی است ، لذا چنانچه لازم است اتصال گاهی جدا شود ، نبایستی جوش داده شود. بنابراین می توان گفت : " جوشکاری اقتصادی ترین روش اتصال دائمی فلزات است. "

برای اتصال دو عضو با پیچ یا پرچ ، سوراخ کردن قطعات ضروری است. این سوراخ ها تا ۱۰ درصد مساحت مقطع عرضی قطعات متصل شونده را کم می کنند.

اتصال مزبور ممکن است به دو قطعه ورق کمکی نیاز داشته باشد ، بنابراین وزن مواد لازم و هزینهٔ تمام شده اتصال بالا می رود. در صورتیکه با استفاده از جوش ، این هزینه حذف می گردد. در جوشکاری از تمام مقطع عرضی قطعه برای تحمل نیرو بکار می رود و وزن به مقدار قابل ملاحضه ای کم می شود. امروزه اتصال ورق های کشتی و مخازن ذخیره به خاطر صرفه جوئی با جوش انجام می گیرد و دیگر پرچ در این موارد بکار نمی رود.

لوله ها نیز اگر با جوش متصل گردند ، صرفه جوئی مشابهی صورت می پذیرد. ضخامت لوله بایستی به قدر کافی باشد تا بار لازم را تحمل نماید. حال اگر لوله به وسیلهٔ رزوه متصل گردد ، ضخامت بیشتری لازم دارد ولی برای جوشکاری ضخامت کمتری کفایت می کند و به این ترتیب وزن فلز و هزینه برای اتصالات رزوه ای بیشتر از اتصالات جوش است. سطح داخلی اتصالات جوش داده شده نیز هموارتر است.

امروزه لوله های با قطر بزرگ به وسیلهٔ رزوه به یکدیگر یا با اتصالات رزوه ای متصل نمی گردند.

طراح اگر قطعات ریخته ای را به جوشی تبدیل کند ، با کم کردن ضخامت لازم ، در وزن فلز صرفه جوئی می کند ، استفاده از جوش بجای ریخته گری به طراح آزادی عمل بیشتری می دهد. هر جا که لازم است از ورق های ضخیم استفاده کند و در جاهای دیگر ورق های نازک در نظر می گیرد.

یکی دیگر از کاربردهای جوشکاری ، روکشی و ترمیم سطح فلزات با فلز مخصوص است که می تواند مقاوم به خوردگی و یا سایش باشد و از این طریق سالیانه میلیاردها دلار در دیر تعویض کردن قطعات صرفه جوئی شود.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

روش های جوشکاری

فرآیند جوشکاری را می توان براساس چندین نقطه نظر به چندین روش تقسیم بندی کرد.

اساس تقسیم بندی روش های جوشکاری به قرار زیر است :

۱. حالت ماده در حین جوشکاری (حالت جامد - مایع)
۲. میزان استفاده از حرارت خارجی و فشار
۳. استفاده از مواد پرکننده (Filler Metal)

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

۱. جوشکاری حالت جامد یا غیر ذوبی (Solid State)
۲. جوشکاری حالت مایع یا ذوبی (Fusion Welding)
۳. جوشکاری حالت مایع - جامد (Liquid Solid State)

جوشکاری حالت جامد یا غیر ذوبی (Solid State) :

در این گروه از جوشکاری ها ، اتصال بدون ذوب شدن قطعه کار بوجود می آید و هیچگونه ذوبی در حین جوشکاری بوجود نمی آید و

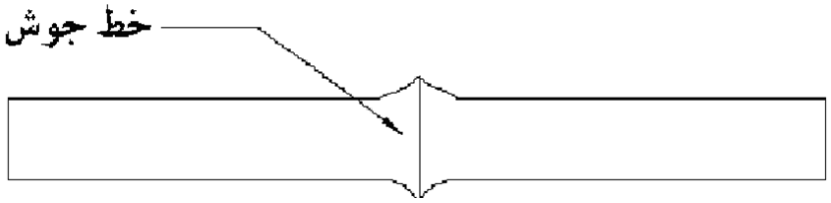
درجه حرارت در این گروه از جوشکاری ها کمتر از حد ذوب فلز پایه است.

مکانیزم جوشکاری در این روش جوشکاری حالت جامد بدین شرح است که اگر سطوح جوشکاری شونده تمیز و عاری از آلودگی

باشد و در حد اندازه های اتمی به یکدیگر نزدیک شوند (توسط فشار کافی) و در غیاب لایه اکسیدی و دیگر آلودگیهای سطحی ،
پیوند بین اتمها سبب بوجود آوردن اتصال قوی و مستحکم می شود. البته حرارت و حرکت نسبی سطوح ،تغییر فرم پلاستیک ناشی از
فشار(مثلاً در روش جوشکاری فورجینگ ، جوشکاری سرد یا جوشکاری نوردی) سبب بهبود استحکام جوش می شود.
جوشکاری های اصطکاکی و انفجاری نمونه هایی از جوشکاری حالت جامد هستند.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

در زیر قطعه ای که به وسیلهٔ یکی از فرآیندهای جوش جامد جوش داده شده است را می بینید .



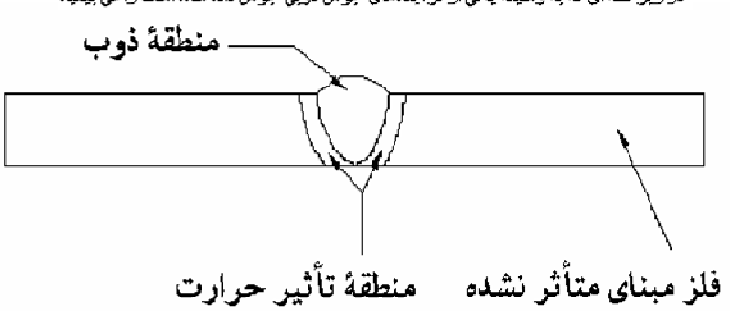
مزایای جوشکاری حالت جامد عبارتند از:

۱- ساختار ریختگی که در روشهای ذوبی بوجود می آید در این روشها حاصل نمی شود و لذا خواص در جهات مختلف ایزوتروپ خواهد بود.
۲- استفاده از فیلرمتال در این روشها مفهومی ندارد و خواص فیزیکی و مکانیکی با فلزات پایه یکی خواهد بود.
۳- اندازه جوش و اعوجاج حرارتی آن در مقایسه با سایر روشهای ذوبی بسیار کوچکتر است.
۴- رنج وسیعتری از مواد بدون صدمه زدن به خواص فیزیکی و مکانیکی آنها امکان جوشکاری کردن را دارند.
۵- امکان اتصال فلزات و مواد غیر همجنس نیز وجود دارد (فولاد به فلزات غیر آهنی ، پلاستیکها و...)

جوشکاری حالت مایع یا ذوبی (Fusion Welding) :

در این روش جوشکاری ، عمل اتصال در نتیجه ذوب موضعی دو قطعه ، تداخل آنها و بالاخره انجماد حاصل می شود.
درصورت وجود فیلرمتال ، فیلرمتال نیز ذوب شده و به حوضچه جوش افزوده می شود. البته ترکیب شیمیایی فیلرمتال نقش اساسی در خواص متالورژیکی و فلز جوش دارد و با تغییر آن می توان خواص جوش را تحت کنترل درآورد که این امر جزء مزایای مهم روشهای جوشکاری ذوبی است.
جوشکاری قوسی ، جوشکاری شعله ای ، جوشکاری ترمیت ، جوشکاری با پرتو لیزر و جوشکاری مقاومتی نمونه هایی از جوشکاری حالت مایع می باشند.

در زیر قطعه ای که به وسیله یکی از فرآیندهای جوش ذوبی جوش داده شده است را می بینید .

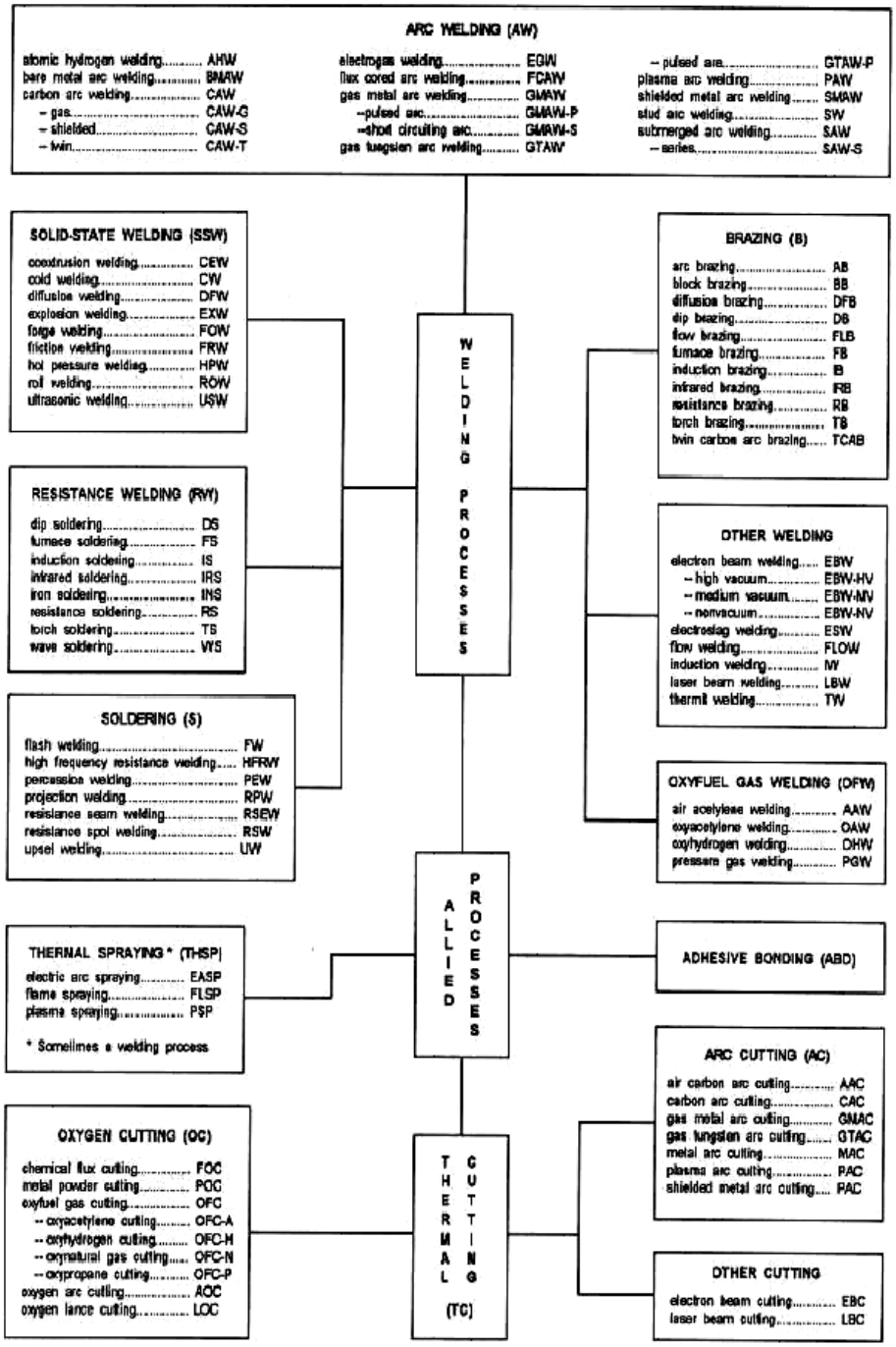


جوشکاری حالت مایع – جامد (Liquid Solid State) :

این نوع فرآیندها اخیراً در طیف جوشکاری قرار نگرفته و شامل انواع لحیم کاری می باشد. روش های لحیم کاری سخت ، لحیم کاری نرم و اتصالات چسبی نمونه هایی از این نوع فرآیند می باشد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

در زیر نمودار کلی از فرآیندهای جوشکاری نشان داده شده است.



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

حرارت لازم برای جوشکاری

همه فرآیندهای ذوبی و بیشتر فرآیندهای حالت جامد برای انجام جوشکاری به حرارت نیاز دارند.

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

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

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

بخش دوم

فرآیندهای متداول جوشکاری سازه های فلزی

مواد مصرفی در جوشکاری

منابع تولید قدرت در جوشکاری با قوس الکتریکی

نکات ایمنی در جوش برق

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

از میان فرآیندهای جوشکاری ، چهار فرآیند جوشکاری قوسی که برای جوشکاری سازه های فلزی ساختمان های مسکونی و صنعتی متداول است ، انتخاب شده است که عبارتند از :

1. **جوشکاری قوسی فلزی با الکترود روپوش دار (SMAW)**
2. **جوشکاری قوسی فلزی تحت پوشش گاز محافظ با الکترود مصرفی (GMAW)**
3. **جوشکاری قوسی فلزی تحت پوشش گاز محافظ با الکترود تنگستنی (GTAW)**
4. **جوشکاری قوسی زیر پودری (SAW)**

حال به شرح مختصری از فرآیندهای بالا می پردازیم :

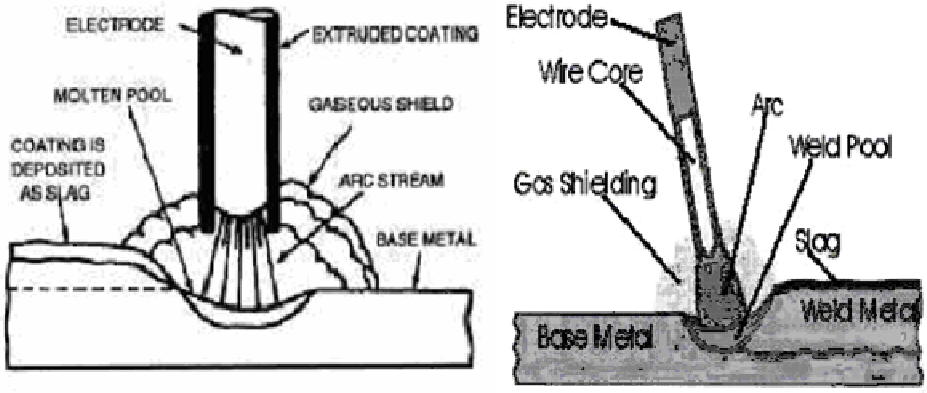
http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

جوشکاری قوسی با الکترود روپوش دار

Shielded Metal Arc Welding

این فرآیند جوشکاری ، فرآیند جوشکاری قوسی است که در آن ، قوس بین یک الکترود روپوش دار و قطعه کار زده می شود و حرارت لازم برای ذوب کردن فلز پایه و الکترود تأمین می شود. در این فرآیند از مکانیزم فشار استفاده نمی شود. کار محافظت از حوضچهٔ مذاب در این فرآیند بر عهدهٔ پوشش الکترود می باشد که این پوشش در هنگام جوشکاری در اثر حرارت تجزیه شده و به صورت سرباره و گاز از فلز جوش محافظت می کند. سرباره نقش پوشش حرارتی داشته و از سرد شدن سریع جوش جلوگیری کرده و کیفیت جوش را اصلاح می کند. همچنین سرباره دارای ترکیباتی می باشد که به فلز جوش اضافه شده و به این ترتیب عناصر از دست رفتهٔ منطقهٔ جوش در حین جوشکاری جایگزین می شود.

در زیر نمایی از جوش قوس الکتریکی نشان داده شده است .



اصول کار :

حرارت قوس ، برای ذوب فلز پایه و نوک الکترود پوشش دار مصرف شدنی بکار می رود.

الکترود و قطعه کار قسمتی از مدار الکتریکی هستند. این مدار از منبع تغذیهٔ نیرو شروع می شود و شامل کابل های جوشکاری ، نگه دارندهٔ الکترود (انبر) ، اتصال قطعه کار ، قطعه کار (فلز پایه) و الکترود جوشکاری قوسی می باشد. یکی از دو کابل از منبع نیرو به قطعه کار و دیگری به نگه دارندهٔ الکترود متصل است. جوشکاری موقعی شروع می شود که قوس بین نوک الکترود و قطعه کار برقرار شود. حرارت شدید قوس ، نوک الکترود و سطح قطعه کار نزدیک به قوس را ذوب می کند. قطرات ریز فلز مذاب سریعاً در نوک الکترود تشکیل می شود ، که از طریق جریان قوس به حوضچهٔ مذاب منتقل می شود. در این حالت ، فلز پرکننده با مصرف تدریجی الکترود رسوب می کند. قوس روی قطعه کار با طول و سرعت معینی حرکت می کند و قسمتی از فلز پایه را ذوب و مداوماً فلز جوش را افزایش می دهد. (قوس یکی از گرم ترین منبع حرارتی ، با درجه حرارتی بیش از ۵۰۰۰ درجهٔ سانتیگراد در مرکز قوس می باشد.) ذوب فلز پایه تقریباً بلافاصله پس از شروع قوس صورت می گیرد. انتقال فلز ، در صورتی که جوش ها در حالت تخت یا افقی صورت گیرند ، با نیروی ثقل ، انبساط گازی ، نیروهای الکتریکی و الکترومغناطیسی و کشش سطحی انجام می گیرد. در مورد سایر حالات ، ثقل علیه نیروها عمل می کند. فرآیند به نیروی برق برای ذوب الکترود و ذوب مقدار کافی فلز پایه ، همچنین به شکاف و فاصلهٔ مناسب بین نوک الکترود و فلز پایه یا حوضچهٔ مذاب نیاز دارد. همهٔ این موارد برای انجام یک اتصال خوب ضروری می باشد.

الکترودهای فرآیند جوشکاری SMAW ، نیازهای ولتاژ قوس (در محدودهٔ ۱۶ الی ۴۰ ولت) و نیازهای آمپراژ (در محدودهٔ ۲۰ الی ۵۵۰ آمپر) را مشخص می کنند.

جریان بر حسب نوع الکترود بکار برده شده و ممکن است متناوب یا یکنواخت باشد ، ولی منبع نیرو باید بتواند سطح جریان را در محدوده ای قابل قبول برای جوابگویی به تغییرات بغرنج خود فرآیند جوشکاری کنترل کند.

یونیزاسیون :

گازها در حالت عادی قابلیت هدایت الکتریسیته را ندارند ولی اگر تحت تأثیر عوامل خارجی از قبیل حرارت زیاد ، حوزهٔ الکتریکی و غیره قرار بگیرند بعضی از اتم ها الکترون از دست داده و بار مثبت پیدا می کنند. یون های مثبت و برخی از الکترون های آزاد وارد مدار اتم های خنثی شده آنها را دارای بار منفی می سازند (یون های منفی) این عمل یونیزه شدن نامیده می شود.

گاز یا هوا پس از یونیزه شدن قابلیت هدایت الکتریسیته پیدا می کند و هر چه شدت عمل یونیزه شدن بیشتر باشد ، حرکت یون های باردار سریع تر و قابلیت هدایت بیشتر می گردد.

http://omidi2010.blogsky.com (وبلاگ مهندس امیدی)

قوس الکتریکی :

اگر دو سر مثبت و منفی یک مولد برق به هم خورده و در فاصلهٔ کمی از یکدیگر قرار گیرند در اثر اختلاف پتانسیل موجود بین آنها جرقه هایی زده می شود. این جرقه ها موجب یونیزه شدن هوای بین دو قطب شده و باعث عبور جریان برق و تکمیل مدار می گردد.

بدیهی است که جریان الکتریکی از مدار باز نمی تواند عبور کند چون مقاومت الکتریکی آن فوق العاده زیاد است. مدار بسته هم در مقابل جریان الکتریکی مقاومت نشان می دهد و در اثر این مقاومت ها مقداری از انرژی الکتریکی تبدیل به انرژی حرارتی می شود. (هر چه قدر مقاومت الکتریکی بیشتر باشد حرارت ایجاد شده بیشتر است.)

همانطور که گفته شد اگر دو سر مثبت و منفی یک مولد برق به هم برخورد کرده و سپس در فاصلهٔ کمی از هم قرار بگیرند بین آنها قوس الکتریکی برقرار می شود و جریان برق از مدار می گذرد. ولی چون مقاومت الکتریکی قوس زیاد

است حرارت قابل ملاحضه ای تولید می شود. از حرارت فوق الذکر می توان برای ذوب دو قطعه فلز و اتصال آنها به یکدیگر استفاده نمود.

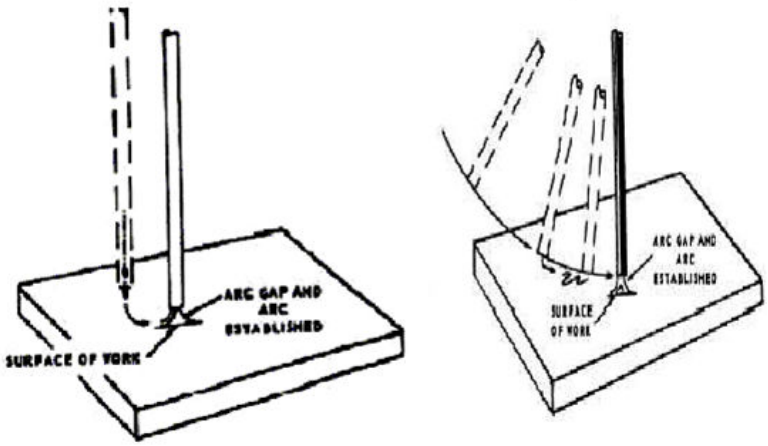
http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

قوس الکتریکی به عوامل مختلفی نظیر جنس الکترود ، طول قوس ، نوع گاز ، فاصلهٔ هوایی و نوع جریان الکتریکی بستگی دارد.

برای روشن کردن قوس الکتریکی و نگهداری قوس به ولتاژ بیشتری لازم است ، چون مقداری از ولتاژ صرف یونیزه کردن فاصلهٔ هوایی بین الکترود و قطعه کار می شود.

قوس الکتریکی در میدان مغناطیسی منحرف می شود و با کوتاه کردن قوس ، نزدیک کردن اتصال جوش ، گرفتن الکترود در جهت انحراف قوس و تغییر زاویهٔ الکترود می توان از میزان انحراف قوس کاست.

در زیر چگونگی برقراری قوس الکتریکی نشان داده شده است .



مدار جوشکاری قوسی

در جوشکاری با قوس الکتریکی ، جریان برق از طریق کابل جوشکاری و انبر الکترود به میلهٔ الکترود می رسد. سر دیگر ماشین جوش به قطعه کار مورد جوشکاری یا به میز کار متصل می شود که با تماس الکترود با قطعه کار ، در مدار جریان برق اتصال کوتاه حاصل شده و جریان زیادی از طریق الکترود - قوس قطعهٔ مورد جوشکاری - کابل برگشت به طرف ماشین جوشکاری عبور می کند.

حال اگر الکترود از فلز مبنا جدا شده و در فاصلهٔ معینی از آن قرار گیرد جهش جرقه باعث یونیزه شدن هوا و ایجاد قوس می گردد.

مقاومت الکتریکی زیاد قوس ، تولید حرارت فوق العاده ای می نماید که باعث ذوب الکترود و لبه های دو قطعه فلز جوش شونده و در هم آمیختن آنها می شود و بدین ترتیب اتصال دو قطعه را بوسیلهٔ جوشکاری فراهم می سازد.

پارامترهای فرآیند جوشکاری SMAW :

در جوشکاری قوسی چهار عامل وجود دارد که تأثیر زیادی بر روی کیفیت جوش دارند و برای اینکه جوش خوبی بدست آید ، لازم است هر یک از آنها با نوع کار و وسایل مورد استفاده هم آهنگ و تنظیم شوند. این چهار عامل عبارتند از :

شدت جریان :

وقتی قوس برقرار می شود و جوشکاری آغاز می شود ، مقدار آمپری که از مدار جوشکاری عبور می کند به شدت جریان جوشکاری موسوم است. جریان برق متناسب با قطر الکترود مصرفی روی ماشین جوشکاری میزان می شود. هر چه قطر الکترود بیشتر باشد ، جریان مصرفی بیشتر است. همیشه به میزان آمپری که سازنده الکترود توصیه کرده است توجه کرده ولی اگر جدول آمپر در دسترس نباشد می توان از قاعدهٔ کلی زیر استفاده کرد :

مقدار آمپر جوشکاری برابر است با قطر الکترود ضربدر عدد ۳۵ یا ۴۰

برای قطعات ضخیم از شدت جریان بیشتری استفاده می شود. با افزایش شدت جریان تعداد جرقه ها و در نتیجه دمای ایجاد شده افزایش می یابد.

شدت جریان کم باعث نقص نفوذ جوش به قطعه و شدت جریان زیاد باعث خوردگی کنارهٔ جوش در قطع می گردد.

شدت جریان بالا باعث نفوذ خوب جوش و اگر باز هم شدت جریان بیش از حد بالا باشد در این صورت خواص پوشش الکترود از بین می رود و شدت جریان پایین باعث نفوذ کم جوش می شود پس باید در تنظیم شدت جریان دقت عمل لازم را داشته باشیم.

تناسب تقریبی شدت جریان با قطر الکترود و ضخامت ورق در وضعیت تخت

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

مقدار حداکثر جریان با توجه به وضعیت جوشکاری

وضعیت جوشکاری	حداکثر شدت جریان
حالت تخت	250 آمپر
حالت افقی	200 آمپر
حالت قائم	160 آمپر
حالت بالا سری	150 آمپر

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

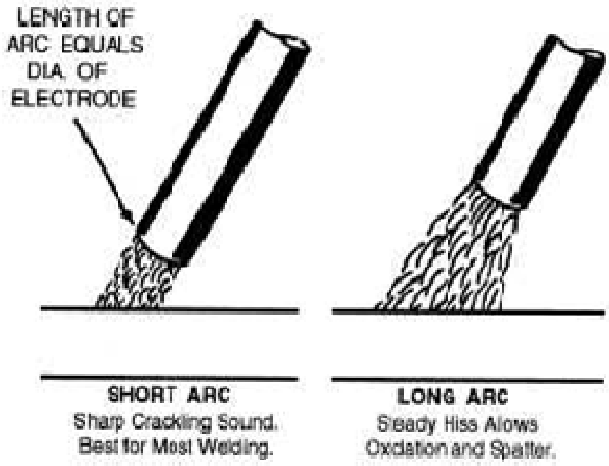
قطر نوع الکترود و شدت جریان و ولتاژ مناسب برای الکترود E6013

قطر الکترود بر حسب اینچ	قطر الکترود بر حسب میلیمتر	شدت جریان عبوری بر حسب آمپر	ولتاژ مورد نیاز قوس الکتریکی بر حسب ولت
5.64	2	60-25	21-17
3.32	2.5	90-45	21-17
1.8	3.25	120-80	22-18
5.32	4	180-105	22-18
3.16	5	230-150	24-20
7.32	5.5	300-210	25-21
1.4	6	350-250	26-22
5.16	8	430-320	27-22

طول قوس (ولتاژ قوس) :

طول قوس عبارت است از فاصلهٔ بین سر الکترود تا سطح قطعه مورد جوشکاری به هنگام برقراری قوس ، در نتیجه طول قوس در هنگام جوشکاری تأثیر زیادی بر روی جوش می گذارد.

در زیر طول قوس کوتاه و بلند نشان داده شده است .



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

طول قوس با ولتاژ دو سر قوس رابطهٔ مستقیم دارد یعنی برای این که ولتاژ دو برابر شود ، باید طول قوس را زیاد و در حدود دو برابر کنیم.

ما در این فرآیند جوشکاری دارای دو نوع ولتاژ می باشیم که عبارتند از :

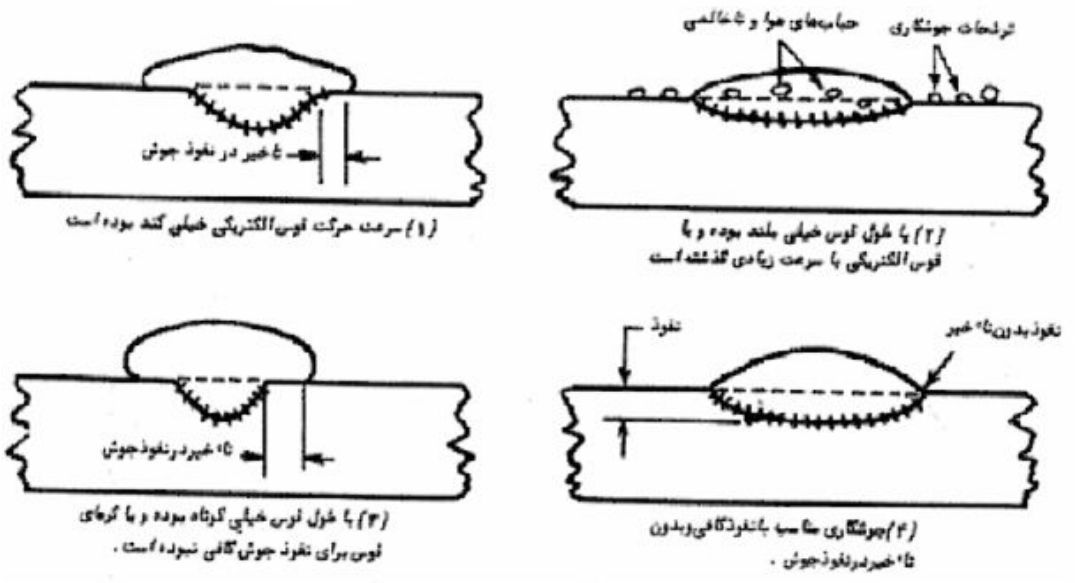
ولتاژ مدار باز : ولتاژی که قبل از جوشکاری روی دستگاه تنظیم می شود را ولتاژ مدار باز گویند و معمولاً این ولتاژ برابر ۵۰ الی ۸۰ ولت می باشد.

ولتاژ قوس : ولتاژی که بر در هنگام جوشکاری بر روی دستگاه می باشد را ولتاژ قوس می گویند و معمولاً این ولتاژ نصف ولتاژ مدار باز است.

البته باید به این نکته اشاره کرد که در جوشکاری ولتاژ بالا مورد استفاده قرار نمی گیرد و آمپر بالا مورد استفاده قرار می گیرد و جوشکاری با ولتاژ بالا خطر برق گرفتگی نیز دارد.

عملاً برای جوشکار اندازه گیری دقیق طول قوس هنگام جوشکاری مقدور نیست ولی جوشکار می تواند با گوش دادن به صدای قوس و یا تمرین و تجربه طول قوس مناسب را برقرار سازد.

در شکل های زیر تأثیر طول قوس و سرعت پیشروی در جوشکاری را می بینید .



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

محاسبهٔ ولتاژ جوشکاری :

برای محاسبهٔ ولتاژ جوشکاری می توانیم از فرمول زیر استفاده نماییم :

$$V = K + (Ld /10S) \times I$$

در این رابطه داریم :

V = ولتاژ جوشکاری K = ضریب ثابت برای هر فلز

L = طول قوس (در این معادله معمولاً طول قوس را برابر ۳ میلیمتر در نظر می گیریم و اصلاً به قطر الکترود بستگی ندارد.)

d = قطر الکترود (منظور از قطر الکترود ، قطر مغزی یا مفتول الکترود می باشد.)

S = مساحت مقطع الکترود می باشد. I = آمپر جوشکاری

از رابطهٔ بالا نتایج زیر قابل استنباط می باشد :

ولتاژ جوشکاری با طول قوس رابطهٔ مستقیم دارد یعنی با افزایش طول قوس ولتاژ جوشکاری نیز افزایش می یابد.

ولتاژ جوشکاری با قطر الکترود رابطهٔ مستقیم دارد ولی باز هم اگر قطر الکترود زیاد شود ولتاژ جوشکاری کم می شود چون در این حالت قطر الکترود به توان یک به صورت اضافه

و به توان دو به مخرج (S) اضافه می شود ، که در کل با افزایش قطر

الکترود با کاهش ولتاژ روبرو می شویم.
ولتاژ جوشکاری با مساحت سطح مقطع الکترود رابطهٔ عکس دارد
یعنی با افزایش سطح مقطع الکترود ولتاژ جوشکاری کاهش می یابد.
ولتاژ جوشکاری با آمپر رابطهٔ مستقیم دارد یعنی با افزایش ولتاژ ،
آمپر جوشکاری نیز افزایش می یابد.

مثال : فولاد St37 را با الکترود با قطر 3.25 و در شرایطی که طول قوس ۳ میلیمتر و شدت جریان جوشکاری 150A باشد ، ولتاژ قوس را محاسبه نمایید.

حل :

ابتدا معلومات و مجهولات مسئله را بررسی می کنیم :

K = ۱۲ L = ۳ میلیمتر d = ۳،۲۵ میلیمتر I = ۱۵۰ آمپر

S = ۸،۲۹ میلیمتر مربع ? = V

V = ۱۲ + (۳ × ۳،۲۵ × ۱۵۰) / (۱۰ × ۸،۲۹) = ۲۸،۴

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

C.سرعت پیشروی

سرعت حرکت دست به عوامل زیر بستگی دارد :

پهنای جوش

اگر سرعت پیشروی کم باشد آنگاه نفوذ و پهنای جوش زیاد و باز هم اگر سرعت پیشروی زیاد باشد آنگاه نفوذ و پهنای جوش کم می شود.

قطر الکترود

با افزایش قطر الکترود باید سرعت پیشروی را کاهش دهیم تا الکترود به اندازهٔ کافی رسوب داده شود.

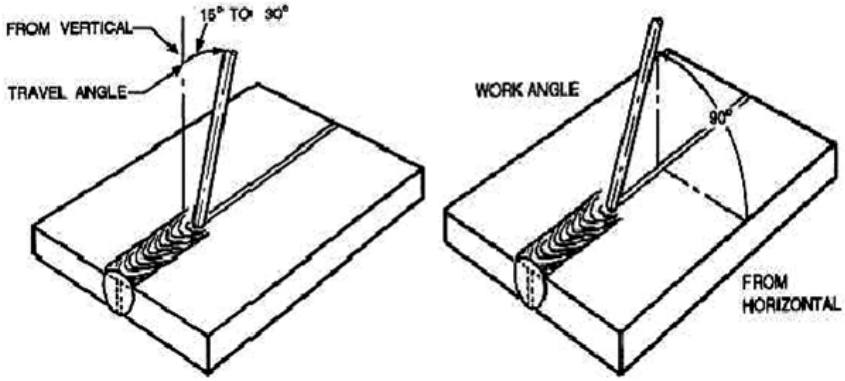
ضخامت ورق

با افزایش ضخامت ، باید سرعت حرکت پیشروی را کاهش دهیم تا لبه های اتصال ذوب و در هم آمیخته شوند.

حرکت الکترود

حرکات الکترود از قبیل زاویهٔ الکترود و نوع حرکت آن در کیفیت جوش بسیار مؤثر می باشد.
هر چه زاویهٔ الکترود عمود به قطعه کار باشد آنگاه نفوذ و عمق جوش بیشتر و هر چه قدر زاویهٔ الکترود خوابیده روی قطعه کار باشد نفوذ و عمق جوش کمتر است که از این نکته می توان در حالت های جوشکاری مختلف استفاده نمود.

در زیر زاویهٔ الکترود مناسب در فرآیند جوشکاری SMAW نشان داد شده است .

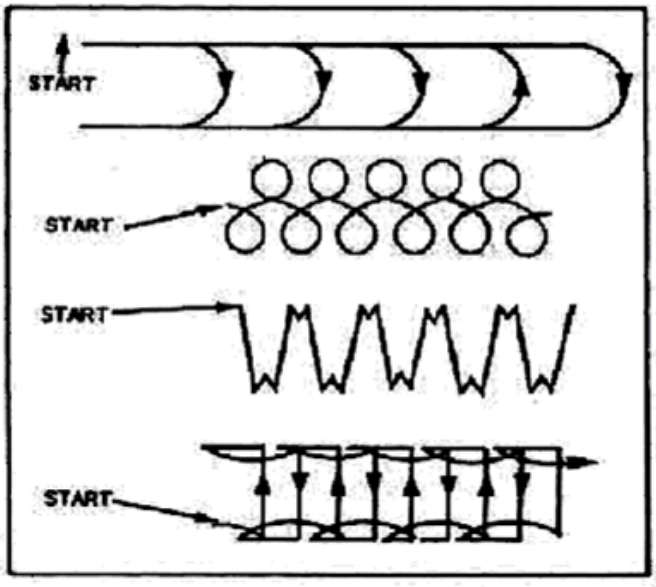


ما در جوشکاری می توانیم حرکات مختلفی با الکترود انجام دهیم مثلاً حرکت نوسانی یا حرکت زیگزاکی و غیره. اگر در هنگام جوشکاری الکترود را مستقیماً به طرف جلو حرکت دهیم آنگاه نفوذ و عمق جوش نسبت به زمانی که حرکت نوسانی یا زیگزاکی انجام می دهیم کمتر خواهد بود.

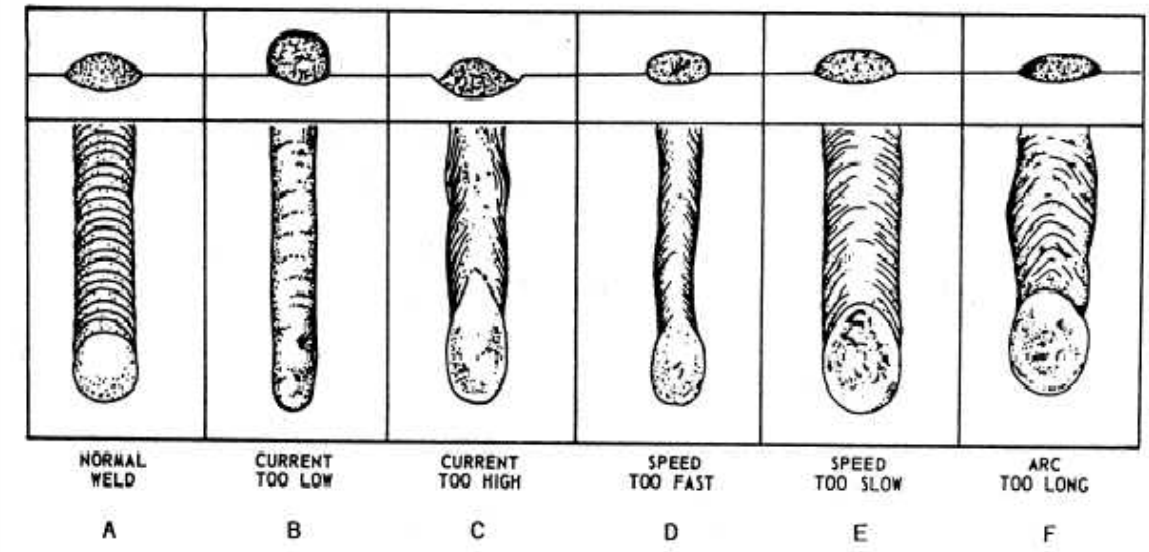
البته باید اشاره کرد که در طرح اتصال های مختلف از زاویهٔ مناسب الکترود و نوع حرکت مخصوص استفاده می کنیم که در بخش ضمیمهٔ همین جزوهانواع زوایا و حرکات مختلف برای انواع اتصالات نشان داده شده است

http://omidi2010.blogsky.com (وبلاگ مهندس امیدی)

در زیر چند نوع حرکت دست که در هنگام جوشکاری می توانیم داشته باشیم نشان داده شده است .



در زیر تأثیر پارامترهای جوشکاری را بر روی ظاهر و کیفیت جوش را می بینید .



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

قابلیت ها و محدودیت های فرآیند جوشکاری SMAW :

جوشکاری قوسی فلزی محافظت شده ، فرآیندی با بیشترین کاربرد بویژه برای جوش های کوتاه در تولید ، نگه داری و تعمیرات و برای ساختارهای کارگاهی مناسب است.

در زیر مزایای این فرآیند جوشکاری آورده شده است :

تجهیزات آن نسبتاً ساده ، ارزان و قابل حمل است.

حفاظت از فلز پرکننده و فلز جوش در برابر اکسایش مضر در جریان جوشکاری ، به عهدهٔ الکترود پوشش دار می باشد.

حفاظت گازی کمکی یا روان ساز دانه ای مورد لزوم نیست.

فرآیند در قبال باد و کوران نسبت به فرآیندهای جوشکاری قوسی محافظت شدهٔ گازی ، دارای حساسیت کمتری است. می توان آن را در فضاهایی با دسترسی کمتر بکار برد.

این فرآیند جوشکاری برای بیشتر فلزات و آلیاژهای معمولی مناسب است.

الکترودهای SMAW برای جوشکاری فولادهای کربنی و کم آلیاژی ، فولادهای زنگ نزن ، چدن ها ، مس و نیکل و آلیاژهای آنها و برای بعضی از آلیاژهای آلومینیوم ، وجود دارد. فلزات زود گذار مانند سرب ، قلع و روی و آلیاژهای آنها ، به علت حرارت شدید قوس برای آنها ، توسط این فرآیند SMAW جوشکاری نمی شوند. فرآیند جوشکاری SMAW برای فلزات واکنشگر از قبیل تیتان ، زیرکونیم ، تانتال و نیوبیم به علت کافی نبودن حفاظت برای جلوگیری از آلودگی اکسیژنی جوش ، مناسب نیست. الکترودهای روپوش دار به طول های ۲۳۰ الی ۴۶۰ میلیمتر تولید می شوند. از آنجا که اول قوس زده می شود ، لذا جریان از تمامی طول قوس عبور می کند. بنابراین مقدار جریانی را که می توان بکار برد توسط مقاومت الکتریکی سیم مغزه محدود می گردد. آمپراژ باعث گرم شدن بیش از حد الکترود و شکستن پوشش آن می گردد. این امر به نوبهٔ خود مشخصات قوس و حفاظت مربوطه را تغییر می دهد. به علت همین محدودیت ، نرخ های رسوب معمولاً کمتر از فرآیندهایی از قبیل جوشکاری قوس فلزی (GMAW) است. چرخهٔ کار اپراتور و نرخ های رسوب کلی الکترودهای روپوش دار معمولاً کمتر از فرآیند الکترود یکسره نظیر جوشکاری قوسی توپودری (FCAW) است. این امر به این علت است که الکترودها را تا حداقلی از طول آن می توان بکار برد. هنگامی که به آن طول رسید ،

جوشکار باید الکترود مصرف نشده را دور ریخته و الکترود جدیدی در انبر قرار دهد. بعلاوه سرباره نیز باید در شروع و آخرها و قبل از رسوب جوش مجاور رویه یا کنار مهرهٔ رسوب شده ، زدوده شود.

یکی دیگر از محدودیت های این فرآیند جوشکاری ، محل تعویض الکترود می باشد که در محل تعویض الکترود برخی عیوب دیده می شوند.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

تجهیزات و لوازم ضروری برای فرآیند جوشکاری SMAW :

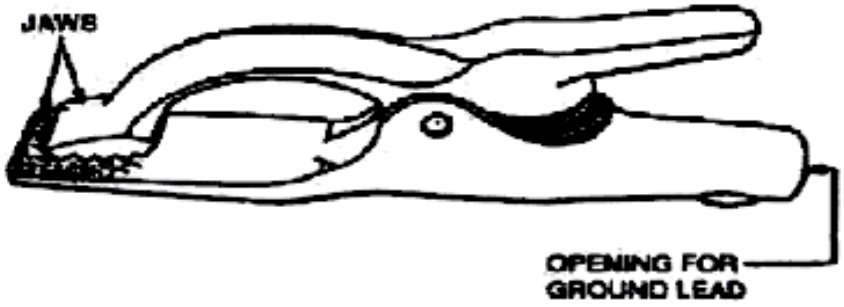
منبع نیرو برای ذوب کردن الکترود و لبه های اتصال

نگه دارندهٔ الکترود (انبر جوشکاری)

اتصال قطعه کار

کابل های جوشکاری

در شکل زیر انبر جوشکاری نشان داده شده است .

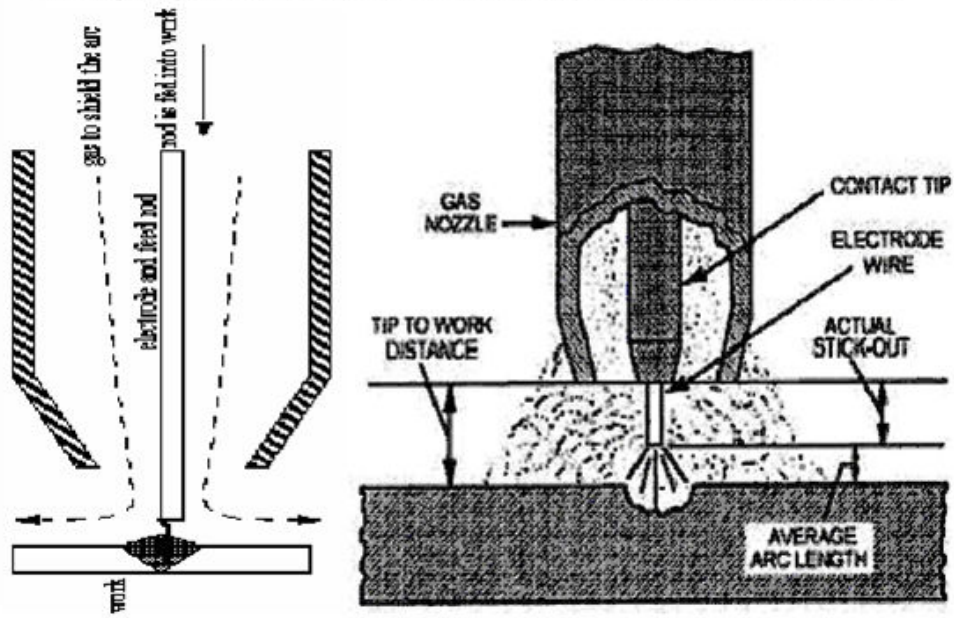


جوشکاری تحت پوشش گازهای محافظ با الکترود مصرفی

Gas Metal Arc Welding

فرآیند جوشکاری است که در آن ، با ذوب کردن اتصال توسط یک قوس الکتریکی بین یک الکترود یکسرهٔ فلزی پرکنندهٔ مصرف شدنی و قطعه کار و حفاظت توسط یک گاز (مثلاً گاز آرگون یا گاز کربنیک) و یا مخلوطی از گازها ، احتمالاً محتوی یک گاز خنثی ، یا مخلوطی از یک گاز و یک سرباره و بدون کاربرد فشار صورت می گیرد. این فرآیند گاهی جوشکاری MIG ، MAG یا CO2 نامیده می شود. تغذیهٔ الکترود مداوم است. الکترود (سیم جوش) لخت می باشد. این فرآیند جوشکاری را می توان با ماشین نیمه خودکار یا روش های خودکار انجام داد.

در زیر فرآیند جوشکاری تحت پوشش گازهای محافظ با الکترود مصرفی را می بینید .



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

فرآیند جوشکاری MIG :

در فرآیند MIG برای محافظت از فلز جوش و مذاب معمولاً از گازهای آرگون و هلیوم و مخلوطی از این گازها و گازهای بی اثر (Inert) و غیره استفاده می شود. فرآیند جوشکاری MIG برای جوشکاری فلزاتی مانند فولاد زنگ نزن ، آلومینیوم ، نیکل و مس مورد استفاده قرار می گیرد.

در زیر نمونه ای از دستگاه جوشکاری MIG نشان داده شده است .

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

فرآیند جوشکاری MAG :

این فرآیند جوشکاری ، همانند فرآیند MIG می باشد ، با این تفاوت که در این فرآیند برای حفاظت از جوش و منطقهٔ مجاور ، از گازهای فعال (Active) استفاده کرده و برای اتصال فلزات آهنی استفاده می شود.

معمولاً با اضافه کردن درصدی اکسیژن در گاز محافظ ، برای جوشکاری فولادهای معمولی (فولاد سادهٔ کربنی) بکار می رود زیرا با اضافه کردن مقدار کمی اکسیژن به گاز محافظ باعث آرام تر شدن و محوری شدن قطرات مذاب می شود و در نتیجه حوضچهٔ جوش روان بوجود می آید که حوضچهٔ جوش روان وظایف خیس کنندگی بهتری ایجاد می کند و در نهایت شکل باند جوش مسطح تر و صاف تر می باشد. البته باید توجه داشت که به خاطر این مقدار اکسیژن باید از عناصر اکسیژن زدا در الکترود استفاده کرد تا فلز جوش از نظر متالورژیکی دچار مشکل نشود.

در فرآیند جوشکاری MAG گاهی اوقات از گاز محافظ CO_2 استفاده می کنند که برای جوشکاری فولادهای معمولی و آلیاژی بکار گرفته می شود.

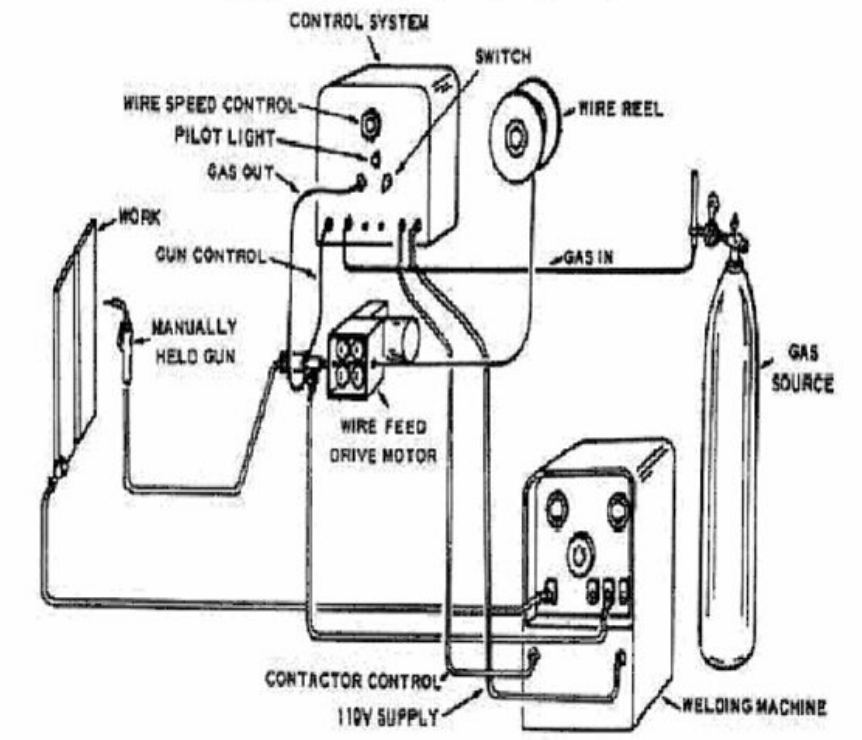
تجهیزات و لوازم ضروری برای فرآیند جوشکاری GMAW :

وسایلی که در این فرآیند جوشکاری مورد استفاده قرار می گیرد عبارتند از :

۱. منبع نیرو (تأمین کنندهٔ انرژی برای ذوب الکترود)
۲. دستگاه تغذیهٔ سیم جوش
۳. کابل جوشکاری
۴. تورچ جوشکاری (انبر جوشکاری)

۵. قسمت تأمین کنندهٔ گاز محافظ

در زیر مداری از این فرآیند جوشکاری را می بینید .



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

مزایایی فرآیند جوشکاری GMAW :

این فرآیند جوشکاری نسبت به دیگر فرآیندهای قوسی دیگر مانند SMAW مزایای زیادی دارد که به شرح زیر می باشد :

۱. این فرآیند طوری است که می تواند در مورد بیشتر فلزات مغناطیسی مفید باشد.
۲. اتوماسیون یا روباتیک کردن این فرآیند به دلیل پیوسته بودن الکترود و به علت طول قوس ثابت آسان می باشد.
۳. تمرکز قوس الکتریکی به علت توان بر سطح بالا زیاد می باشد ، بنابراین امکان جوشکاری ورق های نازک و حالت های غیر تخت راحت تر است و پیچیدگی و تابیدگی کمتر ، سرعت و نفوذ ، بیشتر خواهد بود.
۴. در این فرآیند میزان جرقه نسبتاً کم است.
۵. سیم جوش بطور مستمر تغذیه می گردد ، بنابراین زمان برای تعویض الکترود صرف نمی شود.
۶. این فرآیند می تواند به راحتی در تمام وضعیت ها استفاده شود.
۷. حوضچهٔ مذاب و قوس الکتریکی به راحتی قابل مشاهده است.
۸. سرباره حذف شده یا بسیار نازک است.
۹. از الکترود با قطر نسبتاً کم استفاده می شود که باعث چگالی جریان بالاتری می گردد.
۱۰. درصد بالایی از الکترود یا سیم جوش در منطقهٔ اتصال رسوب می کند.

۱۱. سرعت های انتقال سریع تر و میزان رسوب بالاتری نسبت به نوع جوشکاری دستی TIG دارد.
۱۲. عمق نفوذ جوش بیشتر از فرآیند SMAW است ، در نتیجه اجازه می دهد که جوش کوچکتر با استحکام مورد نظر بوجود آید.

محدودیت های فرآیند جوشکاری GMAW :

این فرآیند جوشکاری دارای مزیت های فراوانی است ، ولی در کنار این مزیت ها دارای محدودیت هایی نیز می باشد که مهمترین این محدودیت ها عبارتند از :

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

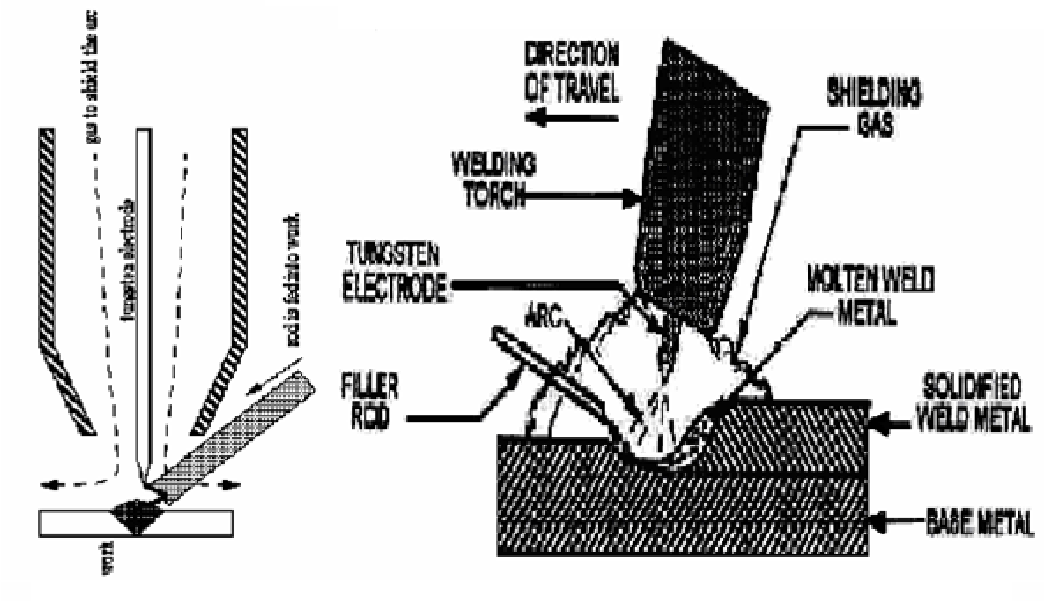
۱. وسایل و تجهیزات این فرآیند جوشکاری پیچیده تر بوده و در نتیجه حمل و نقل مشکل خواهد بود.
۲. تجهیزات این فرآیند گران بوده و هزینهٔ تعمیر و نگهداری دستگاه های این فرآیند بالا می باشد.
۳. دستگاه دارای تورچ کوتاه می باشد.
۴. تنوع در انواع الکترود یا سیم جوش وجود ندارد.
۵. قوس نیازمند حفاظت در مقابل باد می باشد ، زیرا باد باعث منحرف کردن گاز پوششی یا محافظت کننده از قوس می گردد.
۶. تورچ جوشکاری باید نزدیک بکار باشد ، در نتیجه کاربرد این فرآیند در بعضی موارد نسبت به انواع جوشکاری های دیگر مشکل است.
۷. سرعت سرد شدن جوش به علت عدم وجود لایهٔ سرباره سریع تر از روش های قوسی با محافظت سرباره است ، در نتیجه ممکن است خواص متالورژیکی و مکانیکی فلز جوش را تغییر دهد.

جوشکاری تحت پوشش گازهای محافظ با الکترود تنگستن
Gas Tungsten Arc Welding

فرآیند جوشکاری قوسی می باشد که قوس بین الکترود تنگستنی (مصرف نشدنی) و حوضچهٔ مذاب پدید می آید. این فرآیند جوشکاری با گاز محافظ و بدون کاربرد فشار صورت می گیرد. جوشکاری قوس تنگستنی را می توان با اضافه کردن فلز پرکننده یا بدون آن بکار برد. از دیگر نام های این فرآیند جوشکاری می توان به TIG اشاره کرد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

شکل زیر شمایی از جوشکاری قوس تنگستنی را نشان می دهد .



در زیر یک نمونه از دستگاه جوشکاری تیگ نشان داده شده است .

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

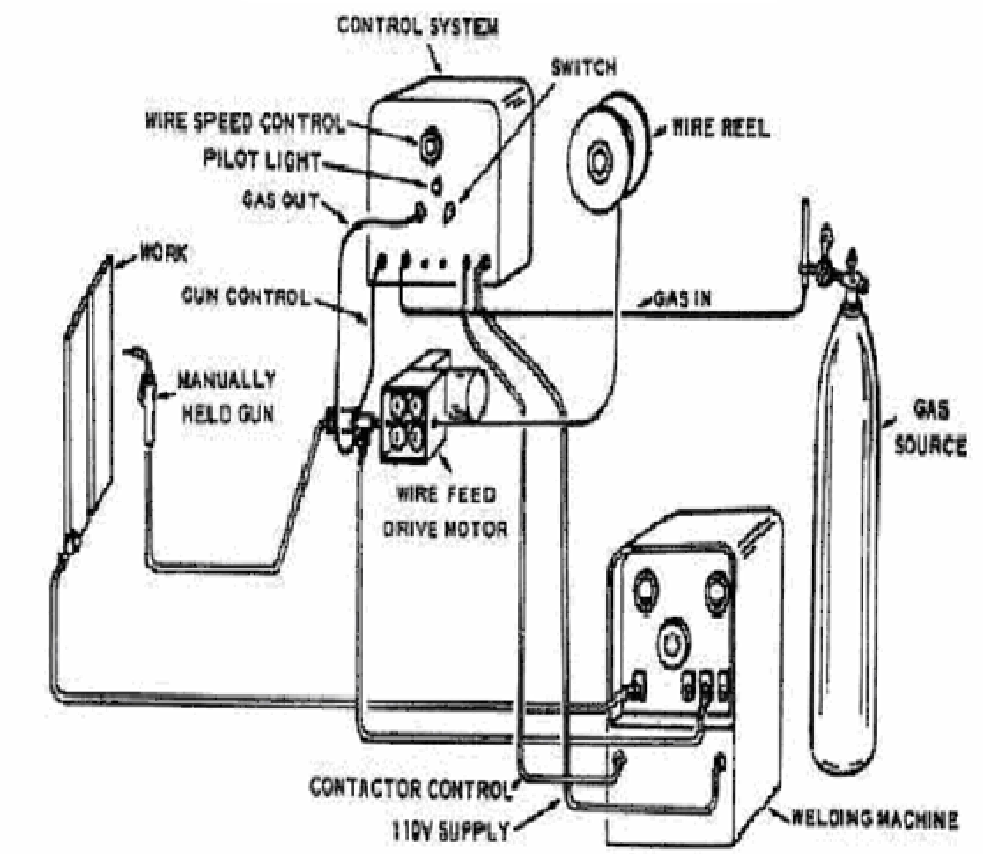
تجهیزات و لوازم ضروری برای فرآیند جوشکاری GTAW :

وسایلی که در این فرآیند جوشکاری مورد استفاده قرار می گیرد عبارتند از :

۱. منبع نیرو (تأمین کنندهٔ انرژی برای ذوب الکترود)
۲. دستگاه تغذیهٔ سیم جوش
۳. کابل جوشکاری

۴. تورچ جوشکاری (انبر جوشکاری)
۵. قسمت تأمین کنندهٔ گاز محافظ

در زیر مداری از این فرآیند جوشکاری را می بینید .



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

مزایایی فرآیند جوشکاری GMAW :

این فرآیند جوشکاری نسبت به دیگر فرآیندهای قوسی دیگر مانند SMAW مزایای زیادی دارد که به شرح زیر می باشد :

۱. این فرآیند طوری است که می تواند در مورد بیشتر فلزات مغناطیسی مفید باشد.
۲. اتوماسیون یا روباتیک کردن این فرآیند به دلیل پیوسته بودن الکترود و به علت طول قوس ثابت آسان می باشد.
۳. تمرکز قوس الکتریکی به علت توان بر سطح بالا زیاد می باشد ، بنابراین امکان جوشکاری ورق های نازک و حالت های غیر تخت راحت تر است و پیچیدگی و تابیدگی کمتر ، سرعت و نفوذ ، بیشتر خواهد بود.
۴. در این فرآیند میزان جرقه نسبتاً کم است.
۵. سیم جوش بطور مستمر تغذیه می گردد ، بنابراین زمان برای تعویض الکترود صرف نمی شود.
۶. این فرآیند می تواند به راحتی در تمام وضعیت ها استفاده شود.
۷. حوضچهٔ مذاب و قوس الکتریکی به راحتی قابل مشاهده است.

۸. سرباره حذف شده یا بسیار نازک است.
۹. از الکترود با قطر نسبتاً کم استفاده می شود که باعث چگالی جریان بالاتری می گردد.
۱۰. درصد بالایی از الکترود یا سیم جوش در منطقهٔ اتصال رسوب می کند.
۱۱. سرعت های انتقال سریع تر و میزان رسوب بالاتری نسبت به نوع جوشکاری دستی TIG دارد.
۱۲. عمق نفوذ جوش بیشتر از فرآیند SMAW است ، در نتیجه اجازه می دهد که جوش کوچکتر با استحکام مورد نظر بوجود آید.
۱۳.

محدودیت های فرآیند جوشکاری GMAW :

این فرآیند جوشکاری دارای مزیت های فراوانی است ، ولی در کنار این مزیت ها دارای محدودیت هایی نیز می باشد که مهمترین این محدودیت ها عبارتند از :

۱. وسایل و تجهیزات این فرآیند جوشکاری پیچیده تر بوده و در نتیجه حمل و نقل مشکل خواهد بود.
۲. تجهیزات این فرآیند گران بوده و هزینهٔ تعمیر و نگهداری دستگاه های این فرآیند بالا می باشد.
۳. دستگاه دارای تورچ کوتاه می باشد.
۴. تنوع در انواع الکترود یا سیم جوش وجود ندارد.
۵. قوس نیازمند حفاظت در مقابل باد می باشد ، زیرا باد باعث منحرف کردن گاز پوششی یا محافظت کننده از قوس می گردد.
۶. تورچ جوشکاری باید نزدیک بکار باشد ، در نتیجه کاربرد این فرآیند در بعضی موارد نسبت به انواع جوشکاری های دیگر مشکل است.
۷. سرعت سرد شدن جوش به علت عدم وجود لایهٔ سرباره سریع تر از روش های قوسی با محافظت سرباره است ، در نتیجه ممکن است خواص متالورژیکی و مکانیکی فلز جوش را تغییر دهد.

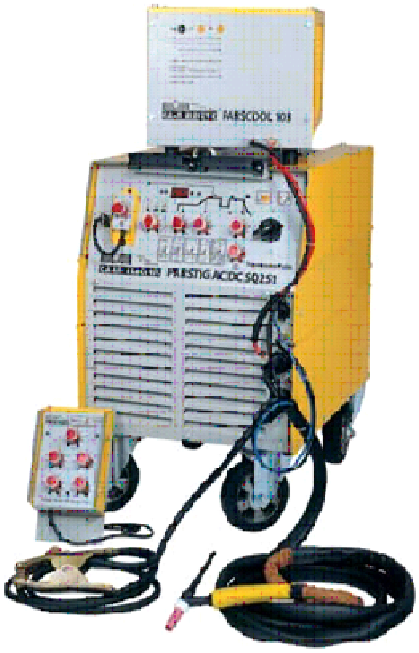
http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

جوشکاری تحت پوشش گازهای محافظ با الکترود تنگستن

Gas Tungsten Arc Welding

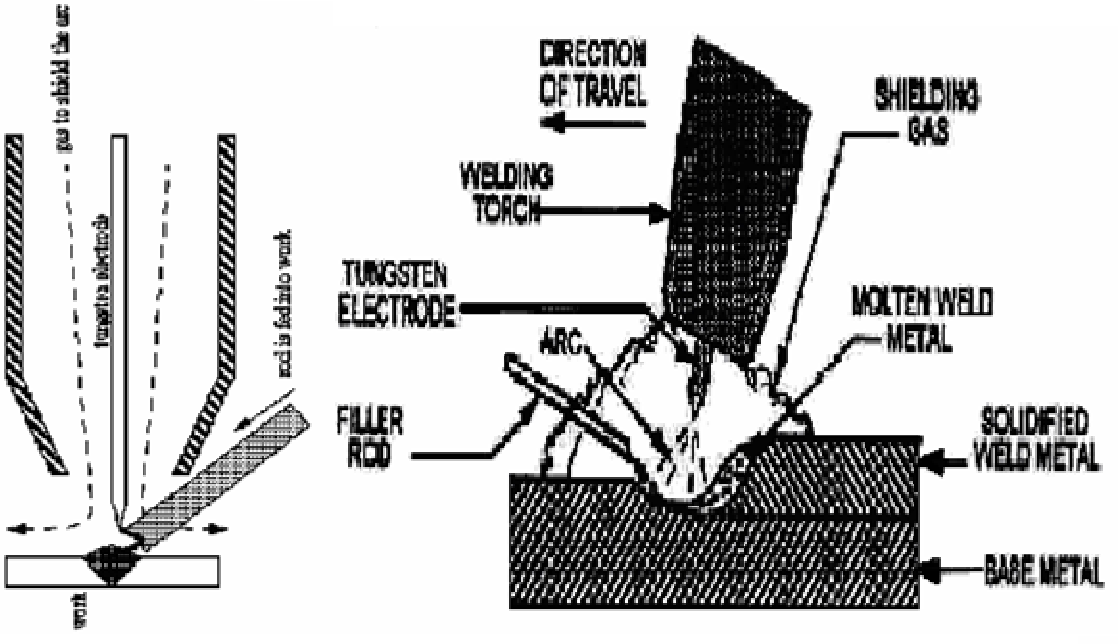
فرآیند جوشکاری قوسی می باشد که قوس بین الکترود تنگستنی (مصرف نشدنی) و حوضچهٔ مذاب پدید می آید. این فرآیند جوشکاری با گاز محافظ و بدون کاربرد فشار صورت می گیرد. جوشکاری قوس تنگستنی را می توان با اضافه کردن فلز پرکننده یا بدون آن بکار برد. از دیگر نام های این فرآیند جوشکاری می توان به TIG اشاره کرد.

در زیر یک نمونه از دستگاه جوشکاری تیگ نشان داده شده است .



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

شکل زیر شمایی از جوشکاری قوس تنگستنی را نشان می دهد .

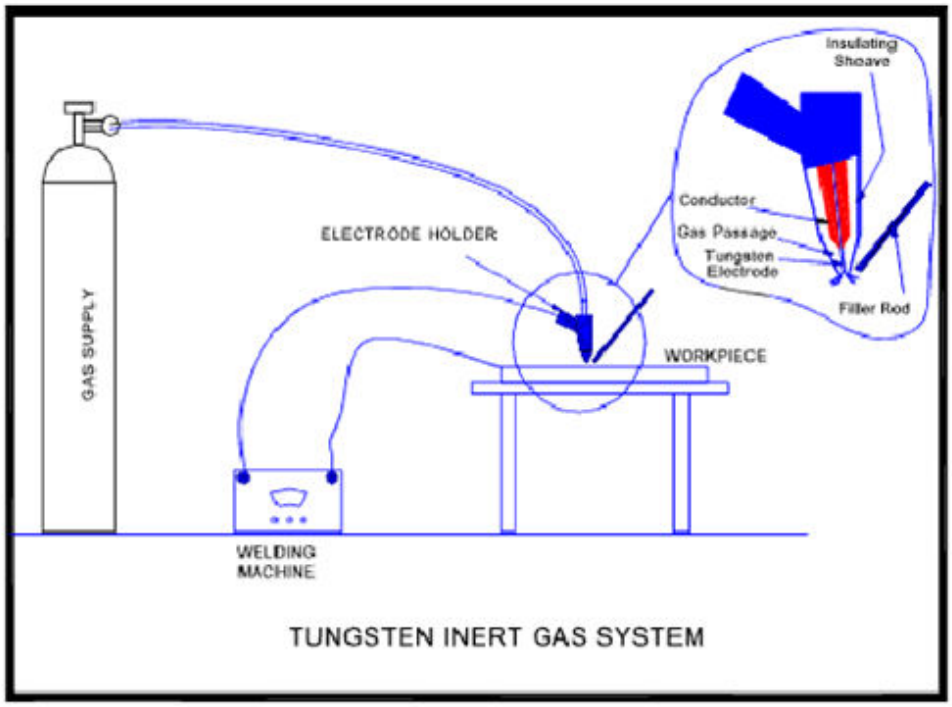


تجهیزات و لوازم ضروری برای فرآیند جوشکاری GTAW :

وسایلی که در این فرآیند جوشکاری مورد استفاده قرار می گیرد عبارتند از :

۱. منبع نیرو (تأمین کنندهٔ حرارت برای ذوب کردن لبهٔ اتصال و سیم جوش)
۲. الکترود (معمولاً الکترودهای تنگستنی)
۳. سیستم آبگرد
۴. کابل جوشکاری
۵. مشعل جوشکاری (تورچ)
۶. قسمت تأمین کنندهٔ گاز محافظ

در زیر مدار این فرآیند جوشکاری نشان داده شده است .



مزیتهای فرآیند جوشکاری TIG :

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

۱. این فرآیند طوری است که می تواند در مورد بیشتر فلزات مغناطیسی و غیر مغناطیسی مفید باشد.
۲. در این فرآیند تقریباً جرقه وجود ندارد.
۳. این فرآیند می تواند به راحتی در تمام وضعیت ها استفاده شود.
۴. حوضچه مذاب و قوس الکتریکی به وضوح قابل مشاهده است.
۵. سرباره یا فلاکس حذف شده یا بسیار اندک است.
۶. حوضچه مذاب به راحتی قابل کنترل است.

۷. از هر دو حالت جریان متناوب AC و یکسوDC می توان بهره جست.
۸. بهترین روش برای جوشکاری فلزاتی است که لایه اکسیدی دارند.
۹. در این فرآیند جوشکاری ، قوس متمرکز است و از شکل افتادگی و اعوجاج هم کمتر است و ریشه اتصال را می توان بهتر جوش داد.

محدودیتهای فرآیند جوشکاری TIG :

۱. چون حرارت منتقل شده در الکترود غیر مصرفی مفید واقع نمی شود دارای راندمان حرارت مفید کمتری نسبت به روشهای دیگر قوسی فلز با محافظت گاز خنثی است ، پس کندتر است.
۲. احتمال آلوده شدن فلز جوش از تنگستن زیاد است که خود ، موجب کاهش خواص جوش می شود.
۳. چون گاز آرگون و هلیوم و وسایل جوشکاری نسبتاً گران است ، از نظر اقتصادی قابل مقایسه با بعضی روشهای دیگر نیست به این جهت بیشتر از این روش ، در اتصالات دقیق و فلزات حساس استفاده می شود.

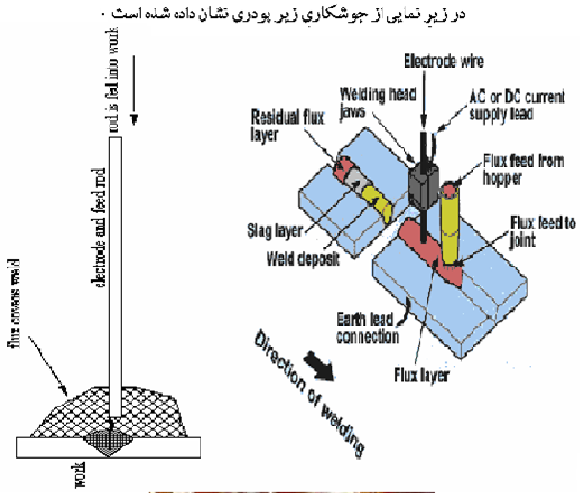
http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

جوشکاری زیرپودری
Submerged Arc Welding

فرآیند جوشکاری قوسی که یک یا چند قوس بین الکترود فلزی لخت یا الکترودها (سیم جوش توپر) و حوضچهٔ جوش بکار می برد. قوس و فلز مذاب توسط بستری از روان ساز دانه یا پودر جوش روی قطعات کار محافظت می شود. فرآیند بدون فشار و فلز پرکننده تولیدی توسط الکترود (سیم جوش) و گاهی از منبعی ضمیمه (سیم جوش ، روان ساز یا دانه های فلزی) تأمین می شود.

از آنجایی که قوس الکتریکی در این فرآیند جوشکاری زیر پودر جوشمخفی می باشد گاهی به این فرآیند جوشکاری ، جوشکاری قوس مخفی نیز می گویند.

در زیر نمایی از جوشکاری زیر پودری نشان داده شده است .



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

اصول کار : در جوشکاری زیر پودری ، انتهای سیم جوش یکسره در داخل تودهٔ انباشتهٔ روان ساز ، که منطقه یا اتصال مورد جوش را می پوشاند ، قرار می گیرد. قوس توسط برخورد الکترود به سطح قطعه کار آغاز می گردد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

مزایای پروسه زیر پودری

۱. قوس در زیر لایه ای از فلاکس تشکیل می شود که جرقه قوس را مخفی می کند و پاشش و گازهای متصاعد شده را احاطه می کند.
۲. شدت بالای جریان ، عمق نفوذ را افزایش می دهد و برای نفوذ به لبه کمتری نیاز است.
۳. نرخ رسوب بالا و سرعت جوشکاری بالا میسر است.
۴. فلاکس به صورت یک پاک کننده و اکسید زدا برای اکسیژن عمل می کند و از حل شدن نیتروژن و گوگرد در حوضچه ، جلوگیری می کند. فلاکس به ایجاد جوشهای با ظاهر زیبا و خواص مکانیکی بالا کمک می کند.
۵. این فرآیند می تواند جوش با هیدروژن کم تولید نماید.
۶. حفاظتی به کمک فلاکس ایجاد می کند و مانند جوشکاری SMAW به باد حساس نمی باشد.
۷. نیاز به زحمت کم جوشکار دارد.
۸. سرباره می تواند جمع آوری ، پاک و دانه بندی گردد و با فلاکس نو و تازه جهت استفاده مجدد مخلوط گردد.

محدودیتهای پروسه زیر پودری

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

۱. تعداد جزئیات تغذیه کننده سیم منبع قدرت ، کنترلها و تجهیزات فلاکس دستی زیاد است.
۲. اتصال جوش باید در موقعیت تخت و افقی نگه داشته شود تا فلاکس در محل خود در درز اتصال قرار گیرد.
۳. سرباره باید قبل از پاس بعدی جمع آوری شود.
۴. این روش معمولاً برای جوشکاری صفحاتی با ضخامت کمتر از 4.5mm چندان مناسب نیست.
۵. ایجاد خلل و فرج در جوش به دلیل حضور مواد ناخالصی در پودر.

کاربردهای فرآیند زیر پودری

اگر یک فولاد را بتوان با فرآیندهای TIG - GTAW و SMAW و FCAW جوش داد با این پروسه نیز می توان جوش داد. محدودیت اصلی پروسه SAW در ورقه های نازک و موقعیت جوشکاری است. به دلیل این که SAW دارای حرارت ورودی بالا و نرخ رسوب بالا می باشد و از این فرآیند جوشکاری ، برای جوشکاری فولادهای ضخیم استفاده می شود و همانطور که گفته شد با این پروسه فولادهایی به ضخامت بالاتر از 6.4mm را جوشکاری می کنند.

در زیر نمونه ای از دستگاه زیر پودری نشان داده شده است .

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

مواد مصرفی جوشکاری (Welding Consumables) :

در اغلب فرآیندهای جوشکاری ، وجود یک یا چند مادۀ مصرفی برای برقراری بهتر اتصال و گاه محافظت از حوضچۀ مذاب ایجاد شده از ضرورت های انکار ناپذیر بشمار می آید. مهمترین این مواد مصرفی که در جریان جوشکاری مصرف شده و اغلب قابل بازیافت نیز نمی باشند عبارتند از :

۱. پرکننده های جوشکاری (Filler Materials)
۲. پودرهای جوشکاری (Welding Fluxes)
۳. گازهای جوشکاری (Welding Gases)
۴. اسپری ها و خمیرهای جوشکاری (Welding Sprays And Pastes)
۵. پشت بندهای جوشکاری (Welding Backings)
۶. نازل و گاز پخش کن های جوشکاری(Welding Nozzle And Gas Distributors)

پرکننده های جوشکاری (Filler Materials) :

تقریباً در تمام فرآیندهای جوشکاری قوس الکتریکی ، حرارتی ، انفجاری ، بریزینگ ، لحیم کاری و غیره ، وجود مادۀ پرکننده مصرفی برای برقراری اتصال ضروری است. انواع مواد مصرفی پرکننده بر این اساس به این شکل تقسیم بندی شده اند :

در این مبحث ما فقط به شرح الکترودهای روپوش دار می پردازیم

الکترودهای روپوش دار (Welding Electrode) :

جوشکاری قوس الکتریکی برای اولین بار و با الکترود ذغالی در سال ۱۸۸۱ میلادی انجام شد و ۷ سال بعد ، یعنی در سال ۱۸۸۸ میلادی ، الکترود ذغالی با یک میلهٔ فولادی لخت جایگزین گردید. کیفیت اتصال به مراتب از قبل بهتر شده بود ، اما ورود گازهای موجود در اتمسفر ، بویژه اکسیژن و نیتروژن به صورت غیر قابل کنترل به داخل مذاب جوش و تأثیرات متالورژیکی و مکانیکی آنها ، کیفیت درونی جوش را به سبب ایجاد تردی و سختی و شکنندگی بیش از حد و نیز وجود حفرات گازی داخلی ، به شدت کاهش می داد. علاوه بر آن ، قطع و وصل شدن های قوس ، حالتی ناپایدار پدید می آورد که برای این منظور ، به یک جوشکار با مهارت های بالا نیاز بود. در ضمن جرقه های جوشی که به اطراف پاشیده می شد ، کیفیت سطح فلز و ایمنی جوشکار را به خطر می انداخت ، از این رو در سال ۱۹۰۴ برای نخستین بار در سوئد ، روپوشی از آهک همراه با افزودنی های دیگر به روی مفتول فلزی لخت چسبانده شد که مشکلات گفته شده را تا حدی کاهش می داد. این فرآیند تا سال ۱۹۵۰ سیر ترقی خود را طی نمود تا در این دهه ، شناخت نسبتاً کاملی از روپوش ها و مزایا و محدودیت های هر کدام بدست آمد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

نقش مفتول الکترودها :

۱. هدایت جریان الکتریکی
۲. تأمین فلز پرکنندهٔ درز جوش

نقش پوشش الکترودها :

پوشش الکترودها ، نقش هایی اساسی برای میلهٔ الکترود و منطقهٔ جوش ، قبل و بعد از جوشکاری ایفا می کنند که عبارتند از :

۱. جلوگیری از زنگ زدگی و آلودگی میلهٔ الکترود ، در زمان انبارداری و جوشکاری
۲. محافظت و پایدار سازی قوس الکتریکی برقرار شده
۳. محافظت از جوش بوسیلهٔ گازهای منشعب شدهٔ حاصل از سوختن پوشش الکترود در جریان جوشکاری
۴. محافظت از جوش بوسیلهٔ سربارهٔ تشکیل شدهٔ ناشی از سوختن پوشش الکترود در جریان جوشکاری
۵. جلوگیری از اتلاف گرما و پراکندگی حرارت در محیط
۶. ایجاد یک پروفیل مناسب در سطح جوش (گردهٔ جوش مقعر ، تخت یا محدب)
۷. جلوگیری از سریع سرد شدن جوش
۸. جلوگیری از رشد بی رویهٔ دانه بندی سطحی جوش
۹. کنترل واکنش های سرباره - مذاب ، گاز - مذاب و گاهی اوقات انجام عمل تصفیه فلز جوش یا اضافه نمودن بعضی عناصر آلیاژی به داخل ساختار جوش و بهبود آلیاژ سازی
۱۰. ایجاد امکان بیشتر برای متنوع سازی انواع الکترودهای ساخته شده از یک نوع میلهٔ الکترود
۱۱. سیال سازی جریان مذاب و ایجاد سهولت بیشتر در جریان جوشکاری
۱۲. کاهش عرض محدودهٔ تحت تأثیر حرارت قرار گرفته (HAZ)
۱۳. افزایش بازدهی یا راندمان بازدهی (تولید مذاب و پرکنندگی) الکترود و در نتیجه کاهش مصرف الکترود
۱۴. ایجاد ایمنی بیشتر برای جوشکاران به دلیل کاهش تشعشعات ، انعکاس فلز ناشی از قوس الکتریکی و پاشش جرقه ها
۱۵. افزایش قدرت و سرعت انتقال مذاب از الکترود به حوضچهٔ جوش و برقراری بهتر جریان مثبت و منفی

۱۶. کنترل عمق نفوذ جوش
۱۷. کاهش حرارت ورودی مورد نیاز و در عین حال افزایش شدت قوس در صورتی که پودر آهن در پوشش الکترودهای فولادی بکار گرفته شده باشد.
۱۸. امکان انجام جوشکاری در وضعیت های مختلف و حتی وضعیت های جوشکاری دشوار مثل بالاسری یا بالاسر
۱۹. کنترل طول قوس و ولتاژ
۲۰. مشخصهٔ شناسایی الکترودها در صورت استفاده از پوشش ها با رنگ های مختلف و معرفی شده.

تقسیم بندی الکترودها بر اساس نوع پوشش آنها :

از حدود ۱۹۵۰ میلادی ، الکترودها را در انگلستان ، بر اساس جنس پوشش آنها طبقه بندی می نمودند ، که این تقسیم بندی در نوع خود مؤثر و تا امروز در بعضی صنایع کاربرد دارد. الکترودها بر اساس پوشش آنها به چند گروه تقسیم می شوند که عبارتند از :

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

کلاس اول : سلولزی (Cellulose Type) :

بیش از ۴۰ درصد وزنی پوشش این نوع الکترودها را سلولز (Cx Hy O2) تشکیل می دهد که در اثر سوختن ، مقدار زیادی هیدروژن و اکسید کربن آزاد می کند. گازهای حاصله حوضچهٔ مذاب و قوس الکتریکی را از نفوذ گازهای مخرب موجود در اتمسفر محافظت می نمایند. از این رو استفاده از این خانواده الکترودها ، اغلب در جوشکاری پاس ریشهٔ خطوط انتقال لولهٔ نفت و گاز و سایر سیالات که در فضای باز انجام می شوند کاربرد وسیعی پیدا کرده است. وجود گازهای فعال آزاد شدهٔ حاصل از سوختن سلولز مثل هیدروژن و اکسید کربن در داخل حوضچهٔ جوش ، علاوه بر یونیزاسیون آنها ، قوسی با ولتاژ بالا پدید می آورند که به دلیل انرژی فزایندهٔ خود ، حرارت حوضچهٔ جوش را نیز تا حد قابل توجهی افزایش داده و سبب نفوذ بسیار خوب جوش مذاب در داخل ساختار فلز پایه می گردند (الکترودهای نفوذی).

از دیگر مشخصات پوشش های سلولزی می توان به امکان استفاده از آنها در وضعیت های مختلف ، دود زیاد ، قوس بسیار قوی و نافذ و پایدار ، پاشش جرقه های جوش به نسبت بسیار زیاد به اطراف جوش و سطح جوش خشن با مهره جوش های فاصله دار ناهموار اشاره نمود.

در ضمن نبودن عناصر پایدار کنندهٔ قوس در پوشش آنها سبب شده تا این الکترودها را بتوان با جریان های یکنواخت (AC) و مستقیم (DC) بدون هیچ مشکلی بکار برد.

از جمله مهمترین الکترودهای این خانواده ، می توان به الکترودهای E8010 ، E7010 و E6010 در استاندارد AWS اشاره نمود.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

کلاس دوم و سوم : پوشش های رتیلی یا اکسید تیتانیوم (Rutile “ Acid “ Type) :

ترکیب اصلی این پوشش ها که در کلاس دوم و سوم قرار گرفته ، اکسید تیتانیوم طبیعی ، مقادیر قابل توجهی مواد یونیزه کننده و میکا می باشد که وجود مواد یونیزه کننده ، استفاده از الکترودهای مذکور را آسان می کند. کلاس دوم به دلیل سربارهٔ نسبتاً غلیظی که تولید می کند ، بیشتر برای جوشکاری حالت های گوشه (Fillet) و در وضعیت های افقی و عمودی مناسب است و کلاس سوم به دلیل سربارهٔ رقیق تر که به واسطهٔ وجود ترکیبات قلیایی اضافه شده در آن بدست می آید ، برای کلیهٔ وضعیت های جوشکاری مناسب است.

همانگونه که گفته شد ، شروع قوس با این الکترودها آسان و بویژه برای جوش های کوتاه ، گوشه و جوشکاری ورق ها توصیه شده است. جوش حاصل ، همچنین دارای خاتمهٔ نسبتاً ظریفی بوده و بازدهی آن نیز قابل توجه است. الکترودهای رتیلی به طور معمول ، نفوذی متوسط ، همراه با یک قوس الکتریکی ملایم و آرام تولید نموده و نسبت به رطوبت حساس نیستند. قابلیت جدا شدن سرباره از روی جوش عالی بوده و گردهٔ جوش نسبتاً منظم و ظریف خواهد بود. وجود مقادیر قابل توجهی سدیم و پتاسیم در این نوع پوشش موجب آرام تر شدن قوش الکتریکی ، البته با کاهش نفوذ را سبب می گردد. همچنین به دلیل خاصیت یونیزاسیون اکسید تیتانیوم ، می توان این الکترودها را با جریان برق متناوب (AC) نیز بکار گرفت.

از جمله مهمترین الکترودهای رتیلی در استاندارد AWS می توان به E6013 ، E7014 ، E7024 ، E309L-16 ، E316L-16 ، E308L-16 ، E309Mo-26 و غیره اشاره نمود.

کلاس چهارم : پوشش های اسیدی (Acidic Type) :

پوشش این الکترودها اغلب ، شامل اکسیدها و کربنات های منگنز ، آهن و مقادیری سیلیسیم بوده و سربارهٔ حاصل از جوشکاری با این نوع الکترودها دارای خواص اسیدی می باشد.

جوش حاصل نیز دارای سطحی هموار و براق بوده و سربارهٔ سیال و پر حجم حاصل از جوشکاری نیز ، پس از سرد شدن بلافاصله از سطح جوش جدا می شود به همین دلیل ، و به ویژه در جوشکاری های چند پاسی ، خطر باقی ماندن سرباره در بین پاس های جوشکاری به حداقل می رسد. شروع قوس الکتریکی با این الکترودها ، آسان تر از الکترودهای قلیایی ، اما مشکل تر از الکترودهای رتیلی است.

استحکام کششی فلز جوش نیز کمتر از استحکام کششی فلز جوش حاصل از جوشکاری با الکترودهای رتیلی روی یک فلز پایهٔ مشابه است ، اما ازدیاد طول نسبی ، انعطاف پذیری و مقاومت به ضربه آن بیشتر است. این الکترودها را اغلب در تمامی وضعیت های جوشکاری می توان بکار برد.

از مهمترین نوع الکترودهای اسیدی در استاندارد AWS می توان به الکترود E7027 اشاره کرد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

کلاس پنجم : پوشش های اکسیدی (Oxide Type) :

ترکیب اصلی این پوشش ها ، اغلب از اکسید آهن و اکسید منگنز و نیز کربنات آهن و کربنات منگنز تشکیل شده و به همین دلیل ، سربارهٔ حاصل از جوشکاری آنها ، متراکم ، سنگین و پر حجم بوده ، اما در عین حال ، به راحتی از روی جوش جدا می شود. بیشترین وظیفهٔ حفاظت از حوضچهٔ جوش به عهدهٔ سرباره است. نفوذ جوش حاصل نسبتاً کم است ، اما دارای سطحی صاف و یکنواخت با استحکام نسبتاً کمتری می باشد.

به دلیل سیالیت بالای مذاب حاصل ، این نوع الکترودها را بیشتر برای جوش های گوشه در وضعیت های افقی و تخت بکار می برند و معمولاً ظاهر جوش حاصل بسیار بهتر از کیفیت مکانیکی آن است.

کلاس ششم : بازی یا قلیایی (Basic Type) :

پوشش این الکترودها ، اغلب شامل مقادیر قابل ملاحضه ای کربنات کلسیم (CaCo) ، فلوراید ، آهک و فلوراسپار است. عمل حفاظت از حوضچهٔ جوش در این کلاس از پوشش ها ، سوختن کربنات کلسیم و تولید گاز CO_2 است که عمل حفاظت از حوضچهٔ جوش را به عهده می گیرد. به دلیل کم بودن مقدار رطوبت موجود در این پوشش ها ، جوش حاصل مقدار هیدروژن بسیار کمی در ترکیب خود خواهد داشت بنابراین این الکترودها

را ، الکترودهای کم هیدروژن (Low Hydrogen) می نامند. به همین دلیل ، این الکترودها در درجه حرارت های پایین نیز از استحکام نسبتاً خوبی برخوردارند. در مقایسه با سایر الکترودها ، احتمال بروز ترک گرم یا سرد در این دسته از الکترودها کمتر است. از این رو برای جوشکاری فولادهای آلیاژی کم آلیاژ که در مقابل
بروز ترک های منطقهٔ HAZ حساسند (مثل فولادهای ساختمانی منگنز دار ، مخازن تحت فشار ، بدنهٔ کشتی ها و غیره) کاربرد وسیعی پیدا کرده اند.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

در ضمن مقاومت جوش حاصل در برابر ترک های گرم (Hot Cracking) ، این الکترودها را برای جوشکاری فولادهای پر کربن ، با ضخامت های بالا نیز مناسب کرده است. استفاده از این الکترودها ، به دلیل سربارهٔ غلیظ آنها چندان آسان نیست ، اما از آنها می توان در تمام وضعیت ها و با جریان های مستقیم و متناوب استفاده نمود.

برای جلوگیری از افزایش مقدار رطوبت ، در نگهداری این الکترودها باید دقت کافی بکار برد
و آنها را در جای خشک نگه داری نمود. پیش از بکار گیری این الکترودها ، لازم است عملیات باز پخت (گرم کردن) را مجدداً در مورد آنها بکار گرفت و آنها را در گرم خانه یا
الکترود خشک کن (Oven) ، چند ساعتی خشک نمود. با این روش می توان مقدار هیدروژن ورودی به حوضچهٔ جوش را تا حد قابل ملاحضه ای تحت کنترل درآورد.

وجود هیدروژن در حوضچهٔ جوش ، حرارت جوش را بیش از حد افزایش می دهد و هر چند نفوذ آن را تا حد قابل ملاحضه ای بالا می برد ، اما معایب بسیاری از جمله ترک ها ، تنش های حرارتی و غیره را در جوش پدید می آورد.

از مهمترین انواع الکترودها با روکش قلیایی می توان به الکترودهای E7016 ، E8016 ،
E9016 ، E5050-15 ، E502-16 ، E9015 ، E308L-15 ، E309L-15 ،
E316L-15 در استاندار AWS اشاره نمود.

کلاس هفتم : روتیلی + پودر آهن(Rutile+Iron Powder Type) :

افزایش پودر آهن به پوشش الکترودها اثرات مثبت زیادی به جای می گذارد که مهمترین آنها عبارتند از :

- افزایش نرخ رسوب (Deposition Rate)
- افزایش پایداری قوس (Arc Stability)
- افزایش بازدهی (High Efficiency)
- افزایش انعطاف پذیری برای جوشکاری در زوایای تنگ با محدودیت مکان حرکت
- پهن تر شدن قوس الکتریکی ، رسوب در سطح بیشتر و عمق کمتر به دلیل هدایت الکتریکی دوگانه از مغزهٔ الکترود و پوشش محتوی پودر آهن
- کاهش مقدار پاشش و جرقه ، به دلیل محدود شدن اتصال کوتاه بین الکترود و سطح قطعه کار به دلیل عبور جریان الکتریکی از درون پوشش
- صاف تر بودن سطح گردهٔ جوش پدید آمده
- کاهش خطر بروز Under Cut
- بزرگ بودن حوضچهٔ جوش نسبت به سایر الکترودها

از آنچه گفته شد ، می توان به اهمیت استفاده از الکترودها با روکش های محتوی پودر آهن پی برد. به طور کلی مهمترین نوع این الکترودها ، الکترودهای قلیایی بعلاوهٔ پودر آهن هستند که اغلب در ترکیب خود حدود ۵۰ درصد پودر آهن دارند. وقتی الکترود ذوب می شود، در حقیقت علاوه بر مغز الکترود ، پودر آهن موجود در سرباره نیز وارد حوضچه

شده و به حجم مذاب اضافه می شود ، از این رو پدیدهٔ افزایش بازدهی اتفاق می افتد. یک مقایسه بین الکترودهای قلیایی و قلیایی با پودر آهن ، افزایش حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد راندمان را نشان می دهد.

الکترودهای E7018 ، E7028 ، E7048 ، E8018 ، E9018 ، E11018 و غیره در استاندارد AWS از این جمله اند.

ترکیب رتیل با مقدار زیادی پودر آهن نیز ، کلاس الکترودهای رتیلی پودر آهن دار را طبقه بندی می کند که دارای انعطاف پذیری بسیار بالایی بویژه در زوایای تنگ و محدود در مکان و حرکت می باشند.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

مقایسه نسبی انواع الکترودها از جهات مختلف

نوع الکترود خاصیت موجود در آن	سلولزی	روتیلی	قلیایی (کم هیدروژن)
نرمی و ازدیاد طول	2	3	1
قوهٔ جوش	1	3	2
عدم پریدگی کنارهٔ جوش	3	1	2
عدم لجش — جرقه و راندمان زیاد	3	1	2
بدون عیب بودن جوش	3	2	1
راحتی استفاده	3	1	2
راحتی روشن کردن قوس	2	1	3
مقاومت در برابر ترک خوردن جوش	3	2	1
سرعت ایجاد قاز جوش	3	1	2
چقرمگی جوش	2	3	1
شمارهٔ یک = خوب	شمارهٔ دو = متوسط	شمارهٔ سه = بد	

دسته بندی وظایف پوشش الکترود

وظایف اجزاء روکش سرباره	چسبندگی	مقاومت رطوبتی	تثبیت کنندگی	سرباره سازی	تشکیل دهندهٔ گاز	عامل احیاء	عامل امید کنندگی	اسیدی بودن	قلیایی بودن	سیالیت سرباره	درصد آلیاژی	نرخ جایگزینی	کمی هیدروژن
سلولز	B	B			A	B							
روتیل			A	A				B		A			B
سیلیکات سدیم	A		B						B				
آزبست	B	A	B	A						B			B
خاک رس	B	B	B	A						B			B
کربنات کلسیم			B	B	A		B		B				A
فلوراید کلسیم									A	A			
سیلیکات آلومینیوم			B	A									
سیلیکات منگنز			B	A									
سیلیکات آهن		A	B	A									
سیلیکات پتاسیم	A		A	A									B
اکسید آهن			B				A		A	A			
فرو منگنز				A		A		B			B		
پودرهای آلیاژی							B				A		
پودر آهن			B									A	
A =وظیفهٔ اولیه								B =وظیفهٔ ثانویه					

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

طبقه بندی الکترودهای روپوش دار بر اساس استاندارد AWS :

این انجمن قواعدی را در مورد شناسایی و طبقه بندی الکترودها وضع کرده که مورد تأیید اغلب انجمن های مهندسی و فنی آمریکا و دیگر کشورهای صنعتی جهان نیز قرار گرفته است.

در سال ۱۹۳۵ میلادی ، AWS و Astm ، کمیته مشترکی برای تهیه استانداردهای مشترک و طبقه بندی شده ، برای مواد مصرفی جوشکاری تشکیل دادند. در سال ۱۹۶۹ ، این دو انجمن بزرگ در توافق نامه ای ، کمیته

مشترک را منحل نموده و فعالیت آن را متوقف ساختند و سپس به AWS اجازه دادند تا کلیه مسئولیت های مربوط به آن کمیته مشترک را بویژه در خصوص مواد مصرفی به عهده گیرد.

در طبقه بندی AWS ، هر الکترود با یک حرف (E) و یک عدد چهار یا پنج رقمی مشخص می شود : E XXXX یا E XXXXX

A.حرف سمت چپ (E) معرف الکترود روکش دار است.

B.دو رقم سمت چپ از عددهای چهار رقمی (یا سه رقم سمت چپ از عددهای پنج رقمی) معرف حداقل استحکام کششی فلز جوش بر حسب هزار پوند بر اینچ مربع یا KSI است. به طور مثال ، الکترود E6010 که دو رقم سمت چپ آن ۶۰ است ، دارای 60KSI یا 60000PSI استحکام کششی است.

C.دومین رقم از سمت راست ، وضعیت جوشکاری (Position) را نشان می دهد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

EXX1X : برای تمامی وضعیت ها

EXX2X : وضعیت های تخت و افقی

EXX3X : تخت

EXX4X : تخت ، سقفی ، افقی ، عمودی سرازیر

D.رقم اول از سمت راست نشان دهندهٔ نوع جریان ، پلاریته ، نوع روکش و مقدار نفوذ قوس الکتریکی است

نوع جریان	عناصر موجود در آن	شماره الکترود	نوع روپوش
DCEP	پوشش سلولزی سدیم دار	EXXX0	سلولزی
AC - DCEP	پوشش سلولزی پتاسیم دار	EXXX1	
AC - DCEN	پوشش اکسید تیتانیم ، سدیم دار	EXXX2	رتیلی
AC – DCEN - DCEP	پوشش اکسید تیتانیم ، پتاسیم دار	EXXX3	
AC – DCEN - DCEP	پوشش اکسید تیتانیم ، محتوی پودر آهن	EXXX4	
DCEP	پوشش کم هیدروژن، سدیم دار	EXXX5	قلیایی
AC - DCEP	پوشش کم هیدروژن ، پتاسیم دار	EXXX6	
AC – DCEP - DCEN	پوشش اکسید آهن محتوی پودر آهن	EXXX7	اسیدی
AC - DCEP	پوشش کم هیدروژن محتوی پودر آهن	EXXX8	قلیایی همراه پودر آهن

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

چند نمونه الکترود بر اساس استاندارد AWS با ذکر شرایط استفاده و کاربرد

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

DCR ـ جریان یکسو خط قطب معکوس

DCS ـ جریان یکسو خط قطب مستقیم

AC ـ جریان متناوب

F ـ تخت VG ـ فلاتم OH ـ بالای سر یا سقفی R ـ افقی

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

اطلاعات مورد نیاز در مورد آنالیز شیمیایی :

آنالیز شیمیایی فلز جوش ممکن است قسمتی از اطلاعاتی باشد که سازندگان الکترود در اختیار می گذارند ، فقط دانستن اینکه چه مقدار عناصر آلیاژی در الکترود موجود است مهم نیست ، مهم این است که بدانیم تغییر در مقدار عناصر آلیاژی چه تأثیری در جوش دارد. ترکیبات شیمیایی یک الکترود با الکترود دیگر را می توان به آسانی با این روش مقایسه کرد.

کربن (C) : با افزایش کربن مقدار استحکام کششی و سختی افزایش ، مقدار چقرمگی (Toughness) کاهش می یابد.

گوگرد (S) : گوگرد یک ناخالصی طبیعی است و تا آنجایی که ممکن است باید مقدار آن را کم نگه داشت.(کمتر از ۰،۰۴ ٪) در صورت افزایش گوگرد ، گوگرد می تواند باعث شکنندگی گرم و مک گردد.

فسفر (P) : فسفر یک ناخالصی طبیعی است و تا آنجایی که ممکن است باید آنرا کم نگه داشت ، چون با افزایش مقدار فسفر تردی جوش افزایش ، مقاومت به شوک کاهش و میل به ترک بالا می رود.

منگنز (Mn) : با افزایش منگنز استحکام کششی ، سختی ، مقاومت به سایش و میل به شکنندگی گرم کاهش می یابد.

سیلیسیم (Si) : با افزایش سیلیسیم ، استحکام کششی افزایش می یابد ولی ممکن است میل به ترک خوردن هم افزایش یابد.

کروم (Cr) : با افزایش کروم استحکام کششی ، سختی و مقاومت به خوردگی افزایش می یابد ، البته همراه با مقداری کاهش در چقرمگی.

نیکل (Ni) : با افزایش نیکل استحکام کششی ، چقرمگی و مقاومت به خوردگی افزایش می یابد.

مولیبدن (Mo) : با افزایش مولیبدن استحکام کششی در حرارت بالا و مقاومت به خوردگی افزایش می یابد

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

تأثیر رطوبت بر روکش الکترودها

وجود رطوبت بیش از حد در روپوش الکترود ، معایب بسیاری را در جوش بدست آمده بوجود می آورد ، به همین دلیل باید در خشک نگه داشتن الکترودها کوشش بسیاری به عمل آورد.

به طور کلی ، الکترودها پس از ساخت و خروج از کارخانهٔ سازنده ، آمادهٔ جذب رطوبت از اتمسفر می باشند. اگر میزان رطوبت نسبی هوا ، بیش از ۸۰ درصد باشد ، روپوش الکترود ، جذب رطوبت را با شدت آغاز می کند و اگر این میزان از ۹۰ درصد بیشتر شود ، جذب رطوبت شدت بسیار زیادی پیدا خواهد کرد. الکترودهای قلیایی به طور معمول در شرایطی که فقط ۲۴ ساعت در معرض رطوبت قرار بگیرند ، کاملاً مرطوب شده و غیر قابل استفاده می باشند. و در صورتی که درصد رطوبت از ۸۰ درصد کمتر باشد ، مدت زمان لازم برای تخریب روکش الکترودهای قلیایی ، یک هفته در معرض هوا قرار داشتن است. فقط در صورتی که رطوبت نسبی هوا کمتر از ۴۰ درصد باشد ، الکترودها هیچگونه آسیبی نخواهند دید.

حداکثر شدت جریان مجاز (Permissibly Maximum Current) :

هر چه شدت جریان جوشکاری بیشتر باشد ، مقدار فلز ذوب و رسوب بیشتر و در نتیجه راندمان ذوب یا رسوب افزایش پیدا می کند. اما اگر شدت جریان از حد تعیین شده برای هر الکترود تجاوز نماید ، افزایش پاشش ، جرقه ، اکسایش و حتی تبخیر مذاب را در پی داشته و علاوه بر کاهش بازدهی ، کیفیت سطح و ظاهر نامناسبی در سطح و کناره های خط جوش را پدید می آورد. همچنین به دلیل افزایش بیش از حد درجه حرارت در مغزی الکترود (به دلیل وجود مقاومت الکتریکی) ، طول زیادی از الکترود ذوب نشده ، سرخ شده و حتی ممکن است به جدایش و ترک برداشتن روکش الکترود از سطح مغزی آن منجر شود که این به نوبهٔ خود ، سبب ریزش روکش جامد به درون حوضچهٔ جوش و باقی ماندن سرباره در جوش و نیز کاهش ظرفیت های حفاظتی از حوضچهٔ جوش و در نتیجه ورود گازهای اتمسفری به درون حوضچه خواهد شد. از این رو باید در زمان انتخاب شدت جریان جوشکاری و با در منظر گرفتن کلیهٔ پارامترهای مرتبط

مثل جنس الکترود ، جنس روکش ، ضخامت روکش ، قطر الکترود ، طول الکترود و غیره ، همواره حداقل شدت جریان مورد نیاز را به کار بست.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

انواع جریان در جوشکاری :

در جوشکاری با قوس الکتریکی از دو نوع جریان جهت تشکیل قوس می توان استفاده کرد که عبارتند از :

جریان متناوب (Alter Native Current) :

جریان الکتریکی که مقدار و جهت آن به طور مداوم و با یک تناوب خاص تغییر می کند و معمولاً این تناوب به شکل سینوسی است. این جریان با علامت اختصاری "

AC " نشان داده می شود.

محاسن و معایب جریان متناوب (AC) :

از جریان های متناوب در جوشکاری به طور گسترده استفاده می شود و دارای مزایا و معایبی به شرح زیر می باشد :

- ترانسفورماتورهای جوشکاری (AC) به مراتب از دینام های جوشکاری و رکتیفایرها (DC) ارزانتر هستند.
- هزینهٔ نگهداری و تعمیر ترانسفورماتور جوشکاری کمتر است.
- ضریب بهرهٔ الکتریکی جریان متناوب در جوشکاری بیشتر است.
- وزش قوس وجود ندارد.
- حرارت در قطعه کار و الکترود به طور مساوی توزیع می شود.
- امکان تغییر قطب وجود ندارد.
- بعضی از الکترودها را نمی توان با این جریان جوشکاری کرد.
- جریان متناوب برای جوشکاری بعضی از فلزات مناسب نیست.
- قوس در جریان AC ناآرام می باشد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

جریان مستقیم (DC) :

جریان الکتریکی که فقط در یک جهت جریان می یابد.

محاسن و معایب جریان مستقیم (DC) :

۱. خطر شوک الکتریکی کمتر است.
۲. قوس راحت تر تشکیل می شود و پایدارتر است.
۳. قوس آرامتر بوده و پاشش ذرات کم است.
۴. استفاده از انواع الکترودها امکان پذیر است.
۵. جوشکاری با حداقل آمپر امکان پذیر است.
۶. امکان تمیز کاری قوس در جریان DCRP وجود دارد.
۷. امکان تغییر قطب وجود دارد.

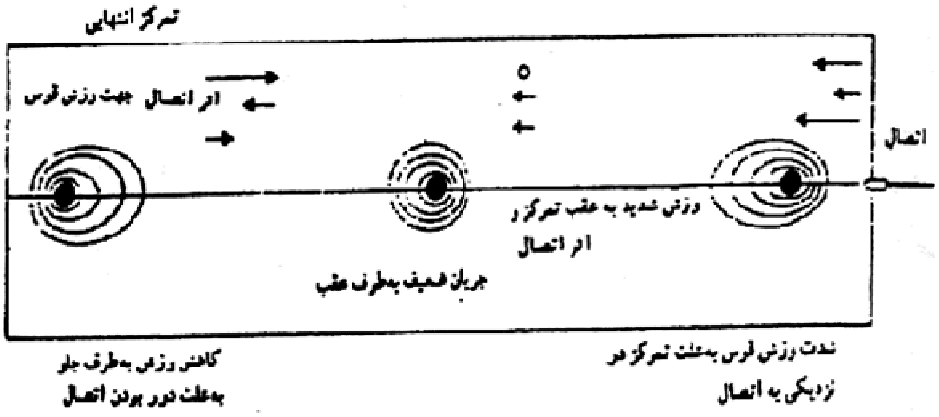
۸. گاهی در جوشکاری با جریان مستقیم پدیده ای به نام وزش قوس یا دمش قوس (انحراف قوس) وجود دارد که در زیر به شرح این پدیده می پردازیم :

وزش قوس (Arc Blow) :

عبور جریان الکتریکی در الکترود و قطعه کار در کابل اتصال ، حوزهٔ مغناطیسی بوجود می آورد که به صورت دایره های متوالی عمود بر مسیر عبور جریان برق است. هنگامی که این حوزهٔ مغناطیسی نامتعادل باشد ، قوس به طرفی که تمرکز حوزهٔ مغناطیسی بیشتر است ، منحرف می شود. این انحراف را وزش قوس گویند. در جوشکاری با جریان مستقیم که حوزهٔ مغناطیس تشکیل شده جهت ثابتی دارد ، وزش قوس بیشتری اتفاق می افتد.

معمولاً انحراف قوس در جهت حرکت پیشروی به طرف جلو یا عقب اتفاق می افتد و هنگام جوشکاری گوشه ها و نزدیک محل اتصال کابل به قطعه کار ، انحراف قوس زیاد خواهد بود. در مواقعی که وزش قوس زیاد باشد کنترل مذاب مشکل است و جوش بوجود آمده نامتعادل است.

در شکل زیر وزش قوس و جهت آن مشخص شده است .



(وبلاگ مهندس امیدی)http://omidi2010.blogsky.com

راه های جلوگیری از وزش قوس و کاهش آن :

۱. تغییر دادن محل اتصال کابل به قطعه کار (هر چند ممکن است دورتر از محل جوشکاری)
۲. در صورت امکان پیچیدن کابل اتصال به اطراف کار ، تا حوزهٔ مغناطیس جدیدی ایجاد کند و این حوزه ، اثر حوزهٔ مغناطیس قبلی را خنثی نماید.
۳. استفاده از جریان متناوب به جای جریان مستقیم.

قطبیت الکترود :

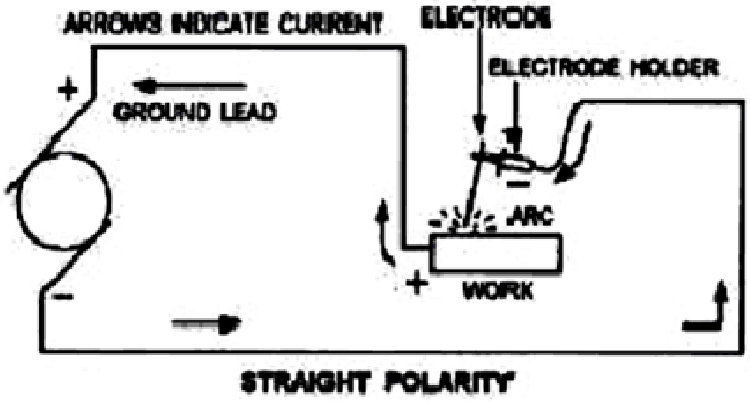
در جریان جوشکاری با قوس الکتریکی ، می توان از جریان متناوب (AC) ، جریان مستقیم با الکترود منفی و قطعه کار مثبت (DCEN) و یا جریان مستقیم با الکترود مثبت و قطعه کار منفی (DCEP) استفاده کرد. انتخاب نوع جریان به روش جوشکاری ، نوع الکترود و همچنین نوع فلزی که جوشکاری می شود ، بستگی دارد.

اگر در جوشکاری از جریان مستقیم با الکترود منفی و قطعه کار مثبت (DCEN) استفاده کنیم به آن جوشکاری با قطب مستقیم می گویند که علامت اختصاری آن DCSP است.در این روش جوشکاری الکترون ها از الکترود به سوی

کارپرتاب می شوند و با سرعت زیاد به آن برخورد می کنند. به علت بمباران شدنسطح کار بوسیلهٔ الکترون ها ، شدت گرما در محل ذوب بیشتر است. در این حالت جوشکاری۲/۳ گرما در محل ذوب و۱/۳ در الکترود توزیع می شود و به همین علت نفوذ جوش بیشتر است.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

در زیر مدار الکتریکی DCSP را مشاهده می نمایید .

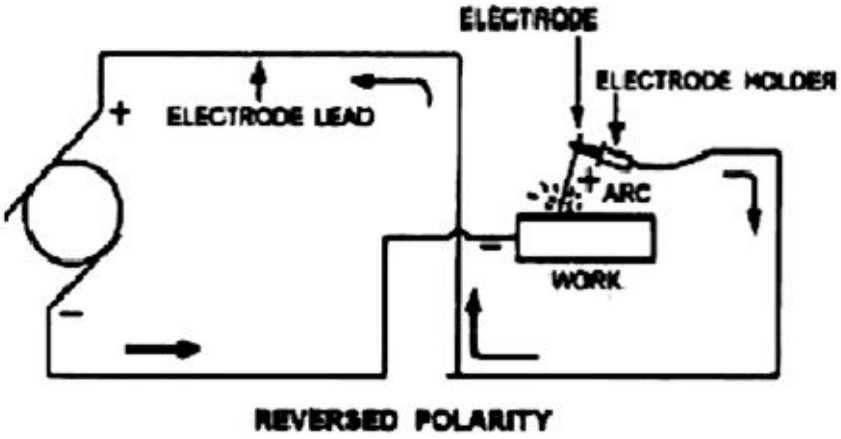


در جوشکاری با برق با جریان متناوب (AC) به علت تغییر جهت جریان الکترود ، به تناوب نیم سیکل منفی و نیم سیکل بعد مثبت است. پس می توان گفت ۱/۲ حرارت در کار و ۱/۲ حرارت در الکترود توزیع شده و عمل تمیز کاری قوس در نیم سیکلی که الکترود مثبت است صورت می گیرد.

اگر در جوشکاری از جریان مستقیم با الکترود مثبت و قطعه کار منفی (DCEP) استفاده کنیم به آن جوشکاری با قطب معکوس می گوییم که علامت اختصاری آن DCRP است. برای جوشکاری هایی که سرعت جوشکاری در اولویت است و همچنین الکترودهایی که دارای روکش دیر ذوب هستند ، از قطب معکوس استفاده می کنیم. در این حالت ، فلز مغز الکترود و نیز گازهای محافظ کاملاً گرم هستند ، لذا سرعت انتقال مذاب از الکترود به کار یکنواخت تر و بهتر انجام می شود. در این جریان جوشکاری ۲/۳ حرارت تولید شده در الکترود و ۱/۳ حرارت تولید شده در قطعه کار تقسیم می شود.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

در زیر یک مدار الکتریکی DCRP را مشاهده می کنید .



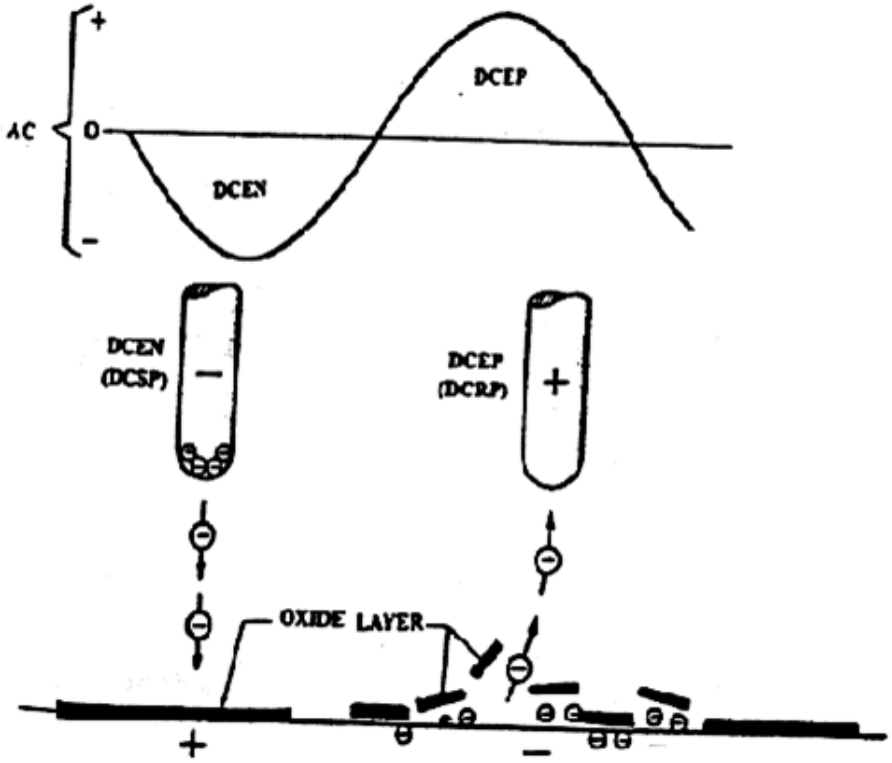
http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

Arc Cleaning :

یکی دیگر از ویژگی های قطب معکوس عمل تمیز کاری است. به دلیل حرکت الکترون ها از کار و برخورد یون های مثبت از الکترود به قطعه کار در محل تشکیل قوس ، که باعث شکستن لایهٔ اکسیدی می شود. از این ویژگی در جوشکاری فلزاتی که لایهٔ اکسیدی دارند مانند آلومینیوم به نحو مطلوبی استفاده می شود.

در جوشکاری با برق با جریان متناوب (AC) به علت تغییر جهت جریان الکترود ، به تناوب نیم سیکل منفی و نیم سیکل بعد مثبت است. پس می توان گفت ۱/۲ حرارت در کار و ۱/۲ حرارت در الکترود توزیع شده و عمل تمیز کاری قوس در نیم سیکلی که الکترود مثبت است صورت می گیرد.

در زیر پدیدهٔ تمیز کاری قوس الکتریکی با جریان متناوب را نشان می دهد .



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

منبع قدرت یا مولد نیرو (Power Source) :

مولد قدرت ، دستگاهی برای تأمین جریان و ولتاژ مناسب برای جوشکاری ، برشکاری حرارتی ، یا پاشش حرارتی است. از جملهٔ این دستگاه ها می توان به ترانسفورماتور ، ترانسفورماتور بعلاوهٔ یکسو ساز ، دینام و ژنراتور را نام برد.

۱-ترانسفورماتور :

این دستگاه از برق شهر تغذیه کرده و معمولاً برق را با همان فرکانس متناوب ، جهت جوشکاری پس می دهد. تنها کار این دستگاه (ترانسفورمیون) یعنی تغییر اختلاف سطح و شدت جریان می باشد که وظیفهٔ اصلی دستگاه محسوب می شود. به این معنی که دستگاه هنگام شروع به کار ولتاژ را تقلیل داده و شدت جریان را افزایش می دهد.

ترانسفورماتور از یک هستهٔ مرکزی و دو سیم پیچ تشکیل شده است.

هسته شامل ورق های ترانسفورماتوری (یک طرف هادی و یک طرف عایق) است و بنام سیم پیچ اولیه و ثانویه خوانده می شود. در بعضی دستگاه ها در ترانسفورماتور وسیله ای بنام سلف (چوک) وجود دارد که کار تغییر شدت جریان را انجام می دهد.

همانطور که ذکر شد این دستگاه دارای دو سیم پیچ می باشد. سیم پیچ اولیه با دور زیاد است که از سیم با قطر کم تهیه می شود و به شبکهٔ برق شهر وصل می باشد. با عبور جریان متناوب از این سیم پیچ ، خطوط قوا تشکیل می گردد و با همان فرکانس (50HZ) برق شهر را تغییر می دهد. خطوط قوا به وسیلهٔ هستهٔ آهنی جذب و فوراً به طرف سیم پیچ ثانویه که جریان را برای جوشکاری تنظیم می نماید می رود. این سیم پیچ می تواند با سیم با قطرهای مختلف تهیه گردد و وظیفهٔ آن تنظیم شدت جریان می باشد و مقدار آن بستگی به تعداد دور سیم پیچ ، قطر سیم و فاصلهٔ هوایی سیم پیچ دارد و می توان با تغییر میدان قطر (میدان مغناطیسی) شدت جریان مورد نظر را بدست آورد. در بعضی از دستگاه ها بجای چوک از کلید سلکتوری به منظور تغییر شدت جریان استفاده شده است. در این روش تغییر شدت جریان در فاصلهٔ کم مقدور نیست و تغییرات یک سیکل ثابت دارد. بطور مثال ۲۵ آمپر در هر جابجایی تغییر شدت جریان وجود دارد.

در زیر یک دستگاه ترانسفورماتور نشان داده شده است

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

۲-رکتیفایر یا یکسو کننده :

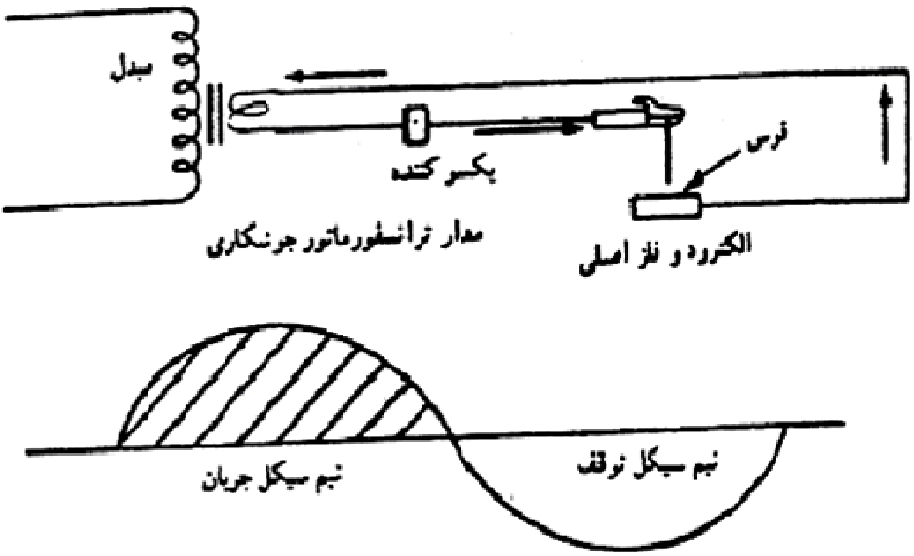
ماشین های یکسو کننده دارای طرح های متعدد برای مقاصد مختلف می باشند. انعطاف پذیری یکی از دلایل پذیرش گستردهٔ این دستگاه در صنعت جوشکاری می باشند. این ماشین ها قادر به تحویل جریان با قطب مستقیم یا معکوس می باشند و نیز ممکن است برای جوشکاری دستی و یا جوشکاری با گاز محافظت و یا زیرپودری مورد استفاده قرار گیرد و امکان سرویس دهی چندین کاربر را دارا باشند. همهٔ این ماشین ها دارای دو قسمت اصلی اند که عبارتند از :

مبدل (ترانسفورماتور) جهت تنظیم جریان متناوب ورودی به ماشین

یکسو کننده که جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل می کند.

این دستگاه ها دارای یک الکتروموتور و فن دمنده است که باعث خنک کردن یکسو کننده در حین کار و در نتیجه بالا رفتن راندمان دستگاه می گردد. کنترل جریان پیوسته در یک دامنه وسیع امکان پذیر است.

در زیر یکسو کردن جریان بوسیلهٔ رکتیفایر را نشان می دهد



در زیر یک دستگاه رکتیفایر جوشکاری نشان داده شده است

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

ماشین های جوشکاری مبدل با یکسو کننده AC – DC :

این ماشین ها به کاربر اجازه می دهند که جریان را به صورت مستقیم یا معکوس انتخاب کند. این ماشین ها در اصل یک یکسو کننده جریان AC هستند و نصب یک کلید بر روی دستگاه به ما اجازه می دهد تا فقط از قسمت مبدل برای جریان متناوب استفاده کنیم. و با زدن یک کلید دیگر یا چرخاندن یک صفحه جریان خروجی به جریان مستقیم جوشکاری تبدیل گردد. مدار یکسو کنندهٔ این ماشین هم مشابه سایر دستگاه های رکتیفایر ، از یک پل و تستون (پل دیود - تریستور) تشکیل شده است. دستگاه های با تشکیل قوس با فرکانس بالا ، هدایت جریان آب و گاز در حین

جوشکاری - فیلترهای عملکرد جریان متناوب و سایر تنظیم کننده ها نظیر ریموت کنترل در این دستگاه ها پیش بینی شده است.

ماشین های جوشکاری جریان متناوب :

خاصیت جریان متناوب این است که در هر ۱/۱۲۰ تا ۱/۱۰ ثانیه جهت آن عکس می شود. این تغییر فاز مداوم جریان ، باعث کاهش میدان مغناطیسی جریان شده و در نتیجه از انحراف قوس می کاهد. انحراف قوس باعث ترشح شده و در ترکیب جوش ایجاد تخلخل می کند. هر چند که تشکیل قوس با جریان متناوب نسبت به حالت استفاده از جریان یکسو تا اندازه ای مشکل است ، لیکن عدم وجود انحراف قوس و ولتاژ زیاد باعث تداوم و پایداری قوس می گردد. و این موضوع اجازهٔ استفاده از الکترودهای بزرگ را داده و باعث افزایش سرعت کار در جوشکاری فلزات سنگین و ضخیم می گردد. از دیگر مزایای ماشین های جریان متناوب ، قیمت پایین مصرف انرژی ، بازدهٔ تولید جریان زیاد ، عملکرد پیچیده و کاهش نیاز و مراقبت و نگهداری نسبت به انواع دیگر ماشین ها می باشد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

۳-دینام :

اگر فرکانس یا تناوب برق را از بین ببریم ، یک جریان مستقیم حاصل خواهد شد. به این منظور از دستگاه ها دینام استفاده می شود که بطور کلی به دو بخش محرک و متحرک تقسیم می شود. بخش محرک بایستی انرژی لازم را جهت تولید الکتریسیته تأمین نماید که اصولاً یک موتور برقی متناوب یا یک موتور احتراقی (بنزینی) این نقش را ایفا می نماید. این موتور توسط یک قیح به دستگاه دینام کوپله می گردد تا دینام (بخش متحرک) را بدور آن به حرکت درآورد. بخش متحرک جریان DC با ولتاژ و آمپراژ لازم جهت جوشکاری را تولید می نماید. واحدهای مختلف دستگاه بر روی یک شاسی نصب شده اند که در زیر آن چرخ و لاستیک جهت انتقال و حرکت ، نصب شده است. این دستگاه دارای ویژگی های زیر می باشد :

- دارای قوس نفوذی و قوی می باشد.
- دارای دوام و عمر طولانی می باشد.
- تنوع کار زیاد داشته و می تواند برای کلیه فلزات قابل جوشکاری با قوس الکتریکی بکار رود. مولدهای جریان مستقیم در صورتی که به طور صحیح نگهداری شوند بسیار با دوام بوده و عمر آنها طولانی می گردد. بیشتر نقاط گردننده در این دستگاه ها دچار فرسودگی می گردند مانند جاروبک ذغالی (بخشی که روی کلکتور قرار دارد). Commutation (عایق سطح یکسو کننده) دستگاه استارت ، یاتاقان ها ، بلبرینگ ها و رئوستائی کنترل که چنانچه این قسمت ها سرویس ماهیانه و بازدید گردند ، دستگاه دارای راندمان بالایی خواهد بود.
- در دستگاه های DC می توان از تغییر قطب در جوشکاری استفاده نمود. همانطور که می دانیم ۲/۳ حرارت در قطب مثبت و ۱/۳ در قطب منفی می باشد. و با توجه به آن می توان قطب مناسب را برای جوشکاری انتخاب نمود. در صورتیکه در جریان AC قطب مثبت و منفی در هر سیکل عوض شود. مسیر جریان الکتریکی از انتهای منفی منبع به سمت فلز پایه ، قوس ، الکترود و سپس سمت قطب مثبت می باشد. در بعضی از دستگاه های دینام با نصب یک کلید بدون اینکه جای کابل ها را عوض کنیم تغییر قطب انجام می گیرد.

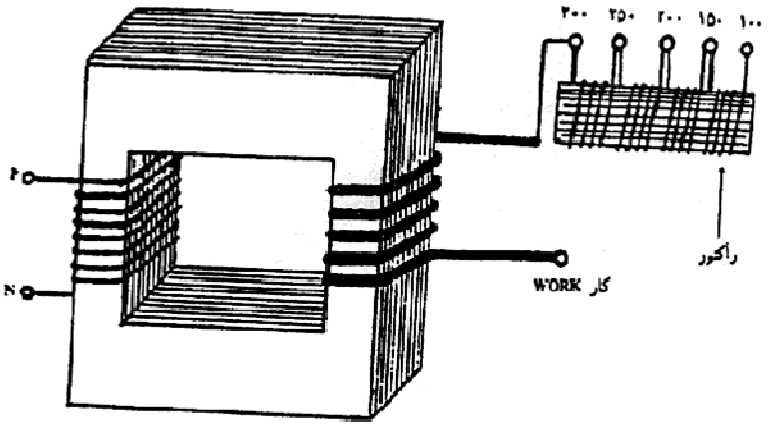
تنظیم جریان در مولدهای DC :

تنظیم مناسب ولتاژ و شدت جریان در پروسهٔ جوشکاری نقش بسزایی دارد و یکی از فاکتورهای تعیین کننده در طراحی جوش است. به همین جهت هر چه دستگاه پیشرفته تر و دارای کارآیی بیشتری باشد لاجرم باید دارای سیستم کنترل و تنظیم ولت و آمپر باشد. زیرا اگر ولتاژ زیاد باشد قوس خیلی تند (Harsh) بوده و ممکن است موجب انحراف قوس (Arc blow) گردد و اگر میزان ولتاژ کم باشد برقراری قوس مشکل است. مولدهای جوشکاری به کمک عقربهٔ تنظیم دامنه عرضی را برای انتخاب جریان جوشکاری فراهم می کنند تا امکان تنظیم حرارت مناسب و دقیق ایجاد گردد ، زیرا شیب خروجی دستگاه می تواند به میزان دلخواه تنظیم نمود. یک پیچ یا اهرم به جوشکار اجازه می دهد تا جریان را در یک نرخ معین قرار دهد. به هر حال چند روش مهم و پر کاربرد تنظیم جریان در مولدها وجود دارد که عبارتند از :

A.تنظیم جریان پلکانی یا غیر پیوسته (Copped Step Cornet) :

در این روش ، یک سر سیم پیچ ثانویه به ترمینال اتصال و سر دیگر آن پس از چند دور گردش به دور هستهٔ فرعی (راکتور) به ترمینال های متوالی یک پس از دیگری وصل می شود. بدین معنی که اولین ترمینال قبل از گردش سیم به دور راکتور در مدار جوشکاری قرار دارد و بیشترین آمپر را دارا است. پس از چند دور گردش سیم به دور هستهٔ فرعی ترمینال دوم قرار گرفته است و همین طور ترمینال سوم ، پس از چند دور دیگر گردش سیم به دور هستهٔ فرعی و آخرین ترمینال در انتهای این سیم پیچ قرار دارد که دارای کمترین آمپر می باشد. به عبارت دیگر برای کاهش شدت جریان از تأثیر متقابل هسته (راکتور) بر روی جریان استفاده می کنیم و چون شدت جریان زیاد است ، این تأثیر قابل توجه بوده و ترمینال ها یکی پس از دیگری آمپر کمتری خواهند داشت و به همین دلیل ، اولین ترمینال بیشترین آمپر و آخرین ترمینال کمترین آمپر دستگاه را دارند و جوشکار می تواند به صورت پله ای با استفاده از ترمینال های دستگاه ، آمپر را افزایش یا کاهش دهد.

در زیر شکل مدار جوشکاری به صورت پله ای را می بینید



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

Bتنظیم جریان به صورت پیوسته یا لحظه ای (Continual Variable Cornet) :

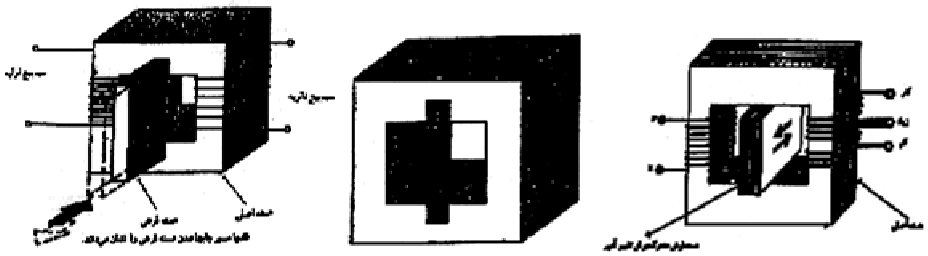
در این روش تغییر آمپر بوسیلهٔ قرار دادن یک هستهٔ فرعی در درون هستهٔ اصلی است که سبب می شود خطوط مغناطیسی کمتری از وسط سیم پیچ ثانویه عبور کند و شدت جریان کمتری در آن سیم پیچ القا شود.

هستهٔ فرعی بوسیلهٔ یک پیچ بلند به دستهٔ تغییر آمپر دستگاه متصل است. بیشترین آمپر زمانی است که با گردش دسته ، هستهٔ فرعی کاملاً از درون هستهٔ اصلی خارج می شود. چنانچه دسته را در جهت عکس حالت قبل بچرخانیم تا هستهٔ فرعی کاملاً درون هستهٔ اصلی قرار گیرد ، کمترین آمپر را خواهیم داشت. در این حالت خطوط مغناطیسی از مسیر هستهٔ فرعی عبور می کند و سیم پیچ ثانویه در حوزهٔ مغناطیسی با شدت کمتر قرار خواهد داشت ، در نتیجه شدت جریان القایی کمتر خواهد شد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

پس با کم و زیاد کردن شدت حوزهٔ مغناطیسی که از وسط سیم پیچ ثانویه عبور می کند ، آمپر کم و زیاد می شود. میزان آمپر به میزان تماس هستهٔ فرعی (هستهٔ متحرک) با هستهٔ اصلی بستگی دارد. چنانچه دستهٔ تغییر آمپر روی دستگاه را یک دور بچرخانیم ، هستهٔ فرعی به اندازهٔ یک گام پیچی که به آن متصل است ، جا به جا می شود و به همین نسبت آمپر تغییر می کند. لذا می توان با توجه به مقدار و جهت گردش دسته ، آمپرهای متفاوت را با دقت زیاد تنظیم کرد.

در زیر تنظیم آمپر به صورت پیوسته را می بینید

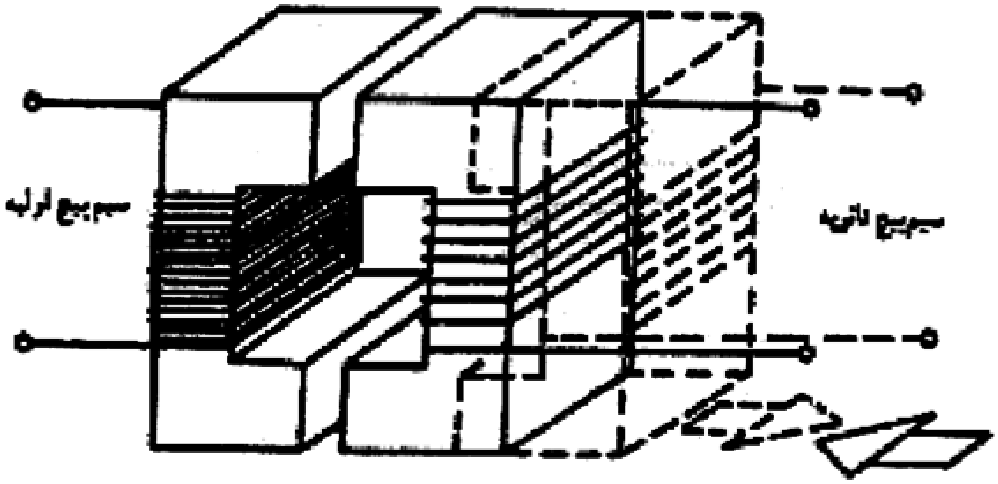


C.تنظیم آمپر بوسیلهٔ هستهٔ دو قسمتی :

تنظیم آمپر به وسیلهٔ هستهٔ دو قسمتی که با دور کردن دو قسمت هسته ، آمپر کم و با نزدیک کردن دو هسته آمپر زیاد می شود.

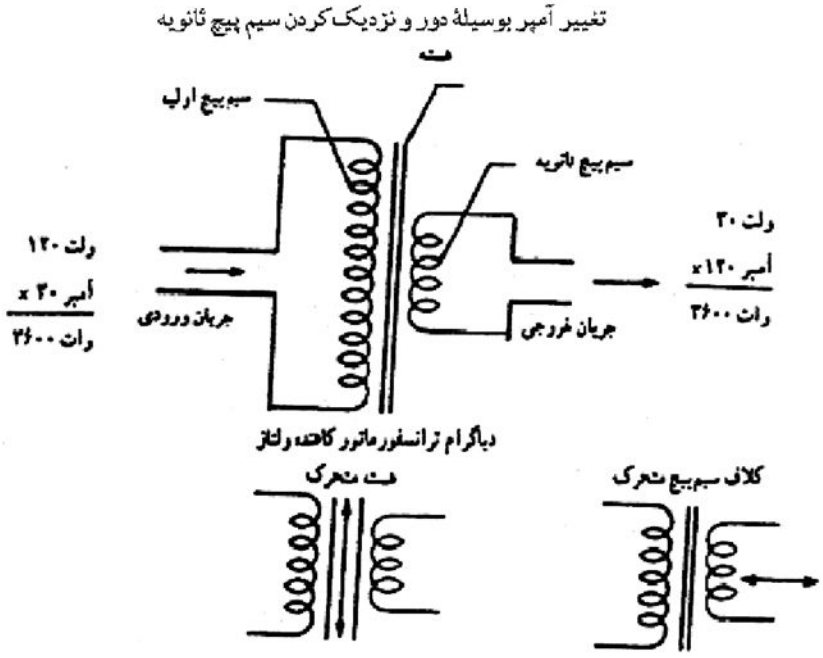
http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

تغییر آمپر بوسیلهٔ هستهٔ دو قسمتی



تنظیم آمپر بوسیلهٔ دور و نزدیک کردن سیم پیچ ثانویه :

با دور و نزدیک کردن سیم پیچ ثانویه از حوزهٔ مغناطیسی سیم پیچ اولیه می توان آمپرهای کم یا زیاد بدست آورد.



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

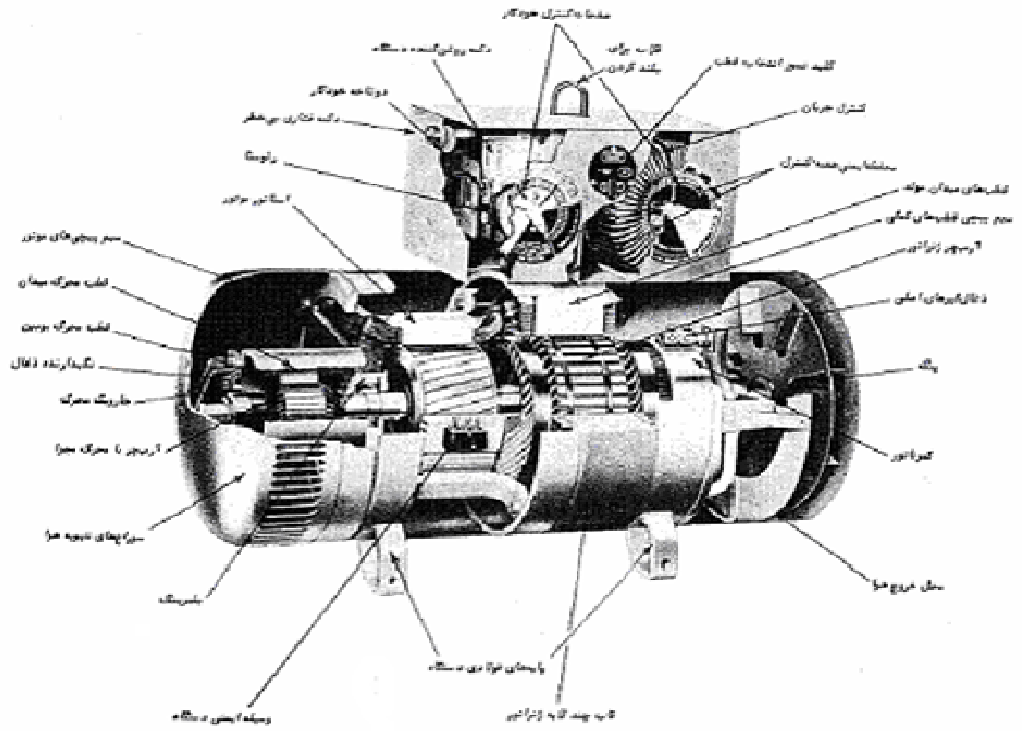
تنظیم از راه دور (Remote Control) :

بعضی از ماشین های جوشکاری مجهز به این دستگاه هستند. ممکن است دستگاه جوشکاری در مکانی دور از محل کار نصب و راه اندازی گردد و در ضمن امکان ترک جوشکار از محل کار نباشد ، در این حالت سیستم کنترل از راه دور کارآیی داشته و موجب صرفه جویی در وقت خواهد شد.

۴-موتور ژنراتور :

موتور ژنراتور یکی دیگر از انواع مولد یا دینام می باشد و فرق آن با دستگاه دینام در نوع برق خروجی آن است که جریان خروجی این دستگاه AC می باشد. کاربرد این دستگاه بیشتر در ساخت سازه های عمرانی و اسکلت های فلزی است ، زیرا همانطور که می دانید جریان DC دارای پایداری کمی است و به همین منظور اگر در سر راه خروجی دینام که دارایجریان DC است ، دستگاه اسیلانپور (نوسان ساز)نصب گردد این ماشین را ژنراتور می نامند.

در زیر شمایی از یک ژنراتور معمولی نشان داده شده است



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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 خانوادهٔ 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 دستهٔ 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 برنامهٔ 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 همهٔ 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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

نکات ایمنی عمومی :

تهویه و سیستم گردش هوا :

همهٔ عملیات جوش و برش باید در فضایی که سیستم تهویهٔ خوب دارد انجام شود. جابجایی کافی هوا برای جلوگیری از انبوه شدن دودها و گازهای مسموم کننده و احتمالاً کاهش اکسیژن الزامی است.

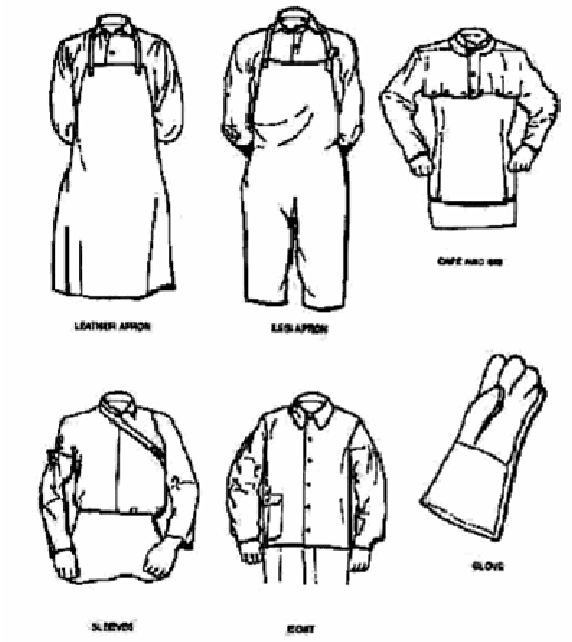
هنگامی که دودهای سمی ناشی از مواد پوشش داده شده با سرب ، روی ، برنز ، برنج ، کادمیم و برلیم باشد حساسیت و خطرات ناشی از عدم رعایت تهویهٔ کافی و مناسب به مراتب شدیدتر می شود.

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 جوشکاریترجیح 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 پاچۀشلوار و جیب هستند ، خودداری شود چون احتمال حبس ذرات گداختۀجرقه در آنهاوجود دارد که منجر به سوختن لباس و پوست خواهد شد. بهتر است از کفش های مناسب استفاده کرد تا اولاً ، قسمتی از ضربۀ 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

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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



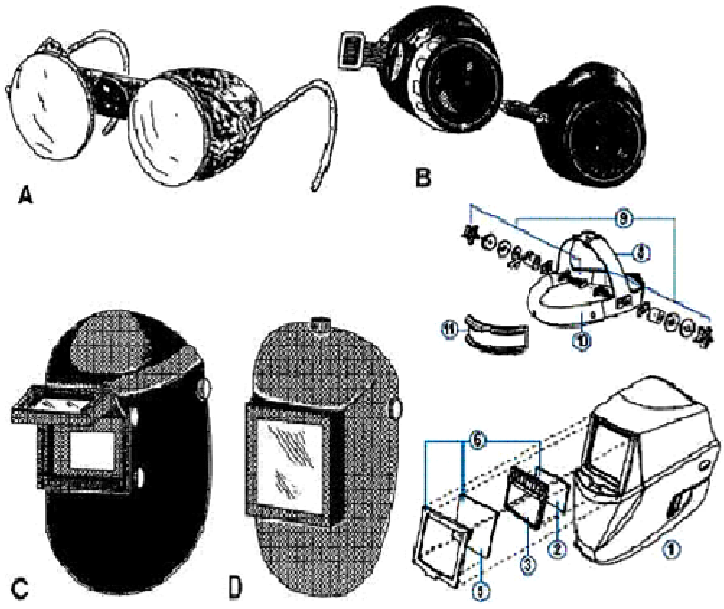
محافظت از چشم (Eye Protection) :

در تمام موارد جوشکاری و برشکاری لازم است از عینک با شیشه مناسب (شیشهٔ 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 شعلهٔ اکسی استیلن 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

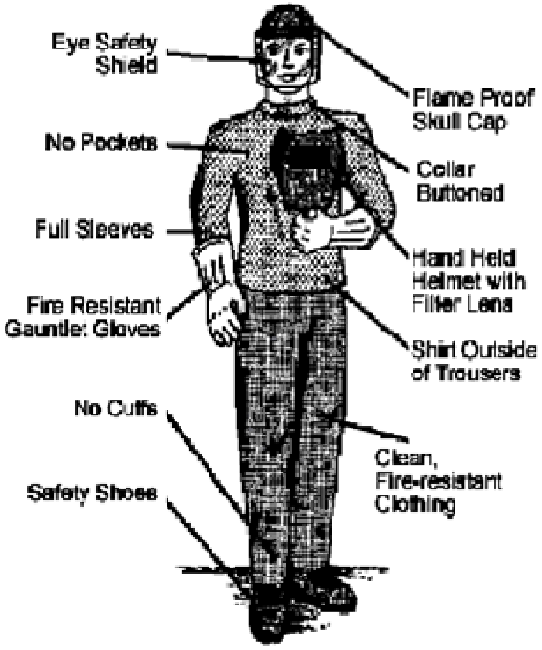


http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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 دهندهٔ 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



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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 مشاهدهٔ 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. فرآیندهای 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 سویچ 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 شدهٔ نگهدارندهٔ الکترود با اتصال زمین ، هنگامی که جریان الکتریکی وصل است اجتناب شود چون این کار موجب جرقه زدن و آسیب رساندن به کار یا نگهدارندهٔ الکترود 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 نپیچد.
۱۲. فرا گرفتن اصول کمک های اولیه در مورد سوختگی ، برق گرفتگی ، خفگی ، شکستگی و غیره و در دست قرار دادن کلیهٔ وسایل مربوطه الزامی می باشد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

بخش سوم

معرفی عیوب اصلی جوش

علل پیدایش و رفع عیوب

پیچیدگی در جوش و روش های کنترل آن

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

مقدمه

در حالیکه یکی از نکته نظرها در عملیات جوشکاری کاهش هزینهٔ 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 منطقهٔ 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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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 نحوهٔ انجماد و ساختار میکروسکپی جوش و منطقهٔ 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 :

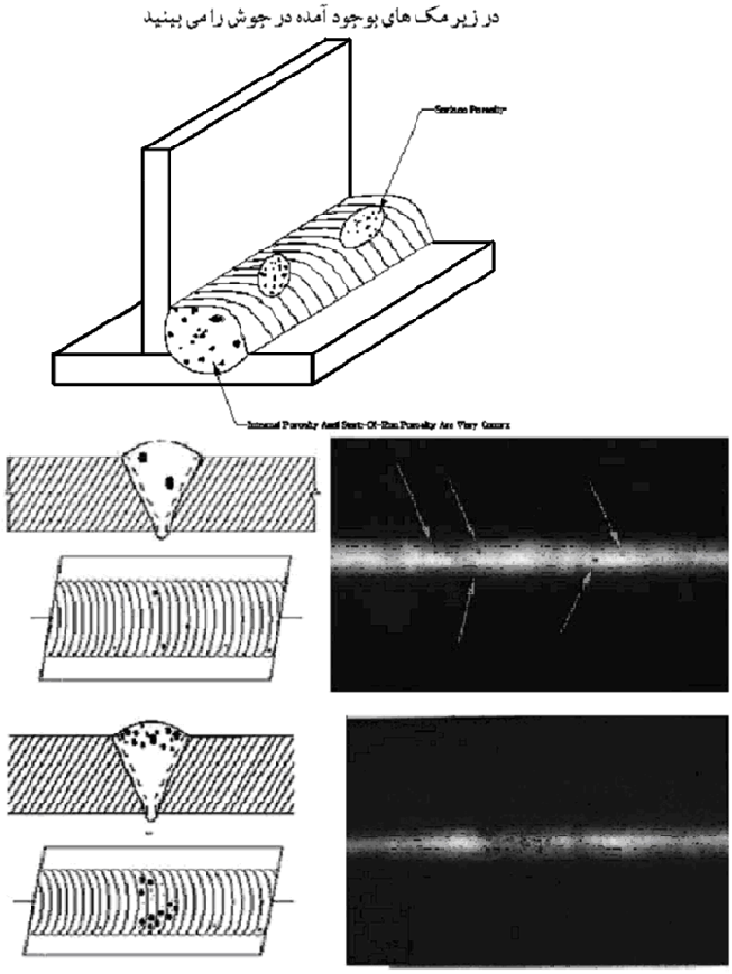
۱. خلل و فرجی که در چند سانتی متری اولیهٔ شروع جوشکاری در هنگام استفادهٔ بعضی از الکترودها مشاهده می شود. این عیب در اثر فقدان اکسیژن زدایی کافی در ابتدای جوش است. در فولادهای آلیاژی با استحکام بالا درصد سیلیسیم در جوش معمولاً نباید از میزان معینی بیشتر شود ، چون اثر معکوس بر روی درجه حرارت انتقال نرمی به تردی 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 قراضهٔ 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) : نقطهٔ شروع کمی عقب تر از محل شروع واقعی است. پس از آغاز جوشکاری ، الکترود 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 دامنهٔ 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 درآمده 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 الکترود و یا انتخاب نوع مناسب الکترود 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 وSH_2 و همچنین با انتخاب الکترود با مواد اکسیژن زدایی بیشتر (در پوشش الکترود) امکان ایجاد SO_2 را می توان کاهش داد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

در زیر مک های بوجود آمده در جوش را می بینید



علتهای بوجود آورندهٔ تخلخل یا مک :

۱. سطح فلز پایه آلوده باشد. مثلاً آلودگیهای روغن ، غبار ،لکه یا زنگ.
۲. الکترود نامناسب برای فلز پایه ، مثلاً استفاده از الکترود روکش شکسته یا استفاده از الکترود 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 حوضچهٔ جوش.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

- 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 منطقهٔ 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 :

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

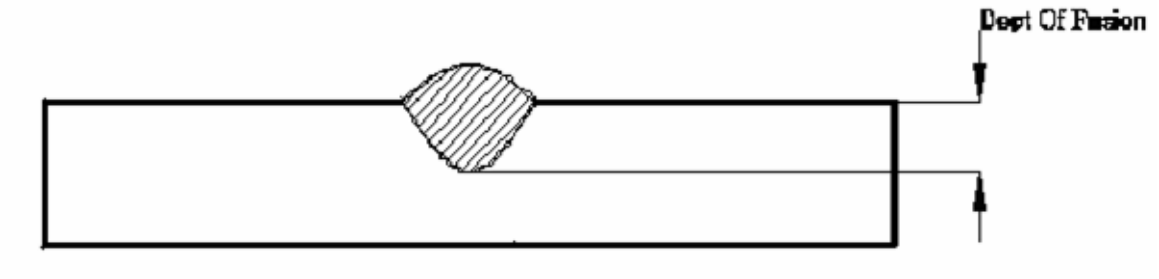
عمق ذوب (Dept Of Fusion) :

فاصلهٔ سطح کار یا سطح شکاف تا مرز جامد - مایع در حوضچهٔ 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 آورندهٔ ذوب ناقص :

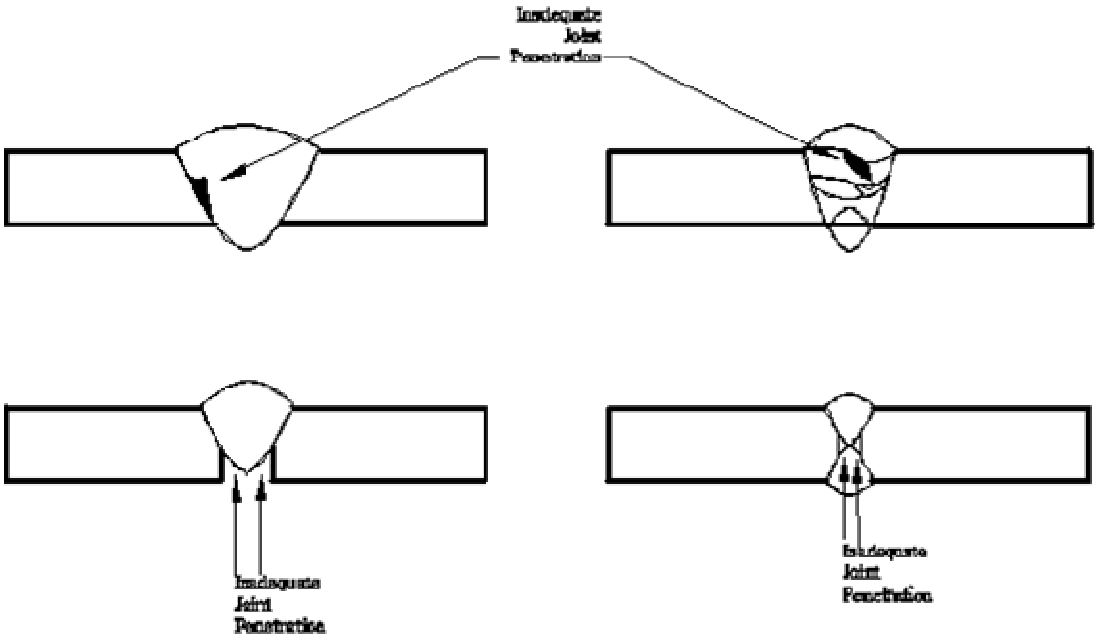
۱. استفاده از الکترودهای کوچک برای فولادهای ضخیم.
۲. عدم استفاده از آمپرهای مناسب برای هر پاس.
۳. زاویه الکترود نامناسب.
۴. سرعت حرکت بسیار زیاد باعث عدم امکان ذوب کامل می گردد.
۵. سطح کثیف قطعه کار مثلاً پوستهٔ نورد ، لکه ، روغن و ...

در شکل زیر عمق ذوب جوش مشخص شده است



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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 منطقهٔ 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 ریشهٔ اتصال آشنا شویم که به قرار زیر است:

عمق نفوذ اتصال (Joint Penetration) :

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

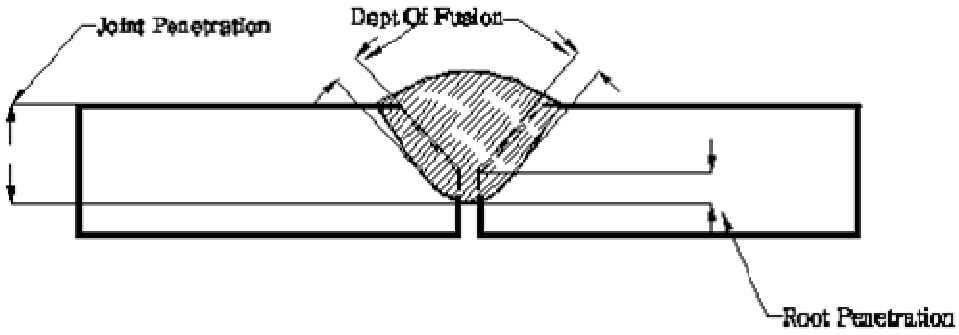
عمق نفوذ ریشهٔ اتصال (Root Penetration) :

فاصلهٔ سطح کار یا سطح شکاف تا مرز جامد و مایع در حوضچهٔ جوش و یا میزان وسعت پیشرفت ذوب در دیواره ها را عمق نفوذ ریشهٔ اتصال گویند.

عوامل بوجود آورندهٔ نفوذ ناقص :

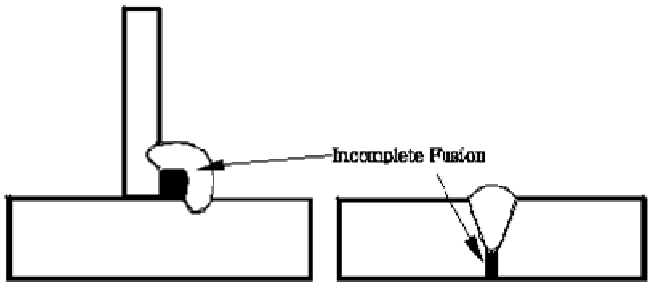
۱. استفاده از جریان بسیار پایین.
۲. قرار دادن فاصلهٔ ناکافی در ریشه.
۳. استفاده از الکترود با قطر بالا.
۴. سرعت حرکت زیاد دست.

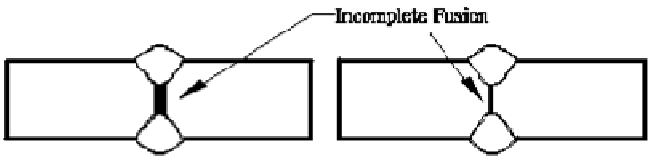
در شکل زیر نفوذ عمق در دیواره نشان داده شده است

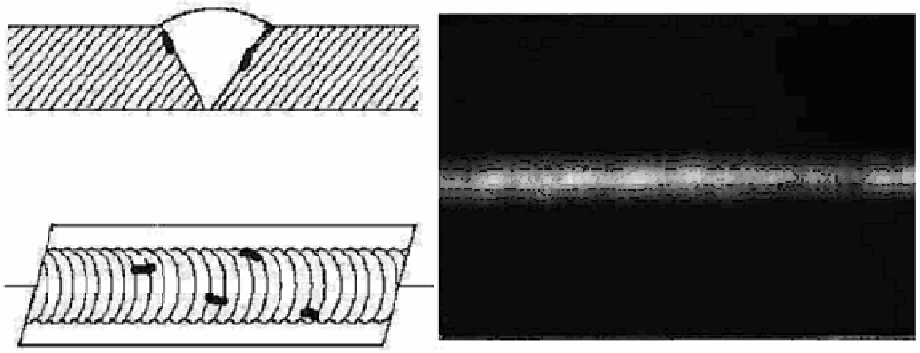


http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

در زیر عیب نفوذ ناقص را مشاهده می نمایید







ذرات سربارهٔ 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 الکترود 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 منطقهٔ 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 هموژن در فلز جوش توزیع شده باشند.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

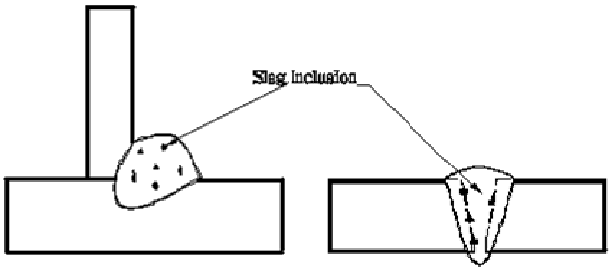
عوامل بوجود آورندهٔ آخالها :

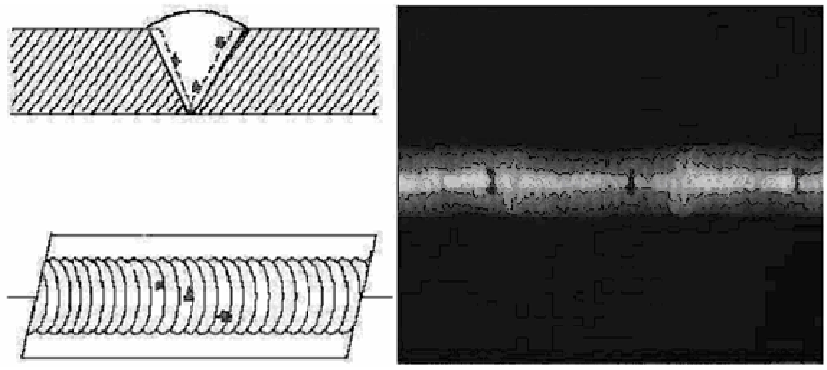
۱. پاک نشدن مناسب سرباره یا گل جوش از پاسهای قبلی.
۲. عدم استفاده از آمپرهای مناسب.
۳. نادرست بودن زاویه یا اندازهٔ الکترود.
۴. آماده سازی غلط قطعه برای جوش.
۵. ریخته شدن پوستهٔ شکسته شدهٔ الکترود به درون مذاب.
۶. استفاده از الکترودی که قسمتی از آن بدون روپوش است.
۷. ورود هوا در اثر سهل انگاری جوشکار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

مقدار ذرات سربارهٔ 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 لایهٔ 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 ویسکوزیتهٔ پایین تر نسبت به مذاب سرد و ویسکوزیتهٔ 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





http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

سوختگی و یا بریدگی کنارهٔ جوش (Under Cutting) :

سوختگی کنارهٔ جوش و یا به عبارت دیگر وجود زبانه یا شکاف در اطراف منطقهٔ 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 ریشهٔ جوش که بر سطح جوش و یا فلز جوشی که قبلاً راسب شده است را سوختگی یا بریدگی کنارهٔ جوش گویند.

شکافی که از عیب سوختگی بوجود می آید موجب تمرکز تنش و تشدید آن شده و باعث بوجود آمدن یک منطقهٔ 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 آورندهٔ بریدگی کنارهٔ جوش یا سوختگی :

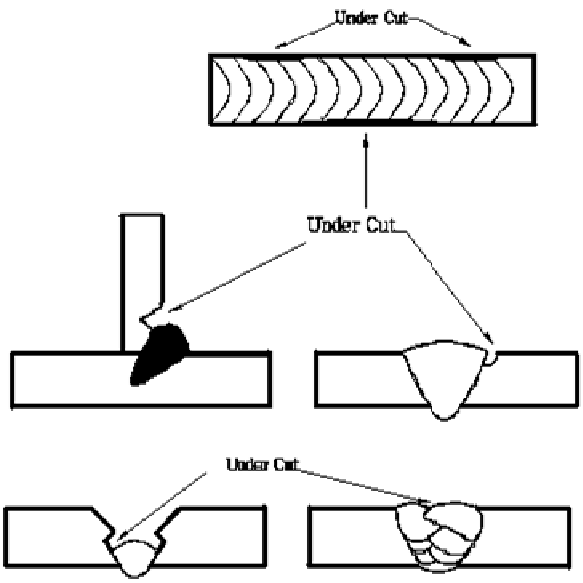
۱. استفاده از آمپر بالا.
۲. بالا بودن طول قوس.
۳. استفاده از الکترودها با قطر کم.
۴. حرکت موجی زیاد الکترود.
۵. سرعت بسیار زیاد حرکت جوشکاری.
۶. متمایل بودن زاویه الکترود به سطح اتصال.

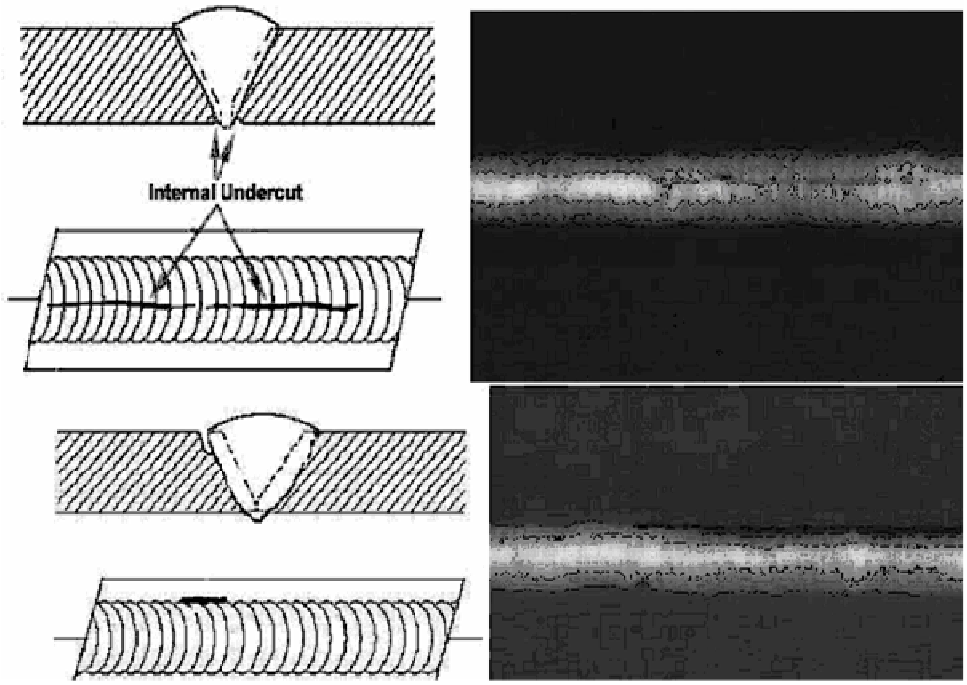
۷. بالا بودن ویسکوزیته و سرباره جهت ایجاد نیروی قوس نادرست.

۸. برای جلوگیری از این عیب باید از حرکت زیگزاکی مناسب ، با مکث های کوتاه در کناره های لبهٔ اتصال انجام داده و سرعت پیشرفت جوشکاری را کمی کاهش دهیم.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

در زیر مواردی از آندرکات را می بینید





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

سررفتن یا جاری شدن فلز جوش مذاب از دهانهٔ اتصال بدون اینکه ذوب و جوش خوردن روی دهد عیبی بوجود می آورد که ظاهر جوش را بد و احتمالاً هزینهٔ 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. سررفتن در روش جوشکاری با الکترود دستی و در وضعیت قائم بیشتر اتفاق می افتد که معمولاً در اثر زاویهٔ اشتباه الکترود با قطعهٔ کار می باشد.

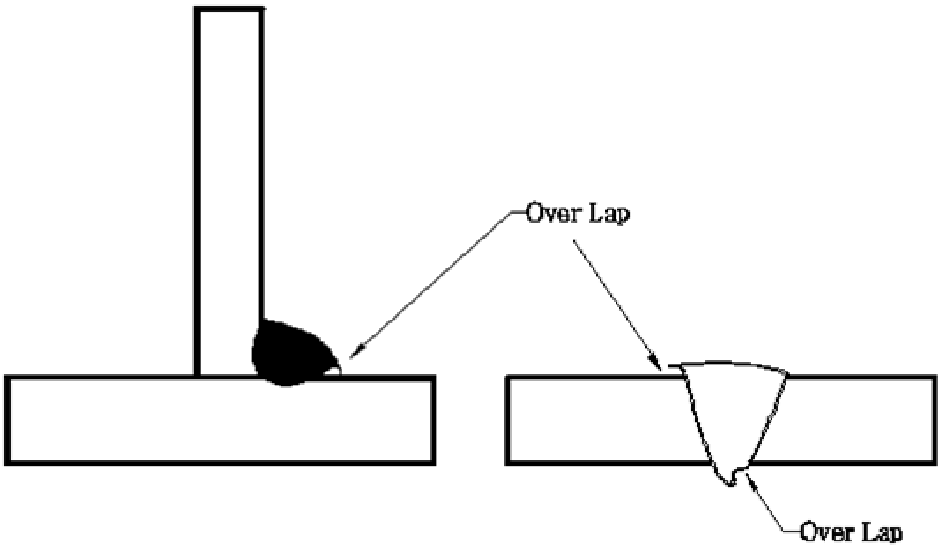
عوامل بوجود آورندهٔ سر رفتن :

۱. سرعت حرکت نادرست جوشکار.
۲. جوشکاری با زاویهٔ نامناسب الکترود نسبت به قطعه کار.
۳. استفاده از الکترودهای قطر بالا.
۴. استفاده کردن از آمپرهای نامناسب.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

عوامل فوق اثراتی همانند بریدگی کنارهٔ جوش
را دارند و در نتیجه یک منطقهٔ 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 همراستا نبودن دو سطح قطعهٔ 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 شوداما در بیشتر مواقع باید جوش را بریده و دوباره عملیات جوشکاری با دقت تکرار کرد.

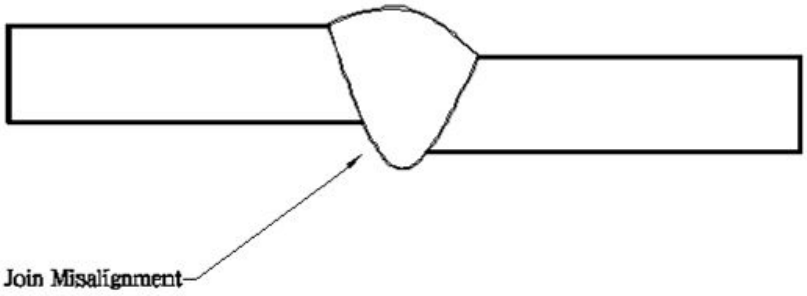
عدم تقارن فلز جوش در طرح های جوش دو طرفه نیز عیبی است که متالورژیکی نبوده و ناشی از طراحی غلط یا استفاده از تکنیک عملیاتی نامناسب می باشد. این عیب ممکن است استحکام جوش را تحت بعضی از تنش ها محدود کند.

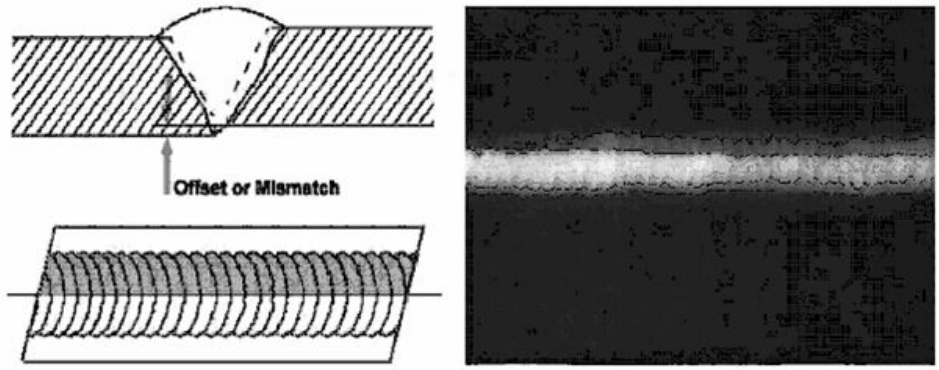
http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

عوامل بوجود آورندهٔ عیب همراستا 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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

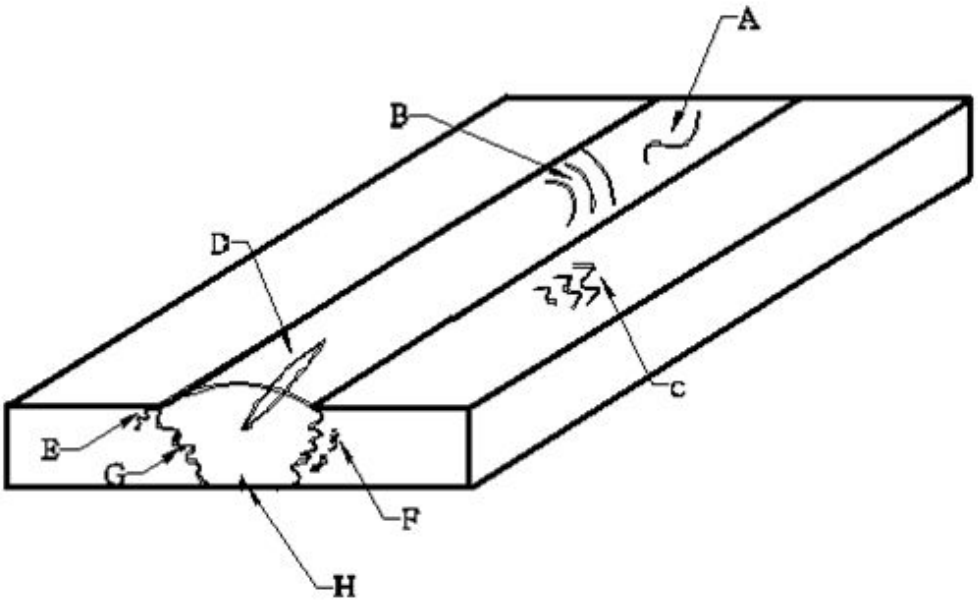
ترکیب شیمیایی مواد مصرفی پارامترهای جوشکاری طراحی قطعه و محل اتصال و شرایط عملی و تکنیکی در جوشکاری می تواند سبب تشدید یا تقلیل نوع خاصی از ترک شود.

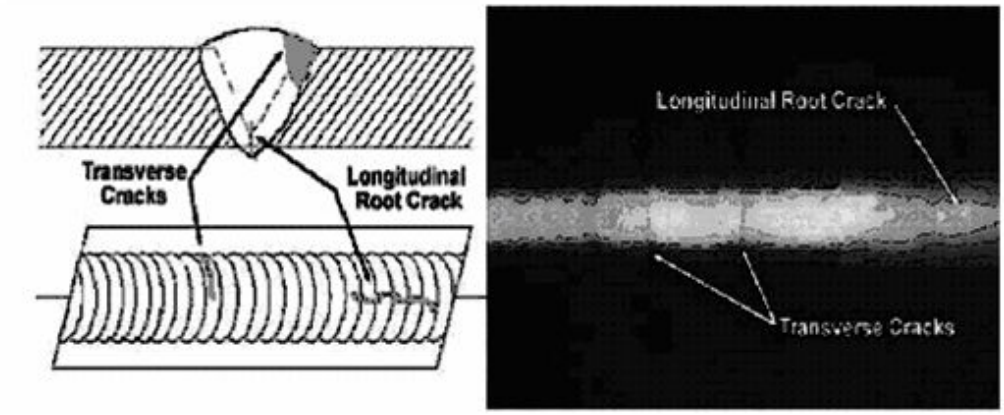
انواع ترک که در مناطق مختلف قطعهٔ جوش داده شده بوجود می آید :

۱. ترکیدگی در حوضچهٔ جوش یا دهانهٔ انتهایی(Weld Metal Crater Cracking)
۲. ترک عرضی در جوش (Weld Metal Transverse Cracking)
۳. ترک عرضی در منطقهٔ 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 ریشهٔ فلز جوش (Weld Metal Root Cracking)

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

در زیر ترک هایی 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 می شود. این نوع شکست در ابتدا بسیار کند بوده و پس از ادامهٔ 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 می پیوندد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

ترک گرم (Hot Cracking) :

ترک گرم در دماهای بالا و معمولاً در هنگام جوشکاری یا بلافاصله پس از آغاز انجماد فلز جوش رخ می دهد. (ترک گرم معمولاً بالای ۶۵۰ درجهٔ سانتیگراد در حین جوشکاری یا سرد شدن ایجاد می شود.) در اثر نفوذ هوا و اکسیده شدن سطح ترک در درجه حرارت نسبتاً بالا و غالباً مقطع ظاهری شکست در ترکیدگی های گرم قهوه ای می باشد.

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 آورندهٔ ترک گرم عبارتند از :

۱. بیش از حد بودن مقدار گوگرد ، فسفر و قلع در فلز مبنا.
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 گردهٔ جوش در مقایسه با سطح فلز مبنا 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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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 گردهٔ جوش.
۴. تغییر طرح و شکل گردهٔ جوش.
۵. استفاده از فلز مبنایی 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 آورندهٔ ترک سرد عبارتند از :

۱. ترد و سخت شدن منطقهٔ 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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

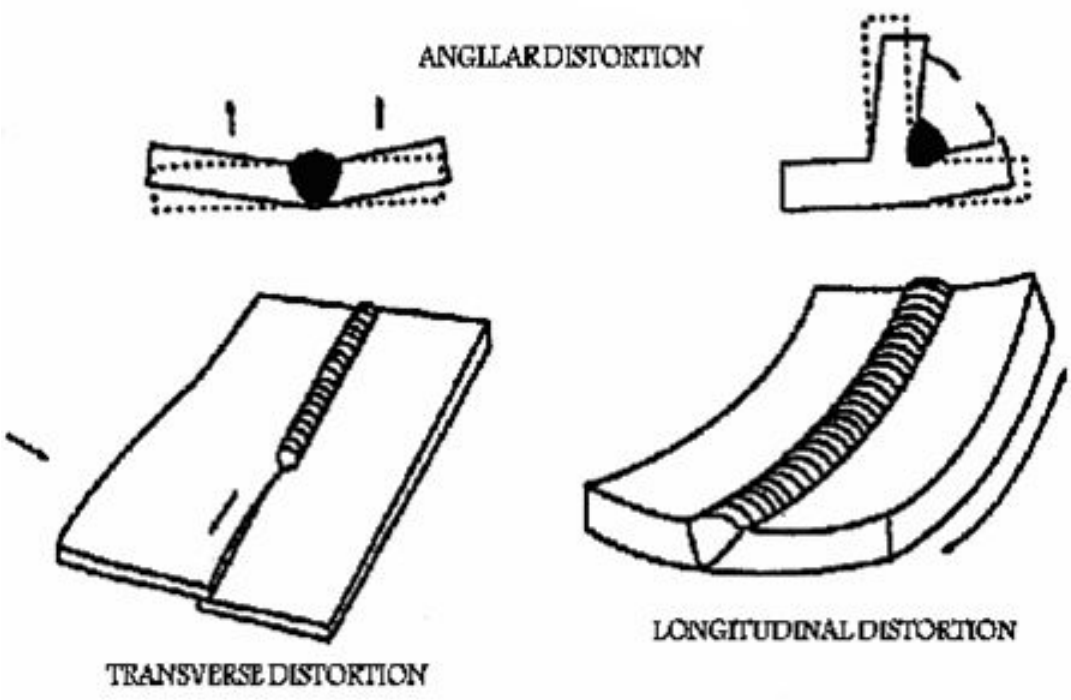
ساختار میکروسکوپی فولاد قطعه کار یکی از فاکتورهای مهم در ترک سرد است که بر روی شروع و پیشرفت ترکیدگی تأثیر بسزا می گذارند. ساختار میکروسکپی می تواند خود بتنهایی یا با فاکتورهای دیگر نظیر ″ هیدروژن تردی ″ و یا سایر تنش ها شرایط بوجود آمدن ترک سرد را فراهم کند. بطور کلی هر نوع ساختار میکروسکوپی را که پایین آورندهٔ نرمش فلز باشد حساسیت جوش و منطقهٔ 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 ناخواستهٔ 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



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

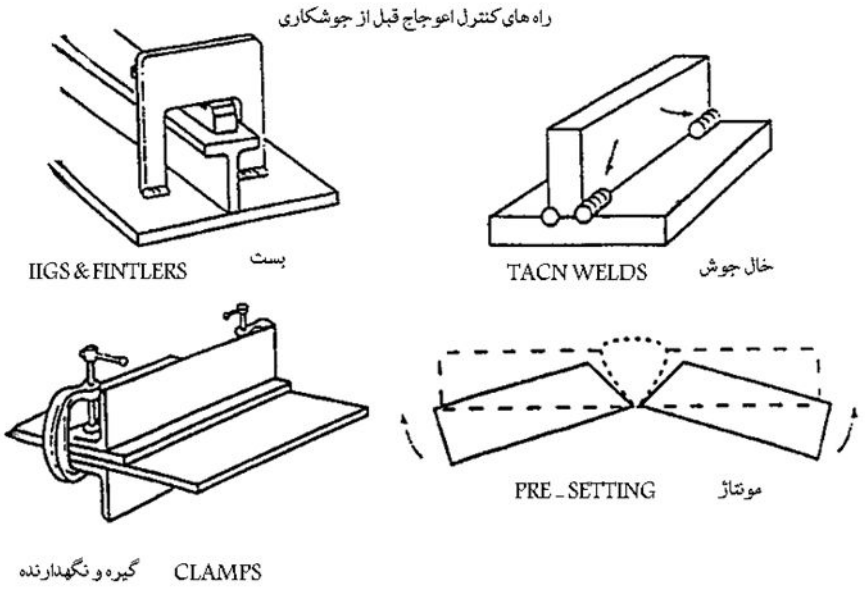
علل بوجود آمدن اعوجاج عبارتند از :

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 محدودهٔ 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 (نقطهٔ 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.

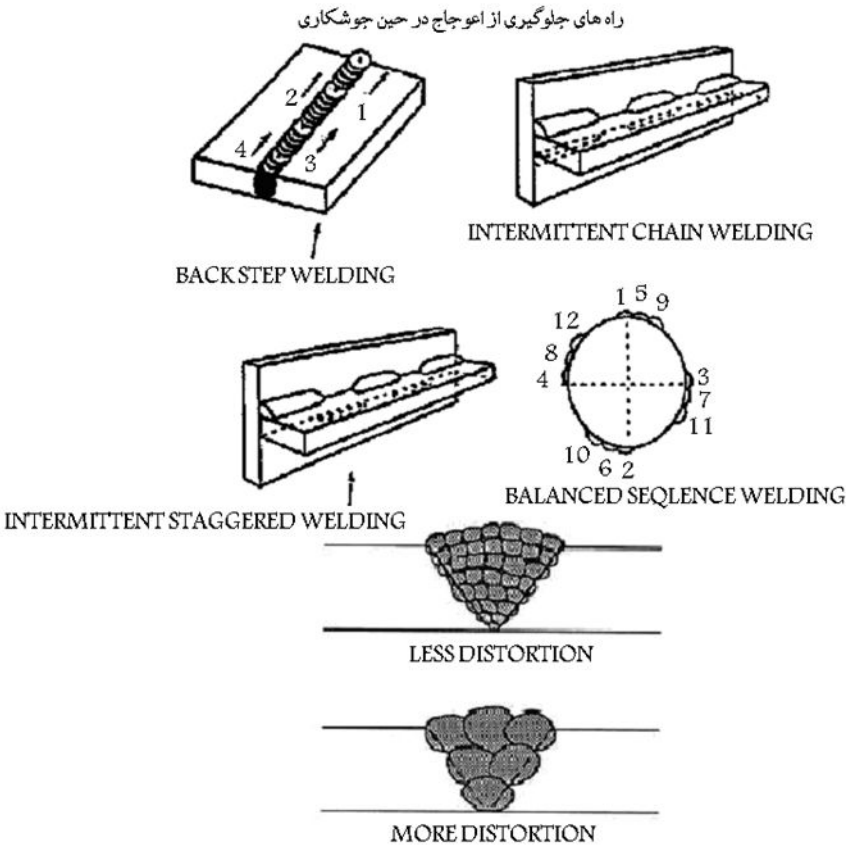
اگر تنش های بالا از محدودهٔ الاستیک بگذرند و از نقطهٔ تسلیم نیز رد شوند ، باعث بوجود آمدن برخی پیچیدگی های دائمی در فلز می شوند ، تنش تسلیم فلز در دماهای بالا کاهش می یابد.



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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.



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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. قطعهٔ 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 پروسهٔ 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 درجهٔ 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 درجهٔ سانتیگراد می باشد) تقریباً یک ساعت برای هر mm ۲۵ ضخامت ، حرارت می دهند و سپس در هوا سرد می شود. (مستقیم کاری)

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

صافکاری مکانیکی :

استفاده کردن از کارهای مکانیکی یکی از روشهای جلوگیری از اعوجاج در مرحلهٔ پس از جوشکاری است. از جملهٔ 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

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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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 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 بازرس

۱. بازرسین 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. توانائی 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 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 گزارش بورد 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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

مراحل بازرسی جوش

برای ساختن یک سازهٔ 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 بازرس 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 منطقهٔ 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 منطقهٔ سردسیر است یا گرمسیر ؟

بار گذاری 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 (اجزاء جوش ، اندازه ها و مشخصهٔ فرآیند) :

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

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

D.مطالعهٔ 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 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 :

نحوهٔ 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

در خصوص نوع الکترود مسائل موردنظر عبارتند از :

- **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**

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

در خصوص سایز الکترود باید به موارد زیر توجه کرد :

- **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 جدول زیر به تعمیر و عملیات اصلاحی اقدام نمود.

محدودهٔ پذیرش و یا تعمیر ناپیوستگی های تورقی ناشی از نورد در سطوح برش خورده

شرح ناپیوستگی	تعمیر لازم
مرتوع ناپیوستگی با طول مساوی 25 میلیمتر یا کمتر	لازم نیست
مرتوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از 25 میلیمتر وعمق کمتر از 3 میلیمتر	لازم نیست ولی عمق باید مورد بررسی قرار گیرد
مرتوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از 25 میلیمتر و عمق 3 تا 6 میلیمتر	باید کاملاً برداشته ولی جوش لازم نیست
مرتوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از 25 میلیمتر و عمق بیش از 6 میلیمتر	باید کاملاً برداشته 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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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.

موارد مهمی که در دستورالعمل جوشکاری (WPS) بایستی 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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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 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 دارابودن 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. 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 آزاد

نوع الکترود	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 :

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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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- 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 سازهٔ 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 :

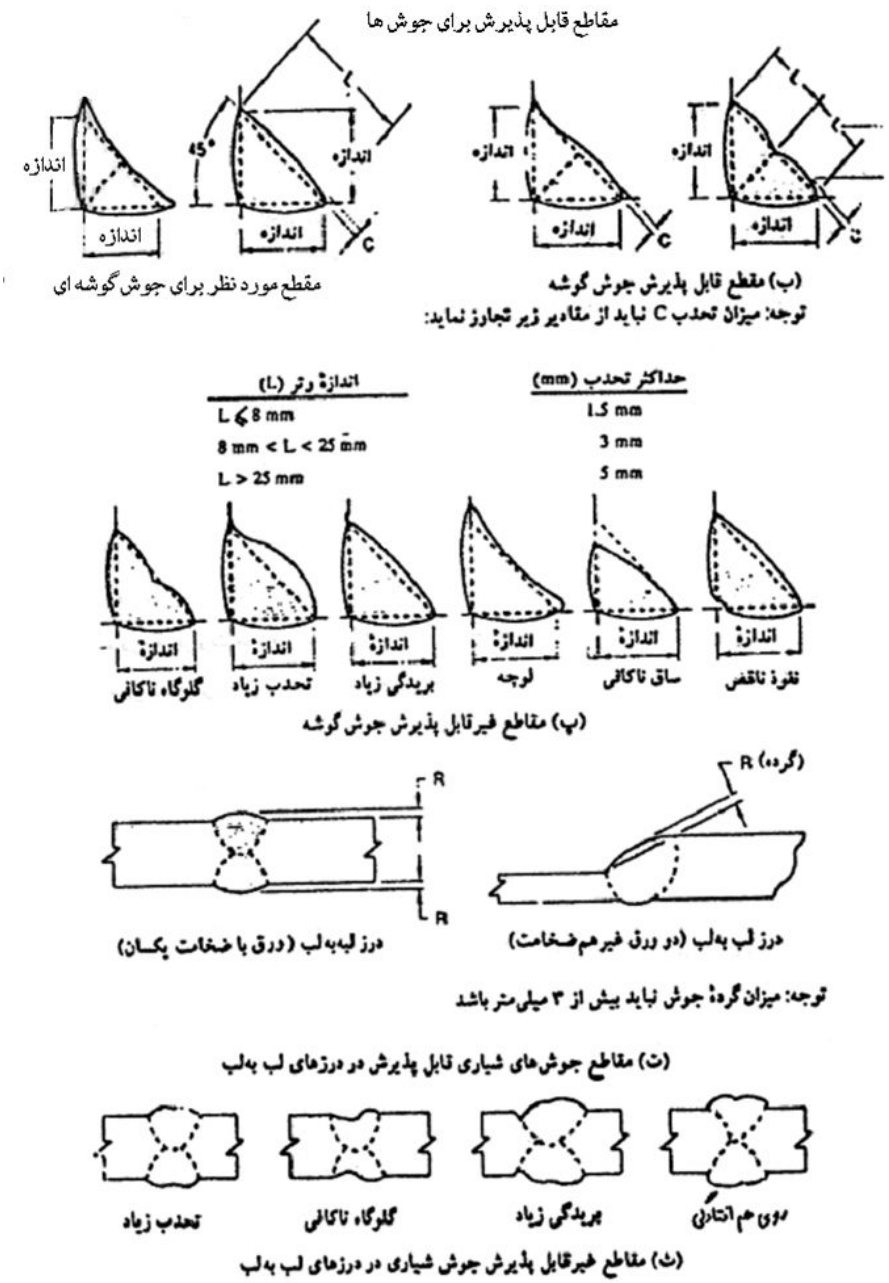
هدف از انجام دادن این آزمایشات تشخیص عیوب مختلف در جوش (سطحی و عمقی) می باشد ، بدون اینکه قطعهٔ جوش داده شده غیر قابل استفاده شود. بسیاری از موارد با تشخیص عیوب می توان فلز جوش را در آن موضع برداشته و با رسوب مجدد ، اتصال کاملی بدست آورد. اغلب آزمایشات غیر مخرب با استفاده از خواص فیزیکی فلز به کمک وسایل 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 شیاری 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.



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

- خلل و فرج هایی که تا سطح جوش امتداد دارند.
- سوختگی و بریدگی کنارهٔ جوش و یا پر نشدن کامل شکاف جوش.
- حفرهٔ انتهایی جوش همراه با سوراخ ناشی از انقباض حاصل از انجماد.
- گردهٔ 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 شدهٔ جرقه و ترشح و یا اثرات لکهٔ قوس در کنارهٔ خط جوش.
- ترکیدگی ها در جوش یا منطقهٔ مجاور جوش که قابل تشخیص با چشم به کمک ذره بین باشند.
- جا به جا شدن ، تاب برداشتن و تغییر ابعاد اجزاء مورد جوش.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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 کلیهٔ 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 دهندهٔ 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 ملاحضهٔ 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 مادهٔ 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 مادهٔ ظهور (ظاهر کننده) خوانده می شود.

تبخیر مایع فرار باعث بر جای ماندن گرد خشک سفید رنگ بر روی مادهٔ قرمز رنگ نفوذ کرده در ترک ها می گردد و بر اثر عمل مویینگی ، مادهٔ 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.

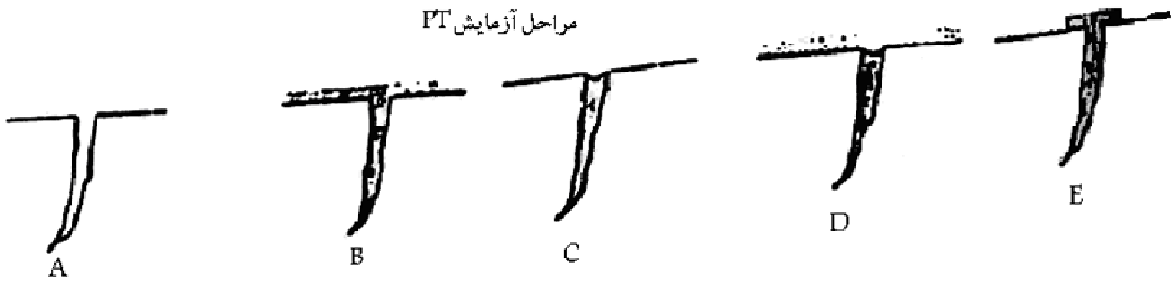
مزایای روش (PT) :

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

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

معایب روش (PT) :

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



۴-آزمایش صدا (Stethoscope Test) :

اصول کلی این روش از روی تشخیص صدای رنگ دار جوش سالم و صدای خفه یا گرفتهٔ 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 روئیت 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 کنندهٔ حوزهٔ مغناطیسی در جوش استفاده می شود که پس از پاشیدن پودر ریز مغناطیسی شونده بر روی منطقهٔ جوش ، اگر عیوبی در سطح یا لایهٔ 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 حوزهٔ 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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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 تجربهٔ زیادی نیاز دارد.

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

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

در این آزمایش ارتعاشات یا امواج فرکانس بالا 20KHz-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 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 شدهٔ مورد آزمایش با این سطح منتشر کنندهٔ 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 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.

مزایای روش Ultrasonic

۱. با استفاده از این روش عیوب سطحی ، زیر سطح و داخل جوش و عمق ریشهٔ 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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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. اشعهٔ 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 کنارهٔ جوش و قسمت های نفوذ ناقص جوش ، ترکم 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 شیوهٔ پرتونگاری حضور معایب مختلف در فلز جوش و فلز پایه را مسجل کرده و اندازه ، شکل و محل آنها را ثبت می کند.

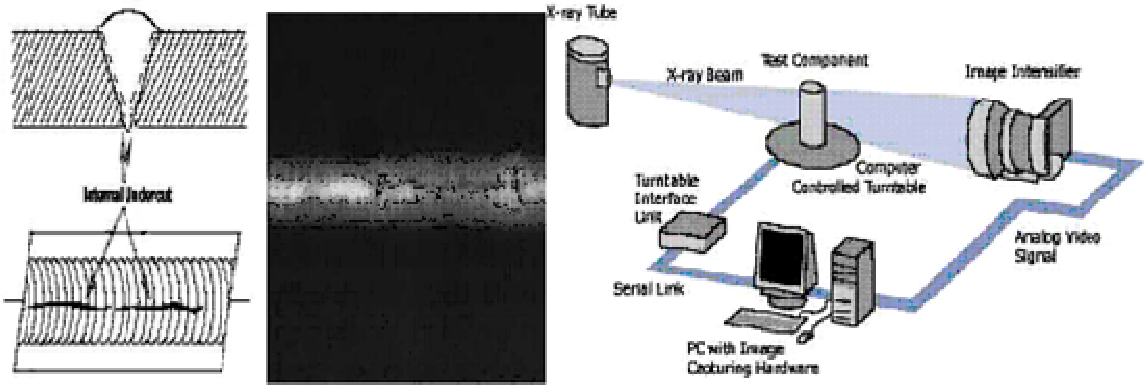
مزایای رادیوگرافی

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 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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

- 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.

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 25.4mmبریدگی نباید بیشتر از 1mmباشد. در 50mm از 305mm طول جوش حداکثر مقدار بریدگی لبهٔ جوش می تواند 1.6mm باشد.

- در ضخامت های ورق های بیشتر از 25.4mmعمق گودی نباید از 1.6mmبرای هر طول جوش افزایش یابد.

۵. مجموع قطر حفره های قابل قبول رویت (1mm) یا بزرگتر بر روی سطح جوش در 25.4mmطول جوش نباید از 10mmتجاوز کند ، مجموع قطرها نباید در هر 305mmطول جوش از 19mmبیشتر باشد.

۶. اندازهٔ جوش گلویی چنانچه در مجموع طول یک جوش از ده درصد آن تجاوز نکند ، می تواند به میزان 1.6mmاز اندازهٔ 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 1mmنباید از 10mmدر هر مورد جوش تجاوز کند و همینطور در 305mmاز 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.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

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 1mmاست.

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 10mmدر هر 25.4mmجوش و از 19mmبرای هر 305mmدر طول جوش تجاوز نماید.

۱. اندازهٔ جوش گلویی چنانچه در مجموع طول یک جوش از 10 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.

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

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

بخش پنجم

انواع اتصالات

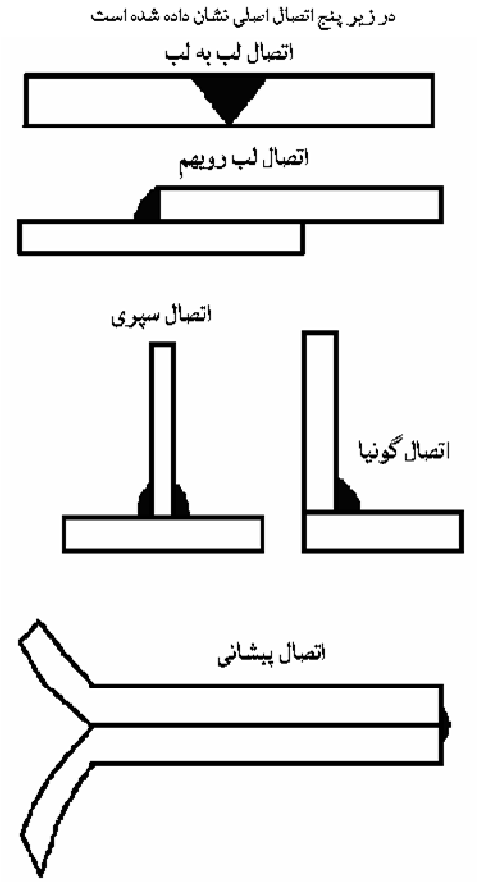
چگونگی حالت های صحیح جوشکاری در حالت های تخت ، سر بالا و سقفی

مشخصات روش جوشکاری (WPS)

گزارش کیفیت جوشکاری (PQR)

انواع اتصالات

نوع اتصال به عواملی نظیر اندازه و شکل اعضایی که در یک اتصال به هم وصل می شود ، نوع بارگذاری ، اندازه درزی که برای جوشکاری قابل استفاده است و هزینه های نسبی انواع مختلف جوش بستگی دارد. با اینکه در عمل تغییرات و ترکیبات مختلفی یافت می شود ، پنج نوع اصلی اتصال جوش عبارتند از : لب به لب، لب رویهم ، سپری ، گونیا و پیشانی.



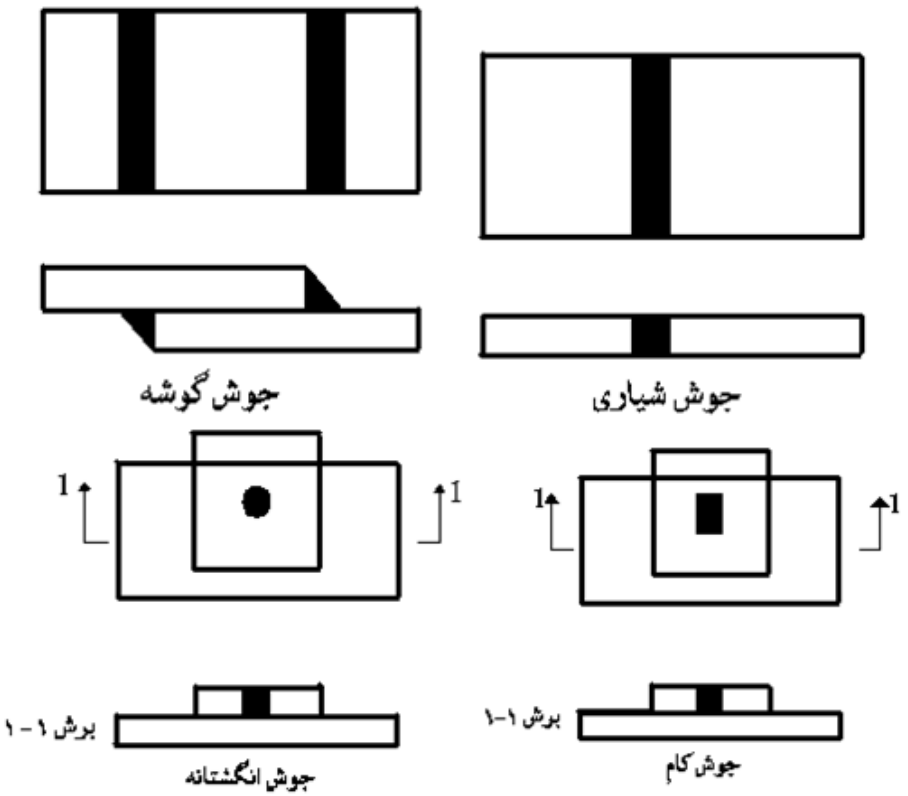
http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

چهار نوع جوش وجود دارد که عبارتند از : جوش شیاری ، جوش کام ، جوش گوشه و جوش انگشتانه.

زمانی از جوش انگشتانه و یا جوش کام استفاده می شود که در اتصالات رویهم ، اندازه اتصال ، طول جوش گوشه یا دیگر انواع جوش را محدود می نماید. همچنین این جوش برای جلوگیری از کمانش قسمت های روی هم گذاشته بکار میرود.

در بقیه موارد از جوش های شیاری و جوش گوشه می توان استفاده کرد.

در زیر چهار نوع جوش شیاری و کام و گوشه و انگشتانه را می بینید



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

چگونگی حالت های صحیح جوشکاری در حالت های تخت ، سر بالا و سقفی

پس از شروع قوس الکتریکی ، جوشکار باید سه کار را به طور همزمان ،یکنواخت و قابل کنترل را انجام دهد که عبارتند از :

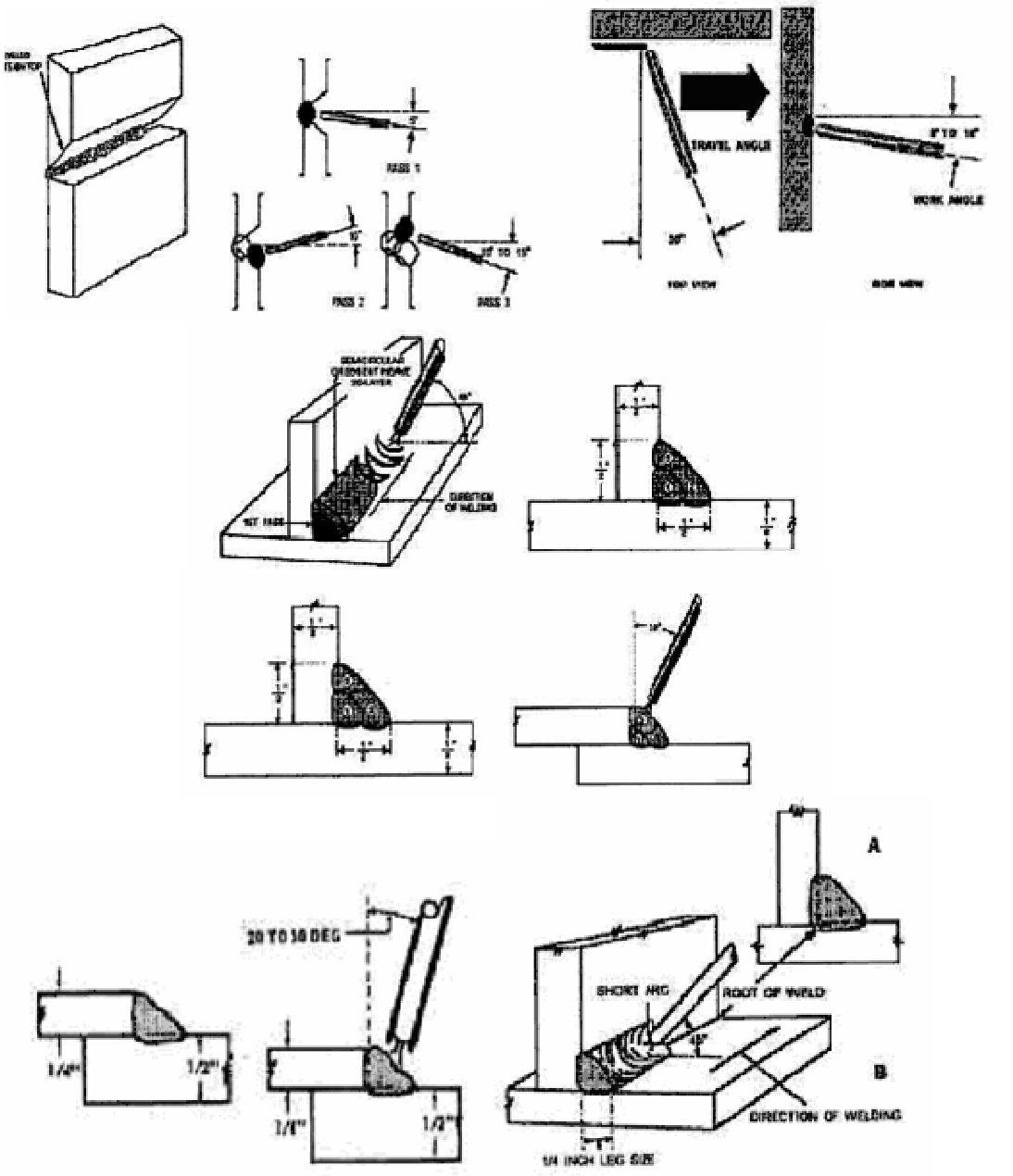
اول : فاصله نوک الکترود و سطح حوضچه مذاب را تثبیت کند.

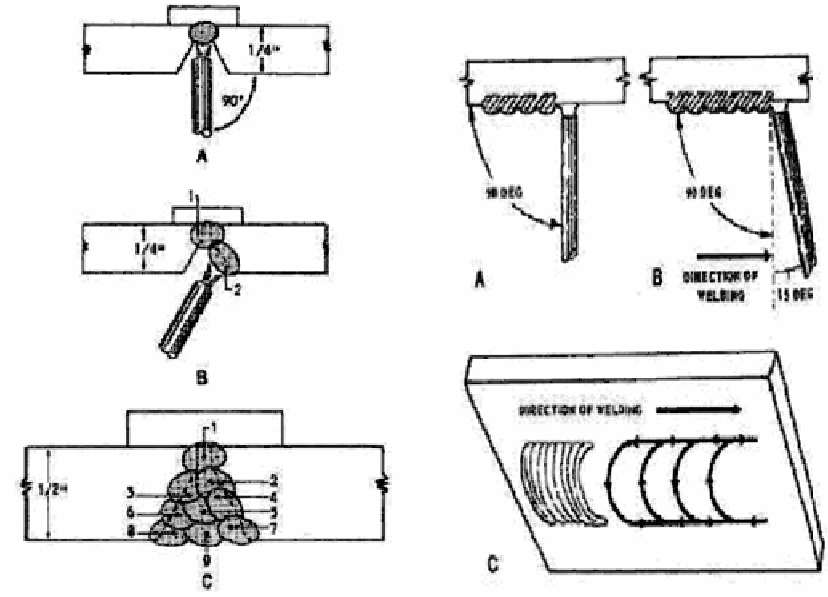
دوم : الکترود را در مسیر خط جوش با سرعت یکنواخت حرکت دهد.

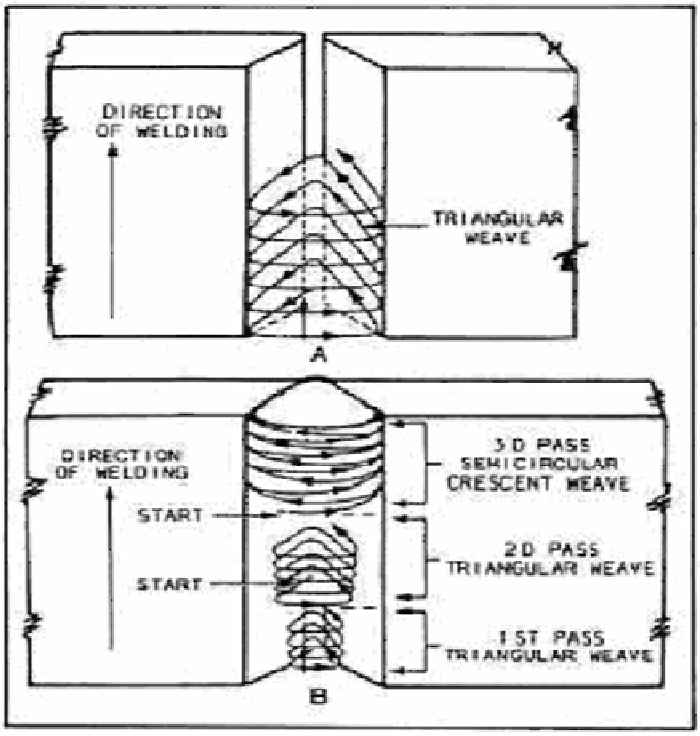
سوم : حرکتی را به صورت زیگزاکی یا موجی جهت جلوگیری از ریزش فلز مذاب و هدایت آن در محل مورد لزوم انجام دهد. این حرکت ها باید به طریقی انجام شود که موجب حبس سرباره در داخل جوش نشود.

علاوه بر سه حرکت فوق ، جوشکار باید زاویه الکترود نسبت به سطح کار و امتداد جوش را در حالت معین و مشخص نگه دارد. نگه داری زاویهٔ الکترود در حالت صحیح خود سبب می شود که نیروی قوس از حرکت ناخواسته سرباره به طرف قوس جلوگیری کند و در نتیجه باعث کاهش ذرات حبس شده سرباره در فلز جوش شود. علاوه بر آن ، موجب کاهش بریدگی لبه های جوش نیز شود.

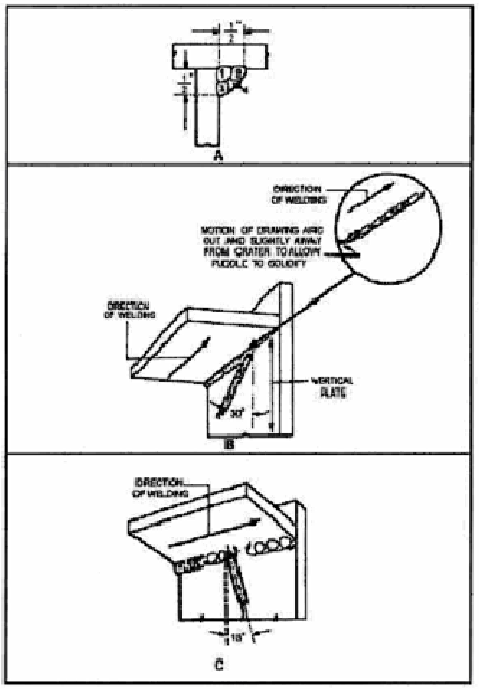
در شکل های زیر زاویهٔ صحیح و چگونگی حرکت دست در وضعیت های مختلف را می بینید

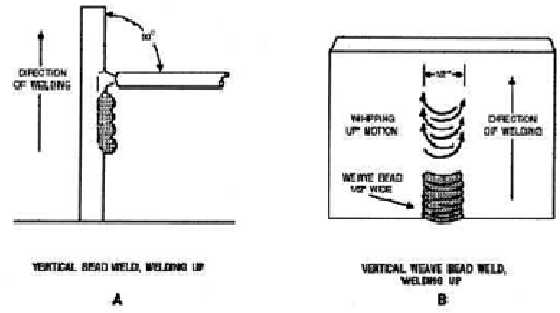


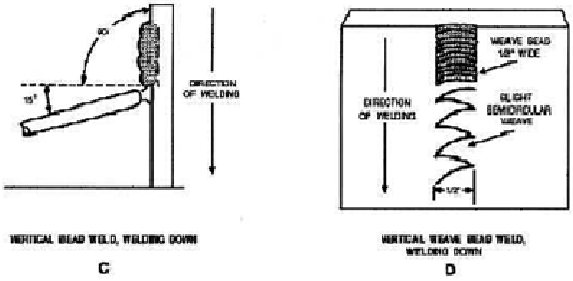




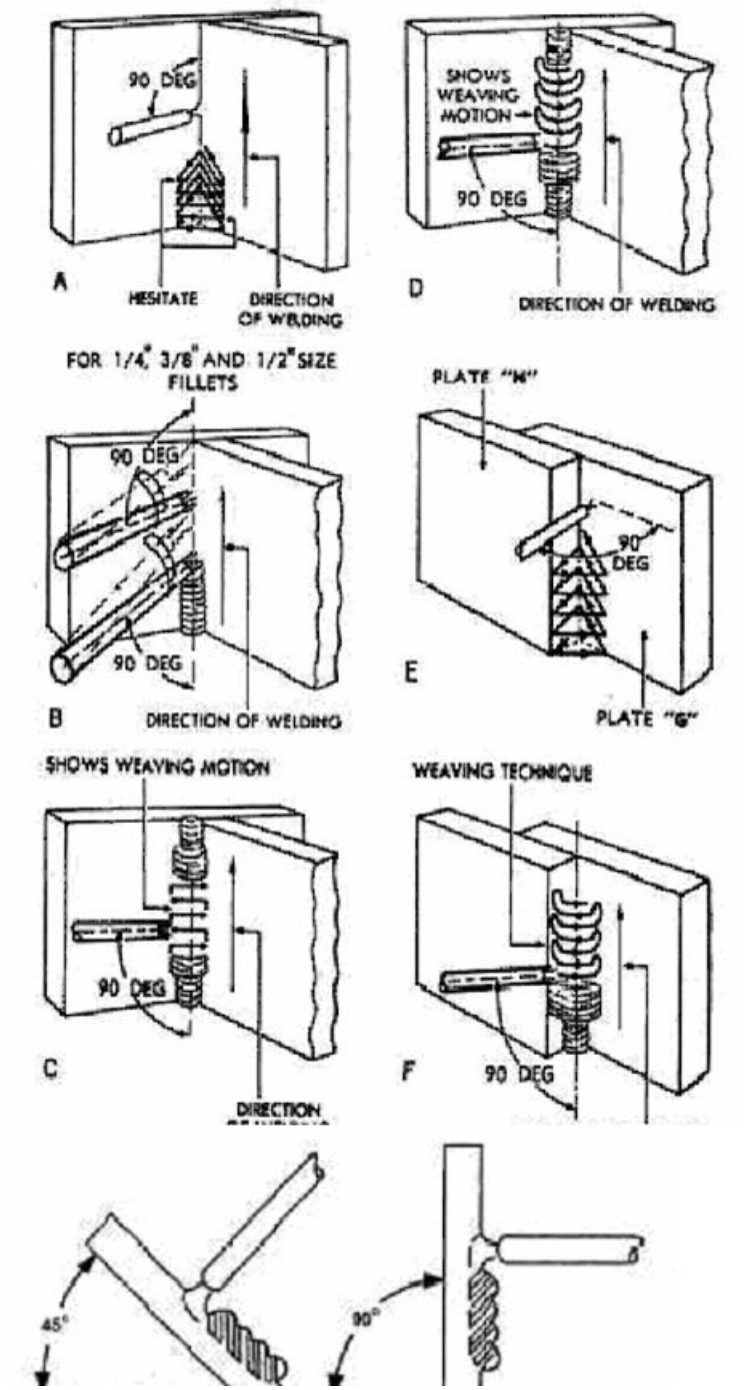
http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)







http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)



اگر در حین کار ، جوشکار بخواهد الکترود جدیدی بکار برد بهتر است الکترود را به آهستگی در جوش عقب کشیده و همزمان طول قوس را افزایش دهد. اگر الکترود بطور آنی عقب کشید شود ، بر اثر سریع سرد شدن فلز جوش و تماس با اتمسفر ، محل مذکور مستعد عیوبی نظیر ترک برداشتن خواهد بود و برای شروع مجدد جوش باید محل را از وجود سرباره تمیز کرد و قوس در الکترود بعدی پیشاپیش دهانه شروع و به عقب برگشت داده شود تا انتهای قبلی باند جوش را در بر گیرد. چنانچه جوش چند پاسه لازم باشد باید سعی شود هر پاس حداقل ۱/۳ روی پاس قبلی را بگیرد تا از

بوجود آمدن زاویه تند و تمرکز تنش جلوگیری شود و اگر برای نگه داری قطعات در کنار هم خال جوش لازم باشد باید سعی شود حتی الامکان نزدیک هم و در پشت ورق زده شود.

A.مشخصات سر برگ فرم WPS :

در فرم شماره یک نمونه ای از WPS که مطابق با استاندارد ذکر شده تهیه شده است ، ملاحضه می شود که در اولین قسمت مربوط به مشخصات می باشد. ذکر موارد زیر الزامی می باشد :

۱. شماره سری مشخصات روش جوشکاری (WPS No)
۲. تاریخ تنظیم (WPS Date)
۳. تاریخ بازبینی (Revision Date) :
۴. شماره سری گزارش کیفیت جوشکاری (Suporting PQR No) :
۵. روش یا روش های مورد استفاده جهت جوشکاری (Welding Process) :
۶. نحوه انجام فرآیند جوشکاری(Type): بعنوان مثال دستی(Manual) یا اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک

لازم به ذکر است ذکر مطالبی چون نام شرکت ، نام مشاور یا ناظر جوش ، نام قطعه و کد پروژه و نظایر اینها در این قسمت WPS ذکر می شود.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

B.طرح اتصال (joint) :

مشخصات طرح اتصالی که روش جوشکاری برای آن نوشته می شود. نوع اتصال ، نوع پخ ، اندازه پخ و زاویهٔ آن ، نوع فرآیندی که بوسیله آن عمل پخ زنی صورت می گیرد ، در این قسمت WPS ذکر می گردد.

طرح شیار یا پخ جوشکاری (Groove Design) :

در این قسمت با توجه به جدول زیر و انتظاری که طراح از جوش مورد نظر دارد به اختصار نوشته می شود.

به عنوان مثال B-U2 به طرح اتصالی مربوط می شود که اولاً از نوع اتصال سر به سر ، ثانیاً از نظر طراحی در مورد ضخامت های مختلف ورق نداشته ، ثالثاً به شکل V یکطرفه است. گاهی هم از سمبل های گوناگون مورد استفاده به عنوان طرح اتصال استفاده می شود. شکل اتصال نیز در اکثر موارد در این قسمت کشیده می شود تا نوع اتصال راحت تر شناخته شود.

پشت بند (Backing) :

معمولاً بنا به صلاح دید طراح گاهی از پشت بند در جوشکاری استفاده می شود که این ممکن است به دلایلی چون جلوگیری از اکسید شدن پشت ریشه جوش ، عدم ریزش مذاب از ریشه جوش ، افزایش یا کاهش سرعت انجماد ، اطمینان از خالی نبودن یا ایجاد زبر شدن در قسمت پشتی جوش و غیره از تسمه هایی که ممکن است از جنس قطعه کار یا فلزات و غیر فلزات دیگر می باشند استفاده می شود.

نوع و جنس مواد پشت بند (Backing Material Type) :

در صورتیکه قطعه نیاز به پشت بند داشته باشد ، نوع آن نیز مشخص می گردد و اگر گاز یا پودر نیز به عنوان پشتی استفاده می گردد نوع آن باید کاملاً مشخص گردد.

مطالب اضافی (Other) :

در این قسمت هرگونه مطلب اضافی دیگر از قبیل نحوه آماده سازی ، تمیز کاری و غیره قابل ذکر است. تعداد و ترتیب پاس ها نیز ممکن است مشخص گردد که معمولاً بر روی پروفیل جوش مشخص می گردد.

مشخصات طرح اتصال

Symbols	Joint Type	نوع اتصال
B	Butt Joint	اتصال سر به سر
C	Corner Joint	اتصال گوشه ای
T	T- Joint	اتصال به شکل T
BC	Butt Or Corner Joint	اتصال سر به سر و گوشه
TC	T Or Corner Joint	اتصال گوشه و T
BTC	Butt , T Or Corner joint	اتصال سر به سر ، T و گوشه
Symbols	**Base Metal Thickness and Penetration**	میزان نفوذ جوش و ضخامت فلز پایه
L	Limited Thickness-Complete joint Penetration	ضخامت محدود – نفوذ کامل جوش
U	Unlimited Thickness-Complete Joint	ضخامت نامحدود – نفوذ کامل جوش
P	Partial Joint Penetration	نفوذ ناقص جوش
Symbols	**Weld Type**	نوع جوشکاری
1	Square - Groove	شیار مربعی
2	Single – V - Groove	شیار V یکطرفه
3	Double – V - Groove	شیاردو طرفه X
4	Single – Bevel - Groove	شیارجناقی یک طرفه
5	Double – Bevel – Groove	شیارجناقی دو طرفه (K)
6	Single – U – Groove	شیاریکطرفه لاله ای U
7	Double – U - Groove	شیاردو طرفه U
8	Single – J - Groove	شیاریکطرفه j
9	Double – J - Groove	شیاردو طرفه j

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

C.فلزات پایه (Base Metal) :

ذکر نوع و ترکیب و جنس فلزات مورد اتصال که از مهمترین بخش WPS می باشد در این قسمت ذکر می شود که این قسمت بقیه قسمت ها و نوع فرآیند و الکترود و نحوهٔ جوشکاری و غیره را تحت تأثیر قرار می دهد.

عدد مشخصه P (P-No) :

معمولاً فلزات پایه را تحت عددی بنام P تقسیم بندی می کنند. اساس تقسیم بندی P براساس ترکیب آلیاژ ، جوش پذیری و خصوصیات مکانیکی است. در زیر جدول کدهای مربوط به آلیاژهای مختلف که با مراجعه بدان P.NO مشخص می شود آمده است.

حال در صورتیکه فلز مورد نظر در جداول ذکر شده موجود نباشد می توان مشخصات دیگری مثل

Specifications نوع و درجه (Type & Grade) ، ترکیب شیمیایی (Chemical) و غیره آلیاژ مورد جوشکاری را در WPS ذکر کرد.

تمامی موارد بالا در مورد قطعه دوم نیز اگر از جنس دیگری باشد تکرار می گردد و بر همان اساس مشخص می شود.

محدوده ضخامت (Thickness Range) :

ضخامت مقطع مورد جوشکاری در این قسمت ذکر می گردد. ولی معمولاً برای کمتر شدن تعداد WPS می توان یک محدوده ضخامت مشخص کرد. که در این دامنه مطالب ذکر شده صادق می باشد.

محدوده قطر لوله (Pipe Dia Range) :

در صورتیکه مقطع مورد اتصال لوله باشد علاوه بر ذکر ضخامت ورق ، قطر داخلی و خارجی لوله و یا محدوده قطر مجاز ذکر می گردد.

مسائل دیگر (Other) :

در این قسمت نکات دیگری که به فلزات پایه مربوط می باشد ذکر می گردد. مثل استانداردهای دیگر فلز پایه یا نام تجاری و یا شمارهٔ تجاری آن ذکر می گردد.

آلیاژهای مختلف

نوع آلیاژ سیم جوش	F - No	QW
آلیاژهای فولادی	1 – 6	432.1
آلیاژهای آلومینیوم و آلومینیوم خالص	21 – 24	432.2
مس و آلیاژهای پایه مس	31 – 37	432.3
نیکل و آلیاژهای پایه نیکل	41 – 45	432.4
زیرکونیوم و آلیاژهای پایه زیرکونیوم	51	432.5
تیتانیوم و آلیاژهای پایه تیتانیوم	61	432.6
آلیاژهای روکش کاری و سخت کاری سطحی	71 - 72	432.7

D. سیم جوش ها (Filler Metals) :

همانطور که می دانیم ترکیب شیمیایی فلز جوش و فلز پایه و حتی خواص مکانیکی این دو همیشه با همدیگر سازگار باشند. برای این منظور از استانداردهایی که در کتاب ASTMIX و یا سازندگان الکترودها توصیه می کنند استفاده کرد. نوع پودر و فلاکس مصرفی سازگار با فلز پایه نیز در همین استاندارد مشخص شده است.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

عدد F (F – NO) :

در حقیقت یک نوع تقسیم بندی برای الکترودهاست که طی جدولی بدان اشاره شده است و آلیاژهای مختلف سیم جوش را بیان کرده است.

نام دیگر (Other) :

در صورتی که آلیاژ الکترود مورد نظر در هیچکدام از ترکیبات F-No نباشد از نام تجاری آن و کد سازنده می توان استفاده کرد.

آنالیز فلز جوش یا عدد A (A – No) :

این عدد تنها در مورد آلیاژهای آهنی تعریف شده است و نسبت به درصد کربن و یا دیگر عناصر آلیاژی تقسیم بندی شده است.

ترکیب دیگر :

در صورتی که آنالیز فلز جوش در A – No نبود می توان آنالیز اسمی آن یا نام تجاری الکترود را در این قسمت ثبت نمود.

شماره مشخصات (Spec – No) :

که توسط AWS برای الکترودها و سیم جوش های مختلف تعیین شده است.

شماره کلاس الکترود بر حسب AWS (AWS No Class) :

که معمولاً با EXXXX نشان داده می شود که هر کدام کاربرد و خواص ویژه ای دارد.

سایز الکترود (Size Of Electrode) :

برای بدست آوردن یک جوش دارای سطح بالای استاندارد اندازه سیم جوش نیز باید مثل جنس آن مورد توجه قرار بگیرد. معمولاً نسبت به طرح و اندازه اتصال و حالت جوشکاری ، اندازه مناسب الکترود تعیین می شود.

کلاس فلاکس الکترود (Electrode Flux Class) :

هرگونه مشخصات روپوش الکترود یا نوع پودر و زیر پودر در اینجا ذکر می گردد. مثل پوشش های سلولزی ، روتیلی ، قلیایی و ...

مسائل دیگر (Other) :

در صورت استفاده از چند نوع الکترود یا وجود کد سازنده یا مشخصات وصله معرفی را می توان در اینجا قرار داد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

شماره مشخصات خانواده های سیم جوش ها

شماره مشخصات	نوع سیم جوش
A5.3	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوس آلومینیوم و آلیاژهای آلومینیومی
A5.10	مشخصات سیم جوش والکترود لخت برای جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آن
A5.17	مشخصات الکترودهای لخت فولاد کربنی و فلاکس برای SAW
A5.23	مشخصات الکترودهای لخت فولاد کم آلیاژی و فلاکس برای SAW
A5.8	مشخصات سیم جوش لحیم کاری
A5.15	مشخصات سیم جوش ها والکترودهای روکش دار جوشکاری چدن
A5.21	مشخصات الکترودها وسیم جوش های روکش کردن کامپوزیت
A5.6	مشخصات الکترودهای روپوش دار مس و آلیاژهای آن
A5.7	مشخصات سیم جوش والکترودهای سخت مس و آلیاژهای آن
A5.4	مشخصات الکترودهای روکش دار فولاد زنگ نزن کروم دار و کروم نیکل
A5.9	مشخصات سیم جوش لخت فولاد زنگ نزن کروم دار و کروم نیکلی همچون سیم جوش ها والکترودهای لایه لایه ، کامپوزیت توپر
A5.22	مشخصات الکترودهای توپودری فولاد زنگ نزن کروم دار و کروم نیکل
A5.5	مشخصات الکترودهای روکش دار فولاد کم آلیاژ ویژه جوشکاری قوس
A5.19	مشخصات سیم جوش والکترود های لخت آلیاژهای منیزیم
A5.1	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوسی فولاد معمولی
A5.20	مشخصات الکترود های توپودری فولادمعمولی ویژه جوشکاری قوس
A5.18	مشخصات الکترودهای فولادی معمولی ویژه
A5.14	مشخصات سیم جوش والکترودهای لخت نیکل و آلیاژهای آن
A5.11	مشخصات الکترودهای روکش دار نیکل و آلیاژهای آن
A5.13	مشخصات الکترودهای روکش دادن سطحی
A5.16	مشخصات سیم جوش و الکترود های تیتانیوم و آلیاژهای آن
A5.12	مشخصات الکترودها وسیم جوش لخت جوشکاری TIG
A5.24	مشخصات الکترودها وسیم جوش لخت جوشکاری زیرکونیوم و آلیاژهای آن

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

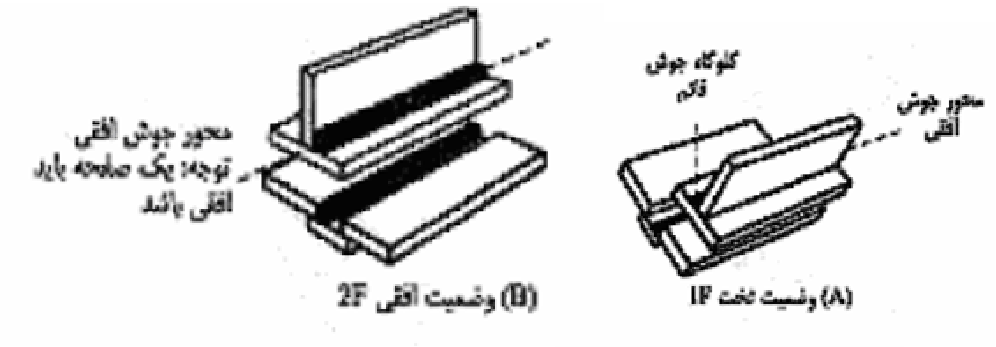
E.وضعیت جوشکاری (Position) :

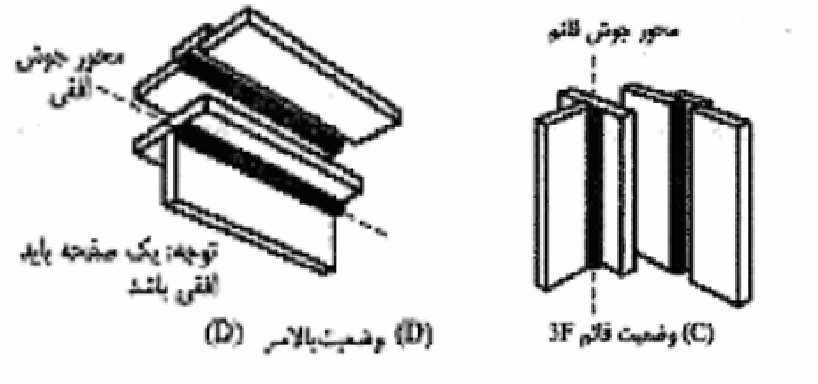
منظور حالتی است که جوشکاری در آن صورت می گیرد که عبارتست از چهار وضعیت تخت (Flat) ، افقی (Horizontal) ، عمودی (Vertical) و بالای سر (Over Head). همانطور که در WPS ارائه شده مشاهده می شود این حالات با علائم اختصاری مربوطه تعیین می شوند. حال ما در اینجا به شرح این وضعیت های جوشکاری می پردازیم.

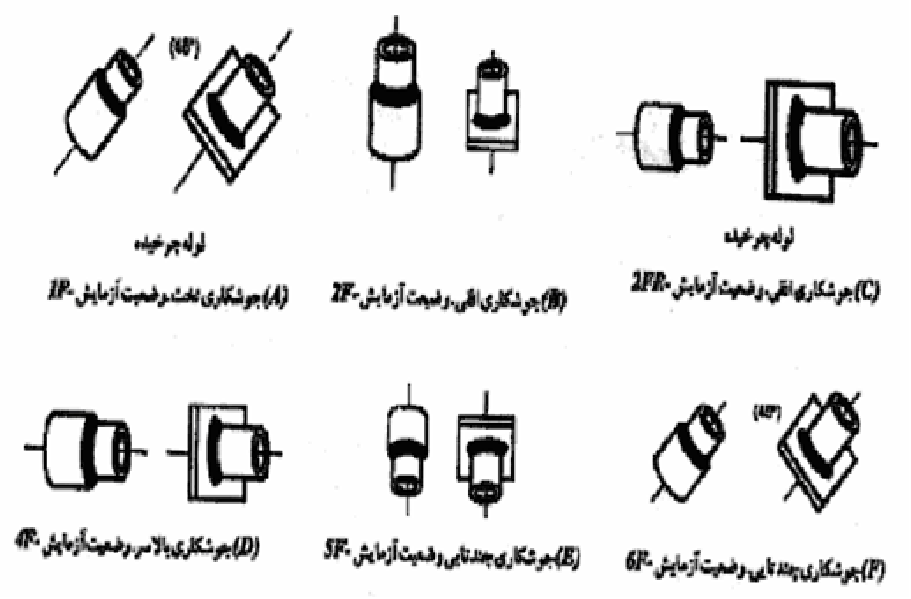
Plat Position For Fillet Weld

۱. موقعیت تخت (1F) :
۲. موقعیت افقی (2F) : جوش به صورت عمودی - افقی رسوب می کند.
۳. موقعیت عمودی (3F) : پلیت ها به صورت عمودی و جوش نیز در همین حالت انجام می گیرد.
۴. حالت بالای سر (4F) : جوش به صورت سقفی و عمودی صورت می گیرد.
۵. لوله به فلانچ ثابت (5F) : لوله به صورت افقی قرار می گیرد.
۶. لوله به فلانچ چرخان (2FR) : لوله به صورت افقی قرار می گیرد.
۷. لوله به فلانچ با زاویهٔ ۴۵ درجه تحت چرخش (1FR) :

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)



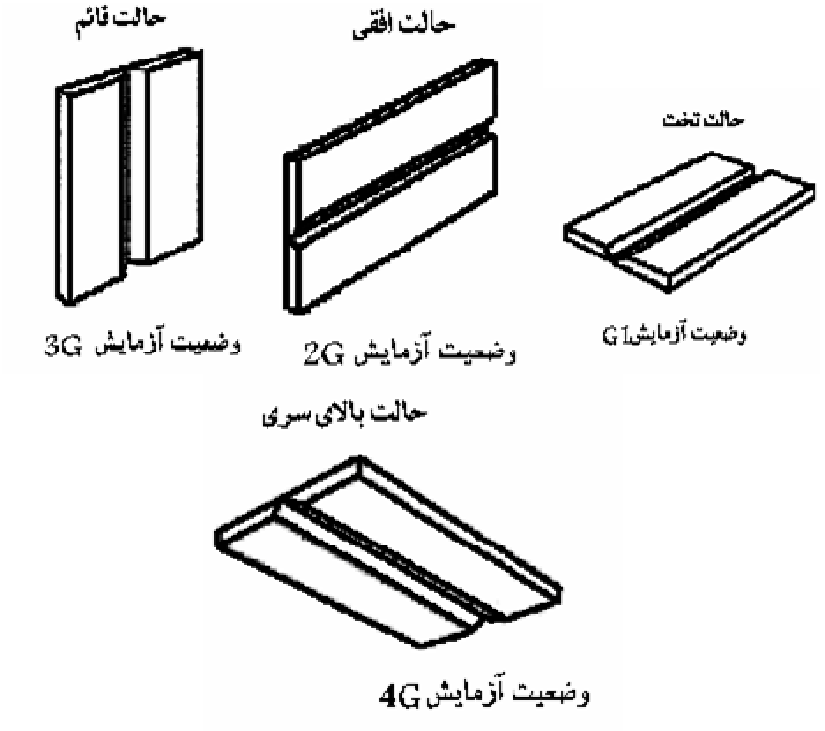




http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

Plate position For Groove Weld

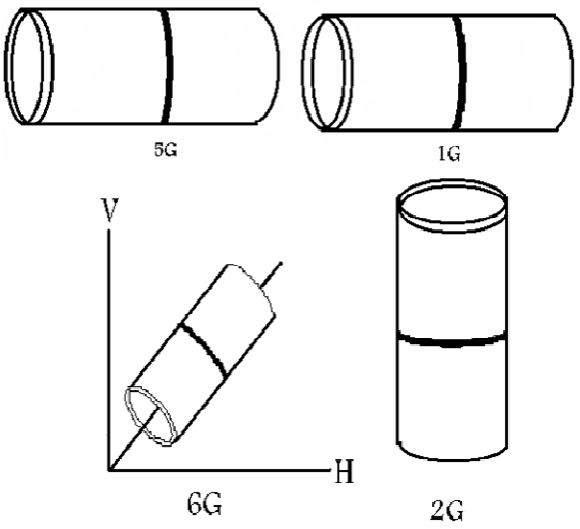
۱. حالت تخت (1G) : دو پلیت به صورت افقی قرار می گیرند و جوش از بالا در شیار رسوب می کند.
۲. حالت افقی (2G) : دو پلیت به صورت عمودی قرار می گیرند و جوش به صورت افقی رسوب می کند.
۳. حالت بالای سر (3G) : دو پلیت به صورت عمودی قرار می گیرند و جوش به صورت عمودی انجام می گیرد.
۴. حالت بالای سر (4G) : دو پلیت به صورت افقی قرار دارند و جوش از زیر در شیار قرار می گیرد.



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

Pipe Position For Groove Weld

۱. حالت تخت (1G) : لوله به صورت افقی چرخان و جوشکاری از بالای لوله صورت می گیرد.
۲. حالت افقی (2G) : لوله به صورت عمودی و جوش به صورت افقی رسوب می کند.
۳. حالت لوله افقی ثابت (5G) : لوله به صورت افقی ثابت است و جوشکار در اطراف لوله می چرخد و جوش در تمام حالات انجام می گیرد.
۴. لوله به صورت ۴۵ درجه ثابت (6G) : لوله با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق قرار می گیرد و جوشکار اطراف لوله می چرخد و جوش در تمام حالات رسوب می کند.



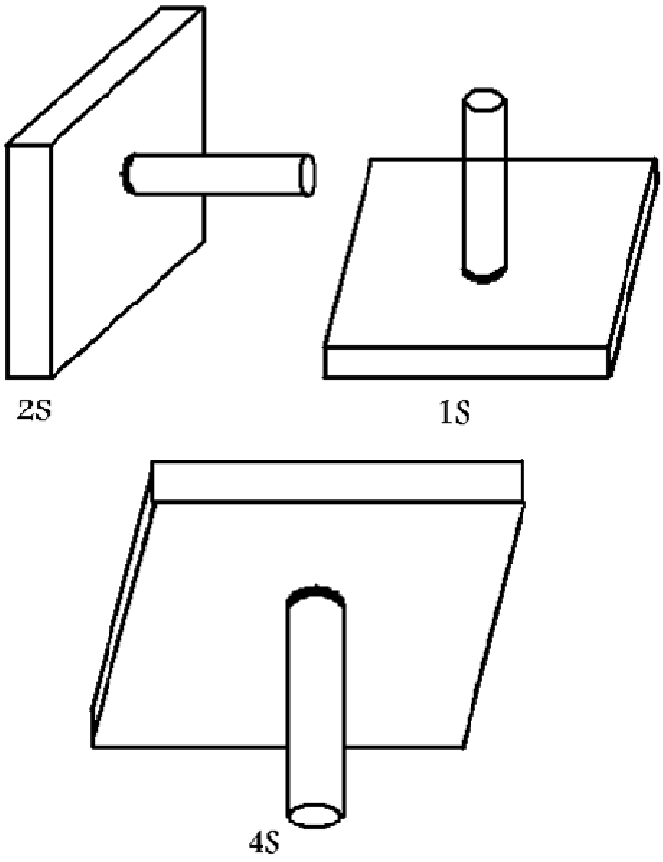
حالت (1S) : میله به صورت عمودی روی پلیت افقی قرار می گیرد و همچنین میله به لوله (از بالا)
حالت (2S) : میله به صورت افقی روی پلیت عمودی قرار می گیرد.
حالت (4S) : میله به صورت عمودی از زیر روی پلیت افقی قرار می گیرد.

وضعیت شیار : که بوسیله یکی از علائم ذکر شده مشخص می گردد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

جهت پیشرفت جوشکاری (Progression) :

که ممکن است یکی از حالات سر بالا(Uphill-Upward) ، سر پایین(Down hill-Down ward) چپ به راست یا راست به چپ (L…R یا R…L) باشد.



http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

F.پیش گرم (Preheat) :

در جوشکاری معمولاً به تقلیل تنش ها ، کاهش شیب حرارتی ، کاهش پیچیدگی ، جلوگیری از ترکیدگی ، قبل از کار قطعه کار را مقداری گرم می کنند. مقدار پیش گرم نسبت به سایز و اندازه و طرح اتصال ، جنس قطعه کار و نوع الکترود مصرفی متفاوت می باشد.

درجه حرارت پیش گرم (Pre Heat Tem) :

همانطور که در بالا ذکر شد دمای پیش گرم نسبت به جنس و ضخامت قطعه از جداول استاندارد تعیین می گردد.

درجه حرارت بین پاسی (Inter Pass Tem) :

که از جداول استاندارد نسبت به جنس سیم جوش و فلز پایه تعیین می گردد.

نگهداری پیش گرم (Pre Heat Main Tenace) :

محدوده زمانی که قطعه باید در دمای پیش گرم باشد و گاهی محدوده دمایی که برای قطعه مجاز است بیان شود.

G.عملیات حرارتی پس از جوشکاری (تنش زدایی) :

این عملیات معمولاً برای آلیاژهای آهنی و فولادها انجام می گیرد که در صورت لزوم در این قسمت ذکر می شود. این عملیات ممکن است در زیر دمای بحرانی یا بالای دمای بحرانی یا تا دمای مشخص دیگری انجام گیرد که دامنه حرارتی آن در قسمت بعد ذکر می گردد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

دامنه دمایی (Temperature Range) :

که مقدار حرارت مورد نیاز را ذکر می کند. این عملیات نسبت به جنس فولاد دارای نرخ گرم کردن و نرخ سرد کردن معین می باشد و دامنه دمایی مشخص و زمان معینی هم باید قطعه در کوره قرار بگیرد.

زمان نگهداری (Time Range) :

هر چه زمان بیشتری قطعه در کوره بماند مقدار بیشتری از تنش ها از بین می رود ولی بیش از حد هم نباید باشد. مدت زمان لازم نسبت به جنس و دمای مورد نظر متفاوت است. در صورتیکه دمای مورد نظر کم شود زمان نگهداری باید زیاد شود.

H.گاز (Gas) :

مشخصات گاز محافظ ، نوع و درصد خلوص یا درصد ترکیب گازهای محافظ پشت بند و همراه آورده می شود. در صورتیکه جوشکاری گازی (OFW) انجام می گیرد نوع و مقدار و دبی خروجی را می توان در این قسمت ذکر کرد.

درصد ترکیب مخلوط گاز (Precence Composition Mixture) :

که درصد ترکیب یا خلوص گاز محافظ ، گاز پشت بند و گاز همراه و نرخ گاز خروجی پس از قطع جریان یا نرخ جریان خروجی گاز باید ذکر شود.

I.مشخصات الکتریکی (Electrical Characteristic) :

نسبت به نوع الکترود جریان AC و DC با قطب مثبت یا منفی مشخص می گردد. این متغیر نسبت به نوع الکترود ، سازندگان الکترود مشخص می کنند.

قطبیت (Polarity) :

اگر جریان DC برای الکترود مناسب باشد ، نوع قطبیت هم باید معین گردد. که نسبت به جنس فلز و نفوذ مورد نظر و ضخامت مشخص می گردد و با علائم اختصاری مربوطه(DCED-DCEN) مشخص می گردد.

شدت جریان (Amperes Range) :

که نسبت به ضخامت ، قطر الکترود ، نوع پروسه ، سرعت حرکت ، میزان نفوذ مورد نیاز تعیین می گردد و مشخص می شود.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

ولتاژ (Volts Range) :

معمولاً ولتاژ مدار باز ذکر می گردد و اگر ولتاژ در حین جوشکاری مشخص باشد ، ذکر می شود. البته در حین کارمعمولاًمتغیر می باشد که دامنهٔ تغییر آن ذکر می گردد.

نوع انتقال فلز (Metal Transfer) :

نیز برای جوش های GMAW معین می گردد.

نرخ تغذیهٔ سیم در جوش های GMAW نیز ذکر می شود.
در صورتی که از جریان پالسی استفاده می شود IP و Ib نیز باید معین شود.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

J.تکنیک و روش کار (Technique) :

در مورد تکنیک و روش جوشکاری توضیحاتی ارائه می دهند و مطالب ذکر شده در این بخش عبارتند از :

گرده جوش (String Or Ware Bead) :

در مواردی که گرده جوش نازک با حرارت ورودی کم و نرخ تبرید سریعتر لازم باشد از گرده زنجیره ای و اگر غیر از این باشد از گرده های موجی و هلالی شکل استفاده می شود.

سایز سوراخ عبور گاز یا کلاهک (Orifice Or Gas Cup Size) :

که در جوشکاری های گازی و یا جوش هایی که از گاز محافظ استفاده می شود باید به موارد فوق اشاره کرد.

تمیز کاری اولیه و بین پاسی (Initial & Inter Pass Cleaning) :

که ممکن است برس زنی ، سنگ زنی و... اتخاذ شود که در مراحل اولیه و بین پاس ها باید اجرا گردد و به منظور پاک کردن سرباره و گل جوش انجام می گیرد.

روش برداشت پشت جوش (Method Of Back Gouging) :

در صورتیکه طرف دیگر اتصال احتیاج به جوشکاری داشته باشد و یا نوع اتصال بصورت X باشد و دو طرف لازم به جوشکاری باشد باید ابتدا پشت جوش را بوسیله الکترود کربنی ، سنگ یا شعله اکسی استیلن برداشت و سپس جوشکاری نمود زیرا سطح زیرین جوش همیشه مقداری اکسید و ناخالصی در بردارد و یا حباب های سطحی بدلیل حفاظت ناقص ایجاد می گردد.

نوسان (Oscillation) :

عرض حرکت نوسانی در دستگاه های اتوماتیک در این قسمت ذکر می گردد.

محدوده تماس لوله با کار (Contact Tube To Work Distance) :

این عامل برای فرآیندهای SAW و MIG بیان می شود و فاصله بین لوله تماس تا سطح کار را گویند.

جوش تک پاسه یا چند پاسه در هر طرف (Multiple Or Single Pass) :

در صورتیکه ضخامت اتصال و نوع پخ به صورتی باشد که احتیاج به چند پاس باشد از جوش چند پاسه و در غیر این صورت جوش تک پاسه زده می شود.

الکترود چند تایی یا تکی (Multiple Or Single Electrode) :

معمولاً در فرآیند SAW که به صورت اتوماتیک انجام می گیرد از چند الکترود نازک جهت بالا بردن رسوب استفاده می شود ، که ممکن است توسط یک مولد (بصورت موازی) یا دو مولد ایجاد شود.

سرعت حرکت (Travel Speed) :

این فاکتور مخصوصاً در جوشکاری های اتوماتیک اهمیت دارد ، سرعت حرکت نسبت به نرخ رسوب ، عمق ذوب ، ضخامت و آمپر مورد نظر تعیین می گردد.

مسائل دیگر (Other) :

در این قسمت مسائل دیگری که نسبت به نوع فرآیند قابل ذکر است آورده می شود. بعنوان مثال : زاویه الکترود ، تناوب جهت جوشکاری ، لزوم استفاده از چکش کاری به منظور تنش زدایی ، فاصله الکترودها در جوشکاری های اتوماتیک با چند الکترود ، نوع شعله در هنگام کار با جوشکاری OFW و ... مطالبی می باشند که مجاز به ذکر در این قسمت می باشد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

بطور کلی مطالب ذکر شده در WPS عمدتاً از استانداردها و یا به وسیلهٔ آزمایشات تجربی باید نوشته شود و برای هر پروسه ای متفاوت است و طرز نگارش متفاوتی دارد.

گزارش کیفیت جوشکاری (PQR)

Welding Procedure Qualification Recorded

معمولاً برای هر WPS یک PQR تنظیم می کنند تا موارد ذکر شده در WPS را تایید کنند ، یا به عبارتی کیفیت مواد اولیه ، فلز جوش و غیره را با روش جوشکاری مشخص شده تایید کنیم. البته در اکثر موارد PQR جواب مثبت می دهد یعنی در حقیقت WPS صحیح نوشته شده است ولی در صورتی که جواب مثبت از کیفیت جوش گرفته نشد مجبور به تغییر متغیرهای ذکر شده در WPS هستیم.

برای تهیه یک PQR باید از مسائلی که در WPS گفته شده تبعیت نمود و برای این کار نمونه ای از همان جنس تهیه کرده و با همان اتصال عملیات جوشکاری را انجام می دهیم. با این کار در ابتدا مواد مورد استفاده ، روش ها و متغیرها تایید می گردد. سپس با انجام تست های لازم خواص مکانیکی و استحکام لازم تایید می گردد.

روش آماده سازی و جوشکاری نمونه های مناسب جهت تعیین کیفیت

فلز پایه و آماده سازی آن از نظر پخ باید دقیقاً مطابق استاندارد باشد. ابعاد و اندازه ها نیز باید مطابق با استانداردهای ذکر شده جهت آزمایش باشد.

حالت جوشکاری باید مطابق با حالتی باشد که در روش جوشکاری آمده است ولی در صورتیکه نمونه در تمام حالات باید جوشکاری شوند ، می توان سخت ترین حالت را برای تست انتخاب کرد و تعداد پلیت های مورد تست را کاهش داد. مثلاً از حالت عمودی به عنوان مشکل ترین حالات ، جوشکاری را انجام می دهند و در صورتیکه جواب مثبت گرفته شده بقیه حالات نیز به همین صورت می باشد.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

انواع آزمایش هایی که برای جوش شیاری انجام می گیرد عبارتند از :

۱. آزمایش کشش جهت اندازه گیری استحکام کششی (Tension Test)
۲. آزمایش خمش ریشه (Root Bend Test)
۳. آزمایش خمش سطح گرده جوش (Face Bend Test)
۴. آزمایش خمش جانبی (Side Bend Test)
۵. آزمایش خمش طولی ریشه و سطح گرده(Longitudinal Face-Root-Bend Test)
۶. آزمایش کشش از فلز جوش برای جوش های EGW و ESW
۷. آزمایش ضربه برای تعیین چقرمگی جوش (Impact Test)
۸. آزمایش ماکرواچ برای سلامت و نفوذ مؤثر در اتصالات شیاری با نفوذ جزیی(Macro etch Test)
۹. آزمایش رادیوگرافی یا اولتراسونیک برای سلامت جوش (NDT)
۱۰.

آزمایش هایی که برای جوش های گوشه ای (Fillet) صورت می گیرند عبارتند از :

۱. آزمایش ماکرواچ برای تشخیص مقدار نفوذ (Macro etch Test)
۲. آزمایش خمش جانبی (Side Bend Test)
۳. آزمایش کشش فلز جوش برای خصوصیات مکانیکی (Tension Test)

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

سایزهای قطعات مورد تست و روش صحیح در استانداردهای ASTM و AWS D 1.1 آورده شده است که با مراجعه به کتب مربوطه می توان اطلاعات مورد نظر را بدست آورد.

نتایج قابل قبول آزمایش ها :

۱. نتایج آزمایش کشش نمونه کوچک باید از حداقل میزان استحکام کششی فلز پایه بیشتر باشد.
۲. نتایج حاصل از آزمایش خمش باید از نظر ظاهری عاری از هرگونه ناپیوستگی سطحی باشد. حد ترک های مجاز برای آزمایش خمش عبارتند از :
-گسستگی با ابعاد حداکثر ۳،۲ میلیمتر
-جمع اندازهٔ بزرگترین بعد ناپیوستگی ها که حداقل ۰،۸ میلیمتر و حداکثر ۳،۲ میلیمتر باشد نباید از ۹،۵ میلیمتر تجاوز کند.
-اگر ترک از گوشه آغاز شد و علت آن ناخالصی ها یا سرباره است حداکثر ۶،۴ میلیمتر مجاز است.
۳. در آزمایش ماکرواچ جوش با فلز پایه باید به خوبی ممزوج باشد. در سطح مقطع ترک مشاهده نشود. برش کنارهٔ جوش نباشد. شکل و اندازه ساق ها باید مطابق طرح اتصال باشد.

۴. در آزمایش های غیر مخرب نسبت طول مربوطه مقدار عیب مجاز باید کم باشد.
۵. بازرسی چشمی لوله ها و مقاطع تو خالی باید دارای شرایط زیر باشد :
- سطح جوش بدون ترک باشد ، ریشه جوش عاری از ترک باشد.
- نفوذ به حد کافی باشد و نفوذ کم قابل قبول نیست.
- ریشه بیش از ۱،۵ میلیمتر تقعر نداشته باشد.

ثبت و کیفیت جوش :

پس از انجام آزمایش های فوق بایستی نتایج مربوطه را در فرم PQR ثبت کرد. همینطور که در فرم PQR ملاحظه می شود. صفحهٔ اول حاوی اطلاعات مثل WPS می باشد. شکل نمونه تعیین کیفیت نیز بهتر است رسم شود. در صفحه دوم PQR اطلاعاتی به ترتیب زیر آورده شده است :

اطلاعات حاصل از آزمایش کشش

در ابتدا شماره نمونه یا نمونه های مورد آزمایش ، پهنای نمونه یا قطر نمونه در قسمت(Wiclth) مشخص می گردد. ضخامت نمونه های تحت آزمایش به طور دقیق اندازه گیری می شود و در قسمت (Thickness) نوشته می شود. مساحت سطح مقطع نمونه اندازه گیری شده و در قسمت(Area) نوشته می شود. حداکثر بار وارد شده قبل از شکست بر حسب کیلوگرم در قسمت (Ultimate Total Load) نوشته می شود. حداکثر تنش کششی نیز بر حسب کیلوگرم بر میلیمتر مربع در قسمت (Ultimate Unite Stress) درج می شود. اطلاعات مربوط به محل شکست و نحوه شکست نیز در قسمت Type Of Factor And Location ذکر می گردد. مثل شکست ترد یا نرم و محل شکست.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

اطلاعات حاصل از آزمایش خمشی

نوع و شماره نمونه مورد آزمایش مثل نوع ریشه ای ، جانبی ، سطحی در قسمت (Type And Figure No) ذکر می شود. نتیجه حاصل از تست خمش و هر کدام از حالات در مقابل آن ذکر می شود.

اطلاعات حاصل از تست ضربه

که معمولاً برای جوش های ESW و EGW انجام می گیرد. شماره نمونه (Specimen No) ، محل قرار گرفتن شیار که ممکن استW.M – B.M , HAZ باشد(N.Location). نوع شیار مورد نظر که ممکن است شارپی یا ایزود یا بدون شیار باشد(Notch Type). درجه حرارت انجام آزمایش نیز امر مهمی می باشد که باید ذکر گردد(Test Tempe). میزان ضربه لازم که معمولاً بر حسب N مشخص می شود(Impact Values). سطح مقطع شکست معمولاً از دو قسمت نرم و ترد تشکیل شده است که باید مقدار هر کدام نوشته شود. حالا در صورتیکه جوش گوشه ای باشد نتایج حاصل باید در قسمت(Fillet-Weld) ثبت گردد.

در ابتدا نتیجه کلی از جوش و طرز عملیات اگر رضایت بخش باشد باید معلوم شود. سپس مقدار نفوذ فلز جوش در فلز پایه(Penetration In To Parent Metal) در صورتیکه آزمایش خمش نیز انجام شده نتیجه بایستی ذکر گردد. تایید نتایج آزمایش سختی در صورت نیاز در قسمت(Hardness Test) صورت می گیرد و سختی در قسمت های مختلف فلز پایه ، جوش و HAZ اندازه گیری می شود. در صورتی که در جوش های گوشه ای هر نوع آزمایش دیگری لازم به ذکر باشد بایستی پس از این مطالب

آورده شود. روش جوشکاری در صورتی تایید می گردد که جوشکار آن همان جوشکار PQR باشد. پس ذکر نام جوشکار نیز الزامی است.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

محدودیت متغیرهای PQR

جهت کاهش هزینه و زمان ناشی از انجام آزمایش های تعیین کیفیت لازم است محدوده ای برای متغیرها در PQR در نظر گرفته شود. بر اساس قوانین استاندارد هر تولید کننده ای موظف به ارائه WPS برای جوش ها و PQR برای هر WPS می باشد. اما می توان از یک PQR برای تایید کیفیت چند WPS استفاده کرد ، به شرط آنکه در متغیرها تغییرات اساسی داده نشده باشد. به عنوان مثال تغییر در تعداد پاس یا آمپر به مقدار کم در کیفیت تغییرات زیادی ایجاد نمی کند ولی تغییر در نوع الکترود یا نوع گاز محافظ بی تردید مشکلاتی به بار می آورد.

در صفحات بعدی یک نمونه WPS و PQR مشاهده می شود که مطالب ذکر شده در آنها می توان دید که جهت تفهیم بهتر مطالب آورده شده اند

.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

در صفحات بعدی چندین فرم WPS و PQR برای آشنایی آورده شده است.

QW-482 (Back)

WPS No. 1111 Rev.

POSITIONS (QW-405)
Position(s) of Groove: 3G
Welding Progression: Up X Down
Position(s) of Fillet: N/A

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)
Temperature Range: WRAP W/ INSULATION
Time Range: WARM TO TOUCH

PREHEAT (QW-406)
Preheat Temp. Min.: 200°
Interpass Temp. Max.: 500°
Preheat Maintenance: CHECK EACH LAYER
(Continuous or special heating where applicable should be recorded)

GAS (QW-408)

	Gas(es)	Percent Composition (Mixture)	Flow Rate
Shielding	N/A		
Trailing	N/A		
Backing	N/A		

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)
Current AC or DC: DC Polarity: RP
Amps (Range): 85-120 Volts (Range): 19-22
(Amps and volts range should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc. This information may be listed in a tabular form similar to that shown below.)
Tungsten Electrode Size and Type: N/A (Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc.)
Mode of Metal Transfer for GMAW: N/A (Spray arc, short circuiting arc, etc.)
Electrode Wire feed speed range: N/A

TECHNIQUE (QW-410)
String or Weave Bead: STRINGER AND WEAVE
Orifice or Gas Cup Size: N/A
Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.): CLEAN EACH PASS WITH WIRE BRUSH OR BUFFER
Method of Back Gouging: N/A
Oscillation: N/A
Contact Tube to Work Distance: N/A
Multiple or Single Pass (per side): MULTIPAS
Multiple or Single Electrodes: SINGLE
Travel Speed (Range): 6"-12"
Peening: N/A
Other: N/A

SAMPLE

Weld Layer(s)	Process	Filler Metal Class	Filler Metal Dia.	Current Type Polar.	Current Amp. Range	Volt Range	Travel Speed Range	Other (e.g., Remarks, Comments, Hot Wire Addition, Technique, Torch Angle, Etc.)
1	SMAW	E-6011	1/8"	DCRP	85-120	19-22	6"-10"	N/A
2	SMAW	E-7018	3/32"	DCRP	85-120	19-22	6"-10"	N/A
3	SMAW	E-7018	1/8"	DCRP	85-120	19-22	6"-10"	N/A
4	SMAW	E-7018	1/8"	DCRP	85-120	19-22	8"-12"	N/A
5	SMAW	E-7018	1/8"	DCRP	85-120	19-22	8"-12"	N/A

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
(See QW-201.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Company Name USNAVY By: M. KONSCAK
Welding Procedure Specification No. 1111 Date 4/26/90 Supporting PQR No.(s) 1111-A1
Revision No. N/A Date N/A
Welding Process(es) S.M.A.W. Type(s) MANUAL (Automatic, Manual, Machine, or Semi-Auto.)

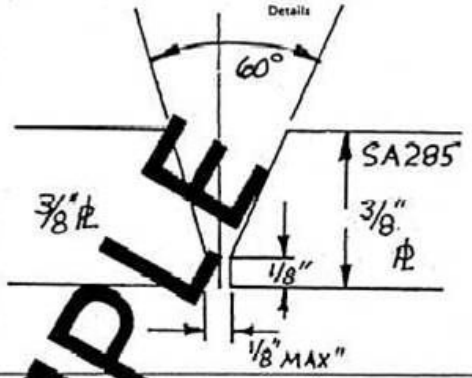
JOINTS (QW-402)
Joint Design BU-1
Backing (Yes) ____ (No) X
Backing Material (Type) N/A (Refer to both backing and retainers.)

☐ Metal ☐ Nonfusing Metal
☐ Nonmetallic ☐ Other

Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and the details of weld groove may be specified.

(At the option of the Mfgr., sketches may be attached to illustrate joint design, weld layers and bead sequence, e.g. for notch toughness procedures, for multiple process procedures, etc.)

Details



SAMPLE

*BASE METALS (QW-403)
P-No. 1 Group No. 1 to P-No. 1 Group No. ____
OR
Specification type and grade SA-285-C
to Specification type and grade SA-285-C
OR
Chem. Analysis and Mech. Prop. A-1
to Chem. Analysis and Mech. Prop. A-1
Thickness Range:
Base Metal: Groove 3G Fillet N/A
Pipe Dia. Range: Groove 24"+DIA Fillet N/A
Other ____

*FILLER METALS (QW-404)		
Spec. No. (SFA)	SFA 5.1	SFA 5.5
AWS No. (Class)	E-6011	E-7018
F-No.	F-3	F-4
A-No.	A-1	A-1
Size of Filler Metals	1/8"	1/8"
Deposited Weld Metal	6"-12"	6"-12"
Thickness Range:	1/8"	1/8"
Groove	OPEN V GROOVE	OPEN V GROOVE
Fillet	----	----
Electrode-Flux (Class)	N/A	N/A
Flux Trade Name	N/A	N/A
Consumable Insert	N/A	N/A
Other	N/A	N/A

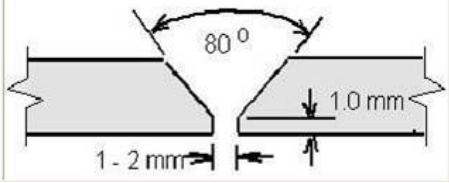
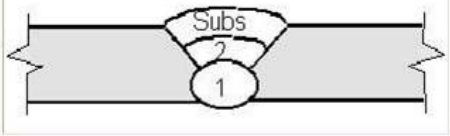
*Each base metal-filler metal combination should be recorded individually.

This form (E00006) may be obtained from the Order Dept., ASME, 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

Weld Procedure Number	30 P1 TIG01 Issue A
Qualifying Welding Procedure (WPAR)	WP TI7/A

Manufacturer:	National Fabs Ltd 25 Lane End Birkenshaw Leeds	Method Of Preparation and Cleaning:	Machine and Degrease
Location:	Workshop	Parent Metal Specification:	Grade 304L Stainless Steel
Welding Process:	Manual TIG	Parent Metal Thickness	3 to 8mm Wall
Joint Type:	Single Sided Butt Weld	Pipe Outside Diameter	25 to 100mm
		Welding Position:	All Positions
		Welding Progression:	Upwards

Joint Design	Welding Sequences
	

Run	Process	Size Of Filler Metal	Current A	Voltage V	Type Of Current/Polarity	Wire Feed Speed	Travel Speed	Heat Input
1 2 And Subs	TIG TIG	1.2mm 1.6mm	70 - 90 80 - 140	N/A	DC- DC-	N/A	N/A	N/A

Welding Consumables:- Type, Designation Trade Name: Any Special Baking or Drying: Gas Flux:	 BS 2901 Part2 : 308S92 No Argon 99.99% Purity	**Production Sequence** 1. Clean weld and 25mm borders to bright metal using approved solvent.

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

Manufactures welding procedure specification (WPS)

Location: *BUSHEHR*

Manufacturer's welding procedure:

Manual metal-arc welding (111)

Reference No.: *36*

WPAR No.:

Welding-process: *111*

Joint type: *Fillet weld*

Examiner or examining body:

Method of preparation and cleaning: *smooth*

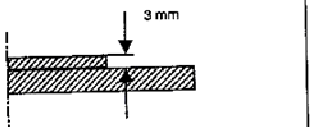
Parent material specification: *ST 37-2, S 235 JR*

Material thickness (mm): *s = 3 - 5*

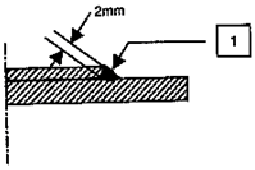
Outside diameter (mm)

Welding position: *PB PF*

Joint design



Welding sequences



Welding details:

Run	Process	Size of Filler Metal	Current A	Voltage V	Type of current / Polarity	Wire Feed Speed m/min	Run-out lenght/travel speed* m/min	Heat Input*
1	*111*	*2,5 mm*	*60 - 100*	*21-23*	*= "__ "*			

Designation of welding consumables and trade name:

E5153 B10 DIN 1913 OK 46.00 ESAB

Any special baking or drying: *2 hour by 250-300 °C*

Gas shielding:

Gas flow rate:

Preheat temperature:

Interpass temperature:

Other information[1]):

Welding: Quality level: *"C" (BS EN 25817)*

Distance contact Tube/work piece:

Manufacturer: *ELEX AG*

K. Krohne 18.05.2001 *Krohne*

Name, date and signature

Examiner or examining body:

Name, date and signature

[1]) If required

N:\Auftrage\A8300 bis A8399\A8323-84 Bushehr\ELEX\QS\QSPP\Manufactures Welding Procedure 36-A.doc

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)

(QW-482)WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS(WPS)

کد : 380

NEYRPERSE CO-WELDING DEPARTMENT

Welding Procedure Specification No. : TIF-CT014-SAW-2 Date : 8.11.2004

Revision No. : 00 Date : 8.11.2004 PQR No. : VK-R-012

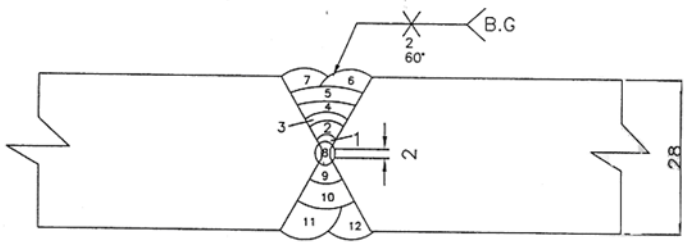
Welding Process(es) : SMAW+SAW Type(s) : MANUAL+AUTOMATIC

JOINTS(QW-402)

Joint Design : DOUBLE V GROOVE

Backing(Yes) : NO Backing Material(Type) : ☐ Metal ☐ Nonmetallic ☐ Nonfusing Metal ☐ Other

DETAILS



SC:1/1

BASE METAL (QW-403)

P-No. : 1 Group No. : 2 To P-NO. : 1 Group No. : 2

Or Specification type and Grade : SA516-70 To Specification type and Grade : SA516-70

Or Chem. Analysis and Mech. Pro. : -- To Chem. Analysis and Mech. Pro. : --

Thickness Range :

Base Metal : 28 mm Groove : 28 mm Fillet : --

Pipe Dia. Range : -- Groove : -- Fillet : --

Other : --

FILLER METALS (QW-404)		1	2	3
Spec. No. (SFA)		5.1	5.17	--
AWS No. (Class)		E7018-1	EM12	--
F-No.		4	6	--
A-No.		1	1	--
Trade Name		AMA	AMA	--
Trade No.		1177F	OES2	--
Size of Filler Metals		3.25 mm	4 mm	--
Deposited Weld Metal		1 LAYER	28 mm	--
Thikness Range:	Groove	3-4 mm	28 mm	--
	Fillet	--	--	--
Electrode-Flux (Class)		--	--	--
Flux Trade Name		--	AMA OP122	--
Dry Temp.		300-350 °c	300~350 °C	--
Dry Time		2 hr	1 hr	--

http://omidi2010.blogsky.com(وبلاگ مهندس امیدی)