فهرست مطالب

جوشکاری قوس الکتریک دستی ..... ۹ SMAW

جوشکاری اکسی استیلن ..... ۲۸ Fw-oAw-oFw

برشکاری با شعله گاز ..... ۴۰ Fc-Ac

جوشکاری زیر پودری ..... ۴۵ SAW

جوشکاری مقاومتی ..... ۵۱ Rw

جوشکاری سیلانی ۵۹

جوشکاری TIG ۶۰

برشکاری پلاسما ..... ۶۵ PAw-PAc

جوشکاری MAG , MIG ۶۸

جوش سرباره الکتریکی ..... ۷۰ Esw

فرآیند فلز پاشی ..... ۷۴ MS

جوشکاری ترمیت ..... ۷۷ Tw

جوشکاری چدن ۸۰

جوشکاری آلومینیوم ۸۷

لحیم کاری ۹۳

Scanned with CamScanner

پیشینه ی تاریخی روش های مختلف جوشکاری

بر اساس سال میلادی

جوشکاری مقاومتی ۱۸۷۶

جوشکاری قوس الکتریکی ۱۸۸۱

جوشکاری قوس با الکترود لخت ۱۸۹۱

جوشکاری اکسی استیلن ۱۸۹۵

جوشکاری قوس با الکترود روکش دار ۱۹۰۵

روکش سیلیکات آهن ۱۹۰۵

روکش سلولزی ۱۹۱۵

روکش روتیلی ۱۹۳۵

روکش قلیایی ۱۹۴۲

افزودن پودر آهن ۱۹۵۵

جوشکاری زیر پودری ۱۹۳۵

جوشکاری TIG ۱۹۴۲

جوشکاری MIG ۱۹۴۸

جوشکاری با سرباره الکتریکی ۱۹۵۰

جوشکاری انفجاری ۱۹۶۰

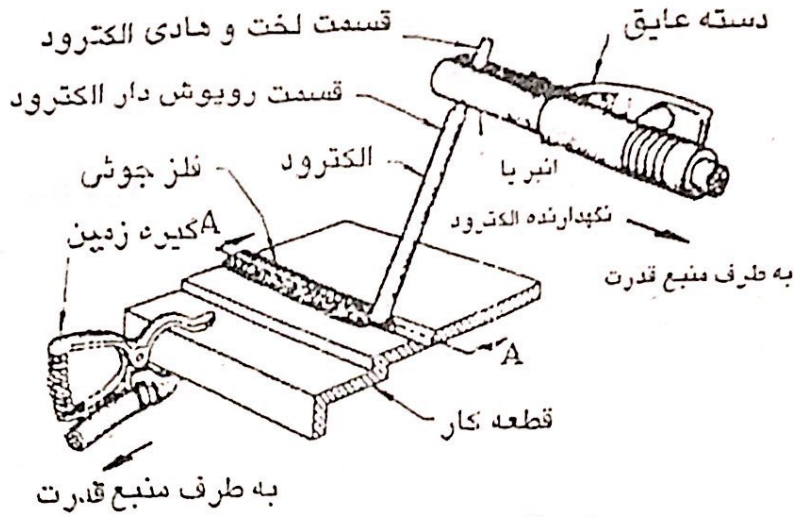
جوشکاری پلاسما ۱۹۶۰

جوشکاری اصطکاکی ۱۹۶۱

Scanned with CamScanner

تعریف جوشکاری

جوشکاری ، اتصال دائمی دو ماده (معمولاً فلزات) از طریق آمیزش موضعی و ترکیب دما و فشار می باشد. حرارت و فشار با هم در تعادل هستند، هر قدر حرارت بیشتر شود، فشار،کمتر می شود و برعکس. ممکن است فلز سومی هم به عنوان اتصال دهنده بین دو قطعهٔ تحت جوشکاری قرارگیرد.



کاربردهای جوشکاری

اتصال دهی : بیش از ۸۰ درصد از کاربردهای جوشکاری به اتصالات مربوط می شود. موضع اتصال می تواند از نظر استحکام مکانیکی، انعطاف پذیری، مقاومت به ضربه و ... از فلز پایه نیز بهتر عمل کند. از نظر آب بندی و عدم نفوذ نیز اینگونه اتصالات کاملاً بسته بوده و در ساخت مخازن و لوله های انتقال نفت و گاز و ... کاربرد زیادی دارند.

ترمیم و بازسازی قطعات فرسوده و مستهلک شده : بویژه در مواردی که قطعه بزرگ بوده و نتوان آنرا تعویض کرد.

رفع عیوب قطعات ریخته گری و ماشینکاری شده : به عنوان مثال، پرکردن حفرات و سوراخ های موجود در قطعه.

روکش دهی : توسط جوشکاری می توان سطح قطعات فلزی را جهت نیل به خواص مورد نظر مانند ضد سایش ، ضدخوردگی و... روکش دهی کرد.

Scanned with CamScanner

انواع روشهای جوشکاری

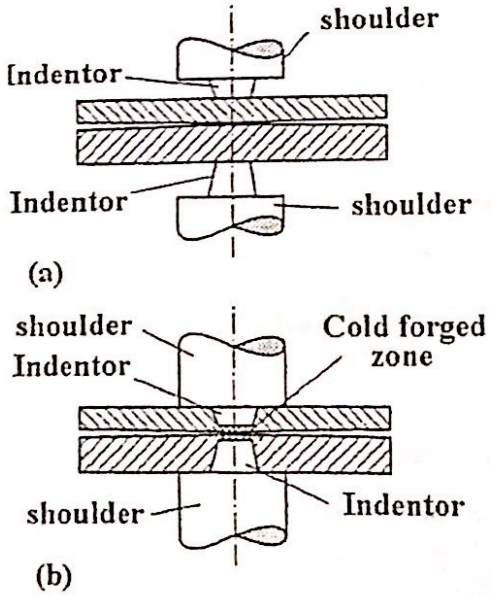
جوشکاری ذوبی (Fusion Welding) : در این روش به کمک یک منبع حرارتی مانند قوس الکتریکی ، شعله ، فرآیندهای شیمیایی ، اشعه ی لیزر و... لبه های اتصال ، ذوب شده و یک حوضچه ی مذاب به وجود می آید که پس از منجمد شدن ، یک اتصال قوی را به وجود می آورد. این نوع جوشکاری بیشترین کاربرد را نسبت به سایر روشهای جوشکاری دارد.

جوش آهنگری (Forge Welding) : از قدیمی ترین روشهای جوشکاری است که طی آن با گرم کردن قطعات تا حد سرخ شدن ، آن ها را روی هم قرار داده و آن قدر می کوبند تا با هم ممزوج شده و در هم فرو روند.

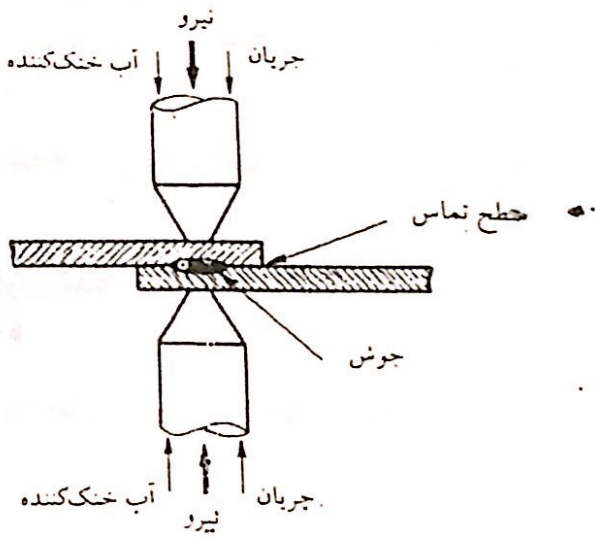
جوشکاری مقاومتی (Resistance Welding) : این روش مانند جوشکاری آهنگری است، با این تفاوت که موضع جوش توسط جریان برق گرم می شود در حالیکه در جوشکاری آهنگری ، قطعه در کوره گرم خواهد شد. با عبور جریان الکتریکی از موضع جوش که نقش مقاومت را دارد، حرارتی ایجاد می شود که سبب خمیری شدن موضع اتصال خوا هد شد سپس با اعمال فشار توسط بازوهای مکانیکی ، دو قطعه در محل اتصال در هم فرو می روند .

جوش سرد (Cold Welding) : در این روش پس از تمیز کردن موضع اتصال از آلودگی با اعمال فشار بسیار زیاد، قطعات تحت تغییرشکل پلاستیکی قرارگرفته و بهم جوش می خورند. در این فرایند، ذوب صورت نمی گیرد و در صورت فراهم بودن شرایط مناسب ، یک اتصال قوی بوجود می آید.

جوش اصطکاکی (Friction Welding) : از این روش عموماً برای اتصال قطعات دوار استفاده می شود. بدین ترتیب که یکی از قطعات، ثابت یا درحال چرخش بوده و قطعه دیگر در حال چرخش در جهت عکس به آن فشرده شده و بر اثر اصطکاک دو سر آن خمیری شده و به هم جوش می خورند.

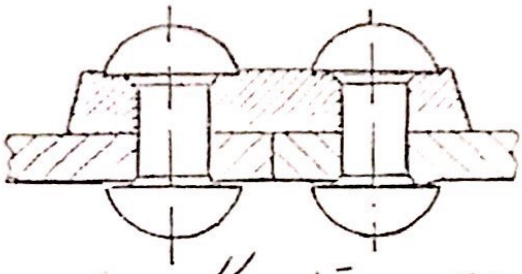


نحوه انجام فرایند جوشکاری فشاری سرد



جوشکاری مقاومتی

Scanned with CamScanner

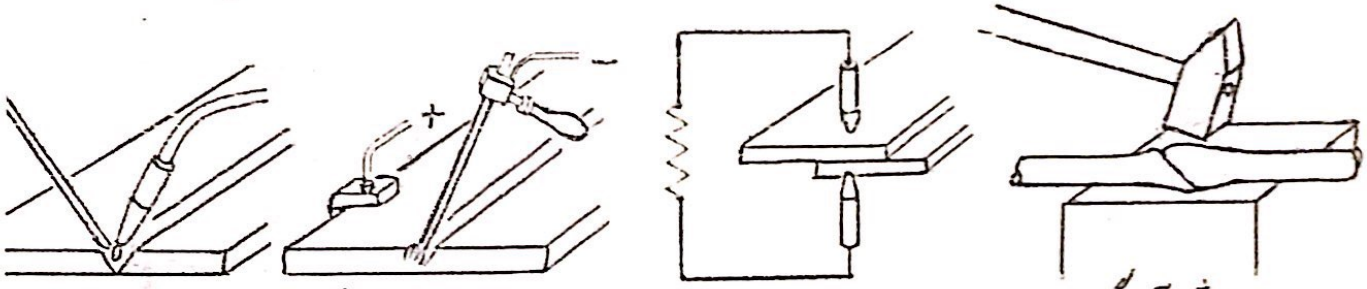


اتصال دو قطعات بکمک پرچ کاری

بخ زدن لبه‌های اتصال
برای جوشکاری

جوش پرسی

جوش ذوبی



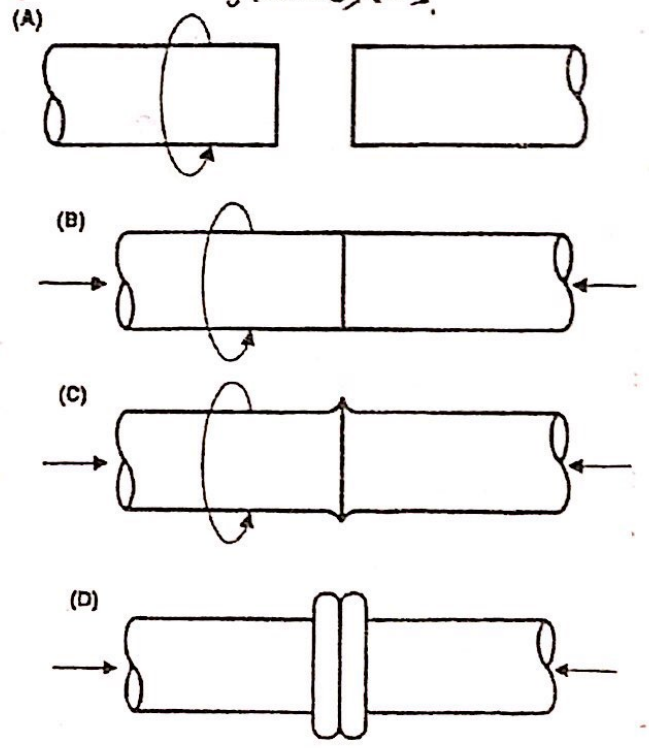
جوشکاری با شعله گاز

جوشکاری قوس الکتریکی

جوش مقاومتی

جوش آهنگری

جوشکاری اصطکاکی



Scanned with CamScanner

تاثیر عناصر مختلف در جوشکاری

الف) اکسیژن

- عناصر آلیاژی موجود در قطعه کار را می سوزاند؛ که در پی آن ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی موضع جوش تغییر می کند.
- کشش سطحی مذاب را کم کرده و باعث روانی آن می شود.
- کربن موجود در فولاد را سوزانده و با تشکیل گازهای CO و CO_2 ایجاد حفره و تخلخل می کند که در پی آن مقاومت به ضربه و سایر خواص مکانیکی موضع جوش ، تضعیف می شود. همچنین سوختن کربن و عناصر آلیاژی باعث افت شدید خواص فولاد می شود.
- اکسیژن از اتمسفر وارد موضع جوش می شود، بنابراین بهترین راه حل برای جلوگیری از اثرات نامطلوب اکسیژن ، حفاظت گازی از موضع جوش و عدم نفوذ اتمسفر می باشد.

ب) نیتروژن

- باعث ایجاد نیترید آهن و نیترید برخی فلزات دیگر می شود که در مرز دانه ها رسوب کرده و خواص مکانیکی مانند مقاومت به ضربه را کم می کند.

راه حل : اضافه کردن عناصری که میل ترکیبی شدیدی با نیتروژن دارند ؛ مانند آلومینیوم، تیتانیوم و زیرکونیوم. (نیتریدهای نامحلول این عناصر در سرباره جمع می شود.)

ج) فسفر و گوگرد

- تخلخل ایجاد کرده و خواص ضربه پذیری و قابلیت جوشکاری فولاد را کم می کنند.

د) هیدروژن

بدترین عنصر در جوشکاری می باشد که باعث ضعف مکانیکی در موضع جوش و ایجاد ترک می شود. هیدروژن ، عامل اصلی ترک خوردگی سرد است که به منطقه جوش نفوذ کرده و باعث بروز پدیده هیدروژن تردی شده که در نهایت می تواند منجر به شکست کامل قطعه شود.

- منابع پیدایش هیدروژن در موضع جوش : رطوبت و بخارآب ، چسب های هیدروکربوری (برای چسباندن روکش الکترود بکار می روند.) ، گریس ها ، چربی ها و .....
- حلالیت هیدروژن در آلومینیوم و فولاد مذاب بسیار بیشتر از حالت جامد است. از آنجایی که در هنگام سرد شدن موضع جوش ، سطح زودتر سرد می شود، به صورت حفره در موضع جوش باقی می ماند.
- با کربن موجود در سمنتیت فولاد ، ترکیب شده و گاز متان تولید می کند.
- با اکسیژن ترکیب شده و بخار آب ایجاد می کند.
- با گوگرد موجود در فولاد ترکیب شده و گاز سولفید هیدروژن تولید می کند.

اگر این گازها نتوانند به علت انجماد سطح جوش خارج شوند، باعث ایجاد حفره می شوند که در پی آن خواص مکانیکی موضع جوش را کاهش می دهند.

Scanned with CamScanner

راه حل :

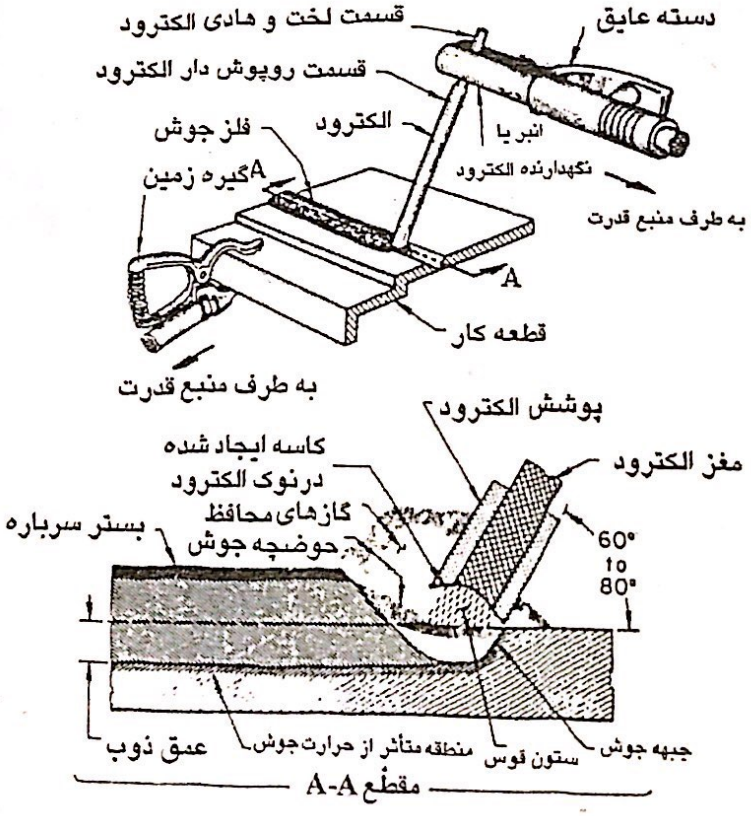
- از منابع پیدایش هیدروژن که در بالا ذکر شد باید پرهیز کرد.
- از الکترودهای کم هیدروژن با محافظت از رطوبت هوا استفاده کرد. (اگر مقدار هیدروژن در ۱۰۰ گرم مغزی الکترود از ۱۵ میلی گرم کمتر باشد، الکترود کم هیدروژن محسوب می شود.)
- عملیات حرارتی پیشگرم و پسگرم بلافاصله پس از جوشکاری ، خروج هیدروژن را از موضع جوش تسریع کرده وخطر هیدروژن تردی و ترک خوردگی را کم می کند. (البته به استثنای برخی فولادهای آلیاژی که عملیات پسگرم باعث تردی و ترک خوردگی در آنها می شود.)

Scanned with CamScanner

جوشکاری قوس الکتریکی

هنگامی که یک میله متصل به قطب منفی در یک مدار الکتریکی (کاتد) که تحت یک اختلاف پتانسیل قراردارد، گرم شود، الکترون از آن ساطع می‌شود. در فاصله هوایی بین آند و کاتد، الکترون ها شتاب گرفته و می‌توانند اتم های هوا را یونیزه کنند و یا اینکه باعث شوند الکترون های هوا تغییر لایه داده که در اینصورت انرژی به صورت نور مرئی یا غیر مرئی ساطع شود. در ادامه ، الکترون ها به طرف قطب مثبت رفته و در آنجا متوقف می‌شوند و انرژی جنبشی آنها به انرژی حرارتی تبدیل می شود.

اساس جوشکاری قوس الکتریکی ، استفاده از انرژی حرارتی بوجود آمده بر اثر قوس الکتریکی می باشد. مطابق شکل زیر، الکترود و قطعه کار به منبع قدرت وصل بوده و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آنها باعث ایجاد قوس الکتریکی شده که نهایتاً بواسطه انرژی حرارتی بوجود آمده ، الکترود و لبه های قطعه کار، ذوب شده و بهم متصل می شوند.



Scanned with CamScanner

دستگاه جوش

برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز جوشکاری، نمی توان از برق شبکه استفاده کرد، زیرا با توجه به اینکه ولتاژ برق شهر ۲۲۰ یا ۳۸۰ ولت است، اولاً کار کردن با این ولتاژ خطرناک است و ثانیاً هدایت قطرات ذوب شده از الکترود و تمرکز حرارت براحتی میسر نمی باشد. علاوه بر آن بایستی تدابیری اتخاذ شود که جریان الکتریکی داده شده به قوس در حین جوشکاری قابل کنترل باشد.

بنابراین لازم است برای جوشکاری از دستگاه جوش استفاده شود. این دستگاه از یک ترانسفورماتور کاهنده تشکیل شده است که دارای یک سیم پیچ اولیه با تعداد دور زیاد و یک سیم پیچ ثانویه با تعداد دور کم و یک هسته می باشد.

معمولاً ورودی این ترانسفورماتور، برق شبکه (ولتاژ ۲۲۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز) و خروجی آن نیز ولتاژی زیر ۹۰ ولت و جریانی در محدوده ۵۰ تا ۴۰۰ آمپر می باشد که در حین جوشکاری معمولاً ولتاژی کمتر از ۶۰ ولت از آن گرفته می شود.

بین تعداد دور سیم پیچ های اولیه و ثانویه روابط زیر برقرار است :

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

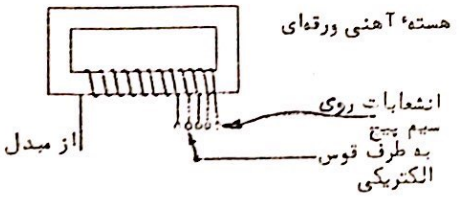
روش های بدست آوردن شدت جریان مناسب برای جوشکاری

برای بدست آوردن جریان مورد نیاز (آمپراژ مناسب) می توان از روشهای زیر استفاده کرد :

۱- استفاده از انشعابات مختلف از سیم پیچ ثانویه :

در این روش با گرفتن سرهای مختلف از سیم، در واقع با تغییر دادن تعداد دور سیم پیچ ثانویه می توان شدت جریان های مختلفی را در خروجی به دست آورد. معایب این روش عبارتند از :

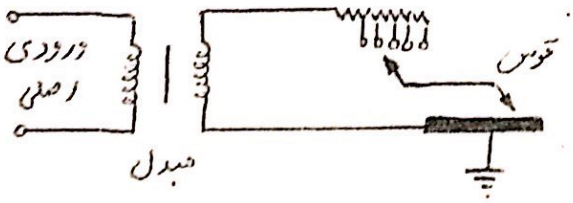
- تغییرات جریان خروجی ، پیوسته نبوده و بصورت پله ای است.
- ولتاژ خروجی نیز تغییر می کند.



۲- استفاده از مقاومت بعد از سیم پیچ ثانویه به صورت پله ای :

معایب این روش عبارتند از :

- به علت استفاده از مقاومت ، مقداری از انرژی تلف شده و به صورت گرما آزاد می شود.
- تغییر جریان خروجی، پیوسته نبوده و پله ای است.

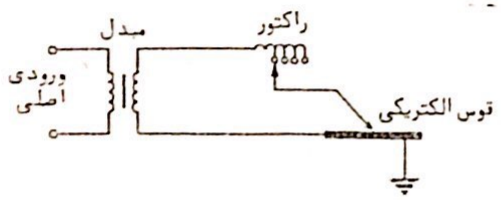


Scanned with CamScanner

۳ – استفاده از سلف یا بوبین بعد از سیم پیچ با انشعابات مختلف :

در این مورد، هر چه تعداد حلقه های بوبین کمتر باشد، شدت جریان بیشتر بوده و برعکس. معایب این روش نیز عبارتند از :

- تغییرات جریان خروجی به صورت پله ای است.



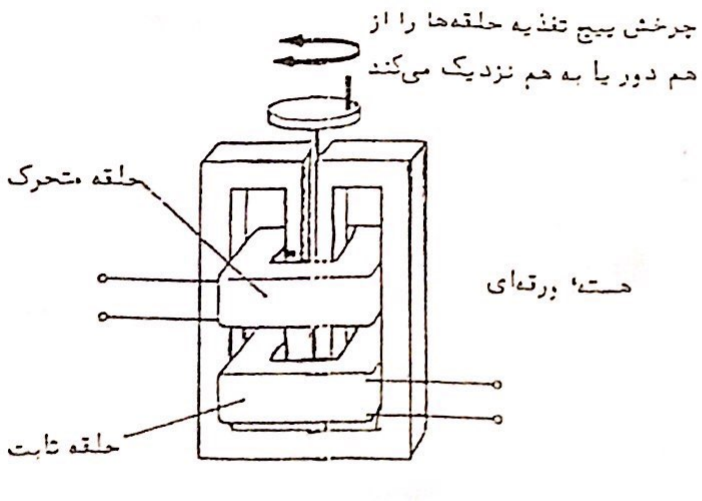
۴- تغییر فاصله ی هوایی :

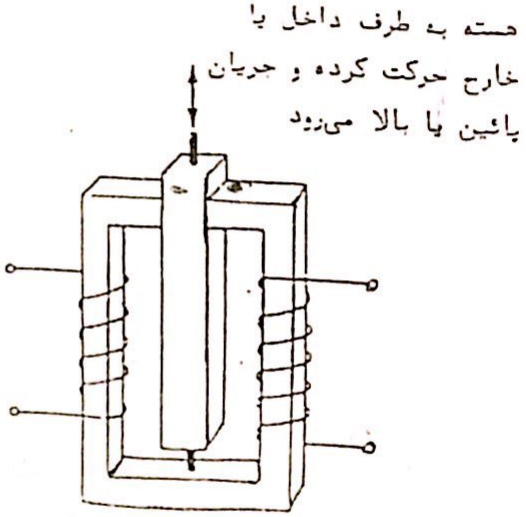
* دور یا نزدیک کردن دو سیم پیچ به همدیگر :

در این روش با کم و زیاد شدن فاصله ی هوایی بین دو سیم پیچ ، میزان القای مغناطیسی نیز تغییر کرده و نهایتاً جریان خروجی کم و زیاد می شود. این روش به دلیل مسائل ایمنی کاربرد ندارد، زیرا در آن خطر برق گرفتگی وجود دارد.

* جابجا کردن هسته :

در این روش ، جابجا کردن هسته بین دو سیم پیچ در امتداد عمودی سبب می شود فضای بین سیم پیچ ها ، پر یا خالی شود. هر قدر هسته ی فلزی ، بیشتر فضای بین سیم پیچ ها را پر کند القای مغناطیسی بیشتر شده و جریان خروجی نیز بیشتر خواهد شد و بر عکس. این روش به علت تغییرات پیوسته جریان خروجی (پله ای نبودن) و داشتن مسائل ایمنی کافی تقریباً متداول ترین روش می باشد.





Scanned with CamScanner

جوشکاری با برق مستقیم ومتناوب

برق لازم برای جوشکاری می توان مستقیم یا متناوب باشد. به دلیل متناوب بودن برق شبکه (برق شهر) برق به دست آمده از ترانسفورماتور نیز متناوب خواهد شد. برای به دست آوردن برق مستقیم باید از دستگاه یکسوکننده استفاده شود.

هر کدام از جریان های مستقیم یا متناوب مزایا و معایبی دارند :

- دستگاه های برق متناوب ارزان تر بوده و بیشتر در دسترس می باشند ؛ درحالیکه جوشکاری با برق مستقیم نیاز به یکسوکننده و دستگاه های ویژه دارد.
- قطبیت در برق مستقیم اهمیّت دارد امّا در برق متناوب تاثیری ندارد.
- شروع و نگهداری قوس درجریان مستقیم آسان تر است.
- به دلیل تغییرات دائمی جهت جریان در برق متناوب ، درجه ی حرارت قطعه کار و الکترود تقریباً برابر است امّا در برق مستقیم ، قطب مثبت گرم تر از قطب منفی است.
- وزش قوس در برق مستقیم بیشتر است.
- به دلیل تغییرات دائمی شدت جریان، پایداری قوس در برق متناوب کم تر است ؛ امّا در برق مستقیم پایداری قوس بیش تر بوده و انتقال قطرات مذاب به حوضچه جوش راحت تر و یکنواخت تر صورت می گیرد.

برای پایداری قوس، تعریف مشخص و کاملی وجود ندارد؛ اما می توان بطور نسبی، پایداری قوس را چنین تعریف کرد:

انتقال قطرات مذاب به حوضچه جوش به صورت یکنواخت و بدون پراکندگی به اطراف باشد، بطوری که در حین روشن بودن قوس، ترشح و پاشش قطرات مذاب به اطراف ، در حد قابل قبولی بوده و قوس حالت ثابتی داشته باشد. (جهش و پریدن نداشته باشد.)

دمای مرکز قوس در برق متناوب حدود ۷۰۰۰ درجه سانتیگراد و در طر فین قوس حدود ۴۰۰۰ درجه می باشد. در برق مستقیم نیز دمای مرکز قوس حدود ۷۰۰۰ درجه و دمای قطب مثبت حدود ۴۲۰۰ درجه و دمای قطب منفی نیز ۳۶۰۰ درجه می باشد.

برق مستقیم می تواند با قطبیت مستقیم یا معکوس باشد :

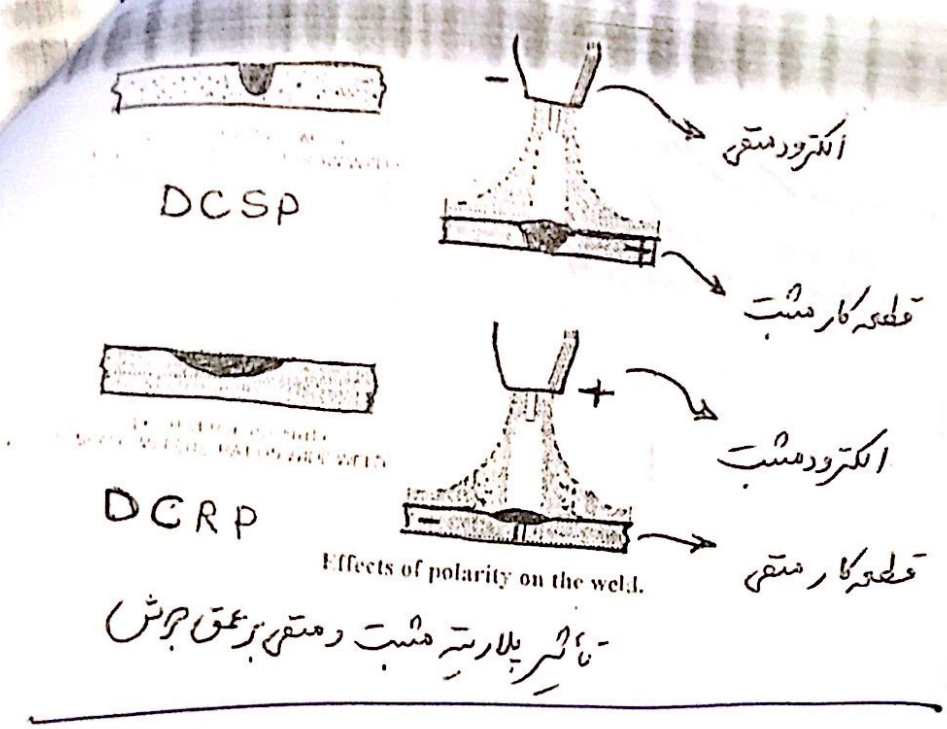
الف) برق مستقیم با قطبیت مستقیم (DCSP) :

در قطبیت مستقیم، الکترود به قطب منفی و قطعه کار به قطب مثبت وصل میشود. در این حالت عمق نفوذ جوش زیاد بوده و برای جوشکاری قطعات ضخیم به کار می رود.

ب) برق مستقیم با قطبیت معکوس (DCRP) :

در قطبیت معکوس، قطعه کار به قطب منفی و الکترود به قطب مثبت وصل میشود که در این حالت عمق نفوذ جوش،کم بوده و نرخ رسوب الکترود بیشتر است و برای قطعات نازک بکار می رود.

Scanned with CamScanner



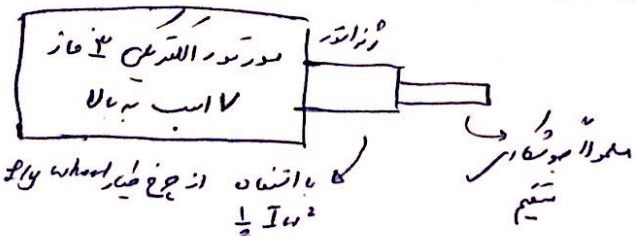
موتورهای جوش

در این دستگاه ها برای تأمین برق مصرفی ترانسفورماتورهای جوشکاری از یک موتورکه ژنراتور برق را به حرکت در می آورد، استفاده می شود. این موتورها به دو گونه اند:

- موتورهای درون سوز
- الکترو موتورهای برقی سه فاز (سنکرون)

در موتورهای جوشکاری، سرعت دورانی باید ثابت باشد تا فرکانس جریان تولیدی ثابت بوده و کیفیت جوش بالا رود.

از موتورهای درون سوز، می توان برای جوشکاری در محل هایی که برق شهر در دسترس نمی باشد استفاده کرد؛ مانند جوشکاری خطوط انتقال نفت و گاز و ... در نقاط دوردست و خارج از شهر.



راندمان جوشکاری

نسبت وزن فلز رسوب کرده در حوضچه ی جوش ، به وزن مغزی الکترود مصرفی را راندمان جوشکاری می نامند. مقدار این راندمان در یک جوشکاری خوب (بدون وجود پودر آهن در روکش الکترود) ۹۰ درصد است که ۱۰ درصد آن به صورت سوختن و پاشش جرقه به اطراف پراکنده شده و تلف خواهد شد. اگر در روکش الکترود ، پودر آهن وجود داشته باشد راندمان جوشکاری ممکن است بیشتر از ۱۰۰ درصد شود.

Scanned with CamScanner

انتخاب آمپر

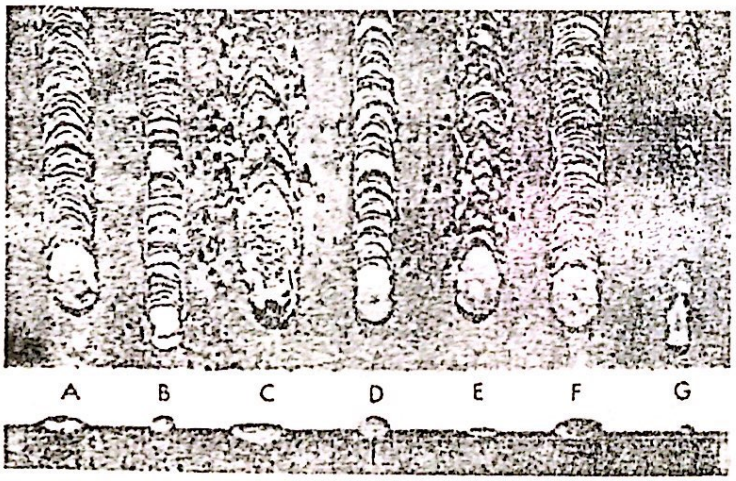
آمپر جوشکاری ، مهمترین پارامتر برای ایجاد قوس الکتریکی مورد نیاز جوشکاری بوده و مقدار آن در واقع بیانگر میزان انرژی لازم برای جوشکاری است. انتخاب آمپر جوشکاری به عوامل زیر بستگی دارد:

- جنس قطعه ی کار و خصوصیات فیزیکی آن (ضریب انتقال حرارت، گرمای ویژه و...)
- ضخامت قطعه کار (هرچه ضخامت قطعه بیشتر باشد، آمپر جوشکاری نیز بیشتر خواهد بود.)
- وضعیت جوشکاری (تخت ، افقی ، عمودی و بالاسری)
- مهارت و تجربه ی جوشکار (معمولاًجوشکارهای ماهر از آمپر بیشتری استفاده می کنند.)
- قطر الکترود (هر قدر بیشتر باشد ، آمپر جوشکاری نیز باید بیشتر باشد.)
- سرعت جوشکاری (اگر زیاد باشد ، آمپر بالاتری برای جوشکاری لازم است.)
- نوع برق مصرفی (مستقیم یا متناوب)
- عمق جوش مورد نیاز (اگر عمق جوش زیاد باشد ، آمپر جوشکاری نیز باید بیشتر باشد.)
- نوع روکش الکترود (اگر پودر آهن داشته باشد، آمپر بیشتری لازم است.)
- تعداد پاس جوش (هرچه بیشتر باشد ، آمپر جوشکاری کمتر می شود.)
- پدیده وزش قوس (در صورت بروز، باید آمپر جوشکاری کم شود.)

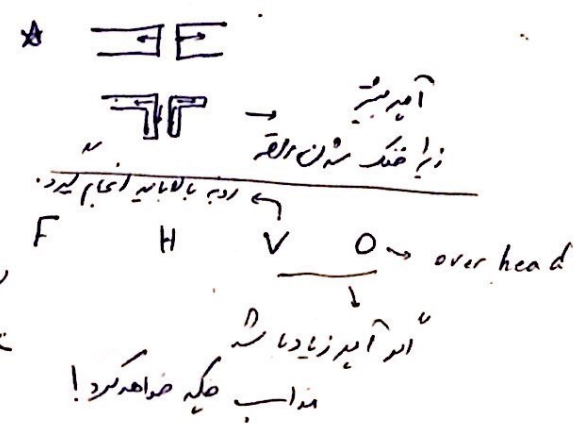
* اگر جریان ، زیاد باشد حوضچه مذاب ، بزرگ شده و قطرات مذاب به اطراف می پاشد. قطعه کار سوراخ می شود. انبر و الکترود داغ شده و ممکن است روکش آن بریزد. از سوی دیگر با افزایش شدت جریان ، میزان نفوذ جوش بیشتر می شود.

* اگر جریان کم باشد گرده جوش ، باریک و نامنظم بوده و نفوذ جوش، ناقص خواهد شد. الکترود نیز ممکن است به قطعه کار بچسبد.

* معمولاً بر روی جعبه های الکترود ، مقادیر پیشنهادی توسط سازنده آن نوشته شده است. اما درصورت فقدان هرگونه اطلاعات بهتراست آمپر جوشکاری را ۳۵ تا ۴۰ برابر قطر مغزی الکترود (برحسب میلیمتر) درنظر گرفت.



تاثیر متغیرهای فرایند قوس – الکترود دستی بر روی خواص جوش، A: جریان، ولتاژ و سرعت طبیعی B: جریان خیلی کم C: جریان خیلی زیاد D: ولتاژ خیلی کم E: ولتاژ خیلی زیاد F: سرعت خیلی آرام G: سرعت خیلی زیاد



Scanned with CamScanner

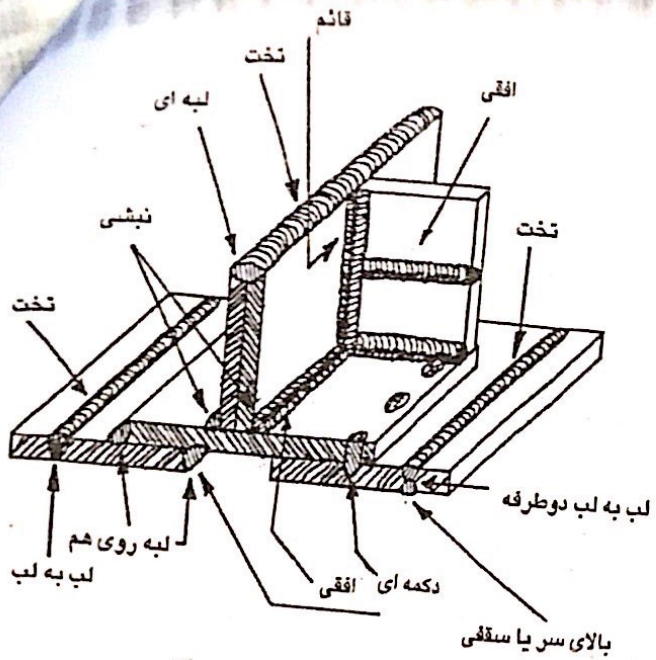
وضعیت های جوشکاری

الف) مسطح یا تخت Flat

ب) افقی Horizontal

ج) قائم Vertical

د) زیرسقفی یا بالاسری Over head



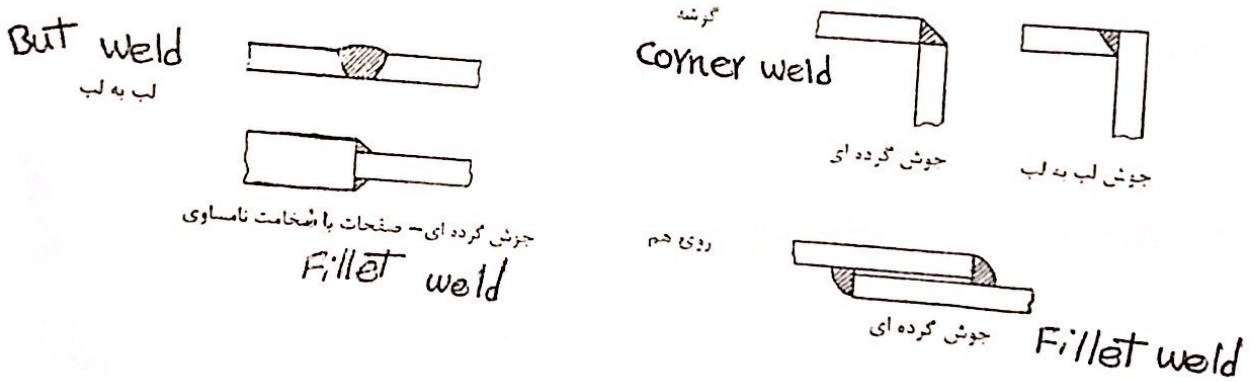
انواع جوشها و وضعیت جوشکاری

نوع قرارگیری قطعات در اتصالات مختلف

الف) اتصالات لب به لب (قرارگرفتن قطعات به صورت صاف یا پخ زده در کنارهم) Butt Weld

ب) اتصال نبشی (قرارگرفتن قطعات با زاویه در کنارهم) Edge weld

ج) اتصال لبه ای روی هم (قرارگرفتن قطعات و ورق ها روی هم و جوشکاری لبه) Lap Weld



نیروهای موثر در نشستن مذاب در حوضچه جوش

در ستون قوس ، نیروهایی وجود دارد که در انتقال مذاب از الکترود به حوضچه جوش موثر می باشد :

الف) نیروی ثقل مذاب

ب) نیروی کشش سطحی بین مذاب و حوضچه جوش

ج) جریان الکترومغناطیسی که از طرف الکترود به طرف حوضچه جوش وجود داشته و نیروی پلاسماجت نام دارد.

Scanned with CamScanner

پدیده وزش قوس Arc Blow

عبور جریان الکتریکی از الکترود به قطعه کار و اتصال بدنه یک میدان مغناطیسی بوجود می آورد که به صورت حلقه هایی دایره ای ، عمود بر امتداد عبور جریان می باشند. پدیده وزش قوس حالتی است مشابه پاشش ذرات مذاب بر اثر وزش باد که ناشی از همین میدان مغناطیسی است. به عبارت دیگر، قطرات مذاب مانند ذرات رسانایی هستند که در این میدان مغناطیسی ، به آنها نیرو وارد شده و اگر این میدان ، نامتقارن باشد ، آنها را از مسیر اصلی خارج می کند. (مانند شعله ای که باد به آن می خورد.)
پدیده وزش قوس، گاهی اوقات باعث غیر ممکن شدن عملیات می شود.

* راه های حذف وزش قوس: ۱- کاهش آمپر جوشکاری در صد مجاز

۲ - استفاده از برق متناوب: بعلت تناوبی بودن جریان، میدان مغناطیسی کمتری ایجاد می شود.

۳ - کم کردن طول قوس. (از نظر فیزیکی، طول قوس از یک حد مشخصی نمی تواند بلندتر باشد؛ زیرا در این صورت قوس الکتریکی قطع خواهد شد.)

٤ - دور کردن اتصال بدنه تا حد امکان از حوضچه ی جوش: این کار، میدان مغناطیسی را تضعیف می کند.

۵ - استفاده از اتصال بدنه دوگانه یا چندگانه متقارن نسبت به خط جوش.

۶ - پیچاندن کابل به دور قطعه کار در نزدیکی حوضچه ی جوش: این کار باعث به وجود آمدن یک میدان مغناطیسی جدید می شود که میدان مغناطیسی عامل وزش قوس را مختل می کند، و البته با رعایت تمام مسائل جانبی و نکات ایمنی مانند آسیب ندیدن کابل و....

۷ - غیرمغناطیسی کردن قطعه : مثلاً نیکل در ۳۷۰ درجه سانتیگراد غیرمغناطیسی می شود. بیشتر آلیاژهای پرکاربرد آهن

وزش قوس، بیشتر در قطعات ضخیم رخ می دهد ، به ویژه قطعات مغناطیسی مانند فولادهای نیکل دار و...
در قطعات غیر مغناطیسی وزش قوس تقریباً وجود ندارد.
برای فولادهای ضدزنگ آستنیتی وزش قوس، قابل صرفنظرکردن است.

۸ - اصلاح زاویه دست

۹ - اتصال تسمه فلزی به انتهای قطعه کار به طور موقت

۱۰ - در صورت جوشکاری همزمان ۲ الکترود حداقل فاصله ی 10^{Cm} و قوس ها تا حد امکان متقارن باشد.

Scanned with CamScanner

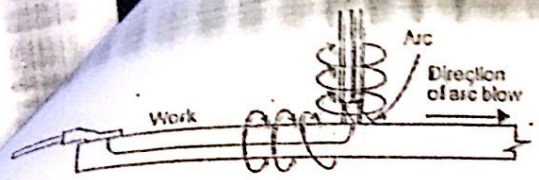


Fig. 3—Here, arc blow is caused by the welding current returning to the workpiece connection. The resulting magnetic flux combines with the flux around the electrode, causing a high-flux concentration at (x) that blows the arc away from the workpiece connection.

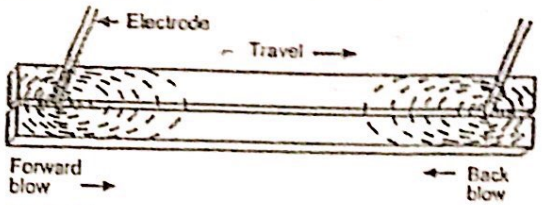


Fig. 2—Flux concentration behind the welding arc at the start of joint forces the arc forward while flux concentration ahead of the arc at the end of the joint forces the arc backward.

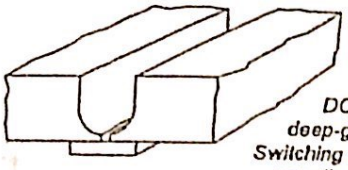


Fig. 6—Arc-blow difficulties abound when high-amp DC welding in deep-groove joints. Switching to AC current can alleviate this.

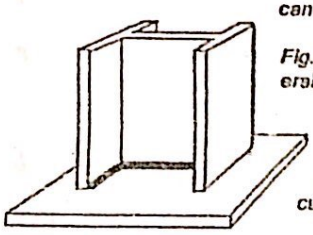


Fig. 7—Expect considerable arc blow when placing the inside fillet using DC current. Again, switching to AC current can help.

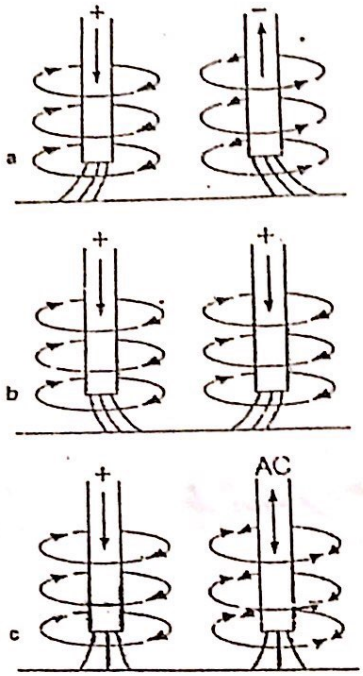
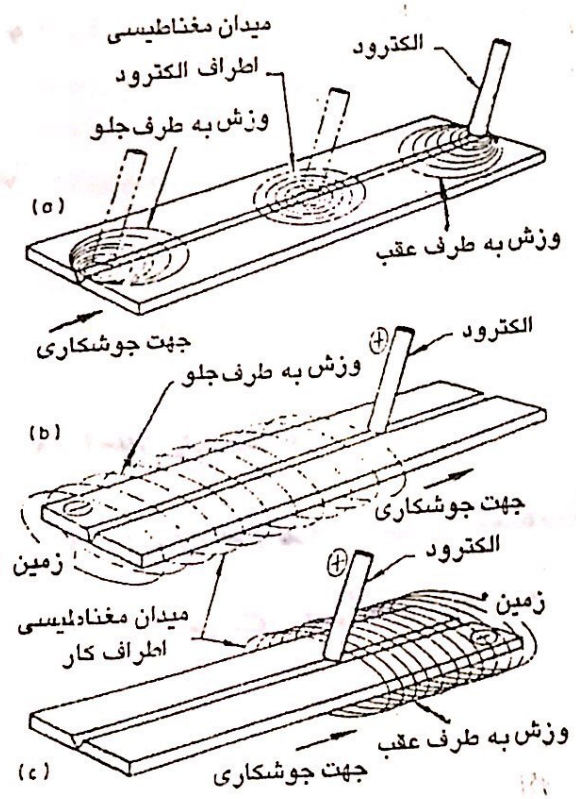


Fig. 8—Multiple-arc welding, when the two arcs are located close together, may cause magnetic arc blow. When the arcs are of different polarity (a), the magnetic fields combine to blow arcs outward. If the arcs are of the same polarity (b), magnetic fields oppose each other and the arcs blow inward. With one arc powered by DC current and the other by AC current (c), little or no arc blow occurs.



Scanned with CamScanner

الکترود جوشکاری

بدیهی به نظر می رسد که مهمترین عامل در بالا بردن کیفیت جوش ، نوع الکترود و روکش آن است. الکترود با ایجاد قوس الکتریکی ، اطراف موضع جوش را ذوب کرده و خود نیز ذوب می شود و حوضچه جوش را پر می کند.

الکترود جوشکاری قوس الکتریکی دستی از دو قسمت مغزی و روکش تشکیل شده :

مغزی الکترود :

مغزی الکترود مفتولی است که معمولاً به طول ۳۰ تا ۴۵ سانتیمتر و به قطر ۲,۵ تا ۸ میلیمتر بوده و پس از ایجاد قوس و ذوب شدن ، حوضچه جوش را پر می کند. بهتر است جنس مغزی الکترود با جنس قطعاتی که می خواهند جوش شوند یکسان باشد، اما بدلیل متنوع بودن جنس قطعات تحت جوشکاری از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست که الکترودها با مغزی های منحصربفرد ساخته شوند. معمولاً جنس مغزی الکترود ها از فولاد کم کربن بوده و تغییرات آلیاژی را می توان در روکش آنها بوجود آورد.

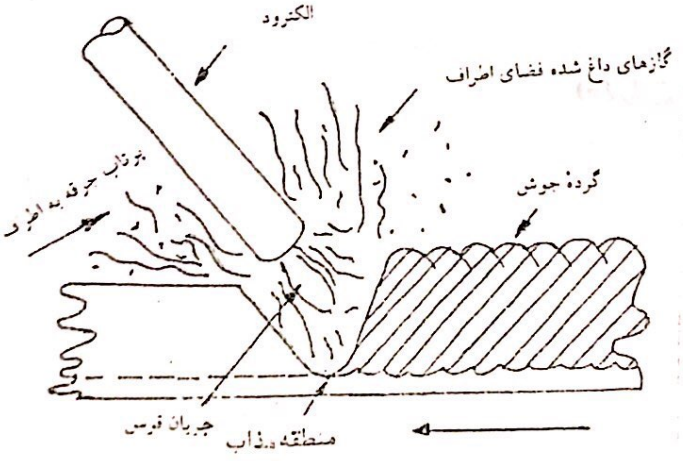
روکش الکترود :

روکش الکترود یک کامپوزیت است که وظیفه آن آسان کردن عملیات جوشکاری و بالابردن کیفیت جوش است. این روکش از مواد مختلفی تشکیل شده است که به صورت یک لایه سیمانی شکل اطراف مغزی الکترود را گرفته و هنگام بوجود آمدن قوس ، همراه مغزی ، تجزیه یا وارد واکنش شیمیایی می شود.

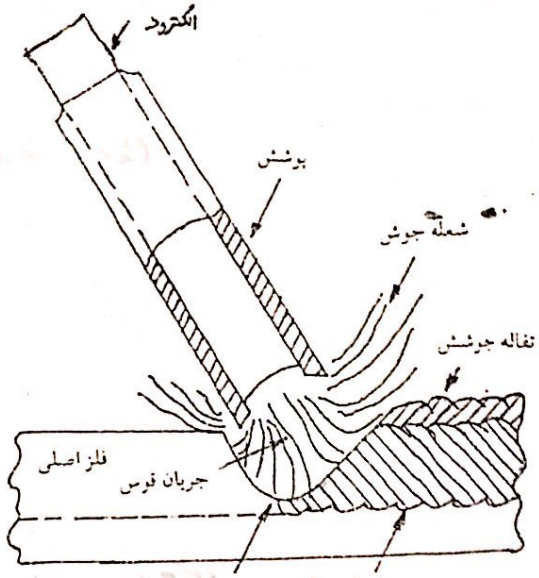
الکترودهای بدون روکش عملاً قادر به روشن کردن قوس و حفظ آن (در دستگاه های معمولی جوشکاری) نیستند، زیرا روکش الکترود دارای مواد معدنی با انرژی یونیزاسیون پایین بوده و باعث روشن شدن قوس در ولتاژهای پایین می شود.

متداول ترین موادی که در روکش دهی الکترودهای قوس الکتریک دستی به کار می روند عبارتند از:

پودرآهن - اکسیدآهن - اکسیدکلسیم - اکسیدتیتانیوم – اکسیدمنیزیم- فلورایدکلسیم - فلوئورسدیم - انواع سیلیکات ها (بویژه سیلیکات سدیم و پتاسیم) انواع کربنات ها (بویژه کربنات کلسیم) - هیدروکربن ها - سلولز - آرد - خمیرچوب -- خمیرکاغذ - فرومنگنز - فروکروم - فروسیلیس و ...



جوشکاری با الکترود لخت (طول قوس بلند)



جوشکاری با الکترود روپوش دار (طول قوس کوتاه)

Scanned with CamScanner

وظایف روکش الکترود

۱- پایدار کردن قوس الکتریکی : از تجزیه کربنات ها و هیدروکربورهای موجود در روکش الکترود گازهایی مانند CO و CO_2 تولید می شود که با یونیزه شدن این گازها یک فضای هادی بوجود آمده و قوس را پایدار می کند.

۲- دارا بودن عناصرآلیاژی برای جوشکاری فولادهای آلیاژی : البته این مورد یک وظیفه عام نیست که در تمام جاها وجود داشته باشد؛ بلکه در برخی موارد که لازم باشد به موضع جوش، عناصر آلیاژی مشخصی وارد شود می توان این کار را از طریق روکش الکترود انجام داد.

۳- دارا بودن عناصر اکسیژن زدا : مانند فروسیلیس ، آلومینیوم ، منگنز، تیتانیوم و ...

۴- دارا بودن عناصر نیتروژن زدا : مانند وانادیوم ، تیتانیوم ، زیرکونیوم و ....

۵- دارا بودن پودر آهن برای افزایش راندمان جوشکاری: البته تمام الکترودها پودر آهن ندارند؛ در برخی بیشتر و در برخی نیز کمتر است.

۶- دارا بودن موادی که کشش سطحی را افزایش می دهند : افزایش کشش سطحی، قطرهٔ مذاب را به طرف حوضچه جوش جذب کرده و از روان شدن و جاری شدن مذاب جلوگیری می کند.

۷- تولید سرباره محافظ : مهمترین وظیفه روکش الکترود تولید سرباره است.

۸- محافظت گازی از حوضچه جوش (پس زدن اتمسفر) - CO و CO_2

سرباره و وظایف آن

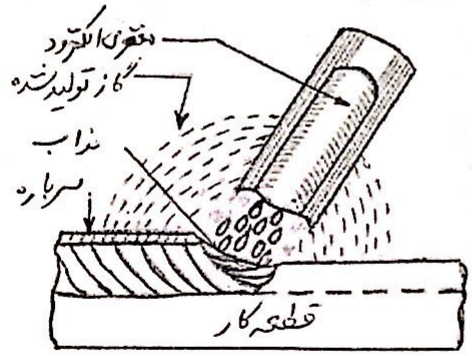
سرباره یا گل جوش یک لایه سرامیکی است که بر روی موضع جوش جمع شده و :

۱- از چسبیدن الکترود به قطعه کار جلوگیری می کند.

۲- ناخالصی ها و مواد نامحلول و دیرگداز را در خود جمع می کند.

۳- از تماس فلز داغ با اتمسفر جلوگیری کرده و از حوضچه جوش محافظت حرارتی می کند. در واقع از سریع سرد شدن آن جلوگیری می کند که در پی آن تنش های حرارتی کم شده و خاصیت چکش خواری موضع جوش بهتر می شود.

۴- با پس زدن اتمسفر، از حوضچه جوش محافظت گازی می کند. (زیرا اکسیژن و سایر گازهای موجود در اتمسفر میل ترکیبی شدیدی با مذاب دارند.)



* اگر لازم باشد جوشکاری در چند پاس انجام شود بایستی پس از هر پاس سرباره گرفته شود.

* متداول ترین انواع الکترودها با توجه به ترکیب شیمیایی روکش آنها عبارتند از:
الکترودهای قلیایی ، روتیلی ، اسیدی و سلولزی

Scanned with CamScanner

نامگذاری الکترود ها براساس کدهای شناسایی AWS

متداول ترین سیستم کدگذاری برای الکترودها سیستم AWS (انجمن جوشکاران آمریکا) می باشد که در آن الکترودها با حرف E و به دنبال آن ۴ یا ۵ رقم عدد معرفی می شوند: EABXY

حرف E نشان دهنده ی الکترود قوس الکتریک دستی است.

ـ دو رقم بعد از E یعنی AB نشان دهنده مقاومت کششی فلز جوش برحسب کیلو psi می باشد که برای تبدیل آن به kg /mm2 میتوان در ۰٫۷ ضرب کرد. مثلاً اگر در یک الکترود به جای AB عدد ۶۰ باشد ، مقاومت کششی آن برابر است با :

$$60000\ psi = 60 \times 0.7 = 42\quad kg/mm^2$$

(اگر الکترود با ۵ رقم نشان داده شده باشد سه رقم بعد از E مقاومت کششی را نشان می دهد.)

ـ دومین رقم از سمت راست یعنی X می تواند ۱ یا ۲ یا ۳ بوده و حالت جوشکاری را بیان می کند :

۱= قابل جوشکاری در تمام حالات (افقی، قائم، تخت و بالاسری)

۲= افقی و تخت

۳= فقط حالت تخت

ـ رقم آخر، یعنی Y بیانگر نوع برق مصرفی و نوع روکش الکترود بوده و می تواند از ۰ تا ۸ باشد :

Y	نوع برق مصرفی	نوع روکش الکترود
۰	DCRP	سلولزی
۱	AC یا DCRP	سلولزی
۲	AC یا DCRP	روتیلی
۳	AC یا DC	روتیلی
۴	AC یا DC با پودر آهن	روتیلی
۵	DCRP با هیدروژن کم	بازی
۶	AC یا DCRP با هیدروژن کم	بازی
۸	AC یاDCRP با هیدروژن کم وپودرآهن	بازی
۷	AC یا DC با پودر آهن	اسیدی

Scanned with CamScanner

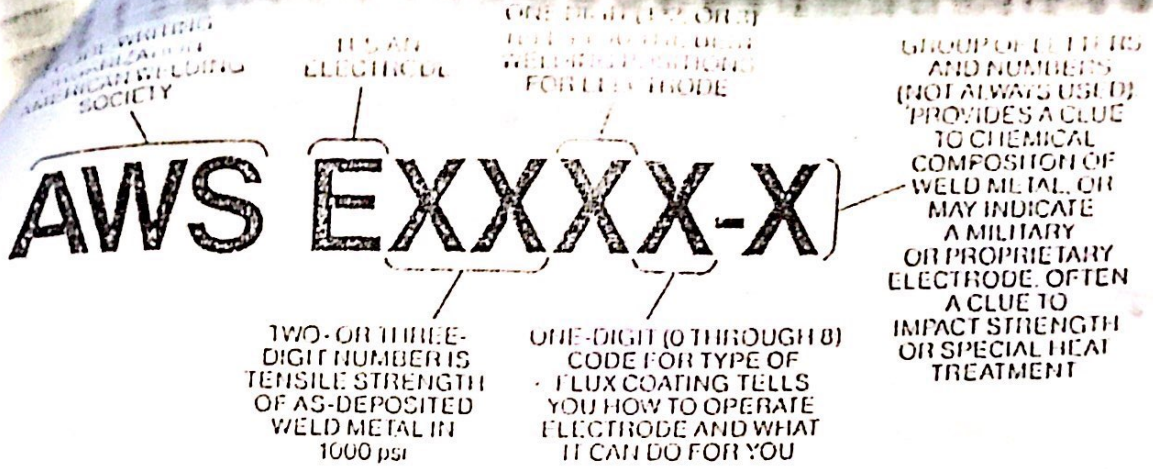


FIGURE 16-4 The American Welding Society filler-metal code for carbon steel and low-alloy steel-coated electrodes. Learn to read the code. Every arc welder should be able to look at the code printed on the electrode-holder end of a stick electrode and immediately know a great deal about the weld metal that the electrode will produce.

TABLE 16-1 What flux-covered electrodes are covered with

Electrode	Flux Coating	Current Setting or Polarity		
		DCSP	DCRP	AC
EXXX0	Sodium-cellulose or iron oxide	No	Yes	No
EXXX1	Potassium-cellulose	No	Yes	Yes
EXXX2	Titania-sodium	Yes	No	Yes
EXXX3	Titania-potassium	Yes	No	Yes
EXXX4	Iron powder–titania	Yes	Yes	Yes
EXXX5	Low-hydrogen lime–sodium	No	Yes	No
EXXX6	Low-hydrogen lime–potassium	No	Yes	Yes
EXXX7	Iron oxide–iron powder	Yes	Yes	Yes
EXXX8	Low-hydrogen lime–iron powder	No	Yes	Yes
EXXX9	Proprietary or experimental coating. It's not officially listed but reserved for new ideas.	?	?	?

XX It's an electrode as opposed to a brazing or TIG rod

XX that produces weld metal with a minimum tensile strength of 60,000 psi [414 MPa]

XX and is designed to operate in all positions

XX or works best only in the flat and horizontal positions (therefore it probably is designed to operate at higher welding currents and will give you more weld metal per hour than an E601X electrode)

XX or works best only in the flat, downhand position (it's a very high volume production electrode)

انواع الکترودها

❊ الکترودهای قلیایی :

الکتـرودهای قلیایـی یا بازی مهمترین نوع الکترود از نظر خواص متالورژیکی و مکانیکی می باشند در سیستم کدگـذاری AWS رقـم سـمت راسـت آنها (Y) می تواند ۵ ، ۶ و ۸ باشد. قسمت اصلی آن نمکهای کلسیم ، سدیم و پتاسیم بوده و مهمترین خواص آن عبارتند از :

- کاربرد صنعتی وسیعی داشته و قیمت آن گران است.
- میزان هیدروژن در آن کمتر از۱۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم فلز جوش است.
- خواص مکانیکی آن از جمله مقاومت کششی خوب و بالایی دارد.
- بدلیل وجود منگنز، مقاومت به ضربه آن بالاست.
- شروع قوس و جوشکاری کردن با آن نسبت به الکترودهای دیگر مشکل تراست.
- هم برق مستقیم و هم متناوب برای آن به کار می رود.
- ظاهری نازیبا وگرده ای برجسته داشته و سرباره آن به سختی جدا می شود.
- درکشورهای صنعتی۲۰٪ جوشکاری اسکلت فلزی و۱۰۰٪ جوشکاری کشتی ها با آن انجام می شود.
- سـبت به رطوبت حساس بوده و باید درجای خشک نگهداری شود. (توصیه شده قبل از کارکرد به مدت ۲ سـاعت در دمای ۳۵۰ تا ۴۰۰ درجه رطوبت زدایی شود. زیرا جوشکاری با الکترود مرطوب باعث ایجاد خلل و فرج شده وخطر ترک خوردگی ناشی از هیدروژن را افزایش می دهد.)
- بـه علـت پایـین بـودن میـزان هـیدروژن در موضع جوش برای جوشکاری فولادهای کم آلیاژ که در مقابل ترک خوردگی سرد در منطقه متاثر از جوش (HAZ) حساس هستند ، بسیار مناسب است.
- سایر مواد موجود درآن : پودرآهن، فرومنگنز، فروسیلیس، فلوئورسپار

❊ الکترودهای اسیدی :

- در سیستم AWS رقم آخر آن ۷ است.
- پوشش آن عمدتاً شامل اکسید منگنز و سیلیسیم است.
- سرباره آن حجیم و روان بوده و براحتی جدا می شود.
- ظاهر جوش بسیار صاف و تمیز است.
- خواص مکانیکی و چقرمگی موضع جوش کم است. (بدلیل وجود درصد نسبتاً بالای ناخالصی، موضع جوش درمقابل عیوبی از قبیل خلل و فرج و ترک خوردگی حساس است.)
- عمدتاً برای کارهای ساده جوشکاری در فولادهای غیر آلیاژی بکار می رود.
- میزان نفوذ جوش و استحکام آن از الکترود روتیلی کمتر بوده و در صنعت کاربرد چندانی ندارد.

Scanned with CamScanner

* الکترودهای سلولزی :

- در سیستم AWS رقم آخر آن (Y) برابر صفر یا یک است.
- ۳۰ ٪ وزن خود $C_6H_{10}O_5$ داشته که بر اثر سوختن ، ۴۰۰ برابر حجم اولیه خود CO و H_2 تولید می کند. با این حجم زیاد گاز، محافظت گازی بالایی خواهد داشت.
- گازهای تولیدی احیاء کننده بوده و تولید پلاسما جت قوی می کند.
- نفوذ جوش زیاد است. (از خانواده الکترودهای پرنفوذ می باشد.)
- سرباره نازک داشته و برای جوشکاری عمودی و بالاسری مناسب است.
- قیمت آن ارزان است.
- شروع قوس با آن مشکل است.
- اغلب از برق DCRP استفاده می شود.
- در جوشکاری فولادهای آلیاژی خطر بوجودآمدن ترک هیدروژنی زیاد است. (بدلیل وجود رطوبت و سلولز در الکترود)
- قبل از شروع کار توصیه شده در دمای ۷۰ تا ۱۰۰ درجه رطوبت زدایی شود.
- جرقه زیادی ایجاد کرده و ظاهر جوش نمای خشنی دارد.
- بدلیل کم بودن کشش سطحی آن گرده جوش برجسته نمی شود.
- سایر مواد موجود در آن : اکسید تیتانیوم (روتیل) ، پودرآهن(جهت افزایش نرخ رسوب و کاهش خطر زیر برش)

* الکترودهای روتیلی :

در سیستم AWS رقم آخر آن ۲ یا ۳ یا ۴ است.

- ۷۰٪ وزن آن اکسید تیتانیوم است. (اکسید تیتانیوم بصورت طبیعی ، روتیل نام دارد.)
- شروع قوس با آن راحت است. (راحت ترین و ساده ترین الکترود برای جوشکارها)
- ظاهر جوش ، زیبا ست.
- قوس آن پایدار، یکنواخت و نرم است. (باتغییر فاصله دست ، تغییر زیادی نمی کند.)
- هم برق مستقیم و هم متناوب برای آن به کار می رود.
- بدلیل کشش سطحی بالا، گرده جوش برجسته است.
- نفوذ جوش و استحکام آن در حد متوسط است.
- برای مقاطع حساس مناسب نیست.
- سرباره یا گل جوش آن ضخیم است.
- کاربرد وسیعی مخصوصاً در صنعت ساختمان دارد. (البته در مقاطع غیر حساس)
- در تمام حالات جوشکاری قابل استفاده است.
- نسبت به رطوبت چندان حساس نیست. (برای رطوبت زدایی توصیه شده به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۵ تا ۱۵۰ درجه قرار گیرد.)

Scanned with CamScanner

- تافنس و چقرمگی موضع جوش کم است. (بدلیل وجود آخال های ریز اکسیدی در حد میکرون در فلز رسوب شده موضع جوش)

- سایر مواد موجود :کربنات کلسیم ، سلولز چسب میکا ، فرو منگنز، پودرآهن

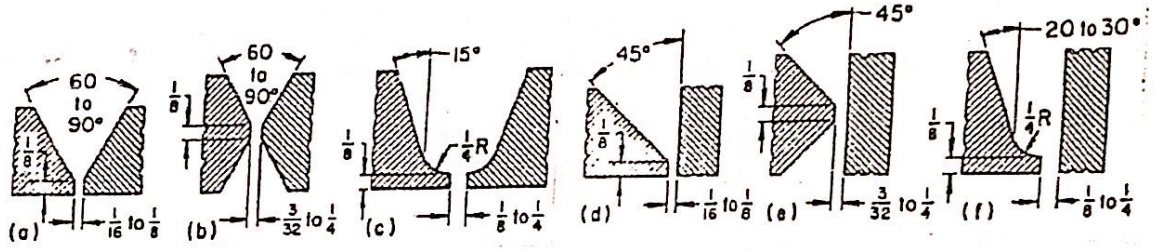
آماده کردن قطعات برای جوشکاری

برای این کار ابتدا باید تمام آلودگی ها اعم از اکسیدها و چربی ها را از سطح قطعه کار و موضع جوش تمیز کنیم. بسته به نوع قطعه کار و میزان دقت لازم می توان برای این کار از روش های زیر استفاده کرد:

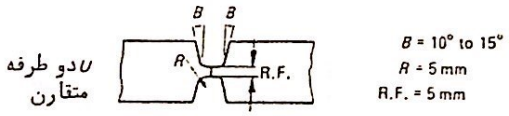
دستمال کشیدن، برس زدن، سنگ زنی، استفاده از اسیدها ، بازها و سایر محلول های تمیز کننده (برای پاک کردن چربی ها و آلودگی های مشابه) ، سند بلاست ، شات بلاست و ....

پس از تمیزکاری ، درصورتی که ضخامت قطعه کار، زیاد باشد ، جهت دسترسی به ریشه جوش و حصول یک اتصال عمیق و بسته به دقت و کیفیت لازم ، باید مقداری از لبه های موضع جوش را براده برداری نمود که این کار می تواند توسط ماشین های ابزار (مانند تراشکاری، فرزکاری، سنگ زنی و...) و یا به روش دستی توسط سوهان و ... انجام گیرد.

درصورتی که ضخامت قطعه کار، زیاد باشد می توان در دو طرف قطعه ، شیارزنی کرد.



چند نمونه طرح پخ برای ورق های نسبتاً ضخیم

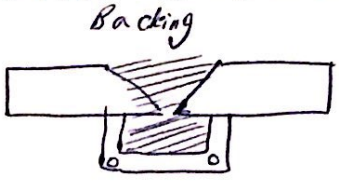


دو طرفه متقارن

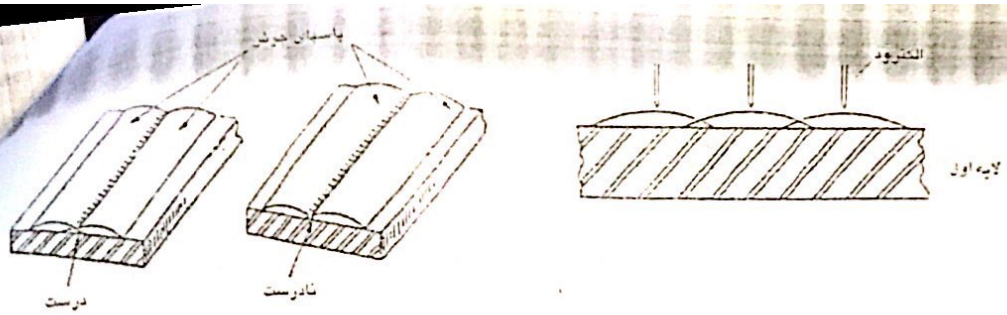
حرکت طولی الکترود در مسیر جوش برای درزهای ساده می تواند بطور مستقیم باشد؛ اما در مواردی که درز جوش، عرض بیشتری داشته باشد همانگونه که شکل صفحه بعد نشان می دهد، باید پیشروی الکترود بصورت نوسانی باشد. دامنه نوسان نباید از دو برابر قطر الکترود بیشتر باشد.

اگر درز جوش بیشتر از این حالت بوده و یا ضخامت قطعه کار زیاد باشد ، باید در چند پاس جوشکاری کرد. در مواردی که آمپر جوشکاری بالا بوده و شدت ذوب و سیالیت مذاب زیاد باشد برای جلوگیری از ریزش مذاب از ته موضع جوش ، از ورقه هایی موسوم به پشتی(Backing) استفاده شده پس از جوشکاری با سنگ زنی برداشته می شوند.

در جوشکاری های چند پاسه ، بایستی پس از هر پاس ، سرباره گرفته شده و مطابق شکل زیر، پاس بعدی در عرض جوش ، حداقل تا یک سوم روی آن قرار گیرد.



Scanned with CamScanner

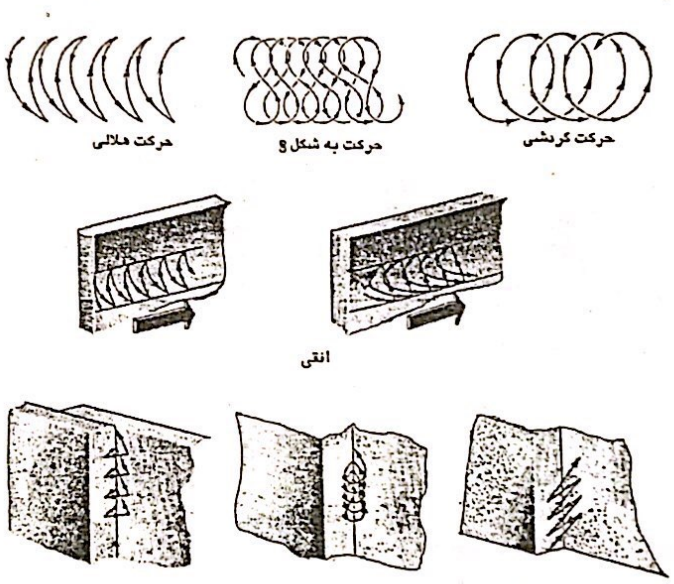


از بین فلزات و آلیاژهای مختلف بهترین قابلیت جوشکاری و برشکاری را فولادهای کم کربن دارند؛ بطوری که هرگاه نوع قطعه کار، ذکر نشده باشد، فولاد کم کربن درنظر گرفته می شود.

در یک اتصال جوشکاری شده ، با توجه به حداکثر درجه حرارت پدید آمده، سه منطقه متفاوت بوجود می آید که عبارتند از :

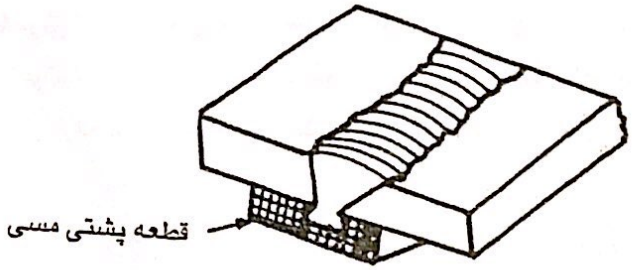
* فلز جوش
* منطقه متاثر از حرارت (HAZ) Heat Affected Zone
* فلز پایه

منطقه HAZ منطقه ای است که تغییرات فازی و ساختاری در آن صورت گرفته ولی به نقطه ذوب نمی رسد و از نظر عیوب جوشکاری و خواص مربوطه در اغلب اوقات، این منطقه از فلز جوش حساس تر است.



نوسان دست در موقع جوشکاری

نمونه ای از حرکت های موجی الکترود در شرایط جوشکاری مختلف



پشت بند مسی با طرح تقویت اتصال

Scanned with CamScanner

ایمنی در جوشکاری

نـور قوس : در جوشـکاری قوس الکتریکی اشعه ماوراء بنفش بوجود می آید که در صورت روئیت مستقیم، آسیب های جدی به چشم وارد می کند. برای جلوگیری از این امر لازم است که از عینک های محافظ ویژه با نمره ۱۰ تا ۱۴ استفاده شود.

بخـارات سـمی : عمـوماً در جوشکاری قطعات فلزی بدلیل وجود عناصر آلیاژی ، بخارات و گاز های سمی بوجـود مـی آیـد. بـه عـنوان مـثال بخارات فلز روی ، تحریک شدید شش ها را به همراه دارد. بخارات سرب ، مسمومیت تدریجـی را سـبب می شود. پیدایش گاز مونوکسید کربن (CO) نیز کاهش راندمان تنفسی را به دنـبال دارد. کادمـیم نیـز بخـارات سـمی ایجـاد مـی کند. وجود کادمیم در فلز، باعث طلایی شدن شعله (در جوشکاری و برشکاری با شعله) می شود. وجود آن در فولاد نیز باعث سفید شدن پوشش آن می شود.
برای جلوگیری از بروز چنین خطراتی لازم است در محیط جوشکاری تهویه مناسب صورت گیرد.

شوک الکتریکی : برق ثانویه در دستگاه جوشکاری قوس الکتریکی ، معمولاً ولتاژی زیر ۹۰ ولت دارد؛ که این ولتاژ به تنهایی خطر کشندگی ندارد ؛ اما اگر در شرایط خاصی وارد شود مثلاً درصورت لطیف و مرطوب بودن دست ، ممکن است شوک ایجاد کرده و عوارض دیگری بهمراه داشته باشد. یا مثلاً کارگری که در بالای اسکلت فلزی ساختمان مشغول کار است، در صورت وارد شدن این مقدار جریان الکتریکی ، شوک وارده باعث پرت شدن وی از ارتفاع می شود.

حفاظت از چشم در برابر ذرات جامد : بـرای جداکردن سرباره از موضع جوشکاری شده از چکش سرباره گیـری اسـتفاده می شود. در صورتی که جوشکار مهارت لازم برای این کار را نداشته باشد، ممکن است ذرات سرباره که احتمالاً داغ نیز هستند بعد از جدا شدن، به سمت صورت پرتاب شوند.

گـرفتن اجسام داغ : مـذاب آلومینیوم با فلز جامد و سرد آن همرنگ است؛ یا مثلاً فولاد با دمای زیر ۶۰۰ درجه ، همرنگ فولاد در دمای محیط است؛ به همین علت هنگام برداشتن و بلند کردن چنین قطعاتی ، لازم است دقت کافی صورت گیرد.

شـوخی و بی احتیاطی : در تمـام کارگاه ها اعم از کارگاه های ماشین ابزار، ریخته گری ، جوشکاری و ... بایـستی از شـوخی و بی احتیاطی پرهیز کرد. از جمله اینکه اگر اپراتور، پمپ باد را به شوخی در مقابل دهان دوسـتش بگیـرد، فـشار بـالای آن (۱۰ اتمسفر) ممکن است باعث پارگی و ترکیدن اعضای داخلی بدن مانند معده ، شکم و ... شود !

آتش سوزی : لباس و کفش جوشکار باید بگونه ای باشد که در صورت استفاده از شعله گاز برای جوشکاری ، خطر آتش سوزی نداشته باشد.

جـرقه هـا : بـرای محافظـت از پاشش مواد مذاب و جرقه ها به سمت جوشکار، بایستی از پیش بند چرمی مناسب استفاده شود.

خفگی با CO_2 : در صورتی که گاز CO_2 در محیط جوشکاری پیدا شود، باعث خفگی می شود. بدین ترتیب کـه جوشکار، بدون احساس خفگی ، کم کم حالت خواب آلودگی احساس کرده و پس از به خواب رفتن دیگر برای همیشه بیدار نخواهد شد.

Scanned with CamScanner

سوختن با اکسیژن : برای زدودن و برطرف کردن گرد و غبار از لباس و بدن بهتر است از پمپ باد استفاده شود. در صورتی که از اکسیژن برای این کار استفاده گردد ، ممکن است سبب احتراق و سوختن لباس و بدن شود !

سوختگی با شعله هیدروژن : شعله هیدروژن ، بی رنگ است، یعنی بطور مستقیم با چشم دیده نمی شود. بنابراین هنگام کار کردن با آن باید مراقب بود تا سوختگی پیش نیاید.

تردی در دماهای پایین : فلزات در دماهای پایین ، ترد و شکننده می شوند ؛ درصورتی که لازم باشد سازه ای که در دمای پایین کار می کند جوشکاری شود، بایستی تدابیری اتخاذ شود که قطعه جوشکاری شده در دماهای پایین استحکام خود را حفظ کند.

جوشکاری مخازن هیدروکربن ها : جوشکاری اینگونه مخازن بسیار حساس و خطرناک است. زیرا مخلوط بخارات بسیاری از هیدروکربن ها با هوا حتی در دماهای نه چندان بالا به سرعت مشتعل شده و باعث انفجار می شود. برای جوشکاری چنین مخازنی لازم است از تمیز بودن آنها از مواد هیدروکربوری اطمینان حاصل کرد. درصورتی که جوشکاری در داخل مخزن انجام می گیرد لازم است، برای جلوگیری از خفگی ، دودها و بخارات حاصل از جوشکاری را توسط سیستم تهویه تخلیه کرد.

درصورتی که جوشکاری باید در خارج از مخزن انجام گیرد اگر مهارت جوشکار آنقدر بالا باشد که در حین جوشکاری مخزن سوراخ نشود، می توان برای هیدروکربن هایی مانند نفت و گازوییل که دمای احتراق بالاتری نسبت به بنزین و .... دارند **در قسمت های پر آنها** جوشکاری کرد. در قسمت های خالی اینگونه مخازن به علت وجود خطر انفجار باید از جوشکاری پرهیز کرد؛ مگر اینکه فضای خالی توسط بخار آب پر شود.

در مورد مخازن بنزین و سایر موادی که در ترکیب آنها اکسیژن وجود دارد هرگز نباید جوشکاری چه به صورت پر و یا نیمه پر انجام شود و لازم است قبل از جوشکاری مخزن کاملاً تخلیه شود.

Scanned with CamScanner

جوشکاری اکسی استیلن Oxyacetylene Welding

جوشکاری اکسی استیلن نوعی جوشکاری ذوبی است که حرارت مورد نیاز برای آن توسط سوختن اکسیژن و استیلن بوجود می آید. در این فرآیند، لبه های اتصال توسط حرارت ناشی از احتراق ذوب شده و همراه با فلز پر کننده یا بدون استفاده از آن در هم ادغام شده و بدون اعمال فشار بهم جوش می خورند.
واکنش احتراق استیلن به صورت زیر است :

$$C_2H_2+\frac{5}{2}O_2 \rightarrow 2CO_2+H_2O+\Delta H$$

درجوشکاری با شعله از گازهای مختلفی نظیر استیلن، پروپان، هیدروژن و... می توان استفاده کرد، اما در شرایط مشابه ، استیلن درجه حرارت بیشتری را ایجاد می کند به همین دلیل استفاده از آن نسبت به بقیه گازها برای جوشکاری مرسوم تر است و به این نوع جوشکاری ، جوشکاری اکسی استیلن گفته می شود.
از آنجایی که منشأ استیلن ، سنگ کاربید است ، به جوشکاری اکسی استیلن اصطلاحاً جوش کاربید نیز گفته می شود.
از گازهای دیگر معمولاً برای جوشکاری فلزات با نقطه ذوب پایین، لحیم کاری، برشکاری، عملیات پیشگرم کردن و... استفاده می شود.
برای جوشکاری با گاز ، از وسایل و تجهیزات ساده و نسبتاً ارزان قیمتی استفاده می شود که شامل موارد ذیل می باشد :
کپسول اکسیژن، کپسول گاز سوختنی یا مولد آن، رگولاتور تنظیم فشار برای اکسیژن و گاز سوختنی، لوله یا شیلنگ انتقال اکسیژن و گاز ، مشعل جوشکاری.

مشخصات استیلن

- در سال ۱۸۳۶ میلادی کشف شد و در سال ۱۹۰۳ در جوشکاری کاربرد یافت.
- با فرمول شیمیایی C_2H_2 از خانواده هیدروکربن ها بوده و بوی نسبتاً بدی دارد. (مشابه بوی سیر)
- دمای شعله ی آن تا ۳۲۰۰ درجه سانتیگراد می رسد.
- دردمای ۲۵ درجه سانتیگراد چگالی آن $۱/۱۷ \frac{kg}{m^3}$ است. (کمی سبک تر از هوا با چگالی $۱/۲۱ \frac{kg}{m^3}$)
- در دمای بالای ۵۰ درجه سانتیگراد تجزیه می شود.
- در فشار بالای ۲ اتمسفر ناپایدار بوده و آماده انفجار است.
- محیطی که حداقل۳٪حجم آن استیلن باشد قابل انفجارخواهد بود.
- درصورت آتش سوزی آب موثر نیست، برای اطفاء حریق استفاده از گاز کربنیک یا اسید کربنیک توصیه شده است.
- در فشار اتمسفر، ۲۵ لیتر از آن در هر لیتر استن حل می شود.

Scanned with CamScanner

روش تهیه گاز استیلن :

معمولی ترین روش تهیه گاز استیلن استفاده از کاربید کلسیم (سنگ کاربید) می باشد:

$$3C + CaO \longrightarrow CO + CaC_2$$

کک — آهک زنده — کاربید کلسیم

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

گاز استیلن

این واکنش در دمای بالا و در غیاب اکسیژن انجام می شود.

سنگ کاربید خالص به رنگ سفید است که جرم حجمی آن $۲٫۲۳ \frac{gr}{cm^3}$ بوده و یک کیلوگرم از آن ۳۴۷ لیتر گاز استیلن در فشار یک اتمسفر تولید می کند.

سنگ کاربیدهای موجود در بازار به رنگ خاکستری می باشد که علت آن وجود ناخالصی هایی مانند آهن، کک، فسفر، ترکیبات گوگرد و... در آن است. بنابراین مقدار استیلن تولیدی در آنها متفاوت می باشد. درصورتی که از هر یک کیلوگرم آن حداقل ۲۰۰ لیتر استیلن بدست آید از نظر تجاری و صنعتی قابل قبول است.

سنگ کاربید به شدت جاذب رطوبت بوده و نباید مستقیماً در معرض هوا قرار گیرد. زیرا رطوبت موجود در هوا با آن ترکیب شده و گاز استیلن تولید می کند. حلب ها و قوطی های محتوی سنگ کاربید بایستی در معرض جریان هوا قرار داشته باشد تا در صورت تشکیل گاز استیلن از خطر جمع شدن آن جلوگیری شود.

❊ روش های تهیه گاز استیلن در کارگاه ها :

- توسط کپسول حاوی گاز استیلن
- توسط مولدهای گاز استیلن

کپسول گاز استیلن :

کپسول گاز استیلن از فولاد بدون درز به ضخامت یک سانتیمترساخته می شود. حجم آن ۴۰ لیتر بوده و در فشار ۱۵ اتمسفر می توان ۸۰۰۰ لیتر استیلن درفشار یک اتمسفر را ذخیره کرد. این مقدار گاز، برای جوشکاری مداوم یک ورق به ضخامت یک سانتیمتر بمدت ۸ ساعت کافی است.کپسول گاز استیلن به رنگ زرد یا قرمز می باشد.

از آنجایی که استیلن در فشار بالای ۲ اتمسفر قابل انفجار است برای ذخیره کردن آن در فشار ۱۵ اتمسفر آن را در حلالی که اغلب استن است حل می کنند. هر لیتر استن حدود ۲۵ لیتر استیلن را در خود حل می کند. هر چه فشار بیشتر باشد حلالیت گاز در مایع بیشتر می شود. از سوی دیگر با بالا رفتن فشار، استیلن در بالای سطح مایع حلال جمع شده و خطر انفجار را به شدت زیاد می کند که برای جلوگیری از این امر و حذف فضای خالی، داخل کپسول را از مواد اسفنجی یا متخلخل مانند گرد زغال سنگ یا آزبست (غالباً آزبست) پر می کنند.

Scanned with CamScanner

اگر استیلن موجود در کپسول در حال تمام شدن باشد، در هنگام مصرف نباید کپسول خالی را کج نمود زیرا احتمال خروج مایع حلال (استن) از داخل کپسول وجود دارد. همچنین در هنگام بازکردن شیر اصلی مخزن باید شیر را به آرامی باز کرد تا از خروج ناگهانی گاز جلوگیری شود زیرا احتمال دارد استن همراه گاز خارج شود. استن یک حلال بسیار قوی بوده و باعث خورده شدن و فاسد شدن شیلنگ انتقال گاز می شود. از سوی دیگر استن منشأ هیدروژن بوده و باعث تخریب موضع جوش می شود.

برای استفاده از کپسول باید فشار گاز تحت کنترل نگه داشته شود. برای این کار از یک رگولاتور فشار استفاده می شود. این رگولاتور دارای دو فشارسنج میباشد :

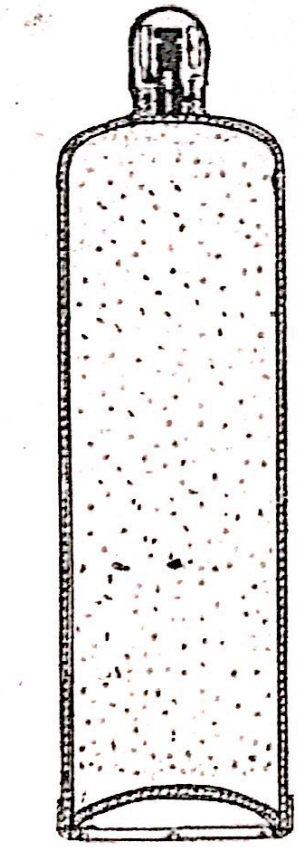
فشارسنج اول نزدیک به شیر کپسول بوده و فشار داخل کپسول را نشان می دهد. معمولاً درجه بندی آن بین صفر تا ۴۰ اتمسفر می باشد.

فشارسنج دوم ، فشار گاز مصرفی را نشان داده و معمولاً بین صفر تا ۲٫۵ اتمسفر درجه بندی شده است.

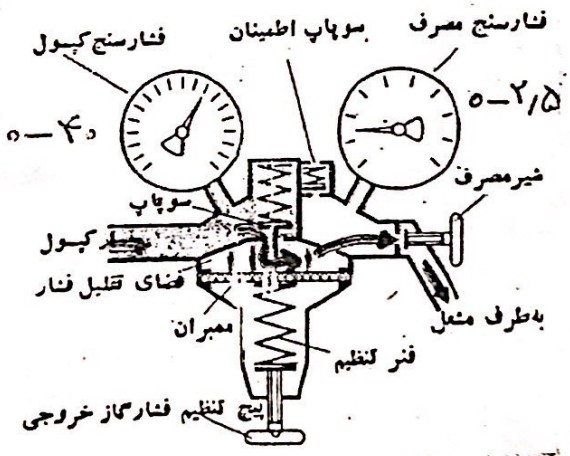
یک سوپاپ اطمینان نیز برروی رگولاتور قرار دارد که در صورت افزایش فشار گاز مصرفی از مقدار ماکزیمم، بطور خودکار عمل کرده و فشار را کم می کند.

رگولاتور توسط یک پیچ و مهره چپگرد به شیر کپسول متصل می شود. (این امر بدین خاطر است که از اتصال اشتباه آن به کپسول اکسیژن جلوگیری شود).

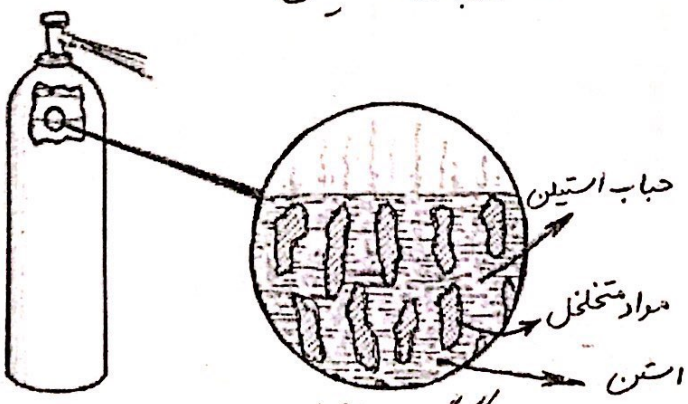
شیلنگ انتقال گاز از جنس لاستیکی مقاوم ، به قطر ۱۰ میلیمتر و به رنگ **قرمز** می باشد.



کپسول استیلن



رگولاتور کپسول استیلن



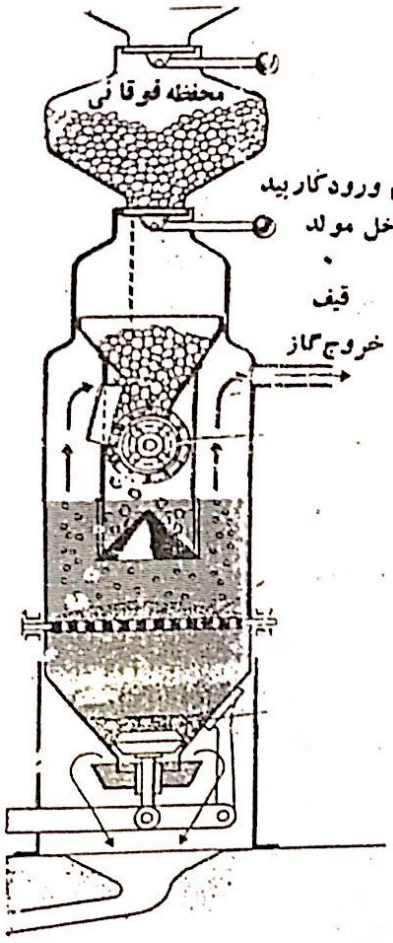
چگونگی حل شدن استیلن در استن

Scanned with CamScanner

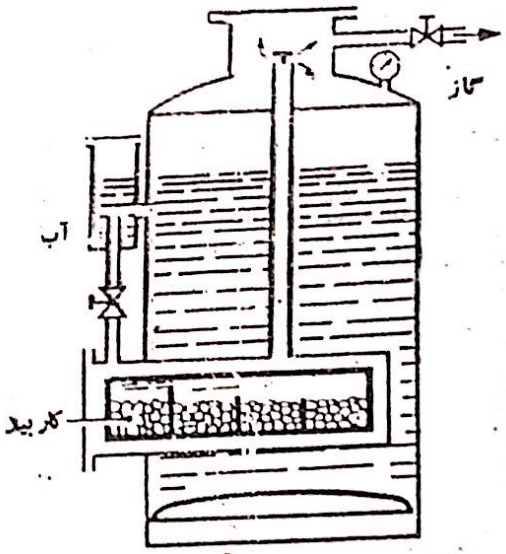
مولدهای گاز استیلن :

در بدست آوردن گاز استیلن از مولدهای این گاز، آب را به طورکنترل شده ای بر سنگ کاربید ریخته یا سنگ کاربید را در آن می اندازند. انواع مولدهای گاز استیلن عبارتند از:

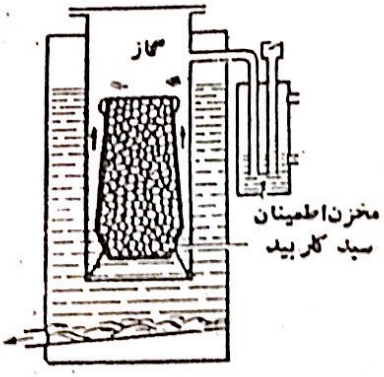
- مولدهای تماسی
- مولدهای ریزشی
- مولدهای سقوطی



مولد سقوطی



مولد ریزشی



مولد تماسی

Scanned with CamScanner

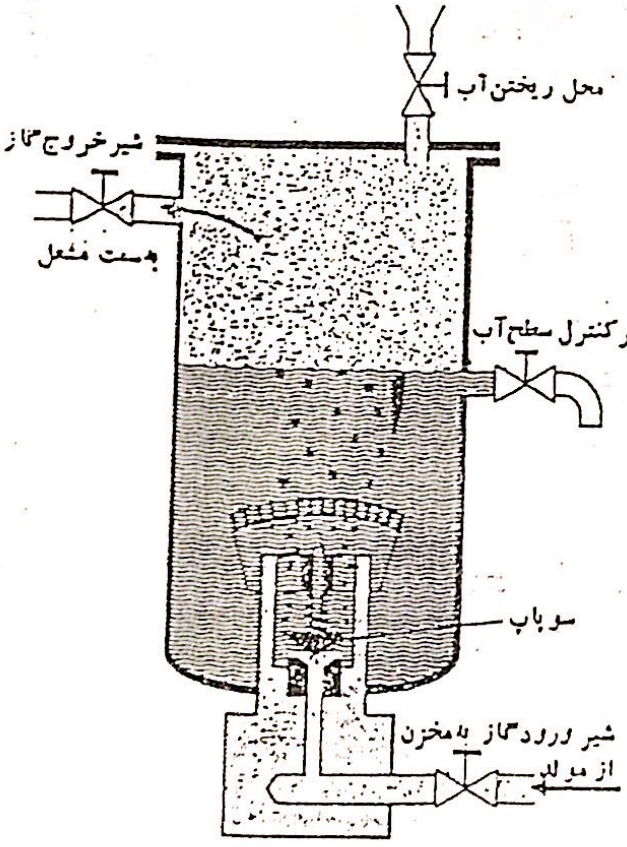
مخزن اطمینان

در تمـام مـولدها یـک مخـزن اطمینان وجود دارد بطوریکه داخل آن تا حجم مشخصی پر از آب بوده و گاز تولید شده در مولد از زیر آن وارد شده و پس از عبور از آب در بالای آن جمع شده و از آنجا برای مصرف به بیرون فرستاده می شود.

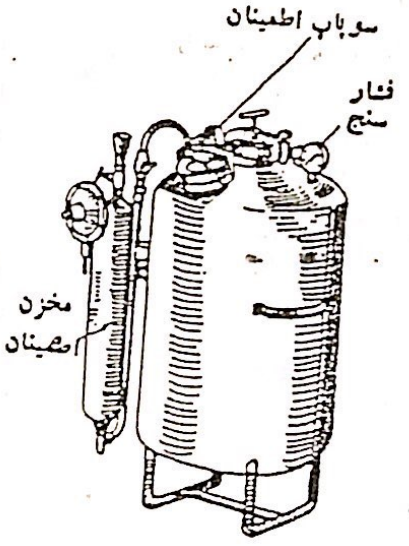
علت استفاده از مخزن اطمینان :

- واکـنش تولـید اسـتیلن گرمازا بوده و گاز تولید شده مقدار زیادی گرما دارد که برای خنک شدن ، آنرا از داخل آب عبور می دهند.
- ناخالصی های موجود در گاز تولید شده ، توسط آب گرفته می شود.
- صورتی که به هر دلیلی شعله از محل مصرف پس بزند به آب برخورد کرده و خاموش می شود. (مستقیماً به گاز تولیدی مولد نمی رسد.)

آب داخل مخزن اطمینان نباید از حد مجاز ، بیشتر یا کمتر شود ، زیرا درصورت کمتر شدن وظایف گفته شده را بدرستی انجام نداده و درصورت زیاد بودن ، ممکن است وارد شیلنگ شده و به محل جوش رسیده و باعث تخریب موضع جوش شود.



مخزن اطمینان



مولد استیلن با مخزن اطمینان

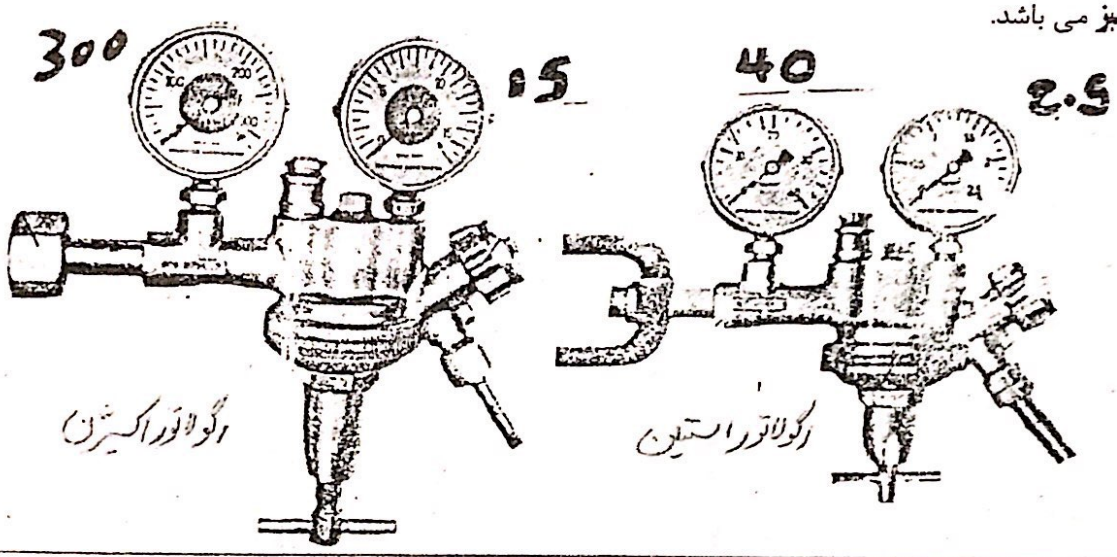
Scanned with CamScanner

کپسول اکسیژن :

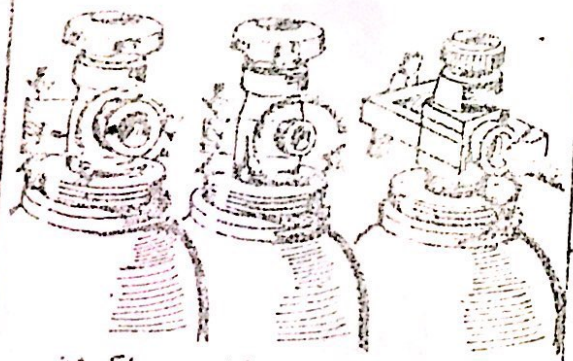
کپسول اکسیژن مانند کپسول استیلن از فولادی بدون درز به ضخامت یک سانتیمتر ساخته می شود که حجم آن ۴۰ لیتر بوده و در فشار ۱۵۰ اتمسفر می توان ۶۰۰۰ لیتر اکسیژن در فشار یک اتمسفر را ذخیره کرد. این مقدار اکسیژن خالص برای جوشکاری مداوم فولادی به ضخامت ۱۰ میلیمتر بمدت ۶ ساعت کافی است.

فشار اکسیژن مصرفی بین ۳ تا ۴ اتمسفر بوده که برای رسیدن به این مقدار فشار از یک رگولاتور فشار مانند رگولاتور فشار کپسول استیلن استفاده می شود، با این تفاوت که این رگولاتور معمولاً سوپاپ اطمینان نداشته و همچنین محل اتصال آن به شیر کپسول ، برخلاف رگولاتور استیلن بصورت پیچ و مهره راستگرد می باشد.

رنگ استاندارد کپسول اکسیژن، آبی یا سبز بوده و شیلنگ انتقال آن به قطر ۶ میلیمتر و معمولاً به رنگ **سبز** می باشد.



گاز داخل کپسول	رنگه کپسول	محل اتصال	رنگ شیلنگ
اکسیژن	آبی	راست $R\frac{3''}{4}$	آبی یا سبز
استیلن	زرد	چپ $R\frac{3''}{4}$ یارکابی	قرمز
هیدروژن یا پروپان	قرمز	چپ $R\frac{1''}{2}$	—
آرگن، CO_2	خاکستری	راست $R\frac{1''}{2}$	—

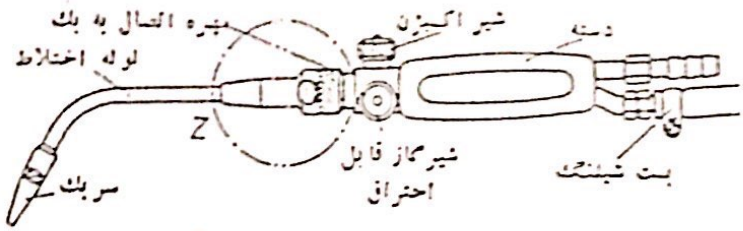


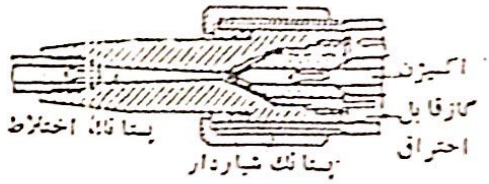
Scanned with CamScanner

مشعل جوشکاری اکسی استیلن :

مشعل وسیله ای است که وظیفه آن ترکیب مناسب اکسیژن و استیلن و انتقال آن به نازل (محل سوختن شعله) می باشد. مهمترین اجزاء آن عبارتند:

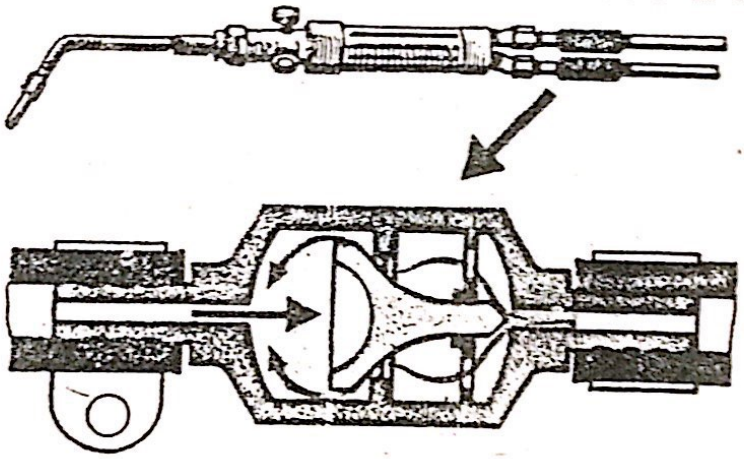
- شیرهای تنظیم اکسیژن و استیلن
- دسته مشعل
- لوله اختلاط
- نازل (افشانک)
- شیر یکطرفه
- پستانک اختلاط





اکسیژن و استیلن در پستانک اختلاط مخلوط شده و پس از عبور از لوله اختلاط به نازل رسیده و در آنجا محترق می شود.

برای جلوگیری از پس زدن شعله به داخل شیلنگ انتقال گاز، یک شیر یکطرفه در ابتدای ورودی مشعل قرار داده شده تا درصورت پس زدن شعله مسیر عبور گاز را ببندد.



با توجه به جنس فلز قطعه کار و ضخامت آن ، شرایط جوشکاری و انرژی حرارتی مورد نیاز در این روش جوشکاری متفاوت می باشد. هر مشعل دارای چندین لوله اختلاط و افشانک برای شعله های گوناگون است. هرقدر ضخامت قطعه کار بیشتر و یا جنس آن دیرگدازتر باشد، لوله اختلاط و نازل بزرگتری لازم است. برای جوشکاری قطعات نازک و کارهای ظریف نیز از نازل کوچک استفاده می شود تا شعله ای باریک و ظریف ایجاد کند.

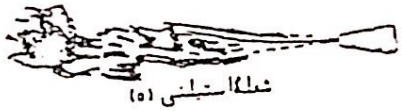
حرارت و یا قدرت مشعل برحسب حجم گاز سوختنی که در واحد زمان از دهانه نازل خارج می شود تخمین زده می شود ؛ که این قدرت به فشار گاز و قطر نازل بستگی دارد.

Scanned with CamScanner

انواع شعله :

الف) شعله استیلنی :

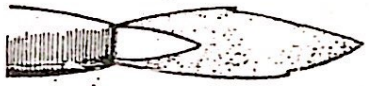
اگر فقط استیلن وارد مشعل شده و بسوزد شعله ای لرزان، دوددار و زرد متمایل به نارنجی پدید می آید.



شعله استیلنی (ه)

ب) شعله خنثی (نرمال) :

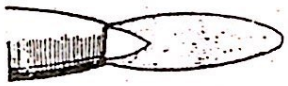
درصورتی که حجم اکسیژن و استیلن مساوی هم باشد شعله خنثی بوجود می آید. این شعله کاملاً جهت دار و دارای هسته نورانی و بالهای آبی رنگ بوده و در جوشکاری فولادها استفاده می شود.



شعله خنثی

ج) شعله اکسیدی :

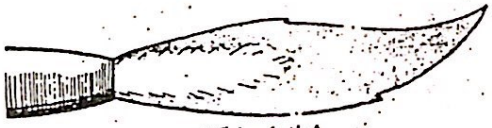
اگر مقدار اکسیژن بیشتر از مقدار آن در شعله خنثی باشد، شعله اکسیدی بوجود می آید که دارای طول کوتاهتر بوده و احتراق آن سروصدای زیادی به همراه دارد. از این شعله در جوشکاری مس و برخی آلیاژهای آن استفاده می شود.



شعله اکسیدکننده

د) شعله احیایی :

اگر مقدار اکسیژن کمتر از مقدار آن در شعله خنثی باشد، شعله احیایی بوجود می آید که درجه حرارت آن از شعله خنثی کمتر بوده و در لحیم کاری و عملیات حرارتی استفاده میشود.



شعله احیا کننده

ه) شعله جدا :

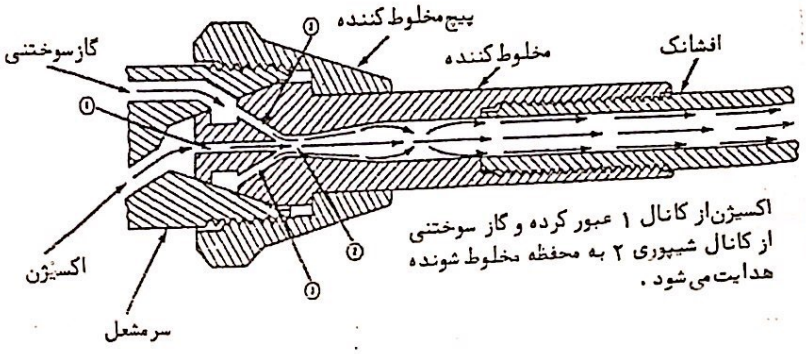
در صورتی که فشار اکسیژن و استیلن بسیار زیاد بوده و متناسب با اندازه نازل نباشد شعله از نوک نازل فاصله گرفته و جلوتر از آن بوجود می آید. کارکردن با این شعله خطرناک است زیرا ممکن است در اثر فشار زیاد گاز و اکسیژن ، مذاب به اطراف بپاشد.

Scanned with CamScanner

مشعل ها با توجه به نحوه اختلاط گازها در داخل آنها به دو گروه تقسیم می شوند:

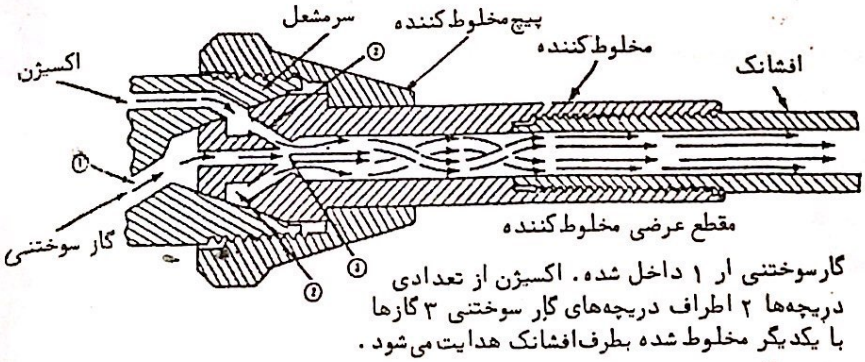
الف) مشعل های انژکتوری (فشار ضعیف)

در این نوع مشعل ها اکسیژن با فشار ۲ تا ۳ اتمسفر از وسط و استیلن با فشار۰/۱ تا ۰/۵ اتمسفر از اطراف وارد پستانک اختلاط می شود. (در واقع گاز سوختنی توسط اکسیژن به محفظه اختلاط رانده می شود.)



ب) مشعل با سیستم فشار مثبت

در این نوع مشعل گاز سوختنی و اکسیژن با فشار مساوی وارد محفظه اختلاط شده و در آنجا با هم مخلوط می شوند. این نوع مشعل کاربرد چندانی نداشته و فقط در کارگاه هایی که استیلن در مولد های فشار قوی تولید شده یا از کپسول تأمین شود استفاده می گردد.



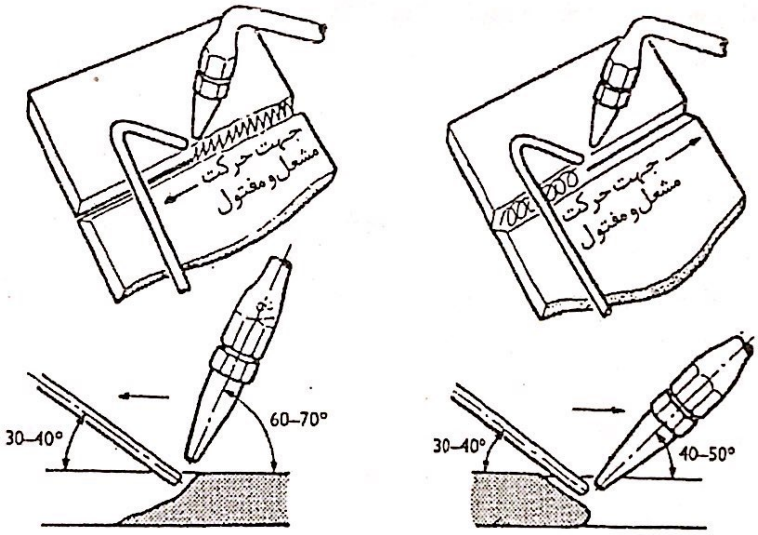
Scanned with CamScanner

تکنیک پیش دستی و پس دستی

جوشکاری با شعله می تواند با دو تکنیک پیش دستی و پس دستی که شکل زیر نشان داده شده است انجام شود.

در تکنیک پیش دستی، امتداد شعله در جهت تکمیل جوش و حرکت در امتداد مسیر جوشکاری از راست به چپ می باشد. امکان کنترل جوش و ایجاد ظاهری خوب برای جوش از خصوصیات این روش بوده و عموماً برای قطعات نازک بکار می رود.

در تکنیک پس دستی، ذوب کمتری بر روی لبه های فلز انجام می گیرد و خواص جوش بیشتر به خواص مفتول نزدیک است. بطور کلی این روش از نظر صرفه جویی در زمان و مصرف اکسیژن مقرون به صرفه تر است.از طرف دیگر چون شعله بر روی جوش قرار دارد، فلز جوش نیز آرام تر سرد می شود و در اغلب مواقع، خواص جوش را بهبود می بخشد. این تکنیک برای ورق های ضخیم ، ترجیح داده می شود زیرا نفوذ جوش بیشتر است. از سوی دیگر برای ورق های ضخیم که نیاز به پخ جناقی دارند، در استفاده از این تکنیک زاویه پخ کمتری را می طلبد.



تکنیک های پیش دستی و پس دستی در جوشکاری با شعله

Scanned with CamScanner

نحوه روشن و خاموش کردن شعله :

پس از انجام کارهای مقدماتی و تنظیم فشار مصرفی کپسول های اکسیژن و استیلن در روشن کردن مشعل، ابتدا شیر استیلن را باز کرده و پس از محترق کردن آن، شیر اکسیژن را باز کرده و شعله را تنظیم می کنیم. برای خاموش کردن نیز ابتدا شیر استیلن و سپس شیر اکسیژن را می بندیم.

در هنگام کار یا هنگام خاموش کردن شعله احتمالاً یک صدای انفجار شنیده می شود که ممکن است به یکی از دلایل زیر باشد :

- سرعت گاز خروجی کمتر از سرعت انتشار شعله باشد.
- نزدیک کردن شعله به قطعه کار و پس زدن شعله و در پی آن پریدن ذرات مذاب به درون نازل
- گرم شدن نازل

مفتول جوشکاری :

مفتول جوشکاری که گاهی بصورت سیم فولادی می باشد، بدون پوشش فلاکس بوده که در ترکیبات شیمیایی مختلف در بازار یافت می شود. معمولاً برای جلوگیری از زنگ زدن مفتول، آنها را با لایه نازکی از مس پوشش می دهند.

جایگاه جوشکاری اکسی استیلن در صنعت

جدول زیر آماری از مصرف گازهای پر انرژی را در سال ۱۹۸۴ میلادی نشان می دهد:

برشکاری	گرمکاری	لحیم کاری	فلز پاشی	جوشکاری
٪ ۷۵	٪۱۰	٪۵	٪۱۰	٪۱

همانگونه که جدول فوق نشان می دهد، کمترین کاربرد گازها به جوشکاری مربوط می شود. این امر بیانگر آن است که جوشکاری با گاز در سال های اخیر کاربرد صنعتی نداشته و تقریباً از رده خارج شده است. در مقیاس صنعتی از روش های دیگری برای جوشکاری استفاده می شود که مزایای بیشتری نسبت به این روش دارند. اما از آنجایی که برای جوشکاری و تعمیرات وسایلی که از ورق های نازک فولادی ساخته شده اند می توان از جوشکاری اکسی استیلن استفاده کرد ، از این روش در بسیاری از کارگاه های کوچک استفاده می شود.

Scanned with CamScanner

مزایای و قابلیت های جوشکاری اکسی استیلن

- در ایـن فـرآیند، جوشـکار مـی تواند با کم و زیاد کردن فشار اکسیژن و استیلن، میزان شعله و در پی آن درجه حرارت منطقه جوش را تا حدود زیادی کنترل کند.
- فـشار شعله می تواند برای کنترل وضعیت گرده جوش و شکل دادن به آن بکار رود. (مثلاً سطح ناهموار و خشن جوشکاری با قوس الکتریک را می توان بدین وسیله صاف کرد.)
- وسایل و تجهیزات مورد استفاده نسبتاً ارزان و قابل حمل می باشند.
- با اعمال تغییرات جزیی در مشعل می توان از تجهیزات آن برای برشکاری، شیارزدن، پیشگرم کردن، لحیم کاری و .... نیز استفاده کرد.

معایب و محدودیت های جوشکاری اکسی استیلن

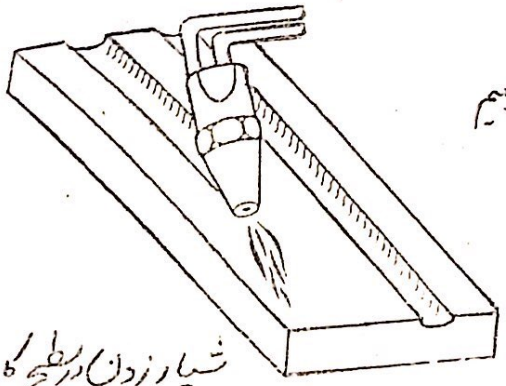
- این روش برای جوشکاری قطعات و ورق های سنگین، اقتصادی نیست.
- از آنجایی که شدت تمرکز حرارتی کم است، منطقه متأثر از حرارت (HAZ) وسیع و پیچیده خواهد بود.
- ایـن فـرآیند نـیاز بـه مهـارت و تجـربه خاصی دارد؛ زیرا نگهداری مشعل و مفتول تحت زوایای مناسب و حرکت و توقف آنها درحین جوشکاری مهارت بالایی را می طلبد ؛ بویژه زمانی که از مفتول استفاده می شود هر دو دست جوشکار مشغول بوده که این امر، دشواری و خستگی را برای وی به همراه خواهد داشت.
- خطر آتش سوزی و انفجار وجود دارد.

Scanned with CamScanner

برشکاری با شعله گاز

Oxyfuel Gas Cutting

برشکاری با شعله از جمله مهمترین عملیاتی است که در صنعت انجام شده و توسط آن می توان براده برداری، سوراخکاری، برشکاری ، شیارزنی، و .... را انجام داد.



شیار زدن در سطح کار

باز کردن ریشه جوش برای ترمیم

جوش معیوب

ایجاد شیار برای ترمیم جوش معیوب

برای عملیات براده برداری باید مشعل بگونه ای بر روی سطح قطعه کار، نگهداشته شود که محل مورد نظر به رنگ سرخ یا زرد روشن درآید. در این هنگام، دمیدن اکسیژن خالص باعث بالارفتن دمای قطعه کار و سوختن آن می شود. در واقع عملیات اصلی برشکاری توسط جریان اکسیژن صورت می گیرد و شعله گاز وظیفه اش این است که سطح قطعه کار را تا دمای 850 تا 1150 درجه سانتیگراد گرم کند که بتواند با اکسیژن ترکیب شود. بنابراین در برشکاری با شعله و اکسیژن دو شرط لازم وجود دارد:

- دمای احتراق سریع فلز با اکسیژن کمتر از دمای ذوب آن باشد.
- اکسید تولید شده، دمای ذوب کمتر از فلز داشته باشد.

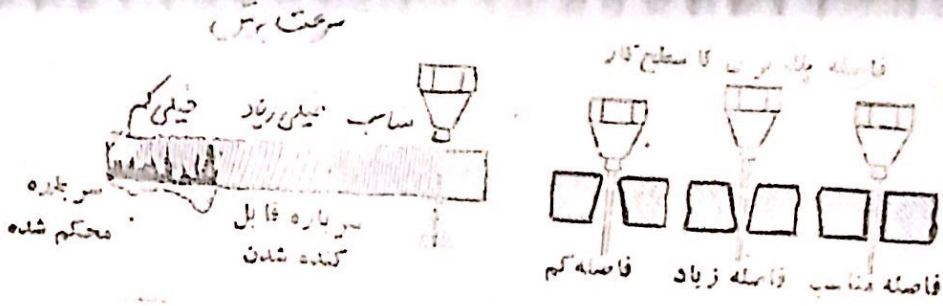
فولاد کم کربن «بر دو مشخصه بیان شده را دارد.

در اثر فشار جت اکسیژن، مذاب ها و اکسیدها از موضع برش دور می شوند. در برشکاری از شعله خنثی استفاده شده و مشعل باید بطور عمودی بر روی سطح قطعه کار نگهداشته شود تا مذاب و اکسیدها به پایین بریزد.

در شیارزدن و فرم دادن مشعل باید بصورت زاویه دار روی قطعه کار نگهداشته شود تا مذاب و اکسیدها به جلو پاشیده شود.

در برشکاری بایستی سرعت حرکت مشعل و فاصله آن از سطح قطعه کار در حد مناسب باشد تا لبه های صاف و تمیزی بدست آید.

Scanned with CamScanner



حرکت مشعل می تواند بصورت دستی یا ماشینی (اتوماتیک) باشد. در برشکاری های دقیق تر نیز می توان مجموعه را توسط سیستم های کنترل عددی (CNC) هدایت نمود.

در برشکاری ، شیارزنی و... می توان از گازهای سوختنی مختلف مانند استیلن، گاز طبیعی، MAPP ، MPS، پروپان، هیدروژن، متان، پروپیلن و ... استفاده می شود. (MAPP مخلوطی از متیل استیلن، پروپادین و استابیلایز بوده و MPS نیز مخلوطی از متیل استیلن، پروپادین، بوتادین، بوتان و پروپان می باشد.)

استیلن به میزان قابل توجهی به عنوان سوخت گازی در برشکاری بکار می رود. مزایای عمده آن عبارتند از: موجود بودن (در دسترس بودن) ، درجه حرارت زیاد شعله و آشنایی با مشخصات شعله آن در بین مصرف کنندگان. همچنین در مقایسه با دیگر گازها ، اکسیژن خالص کمتری لازم دارد.

گاز طبیعی که ترکیب اصلی آن متان است، نسبت به استیلن حرارت کمتری ایجاد کرده و در نتیجه بازده کمتری دارد.

پروپان به حالت مایع ذخیره شده و به آسانی قابل حمل و نقل است. در استفاده از آن به علت سوختن آرام ، پس زنی شعله و پیش جرقه زنی به ندرت اتفاق می افتد.

MPS نسبت به پروپان و گاز طبیعی حرارت بیشتری ایجاد می کند.

هیدروژن همراه با اکسیژن با شعله ای تقریباً بی رنگ سوخته و حرارت زیادی ایجاد می کند. تعیین خنثی بودن یا نبودن شعله آن بسیار مشکل است.

اکسیژنی که برای برشکاری بکار می رود بایستی دارای خلوص حداقل ۹۹.۵ ٪ باشد؛ زیرا در غیر اینصورت بازده برشکاری کم می شود. به عنوان مثال کاهش یک درصدی خلوص (یعنی ۹۸.۵ ٪) سرعت برشکاری را تقریباً به اندازه ۱۵٪ کاهش و مصرف اکسیژن را حدود ۲۵٪ افزایش می دهد. علاوه بر آن کیفیت برش نیز کم شده و سفتیج سرباره چسبنده افزایش می یابد. درصورتی که خلوص اکسیژن به ۹۵٪ برسد برشکاری معمولی انجام نگرفته و بصورت عمل ذوب و شستن در می آید که غیرقابل قبول است.

علاوه بر درجه خلوص اکسیژن، تنظیم فشار آن نیز شرطی اساسی بوده و بر کیفیت برش اثر می گذارد. بهمین علت برخی از سازندگان، تنظیم فشار در رگولاتور و عملکرد با طول معین شیلنگ را مشخص می کنند.

جدول زیر سرعت برشکاری و سرعت جریان گازهای مختلف را بر اساس ضخامت های مختلف قطعه کار نشان می دهد:

Scanned with CamScanner

نمره	قطر روزنه‌ی برشکاری	سرعت برشکاری cm/min	جریان گاز، لیتر در دقیقه: اکسیژن برشکاری	استیلن	MPS	گاز طبیعی	پروپان
3.2	0.51–1.02	6.8–13.5	7.2–21.2	2–4	2–4	4–12	2–5
6.4	0.76–1.52	6.8–11.0	14.2–26.0	2–4	2–5	4–12	2–6
9.5	0.76–1.52	6.4–10.1	18.9–33.0	3–5	2–5	5–12	3–7
13	1.02–1.52	5.1–9.7	26.0–40.0	3–5	2–5	7–14	3–8
19	1.14–1.52	5.1–8.9	47.2–70.9	3–6	3–5	7–17	3–9
25	1.14–1.52	3.8–7.6	51.9–75.5	4–7	4–7	8–17	4–9
38	1.52–2.03	2.5–5.9	51.9–75.5	4–8	4–8	9–17	4–10
51	1.52–2.03	2.5–5.5	51.9–82.6	4–8	4–8	9–19	4–10
76	1.65–2.16	1.7–4.7	61.4–89.6	4–9	4–10	10–19	5–11
102	2.03–2.29	1.7–4.2	113–170	5–10	4–10	10–19	5–11
127	2.03–2.41	1.7–3.4	127–170	5–10	5–10	12–24	5–12
152	2.41–2.67	1.3–3.0	123–236	5–12	5–12	12–24	6–19
203	2.41–2.79	1.3–2.1	217–293	7–14	10–19	14–30	7–15
254	2.41–2.79	0.85–1.7	274–331	7–17	10–19	16–33	7–15
305	2.79–3.30	0.85–1.7	340–401	9–19	15–29	20–75	10–22

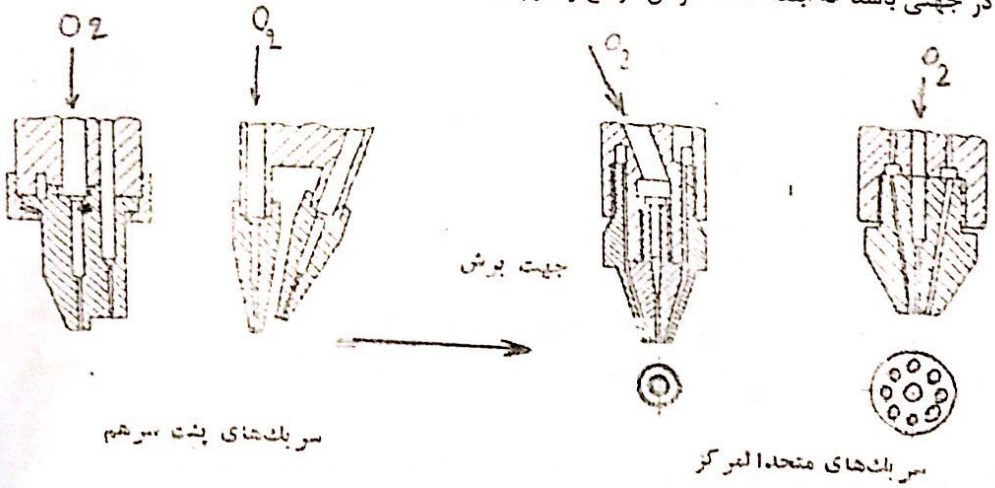
انواع سرپک های مشعل برشکاری

الف) سرپک های متحدالمرکز

در نازل این سرپک ها گازهای قابل اشتعال از اطراف و اکسیژن از مرکز خارج می شود. مزیت این نوع مشعل این است که در هر جهتی می توان عمل برش را انجام داد؛ زیرا موضع قطعه کار را در تمام جهات گرم کرده و می توان در هر جهتی حرکت نمود.

ب) سرپک های پشت سرهم

در این نوع سیستم، دو نازل پشت سرهم قرار گرفته و بطور جداگانه از هر کدام اکسیژن و گاز سوختنی خارج می شود. محدودیتی که در این سیستم وجود دارد این است که حرکت مشعل باید در جهتی باشد که ابتدا شعله گاز آن موضع را گرم کرده باشد.



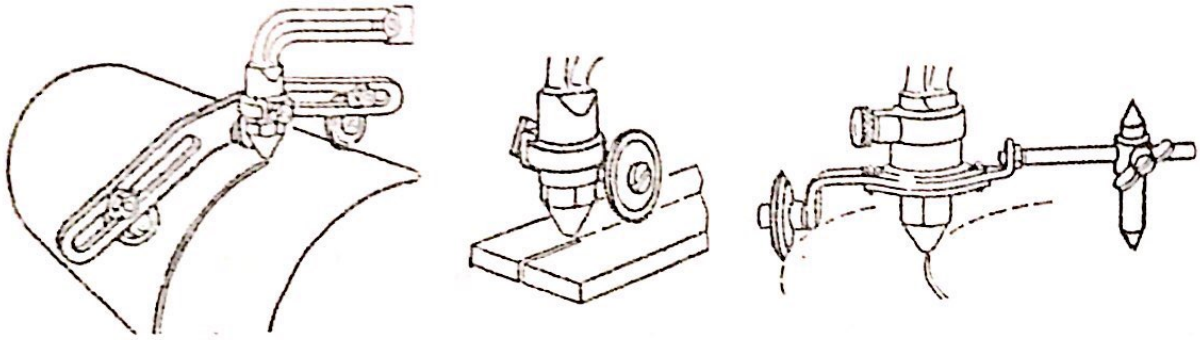
سرپک‌های پشت سرهم

سرپک‌های متحدالمرکز

Scanned with CamScanner

نازل ها :

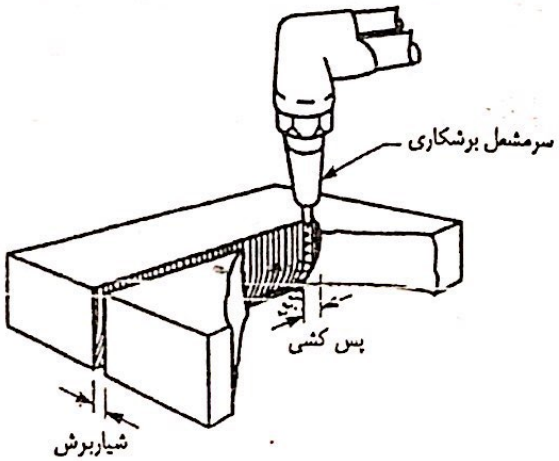
نازل های مورد استفاده در براده برداری و شیارزنی دارای دهانه بازتری نسبت به نازل های برشکاری می باشند تا حوزه گرم کردن آنها وسیع تر باشد. در شکل زیر برخی از نازل های برشکاری نشان داده شده است.



پدیده پس کشی :

هرگاه سرعت برشکاری از یک حد مشخص بیشتر بوده و یا جریان اکسیژن کم باشد ، جت اکسیژن انرژی کمتری برای حمل محصولات واکنش به بیرون خواهد داشت. بدین ترتیب در مسیر برش یا همان ضخامت قطعه کار، نقاط انتهایی نسبت به نقاط ابتدایی مسیر برش، عقب افتادگی پیدا می کند. مشکلی که این پدیده ایجاد می کند این است که در سر پیچ ها ، گوشه ها و زوایای داخلی ، مسیر برش بصورت عمودی و یکنواخت نخواهد بود.

.برای حل این مشکل بایستی سرعت برش کمتر شده و یا جریان اکسیژن بیشتر شود.



Scanned with CamScanner

مزایای برشکاری با شعله

- قطعات ضخیم و با شکل های پیچیده مانند فولاد به ضخامت ۳۰ سانتیمتر را می توان بدین روش براحتی برش داد؛ در صورتی که با روش های دیگر مانند اره و گیوتین محدودیت در ضخامت قطعه وجود دارد.
- تکنیک برشکاری ساده است.
- سرعت برشکاری بالاست.
- تجهیزات لازم ، ساده ، ارزان و قابل حمل می باشد.
- چندین قطعه را می توان همزمان برشکاری کرد.
- هر شکل دلخواهی از ورق های فولادی را می توان با این روش برش داد.
-

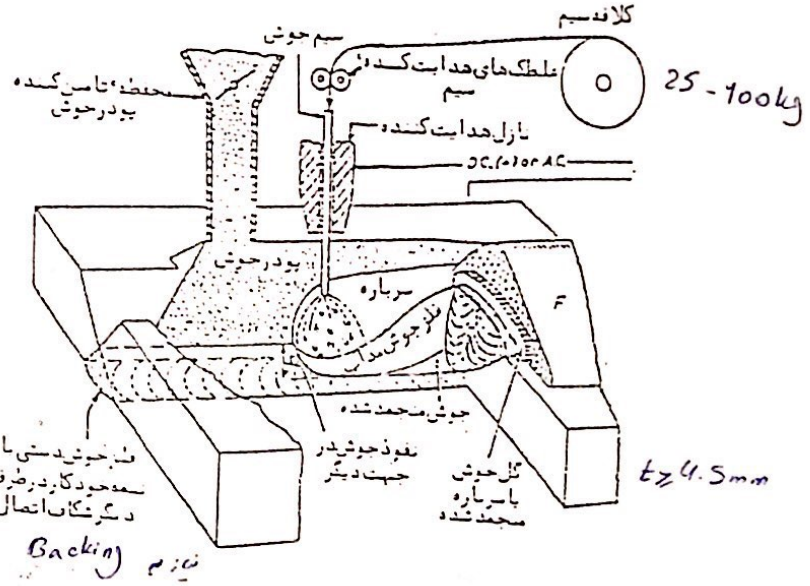
معایب برشکاری با شعله

- دقت ابعادی کار،کم بوده و لبه های برش نامناسب است. بنابراین لازم است پس از برشکاری، لبه های قطعه کار، ماشینکاری شده تا ابعاد آن دقیق شود.
- منطقه متأثر از حرارت (HAZ) وسیع است.
- اعوجاج و دفرمه شدن بر اثر حرارت برش ، زیاد است. مثلاً کمانه شدن ورق های فلزی
- تغییرات متالورژیکی ، سوختن عناصر آلیاژی و تغییر ساختار میکروسکوپی در لبه های برش زیاد است. در نتیجه خواص قطعه در لبه های برش با بقیه قسمت ها متفاوت خواهد بود.
- از نظر ایمنی،کار با شعله خطرناک است. به عنوان مثال می توان به مواردی از قبیل خطرات نشت گاز، آتش سوزی، پاشش ذرات داغ و سرخ شده به اطراف و سوختگی اشاره کرد.
- درصورتی که برشکاری در محیط بسته انجام شود، باید از سیستم تهویه استفاده شود تا دودهای حاصل از احتراق و اکسایش به بیرون هدایت شود.

Scanned with CamScanner

جوشکاری زیر پودری (Submerged Arc Welding)

جوشکاری زیر پودری (SAW) فرآیندی است که در آن قوس الکتریکی تحت پوشش پودر مخصوصی مخفی می شود. شکل زیر شمای کلی این فرایند را نشان می دهد.



این روش مشابه جوشکاری MIG است، با این تفاوت که گاز محافظ نداریم. ولی درعوض از یک پودر استفاده می شود که لبه های الکترود را پوشانده و وظیفه روکش الکترود را بر عهده دارد. (مانند جلوگیری از نفوذ اتمسفر، اضافه کردن عناصر آلیاژی ، محافظت از قوس الکتریکی و....) همچنین قطر مفتول آن از ۲ تا ۷.۹ میلیمتر می باشد که بیشتر از قطر مفتول جوشکاری MIG می باشد.

شدت جریان مصرفی در این فرآیند بسته به شدت کار از ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ آمپر تغییر می کند. بدلیل بالا بودن آمپر جوشکاری در این روش نسبت به سایر روش های جوشکاری، نرخ رسوب و عمق نفوذ بیشتر است. معمولاً در آمپرهای پایین (۳۰۰ تا ۵۰۰ آمپر) از برق مستقیم و در آمپرهای بالا (۹۰۰ آمپر به بالا) از برق متناوب استفاده می شود، و در آمپرهای متوسط نیز از هر دو نوع برق مستقیم یا متناوب می توان استفاده کرد.

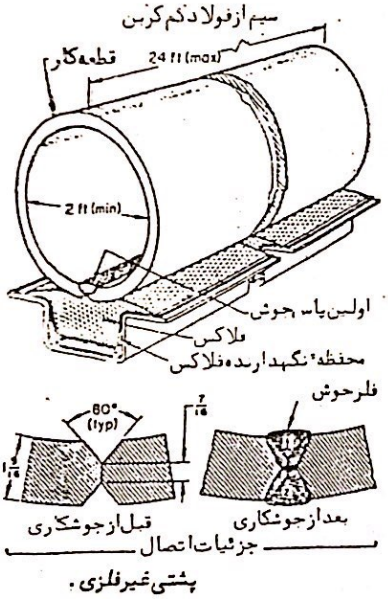
در این روش ، پودر مورد نظر پیشاپیش در موضع جوش ریخته می شود و مقدار آن به اندازه ای است که لبه های الکترود را کاملاً پوشانده و قوس را در زیر خود مخفی می کند. با شروع ایجاد قوس ، الکترود به طور خودکار تغذیه شده و سیستم بطرف جلو حرکت می کند و همزمان با جلو آمدن سیستم ، ریختن پودر در موضع جوش ادامه پیدا می کند، بطوری که در مسیر حرکت الکترود ، همواره ریزش پودر به موضع جوش به اندازه کافی صورت گرفته است.

Scanned with CamScanner

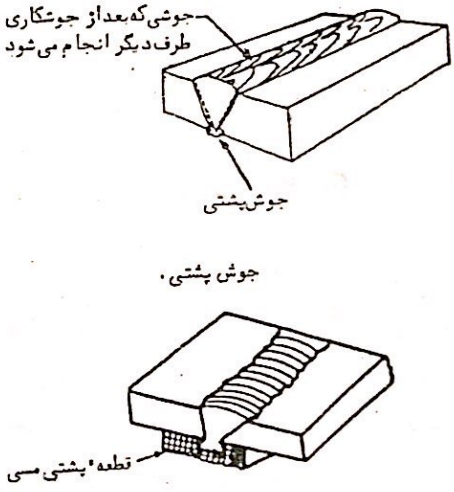
پس از ایجاد قوس ، علاوه بر ذوب شدن لبه های قطعه کار و الکترود، پودر روی موضع ، نیز ذوب می شود و یک سرباره بسیار سخت و شیشه ای تشکیل داده و روی موضع جوش را می گیرد که باید پس از جوشکاری شکسته شده و از موضع جوش جدا شود. مقدار پودر مصرفی همواره کمتر از مقدار تغذیه شده است که می توان با جمع آوری و جداکردن ناخالصی ها دوباره از آن استفاده کرد.

دانه بندی پودرها باید بگونه ای باشد که نه زیاد ریز باشد که گازهای اضافی نتوانند براحتی خارج شوند و نه آنقدر درشت که باعث پخش شدن پودرها و جدا شدن آنها از موضع جوش شود. در مورد عناصر آلیاژی می توان هر نوع عنصر را به هر نسبت دلخواه به پودر اضافه کرد تا وارد موضع جوش شود. عمده ترین عناصر موجود در پودر عبارتند از : آلومینات، سیلیکات، اکسید سیلیس، اکسید منگنز، اکسید منیزیم، اکسید کلسیم، اکسید تیتانیوم، فلوراید منیزیم.

سیالیت مذاب در این روش جوشکاری، زیاد بوده و احتمال ریزش مذاب وجود دارد؛ بنابراین پشت درز جوش باید بصورتی پر شود. برای این منظور از پشتی یا Backing استفاده می شود که مطابق شکل زیر می تواند یک تسمه مسی یا یک درز جوش نازک از الکترود دستی یا یک بالشی از پودر باشد.



پشتی غیرفلزی .



پشتی مسی با طرح تقویت اتصال .

رسوب دادن سطحی با الکترود نواری:

در مواردی که بخواهیم سطح قطعه کار ترمیم کرده یا یک پوشش نازک ایجاد کنیم می توان از الکترود نواری استفاده کرد. برای این منظور باید از برق مستقیم با قطبیت معکوس استفاده شود یعنی قطعه کار به قطب منفی و الکترود به قطب مثبت وصل شود تا حرارت موجود در الکترود و نرخ رسوب آن بیشتر بوده و عمق نفوذ جوش کمتر باشد.

Scanned with CamScanner

SAW

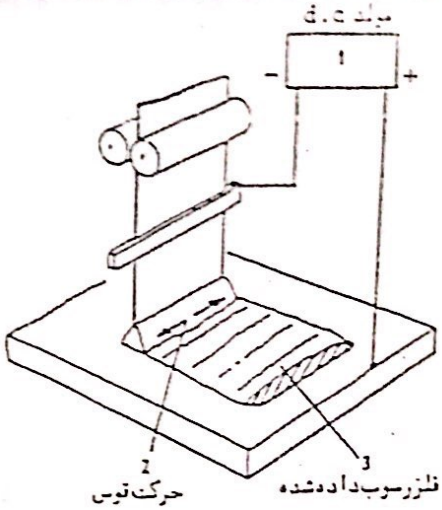
آمپر جوش

200 - 500
600 - 900
700 - 900
500 - 1200
600 - 1300
800 - 1600

تقریب جوش SAW

2.3
3.2
4
4.8
5.6
6.4

متداول ترین



عملیات رسوب دادن سطحی با روش توس زیرپودری بکمک الکترود نواری

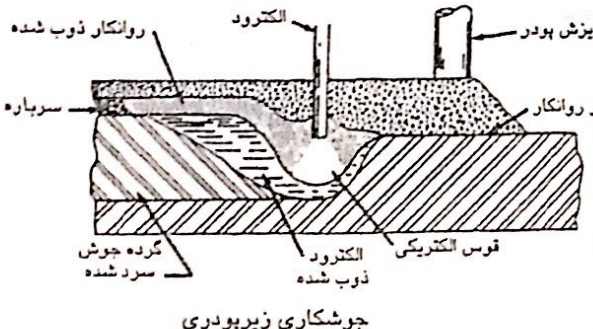
راندمان قوس الکتریکی یا راندمان حرارتی:

این راندمان بیان می کند که چه مقدار از انرژی تولید شده در قوس الکتریکی صرف گرم کردن قطعه کار و ایجاد یک پالس جوش شده است و چه میزانی از آن در اتمسفر تلف شده است. جدول زیر چهار روش جوشکاری را نشان می دهد که اساس همه آنها قوس الکتریکی می باشد اما راندمان جوشکاری زیرپودری از بقیه بیشتر است.

جوشکاری قوس الکتریک دستی	٪۸۵ - ٪۶۵
جوشکاری زیر پودری	٪۹۹ - ٪۹۵
جوشکاری MIG / MAG	٪۷۰ - ٪۶۰
جوشکاری TIG	٪۵۰ - ٪۲۵

اعداد نشان داده شده در جدول روی به صورت تقریبی هستند.

کاربرد: فولاد کربن - فولاد آلیاژی - فولاد ضدزنگ، تعمیر نوزک کشتی سازی - فولادهای ضخامت کمتر از ۱۵ با از کل جوشکاری دنیا



جوشکاری زیرپودری

[Electro welding]

مشوح توس: retract : حالت اتو ماتیک دست برگشت

الکترود

steel wool : یک تکه الیاف نازک فولادی

بین نوک الکترود و قطعه کار

High freqeance : جهان موقت اولیه با فرکانس بالا که مقدار شروع قوس به طور اتوماتیک قطع الکترود

Scanned with CamScanner

12- قابلیت جوشکاری فولادهای مخصوص و آلیاژی تقریبا مواد بوده

مزایای جوشکاری زیر پودری:

۱- در مقایسه با سایر روش ها ، نرخ رسوب و عمق نفوذ جوش بیشتر بوده و سرعت جوشکاری نیز بالاست.
۲- موضع جوش خواص مکانیکی و کیفیت خوبی داشته و ظاهر آن زیباست.
۳- عـوامل انسانی و خطاهای اپراتوری در آن دخالت زیادی نداشته و نسبت به وزش باد حساسیت کمتری دارد.
۴- نـیاز به پخ سازی قطعه کار تا ۳۲ میلیمتر نمی باشد و در ضخامتهای بالاتر نیز نسبت به قوس الکتریک دستی پخ کوچکتر و با زاویه کمتری لازم دارد.
۵- جهت عملیات Hard Facing می توان از این روش استفاده کرد.
۶- هر نوع عنصر آلیاژی را می توان از طریق پودر به موضع جوش اضافه کرد.
۷- قوس کاملاً زیر پودر مخفی شده و در نتیجه اشعه و نور شدید حاصل از قوس دیده نمی شود.
۸- نسبت به وزش باد مقاوم کمتری دارد.

9- نرخ رسوب بالا : تقریبا 6.4mm ، 1400 آمپر AC ، 20 kg/h

10- تراکم جریان زیاد 10 تا 15 A/mm² در مقابل 12 تا 20 A/mm² قوس دستی

11- راندمان حرارتی بالا 60٪ تا 70٪ در مقابل 25٪ قوس دستی

معایب جوشکاری زیر پودری:

۱- سیالیت مذاب زیاد بوده و پشت بند یا Backing لازم است.
۲- فقـط در وضـعیت افقـی یـا تخت کاربرد دارد (یا حداقل با شیب ۱۵ درجه) و در جوشکاری عمودی یا بالاسری از آن استفاده نمی شود.
۳- موضع جوش مخفی بوده و جوشکار تا پایان عملیات جوشکاری بر روی موضع جوش دید ندارد.
۴- ضخامت قطعه کار، باید حداقل ۴,۵ میلیمتر یا بیشتر باشد و برای ضخامت های کمتر به ندرت استفاده می شود. (1.5 mm) کنترل سازی پذیر
۵- درمـورد وجود ناخالصی در موضع جوش به شدت حساس بوده و درصورت وجود آلودگی کیفیت جوش افت می کند.
۶- ایـن روش جوشـکاری نـسبت بـه تنظیمات اولیه کار، حساس است (مانند مناسب بودن زاویه پخ، تمیز بودن موضع جوش، خشک و مناسب بودن پودر و...) اگر اول کار، بد شروع شود، از آنجا که موضع جوش مخفی است و جوشکار کنترل عینی ندارد ، تا آخر کار ، بد جوش می خورد.
۷- برای جوشکاری چدن نمی توان از این روش استفاده کرد، زیرا تنش حرارتی در چدن بالاست. آلیاژهای آلومینیم و منیزیم نیز به علت فقدان فلاکس (پودر) مناسب در جوشکاری زیرپودری کاربرد ندارند.
۸- سرباره سخت و شیشه ای دارد که اغلب به سختی جدا می شود.

جوشکاری زیرپودری (1930) : الکترود به شکل سیم و تغذیه اتوماتیک 2-8mm ، پودر بصورت در موضع ریخته می شود.

پیشروی اغلب اتوماتیک - 300-4000 آمپر AC و DC ولتاژ 25 تا 50 ولت

کمتر از 10٪ کل جوشکاری دنیا

Dilution بالا خصوصا در OCSP هرچه بیشتر ، مقاومت خوردگی جوش بیشتر می شود.

درصد فلز ناخالص را افزایش می دهد.

هرچه میزان نفوذ بیشتر ← Dilution بیشتر

۴۸

نفوذ درصد ذوب فلز پایه و فلز پرکننده در جوش

نفوذ کمتر ← Dilution کمتر

خوردگی ← Segregation

نفوذ عمیق ها در جوشکاری های شیاری

Scanned with CamScanner

TABLE 18-1 Mechanical properties of AWS flux and electrode classes

AWS flux class	Tensile strength, psi	Minimum yield strength at 0.2% offset, psi	Minimum elongation % in 2-in., %	Charpy V-notch impact energy, ft·lb
AWS A5.17 Carbon Steel				
F60-EXXXX				Not required
F61-EXXXX				20 at 0°F [−18°C]
F62-EXXXX	62,000–80,000	50,000	22	20 at −20°F [−29°C]
F63-EXXXX				20 at −40°F [−40°C]
F64-EXXXX				20 at −60°F [−51°C]
F70-EXXXX				
F71-EXXXX				Not required
F72-EXXXX	72,000–95,000	60,000	22	20 at 0°F [−18°C]
F73-EXXXX				20 at −20°F [−29°C]
F74-EXXXX				20 at −40°F [−40°C]
				20 at −60°F [−51°C]
AWS A5.23 Low-Alloy Steel				
F7XX-EXXX-X	70,000–95,000	58,000	22	The impact properties vary with details in the specification, but can range from 75 ft·lb at + 70°F [21°C] to 20 ft·lb at a very cold −150°F [−101°C]. The final lone X at the tail end of each spec is used to designate details like that.
F8XX-EXXX-X	80,000–100,000	68,000	20	
F9XX-EXXX-X	90,000–110,000	78,000	17	
F10XX-EXXX-X	100,000–110,000	88,000	16	
F11XX-EXXX-X	110,000–130,000	98,000	15	
F12XX-EXXX-X	120,000–140,000	108,000	14	

Scanned with CamScanner

TABLE 10-2 AWS submerged-arc electrode wires

AWS Class	Chemical composition, %			
	Carbon	Manganese	Silicon	Other Elements*
AWS A5.17 Low-Carbon Steels				
Low-Manganese				
EL8	0.06	0.30–0.55	0.05	
EL8K	0.10	0.30–0.55	0.10–0.20	
EL12	0.07–0.15	0.35–0.60	0.05	
Medium-Manganese				
EM5K	0.06	0.90–1.40	0.40–0.70	
EM12	0.07–0.15	0.85–1.25	0.05	
EM12K	0.07–0.15	0.85–1.25	0.15–0.35	
EM13K	0.07–0.19	0.90–1.40	0.45–0.70	
EM15K	0.12–0.20	0.85–1.25	0.15–0.35	
High-Manganese				
EH14	0.10–0.18	1.75–2.25	0.05	
AWS A5.23 Low-Alloy Steels†				
Carbon Steels				
EL12	Carbon steels included from A5.17 because they are used as backup welds for low-alloy sub-arc welds.			
EM12K				
Carbon-Molybdenum Steels				
EA1	See AWS A5.23 for detailed chemical composition and other data.			
EA2				
EA3				
EA4				
Chromium-Molybdenum Steels				
EB2	See AWS A5.23 for detailed chemical composition and other data.			
EB2H				
EB3				
EB5				
EB6				
EB6H				
Nickel Steels				
ENi1	See AWS A5.23 for detailed chemical composition and other data.			
ENi2				
ENi3				
ENi4				
Other Low-Alloy Steels				
EF1	See AWS A5.23 for detailed chemical composition and other data.			
EF2				
EF3				
EF4				
EF5				
EF6				
EM2				
EM3				
EM4				
EW				
EG				

* See AWS A5.17 for further details.
† See AWS A5.23 for more details.

Scanned with CamScanner

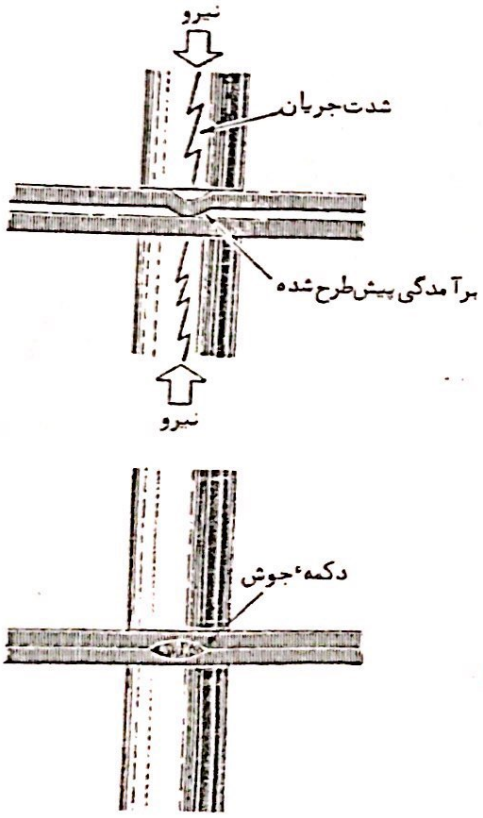
جوشکاری مقاومتی Resistance Welding

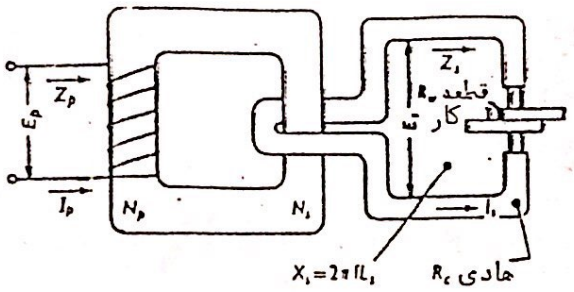
جوشکاری مقاومتی در صنعت کاربرد زیادی داشته و فرآیندی است که در آن ذوب صورت نمی گیرد. در این روش با عبور جریان قوی برق ، قطعه کار، به علت مقاومت در برابر عبور جریان ، گرم و خمیری شده و سپس اعمال فشار به موضع جوش باعث فرو رفتن آنها در همدیگر خواهد شد.

دستگاه های جوشکاری مقاومتی شامل دو واحد کلی هستند که یکی واحد الکتریکی (عامل ایجاد حرارت) و دیگری واحد مکانیکی (عامل ایجاد نیروی فشاری) می باشد. برای ایجاد حرارت لازم جهت خمیری کردن قطعه کار، نیاز است که جریان الکتریکی ، آمپراژ بالایی داشته باشد. برای این منظور از یک ترانسفورماتور استفاده می شود که تعداد حلقه های سیم پیچ اولیه آن زیاد و سیم پیچ ثانویه آن بسیار کم (اغلب یک حلقه) می باشد. ورودی این ترانسفورماتور، جریان متناوب ۲۲۰ یا ۲۵۰ ولت و خروجی آن نیز ولتاژ ۰/۵ تا ۱۰ ولت و آمپراژ بالا (۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ آمپر) می باشد.

برای انجام این فرآیند ابتدا اعمال فشار به قطعه کار صورت می گیرد که مکانیزم آن می تواند به صورت دستی، بادامکی ، هیدرولیکی و نیوماتیکی باشد. سپس وارد کردن جریان برق ، موضع مورد نظر را گرم و خمیری کرده و مجدداً با اعمال فشار، مواضع نرم شده در هم فرو رفته و جوش می خورند.

پارامتر زمان در این روش جوشکاری نقش مهمی دارد؛ زیرا حرارت ایجاد شده به مدت زمان اعمال جریان برق بستگی داشته و در زمان مناسب باید برق قطع شده و فشار، به مدت چند لحظه باقی بماند تا مواضع مورد نظر بهم جوش خورده و با انتقال حرارت به اطراف، موضع جوش سرد شود. در این هنگام با قطع فشار، جوشکاری کامل خواهد شد. کوتاه بودن زمان جوشکاری سبب می شود موضع جوش به اندازه لازم، گرم و خمیری نشده و بطور کامل در هم فرو نروند.



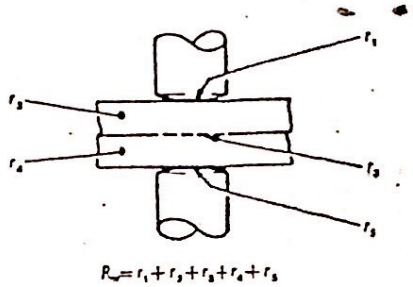


$$\frac{E_p}{E_s}=\frac{N_p}{N_s}=\frac{I_s}{I_p}$$

$$Z_p=\left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 Z_s$$

$$Z_s^2=R_s^2+X_s^2$$

$$R_s=R_w+R_c$$



شمای کلی از دستگاه و مقاومت‌ها در فرآیند جوشکاری مقاومتی

Scanned with CamScanner

قبل از جوشکاری لازم است سطوح قطعه کار از هر گونه آلودگی و چربی تمیز شود وجود آلودگی باعث ضعیف شدن موضع جوش می شود. برای تمیز کردن می توان از روش هایی شیمیایی (انواع پاک کنند ها، اسیدها و ...) و روش های مکانیکی (سنباده کاری ، برس کشیدن و ...) استفاده کرد. اگر قطعه کار از جنسی باشد که لایه اکسید پایدار روی سطح آن ایجاد می شود (مانند آلومینیم ، تیتانیوم و ...) لازم است قبل از جوشکاری این لایه ی اکسیدی برطرف شود.

فلزاتی که بدین روش جوش می شوند نباید رسانایی الکتریکی و حرارتی بالایی داشته باشند؛ زیرا در این صورت جریان الکتریکی و در نتیجه آن حرارت ایجاد شده ، توسط قطعه کار به بیرون منتقل شده و قطعه کار به اندازه کافی گرم و خمیری نخواهد شد، در نتیجه موضع جوش نیز ضعیف می شود. برای جوشکاری مس و آلومینیم باید از تکنیک خاصی استفاده شود تا فرصتی برای انتقال حرارت پیش نیاید.

برخلاف قطعه کار، الکترود باید رسانایی زیادی برای جریان برق و حرارت داشته باشد تا زود مستهلک نشود. علاوه بر آن باید از استحکام مکانیکی بالایی نیز برخوردار بوده و با فلز قطعه کار میل ترکیبی نداشته باشد. به عنوان مثال اگر از الکترود مسی برای جوشکاری مقاومتی ورق گالوانیزه استفاده شود، مس با روی که روکش گالوانیزه است ترکیب شده و برنز را پدید می آورد.

جنس الکترود می تواند از آلیاژهای مس ، نیکل و یا آلیاژهای فلزات دیر گداز مانند تنگستن باشد. اغلب الکترودها با سیستم گردش آب خنک می شوند تا زود مستهلک نشوند.

اگر قطعه کار از جنسی باشد که ضریب انبساط حرارتی آن بالا باشد، اعمال جریان برق و خمیری شدن قطعه کار و در پی آن سرد شدن موضع جوش باعث ایجاد تنش می شود که برای رفع این تنش از یک برق کمتر، تحت عنوان برق تمپرینگ استفاده می شود تا با اعمال آن ، موضع جوش تحت عملیات حرارتی تمپرینگ (بازپخت) قرار گرفته و تنش های موجود در آن از بین برود.

برخی از انواع جوشکاری مقاومتی

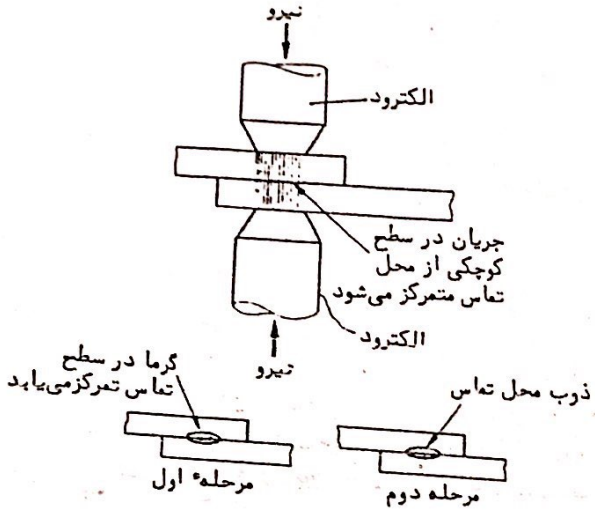
برخی از صورت های متداول جوشکاری مقاومتی عبارتند از :

۱) جوشکاری مقاومتی نقطه ای — Spot Resistance Welding
۲) درز جوش مقاومتی (جوشکاری مقاومتی نواری) — Seam Resistance Welding
۳) جوشکاری جرقه ای — Flash Welding
۴) جوشکاری مقاومتی سر به سر — Upset Resistance Welding
۵) جوشکاری تصادمی یا تخلیه خازنی — Percussion Welding
۶) جوشکاری زائده ای — Projection Welding
۷) جوشکاری له کردنی — Mash Welding
۸) جوشکاری پل واره ای — Bridge welding
۹) جوشکاری مقاومتی یک طرفه

Scanned with CamScanner

❋ جوشکاری مقاومتی نقطه ای :

این روش جوشکاری، عموماً برای اتصال ورق ها بکار می رود که در آن موضع جوش در بصورت یک دکمه بوده و مقاومت برشی آن بیشتر از مقاومت کششی و خستگی می باشد. در حالت معمولی، فاصله نقطه جوش ها نباید از مقدار معینی کمتر باشد، زیرا در غیر این صورت مدار بسته ای با جوش مجاور ایجاد کرده و جریان الکتریکی کافی در بین الکترودها از موضع جوش عبور نمی کند.



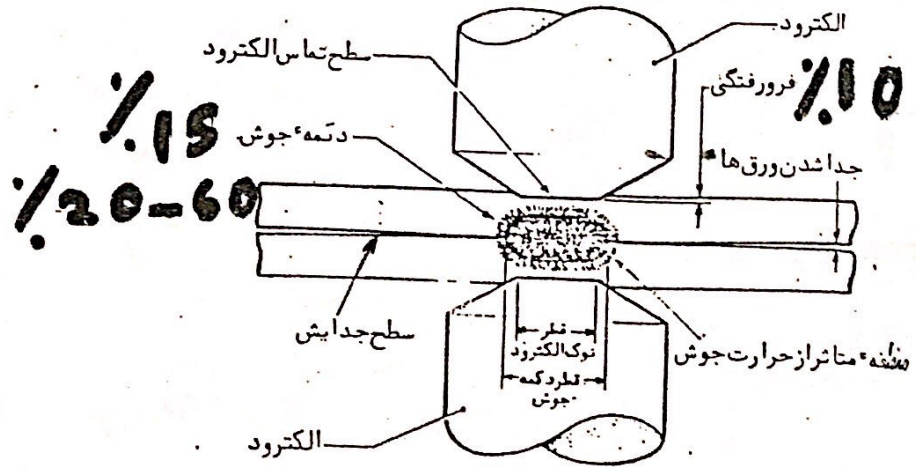
اصول جوشکاری نقطه‌ای مقاومتی

❋ مزایای جوشکاری مقاومتی نقطه ای :

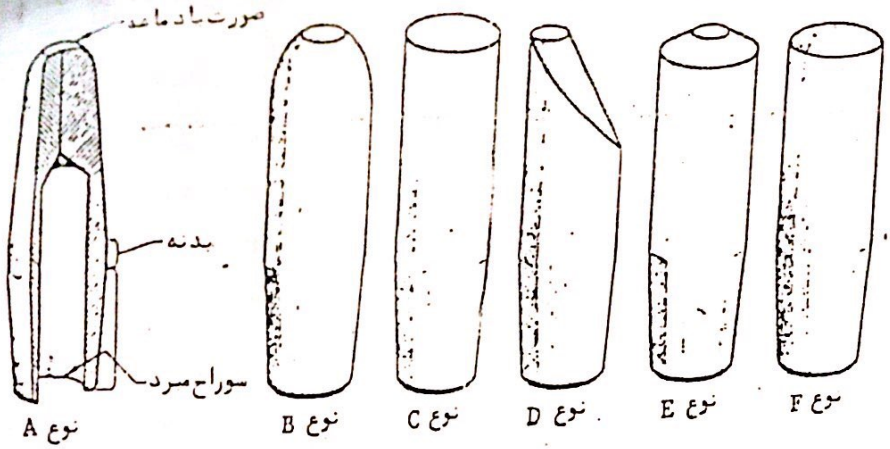
- امکان اتصال دو یا چند ورق بطور همزمان
- ناچیز بودن اتلاف انرژی حرارتی
- سهولت اتوماسیون
- نرخ تولید و سرعت کاری بالا
- عدم نیاز به ثلز پر کننده (سیم جوش)
- اعوجاج حرارتی ناچیز
- عدم نیاز به فلاکس
- کوچک بودن منطقه متاثر از حرارت (HAZ)
- اقتصادی بودن در تیراژ بالا

❋ محدودیت های جوشکاری مقاومتی نقطه ای :

- حساسیت نسبت به تمیزی سطوح
- قیمت نسبتاً بالای تجهیزات
- برای جوشکاری چهار ورق حداکثر ضخامت برابر ۳ میلیمتر و برای دو ورق حداکثر ۶ میلیمتر می باشد.
- از آنجا که نوع قرار گرفتن ورق ها باید به صورت لبه ای روی هم باشد، نیاز به Over lap بوده که این کار، وزن و هزینه را بالا می برد.



Scanned with CamScanner



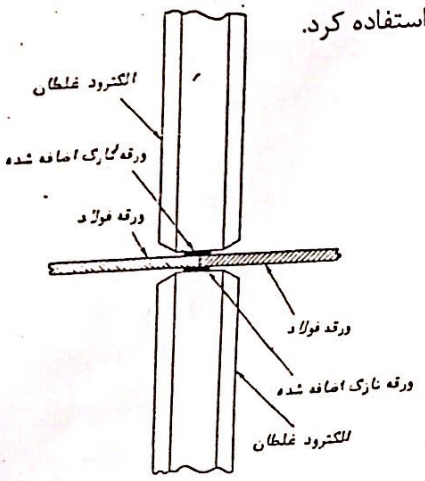
انواع الکترودهای مورد استفاده در جوشکاری نقطه‌ای

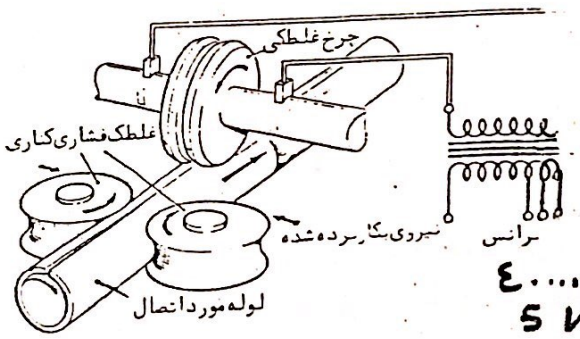
*** درز جوش مقاومتی (جوشکاری مقاومتی نواری) :**

این فرآیند تقریباً نوع تکمیل شده فرآیند جوشکاری نقطه ای بوده و برای جوشکاری قطعات استوانه ای و بشکه ای شکل و موارد مشابه بکار می رود. برای اتصال ، لبه های قطعات بر روی هم قرار گرفته و زیر غلطک وارد می شود. جریان الکتریکی از میان غلطک ها عبور کرده و با فشردن ورق ها ، جوشکاری انجام می شود.

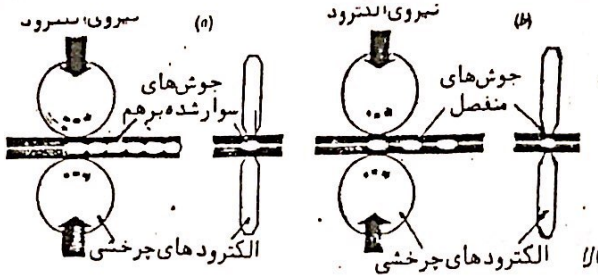
از مزایای این فرآیند این است که جوشکاری درزها و لوله ها به نحو کامل انجام شده و آب بندی به گونه ای است که گازها و محتویات لوله نمی توانند خارج شوند.

برای جوشکاری قطعات نبشی و سپری نیز می توان از این روش استفاده کرد.

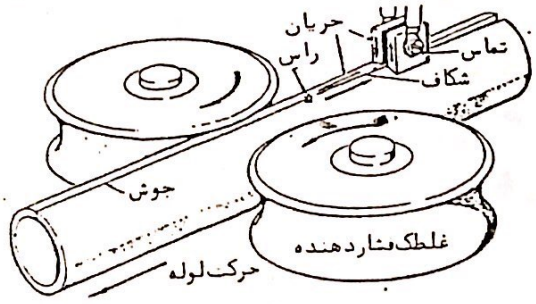




شمایی از جوشکاری لب به لب لوله‌ها بطریق مقاومتی.



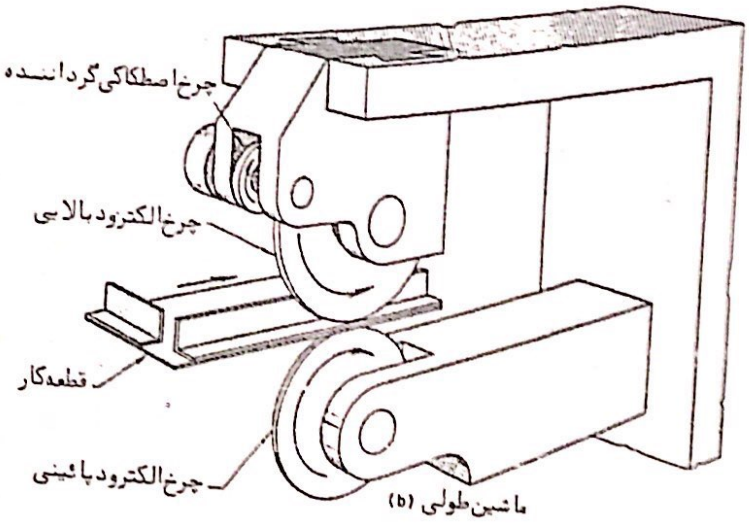
شمایی از جوش مقاومتی نواری.



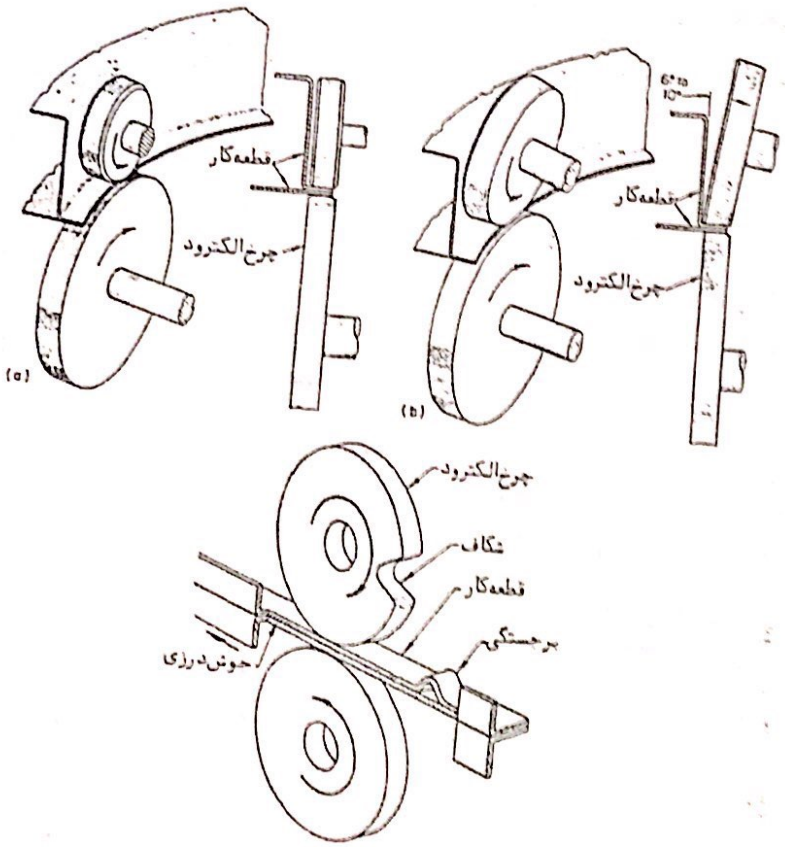
شمایی از جوشکاری لوله‌ها با فرآیند مقاومتی فرکانس بالا

450 Hz 90 m/min

Scanned with CamScanner



چگونگی قرار گرفتن غلطکها برای جوشکاری مقاومتی نواری

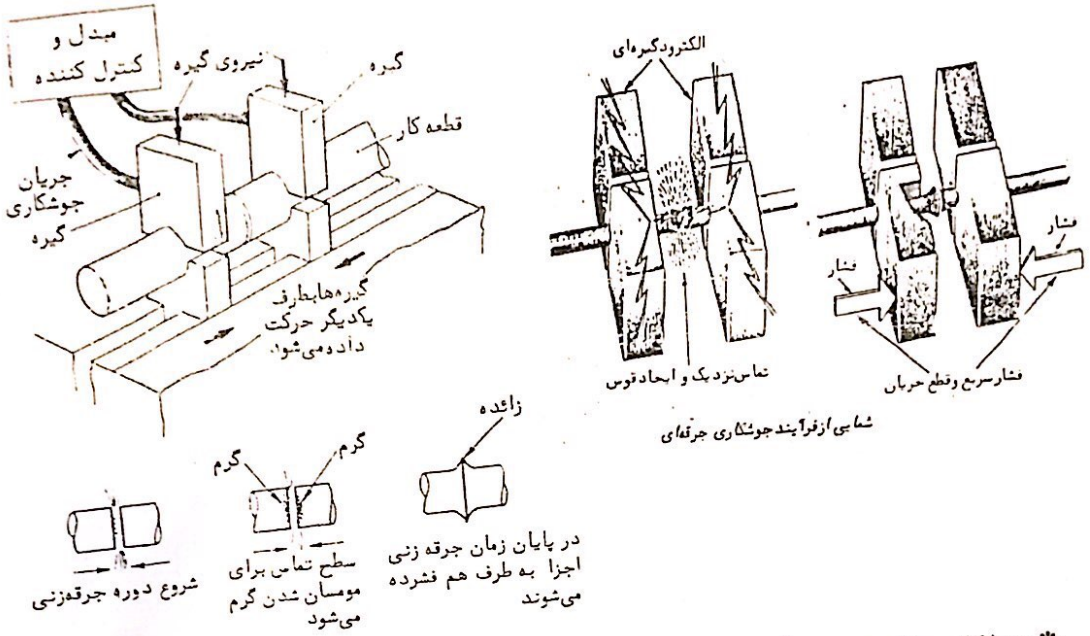


چند نمونه از شکل و حالت محور غلطک در جوشکاری مقاومتی نواری

Scanned with CamScanner

*** جوشکاری جرقه ای :**

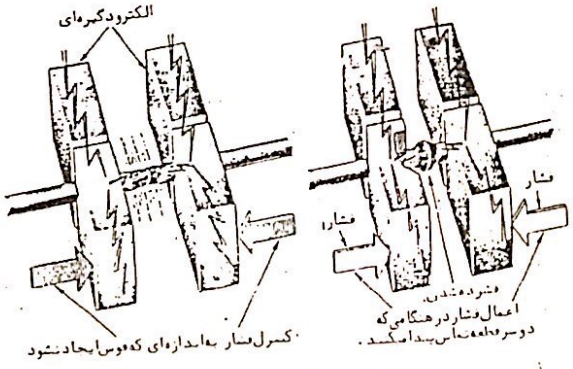
در این فرآیند دو قطعه ای که باید متصل شوند توسط گیره ای هادی در مقابل هم نگهداشته می شوند و ولتاژ الکتریکی لازم بین دو گیره اعمال می شود، سپس دو گیره به هم نزدیک شده تا قوس در بین دو قطعه ایجاد شود. پس از چند لحظه که نوک قطعات اندکی ذوب شد گیره ها با فشار معینی به هم نزدیک می شوند. حاصل این عمل بهم فرو رفتن دو سر میله است. در این لحظه جریان الکتریکی قطع می شود و بدین ترتیب عمل اتصال انجام می گیرد. در این روش جریان الکتریکی می تواند توسط حلقه هایی که در اطراف میله ها در محل اتصال قرار می گیرند نیز به قطعه القا شود.



شمایی از فرآیند جوشکاری جرقه‌ای

*** جوشکاری مقاومتی سر به سر:**

این فرآیند تقریباً شبیه فرآیند قبلی است با این تفاوت که قوس و جرقه ای ایجاد نمی شود؛ بلکه دو سر میله بهم فشرده می شوند و در نتیجه عبور جریان الکتریکی از داخل میله ها از طریق فک ها در محل تماس دو میله حرارت بوجود می آید. پس از چند لحظه یک ذوب موضعی در فصل مشترک انجام می گیرد. نیروی فشاری اعمال شده باعث فرو رفتن دو سر میله به داخل یکدیگر و نهایتاً اتصال قطعات به یکدیگر می شود.



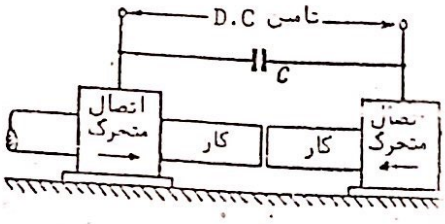
شمایی از فرآیند جوشکاری مقاومتی سر به سر Upset

Scanned with CamScanner

*** جوشکاری تصادمی (تخلیه خازنی) :**

این فرآیند نیز بر اساس جوشکاری مقاومتی بوده و تقریباً شبیه دو روش قبلی است، با این تفاوت که زمان انجام عملیات بسیار کوتاه است. بدین ترتیب که یک خازن با ظرفیت بالا به عنوان منبع انرژی بوده و دو قطعه در کنار همدیگر قرار گرفته و وقتی بهم می رسند خازن تخلیه می شود. این تخلیه ی سریع، لبه ها را گرم کرده و فرصت انتقال حرارت را به قطعه نمی دهد.

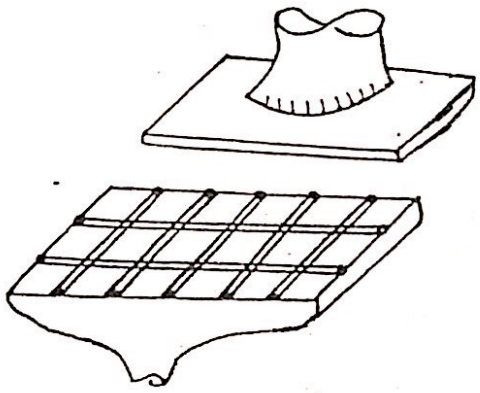
این روش جوشکاری برای فلزات و آلیاژهایی که رسانایی الکتریکی بالا و مقاومت پایینی دارند – مانند مس و آلومینیم- کاربرد دارد. با توجه با اینکه محدودیت در شکل قطعه وجود دارد، از این روش نمی توان برای جوشکاری ورق ها استفاده کرد و تنها برای لوله ها ، شفت ها و مانند آن استفاده می شود.



جوشکاری تصادمی .

*** جوشکاری له کردنی :**

این روش جوشکاری برای ساخت شبکه های سیمی و توری استفاده می شود. مطابق شکل زیر الکترودهای جوشکاری با شکاف های پیش بینی شده در سطح آنها ، بصورت مسطح می باشند که سیم ها برروی سطح الکترود و داخل شکاف ها قرار می گیرند. با پایین آمدن الکترود و اعمال فشار ، جریان برق از محل تماس سیم های روی هم قرار داده شده ، عبور کرده و ذوب موضعی و فشار سبب جوش خوردن سیم ها بهم می شود.

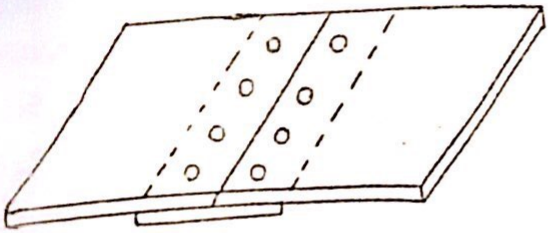


شمایی ازجوش له‌کردنی .

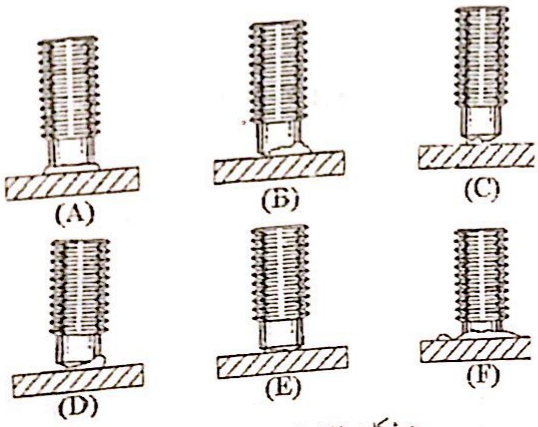
Scanned with CamScanner

*** جوشکاری پل واره ای :**

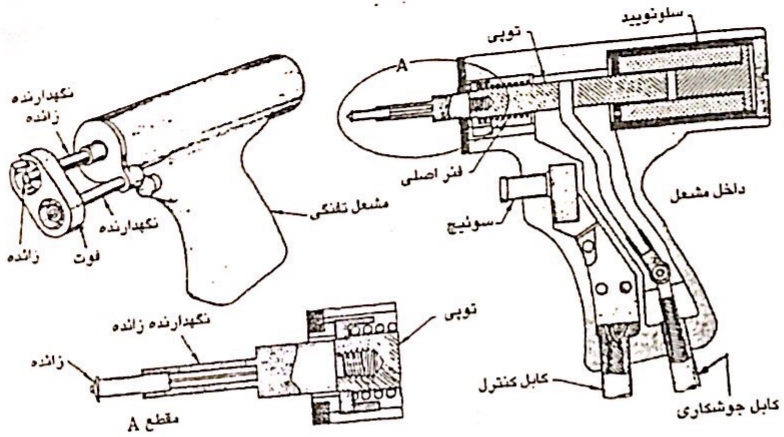
در این روش مطابق شکل زیر از یک ورق اضافی برای بالا بردن استحکام اتصال دو قطعه استفاده می شود



جوش پل واره



جوشکاری زائده ای مطلوب (A) و نامطلوب (B تا F)



نمونه ای از مشعل تفنگی در جوشکاری زائده ای

Scanned with CamScanner

جوشکاری سیلانی Flow Press Welding

این روش جوشکاری شبیه ریخته گری است و برای قطعات خیلی بزرگ که تکه ای از آنها شکسته شده و تعویض کلی آنها مقرون به صرفه نباشد استفاده می گردد. مثلاً در صورت شکسته شدن یکی از دندانه های چرخدنده های بسیار بزرگ یا شکستن یکی از بازوهای های چرخ طیارهای بزرگ برای ترمیم از این روش استفاده می شود. از آنجا که ساخت مجدد این قطعات بزرگ و سنگین هزینه بردار و وقت گیر است، ترمیم و تعمیر مناسب آنها مقرون به صرفه تر است.

در این روش ابتدا توسط موم ، یک مدل اولیه تکه شکسته شده را با درنظر گرفتن تلرانس مناسب تهیه می کنند. سپس اطراف این مدل مومی را قالبگیری کرده که معمولاً توسط ماسه قالبگیری صورت می گیرد. بعد بوسیله گرم کردن قالب ، مدل موسی ، ذوب شده و از قالب خارج می شود؛ سپس بجای موم درون قالب ماسه ای ، فلز مذاب می ریزند و پس از آنکه مذاب منجمد شد، قالب را از اطراف قطعه ، جدا کرده و عملیات لازم برای رسیدن به ابعاد مورد نظر مانند سنگ زنی ، پرداخت کاری و ... را بر روی آن انجام می دهند.

قابل ذکر است که در صورت ساده بودن شکل قطعه می توان عمل قالبگیری را بصورت مستقیم بدون نیاز به قالبگیری با موم انجام داد. از اینگونه موارد می توان به بازوی چرخ طیار اشاره کرد.

جنس فلز مذاب مصرفی می تواند از جنس خود قطعه کار باشد که در این صورت جوشکاری را فلز جوش نامیده و کیفیت جوش آن بالاتر و بهتر است. اما در اغلب موارد محدودیت وجود دارد ؛ زیرا ممکن است جنس مورد نظر در دسترس نباشد. همچنین جنس فلز مذاب می تواند از برنج (زرد جوش) باشد که در این صورت فلز مذاب درون کریستالهای قطعه کار نفوذ می کند و در واقع یک نوع لحیم سخت انجام می گیرد که استحکام خوبی هم دارد اما به مقاومت خود قطعه کار نمی رسد و نیز تنش حرارتی در آن کمتر است.

این روش بیشتر برای جوشکاری چدن بکار می رود ؛ زیرا :

- اولاً دمای ذوب چدن تقریباً پایین است. (در مقایسه با فولاد)
- ثانیاً بیشتر قطعات بزرگ صنعتی از جنس چدن است.
- ثالثاً عمق نفوذ برنج در چدن بالاست.

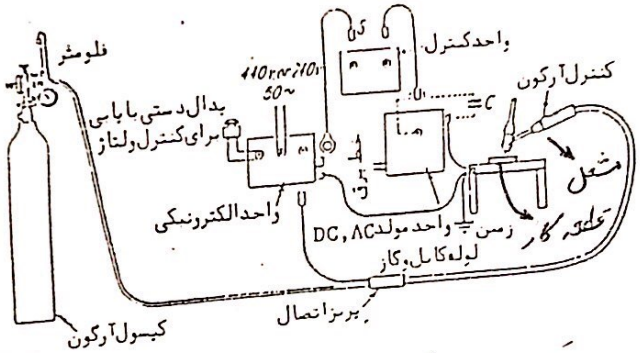
در این روش باید به این نکته توجه داشت که دمای فلز مذاب باید اندکی بیشتر از دمای ریخته گری معمولی باشد تا مذاب بتواند با ذوب لبه های قطعه کار، عمل همجوشی را بطور کامل انجام دهد و تقریباً یک اتصال یکپارچه با قطعه به وجود آورد و کیفیت جوش مطلوب بدست آید.

Scanned with CamScanner

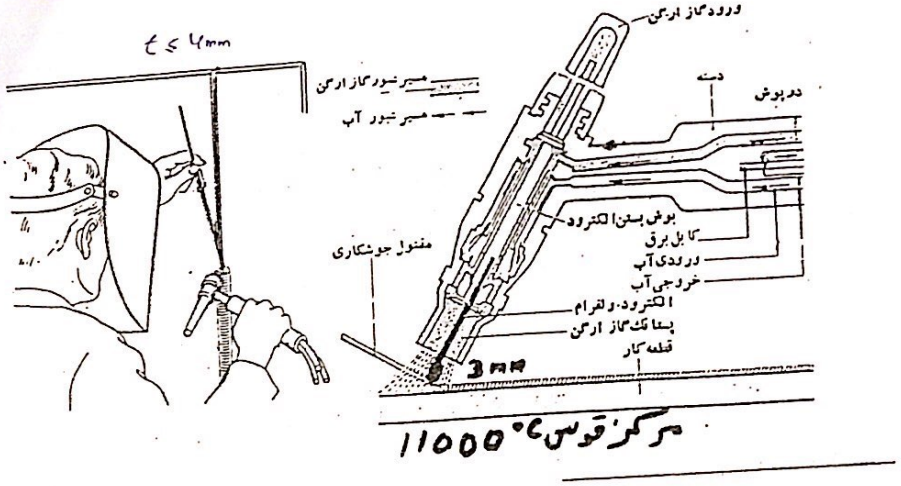
جوشکاری TIG (جوشکاری قوس تنگستن با گاز محافظ) [1]

در این روش یک قوس الکتریکی بین قطعه کار و الکترود تنگستن ایجاد شده و باعث ذوب قطعه کار و مفتول جوشکاری که از بیرون به موضع جوش اضافه می شود خواهد شد. برای محافظت از حوضچه مذاب و خنک کاری از گازهای خنثی نظیر هلیوم و آرگون استفاده می شود.

در این روش به علت تمرکز خوب حرارت نسبت به سایر روشهای جوشکاری ذوبی دیستروژن کمتر است. دمای قوس ایجاد شده بین الکترود و قطعه کار، بسیار بالا و در حدود ۱۱۰۰۰ درجه سانتیگراد می باشد. طول قوس ایجاد شده در این روش حدود ۳ میلیمتر و طول الکترود بین ۵ تا ۷ اینچ در نظر گرفته می شود. مقدار طول الکترود که از طپانچه بیرون می آید نیز برابر ۹ میلیمتر می باشد. همانگونه که از شکل بر می آید طپانچه جوشکاری در این روش مانند مشعل اکسی استیلن بوده و علاوه بر مجرایی برای خروج گاز، دارای یک سیستم گردش آب برای خنک کاری می باشد که الکترود مصرف نشدنی تنگستن (ولفرام) در سر آن قرار دارد.

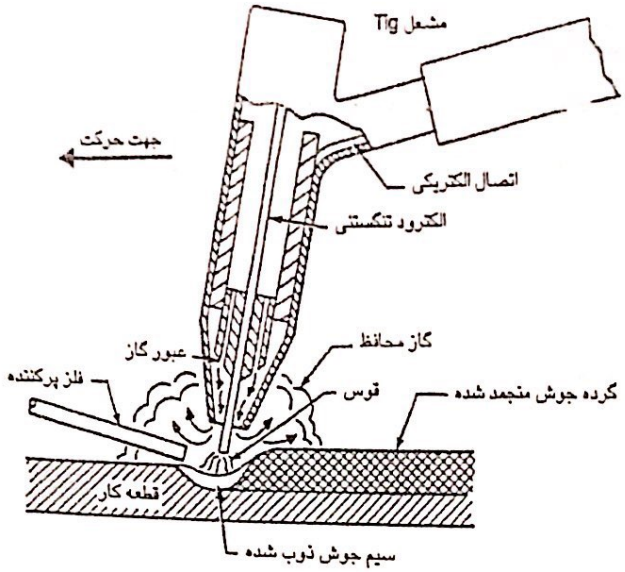


شمایی از تجهیزات TIG



1- Tangsten Inert Gas

Scanned with CamScanner



گاز محافظ می تواند هلیوم ، آرگون ، CO_2 و ... و یا حتی ترکیبی از اینها با نسبت های مختلف باشد. در اوایل سال ۱۹۴۰ میلادی که این نوع جوشکاری متداول گردید از گاز هلیوم استفاده می شد؛ اما با گذشت زمان از گازهای دیگری مانند آرگون استفاده شد که نسبت به هلیوم دارای مزایای زیر است:

الف) هلیوم نسبت به آرگون حساسیت بیشتری در برابر تغییرات طول قوس دارد. بنابراین برای جوشکاری دستی آرگون مناسب تر بوده و در جوشکاری با سیستم های اتوماتیک هلیوم مناسب تر است.

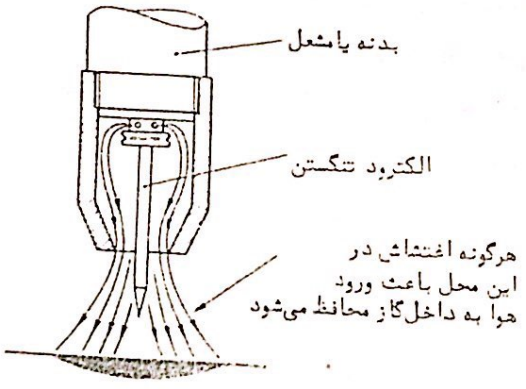
ب) ارزش حرارتی هلیوم بیشتر از آرگون بوده و انرژی الکتریکی بیشتری برای جوشکاری مصرف می کند.

ج) هلیوم از آرگون سبک تر بوده و زودتر از اطراف موضع جوش پراکنده می شود؛ درنتیجه مصرف آن بیشتر است.

جریان گاز مصرفی بین ۵ تا ۲۵ فوت مکعب بر ساعت بوده که محدوده ۲۰ تا ۲۵ کاربرد بیشتری دارد.

از گاز CO_2 نیز ممکن است استفاده شود که نسبت به هلیوم و آرگون ارزان تر است؛ اما این گاز با عناصر آلیاژی فولاد مذاب مانند کروم ، نیکل و ..... واکنش داده و کاربیدهای فلزی ایجاد می کند که برای موضع جوش مضر است.

بطور کلی بیشتریت هزینه جوشکاری TIG را هزینه گاز مصرفی در بر می گیرد. به عنوان مثال یک برآورد ساده نشان داده است که ۹۲٪ کل هزینه متعلق به گاز مصرفی و ۸٪ شامل هزینه برق مصرفی، استهلاک الکترود و .... بوده است.



گاز محافظ در جوشکاری تنگستن ـ قوس الکتریکی در پناه گاز محافظ

وظایف گاز محافظ:

۱) پس زدن اتمسفر (حفاظت از منطقه جوش)

۲) خنک کردن الکترود ، طپانچه و قطعه کار

۳) تولید پلاسما جهت انتقال ذرات و افزایش نفوذ و پایداری قوس

هلیم
آرگون
CO_2
O_2

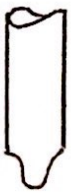
Scanned with CamScanner

برق مصرفی:

در این روش جوشکاری می توان از هر دو نوع برق متناوب و مستقیم (با پلاریته مستقیم و معکوس) استفاده کرد. در استفاده از برق متناوب شکل سر الکترود باید به صورت زیر باشد.

AC

برای برق مستقیم نیز اگر شدت جریان کمتر از ۱۰۰ آمپر باشد از قطبیت معکوس استفاده می شود. در این صورت حرارت بیشتری در نوک الکترود بوجود آمده و باعث تشدید استهلاک آن می شود.
بنابراین شکل سر الکترود باید به صورت زیر باشد.



DCRP

در صورتی که شدت جریان برق مستقیم بیشتر از ۱۰۰ آمپر باشد از قطبیت مستقیم استفاده می شود. در این صورت حرارت ایجاد شده در قطعه کار بیشتر بوده و استهلاک نوک الکترود کمتر خواهد شد. بنابراین شکل سر الکترود به صورت زیر می باشد. هر چه شدت جریان مصرفی بیشتر باشد زاویه نوک الکترود باید کمتر در نظر گرفته شود.
از این روش تا حدود ۸۰۰ آمپر می توان استفاده کرد.

DCSP

پدیده Arc Cleaning:

این پدیده یکی از مزایای جوشکاری TIG بوده و هنگام استفاده از برق مستقیم رخ می دهد. در این صورت اگر به هر دلیلی بر روی حوضچه جوش یک پوسته دیرگداز یا عایق تشکیل شود باعث خاموش شدن قوس خواهد شد. بروز این پدیده سبب می شود این لایه دیرگداز یا عایق متلاشی شده و به اطراف پخش شود.
علت این پدیده این است که در اثر عبور گازها از اطراف قوس که دمایی فوق العاده بالا دارد ، گازها یونیزه می شوند یعنی الکترون از دست داده و به یون مثبت تبدیل می شوند؛ در نتیجه تشکیل قطب مثبت داده و به طرف منفی که همان قطعه کار است جذب می شوند .در اثر برخورد مداوم آنها با سطح قطعه کار باعث متلاشی شدن پوسته های دیرگداز می شوند.

این پدیده در مورد جوشکاری آلومینیم که یک لایه اکسید دیرگداز روی آنرا می گیرد، کاربرد بسیار مفیدی دارد. تنها عیب این پدیده فقط استهلاک زیاد الکترود به دلیل بالا رفتن دما در نوک آن است که از خصوصیات برق مستقیم با پلاریته معکوس می باشد.

Scanned with CamScanner

نکات مهم در مورد جوشکاری TIG :

۱) پس از مدتی جوشکاری ، بسته به مقدار آمپر کاری ، نوع قطعه کار و .... نوک الکترود مستهلک شده و باعث غیر متمرکز شدن قوس و در نتیجه پایین آمدن کیفیت جوش می شود. بنابراین لازم است نوک الکترود دوباره سنگ زده شود. برای این کار باید دقت شود که سنگ زنی به صورت خطوط همگرا در نوک الکترود باشد که این کار باعث متمرکز شدن قوس الکتریکی بخصوص در جریان های بالا خواهد شد.

سنگ زنی نادرست
(قوس الکتریکی غیر متمرکز و واگرا)

سنگ زنی صحیح
(قوس الکتریکی همگرا و متمرکز)

۲) جوشکاری TIG معمولاً برای جوشکاری ورق های نازک (زیر ۴ میلیمتر) بکار می رود. تا ضخامت های زیر ۴ میلیمتر نیاز به پخ سازی نیست. از ضخامت های ۴ تا ۱۰ میلیمتر پخ یک طرفه کافیست. برای ضخامت های بیشتر از ۱۰ میلیمتر نیز پخ دو طرفه صورت می گیرد.

۳) از آنجا که تنگستن خالص عمر کوتاهی دارد معمولاً جنس الکترود را از آلیاژ تنگستن به همراه ۱ تا ۲ درصد توریوم و یا زیرکونیوم درنظر می گیرند. برای جریان های متناوب استفاده از الکترود زیرکونیوم و برای جریان مستقیم نیز الکترود توریوم متداول است. (البته اهمیت زیادی در انتخاب جنس الکترود وجود ندارد.) در هنگام سنگ زدن نوک الکترود باید دقت کرد که غبارهای حاصل جمع آوری شود. زیرا الکترودهای توریوم دار ، رادیواکتیو و خطرناک می باشند.

برای قطرهای مختلف الکترود چه از آلیاژ توریوم و چه از آلیاژ زیرکونیوم باید جریان مصرفی در حد مجاز باشد؛ زیرا کم بودن جریان باعث ناپایداری قوس و زیاد بودن آن باعث استهلاک سر الکترود خواهد شد.

۴) در صورتی که احتیاج به چند پاس جوشکاری باشد باید دمای شروع جوشکاری بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس باشد. اما برای پاس دوم به بعد لازم نیست دما خیلی بالا باشد و حدود ۴۰ درجه تا ۱۶۰ درجه مناسب است. همچنین علی رغم اینکه موضع جوش سرباره ندارد لازم است حداقل با برس تمیز شود.

۵) با توجه به وظیفه خنک کاری طپانچه و الکترود توسط گاز محافظ توصیه می شود که در ابتدای کار، قبل از ایجاد قوس ، گاز محافظ جریان داشته باشد و همچنین پس از اتمام کار نیز تا مدت کوتاهی گاز جریان یابد تا الکترود کمتر مستهلک شده و خنک بماند.

اشعه ماورا بنفش ساطع از قوس معلول
ذرات رادیواکتیو حاصل از تراش الکترودها
سوختگی پوست توسط جت آرگن
خفگی توسط آرگن و CO_2

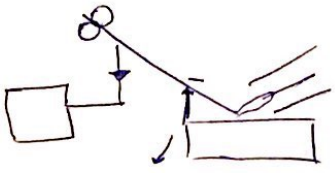
Scanned with CamScanner

مزایا و قابلیت های جوشکاری TIG :

- سرباره یا گل جوش در این روش وجود ندارد (که به عنوان ناخالصی به داخل مذاب نفوذ کرده و یا پس از جوشکاری نیاز به پاک کردن آن باشد) بنابراین کیفیت جوش و سرعت عمل بالا می رود.
- با توجه به متمرکز بودن حرارت ، دیستروژن در قطعه کار و منطقه متاثر از حرارت کمتر است.
- کیفیت جوش در حد عالی و معمولاً بدون عیب و نقص است.
- این رو شجوشکاری عاری از ترشح است. (که معمولاً در سایر فرآیندهای جوشکاری وجود دارد.)
- عموماً برای جوشکاری فولاد زنگ نزن و فلزات غیر آهنی بکار می رود.
- پدیده آرک کلینینگ که در جوشکاری آلومینیم و مانند قابل استفاده است از مزایای دیگر این روش جوشکاری است.

معایب و محدودیت های جوشکاری TIG :

- نسبت به روش های جوشکاری با الکترود مصرف شدنی نرخ رسوبی کمتری دارد.
- در صورت برخورد الکترود تنگستن با موضع جوش ، آخال های تنگستن ایجاد می شود.
- اگر به دلایلی گاز محافظ نتواند از حوضچه جوش محافظت کند در فلز جوش آلودگی رخ می دهد.
- در صورتی که آب خنک کننده ی مشعل، نشتی داشته باشد ممکن است آلودگی و تخلخل ایجاد کند.
- پدیده وزش قوس در این روش نیز مانند سایر روشهای جوشکاری وجود دارد.
- سرعت وزش باد در محل جوشکاری باید کمتر از ۸ متر برثانیه باشد.



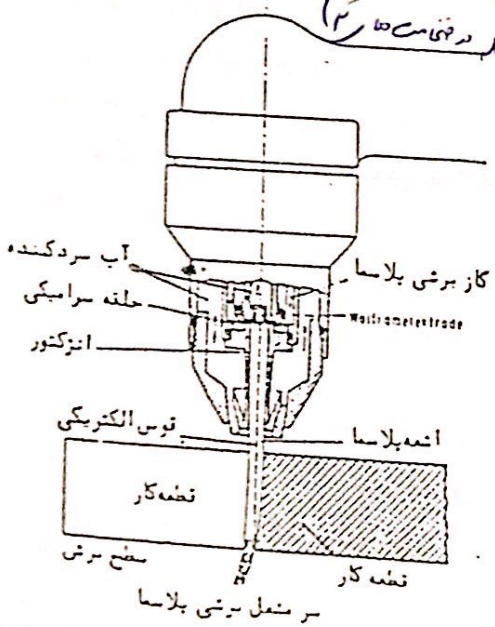
Scanned with CamScanner

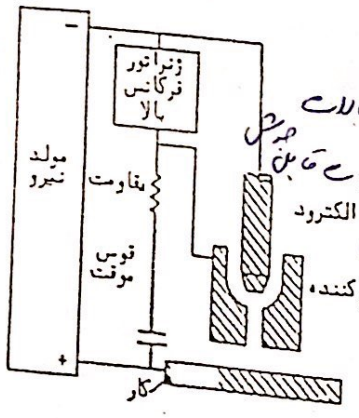
برشکاری پلاسما

پلاسما حالت چهارم ماده بوده و زمانی تشکیل می شود که یک گاز تحت دمای بسیار بالا (حدود ۳۰۰۰ درجه سانتیگراد) قرار گیرد که در این حالت الکترون ها از هسته اتم جدا شده و گاز، یونیزه می شود. در این حالت - که اغلب با جرقه های با فرکانس بالا پدید می آید- گاز تبدیل به فاز پلاسما می شود.

برشکاری پلاسما یا همان برشکاری با قوس تنگستن از نظر اصول کاری همانند جوشکاری با قوس تنگستن است. در هر دو روش از یک قوس الکتریکی برای ایجاد حرارت بالا و در نتیجه ذوب قطعه کار استفاده می شود. در جوشکاری یک جریان گاز محافظ وجود دارد که برای خنثی کردن عوامل اتمسفری و همچنین خنک کاری طپانچه و قطعه کار استفاده می شود که از یک نازل **واگرا** از انتهای طپانچه جوشکاری خارج می شود ولی در برشکاری این گاز محافظ در انتها از یک نازل **همگرا** بصورت متمرکز خارج می گردد؛ تا بتواند قطعه کار را در نقطه برش بیشتر و بهتر گرم نماید.

در برشکاری در اثر عبور گاز از اطراف قوس الکتریکی و متمرکز شدن آن درحول قوس ایجاد شده دمای گاز بسیار بالا می رود. بطوری که تا حدود ۲۰۰۰۰ تا ۲۴۰۰۰ درجه فارنهایت می رسد. در اثر این گرمای فوق العاده زیاد ، گاز مورد نظر، یونیزه شده که در نتیجه، هادی جریان الکتریسیته و حرارت می شود. در این حالت گاز به فاز پلاسما می رسد. این گاز که با فشار زیاد بر روی قطعه کار برخورد می کند مقدار زیادی از انرژی حرارتی خود را به قطعه داده و آنرا گرم و ذوب می کند و خود از حالت پلاسما خارج می شود. مذاب ایجاد شده نیز ، در اثر فشار گاز و نیروی ثقل خود از موضع برش خارج می گردد.



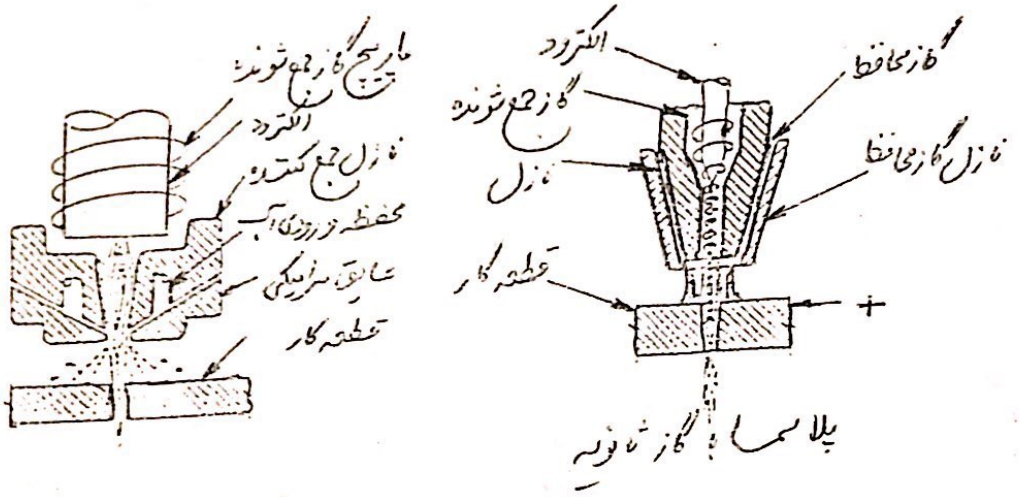


شمای کلی مدار برشکاری قوس پلاسما

برای برشکاری علاوه برگاز پلاسما ، می توان از یک گاز ثانویه که گاز محافظ نامیده می شود استفاده کرد. این گاز که می تواند نیتروژن ، هیدروژن و ... و یا حتی یک جت فشار آب باشد از پراکندگی گاز پلاسما جلوگیری کرده و قطعه کار را خنک می کند تا از ایجاد حرارت زیاد و در نتیجه تنش های حرارتی در قطعه جلوگیری شود.

توصیه شده که قبل از برشکاری ، گاز محافظ جریان داشته باشد و پس از برشکاری نیز این جریان ادامه داشته تا الکترود خنک شود. برای خنک کاری طپانچه برشکاری از یک سیستم خنک کننده که معمولاً آب سرد است استفاده می شود؛ تا استهلاک الکترود تنگستن به حداقل برسد.

برق مصرفی در این فرآیند، برق مستقیم با پلاریته مستقیم می باشد که آمپراژ آن حدود ۱۰۰ تا ۳۰۰ آمپر است.



پلاسما با جریان آب

انواع مدارهای تولید پلاسما :

با توجه به جنس قطعه کار، مدارهای تولید پلاسما به دو دسته تقسیم می شوند :

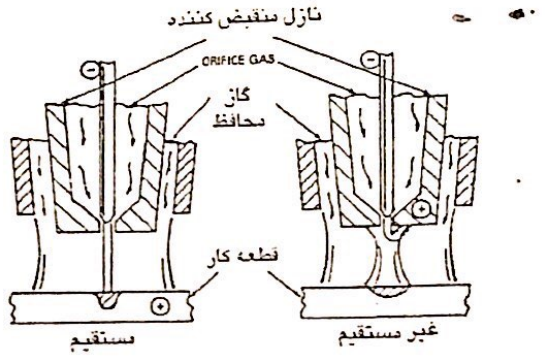
الف) قوس انتقالی (مستقیم) :

زمانی که جنس قطعه کار، هادی جریان الکتریسیته باشد از این قوس استفاده می شود که در آن الکترود به قطب منفی و نازل به قطب مثبت وصل می شود. پس از برقراری ستون پلاسما و ایجاد جرقه ، قطب مثبت از نازل به قطعه کار داده می شود؛ یعنی نهایتاً **قوس بین الکترود و قطعه کار** برقرار خواهد بود. به این روش ، قوس پلاسما می گویند.

ب) قوس غیر انتقالی (غیر مستقیم) :

زمانی که جنس قطعه کار، رسانای جریان برق نباشد از این قوس استفاده می شود که در آن الکترود به قطب منفی و نازل ، به قطب مثبت وصل بوده و این وضعیت تا آخر کار، ادامه دارد؛ یعنی نهایتاً **قوس بین الکترود و نازل**، برقرار خواهد بود.

به این روش ، جت پلاسما می گویند.



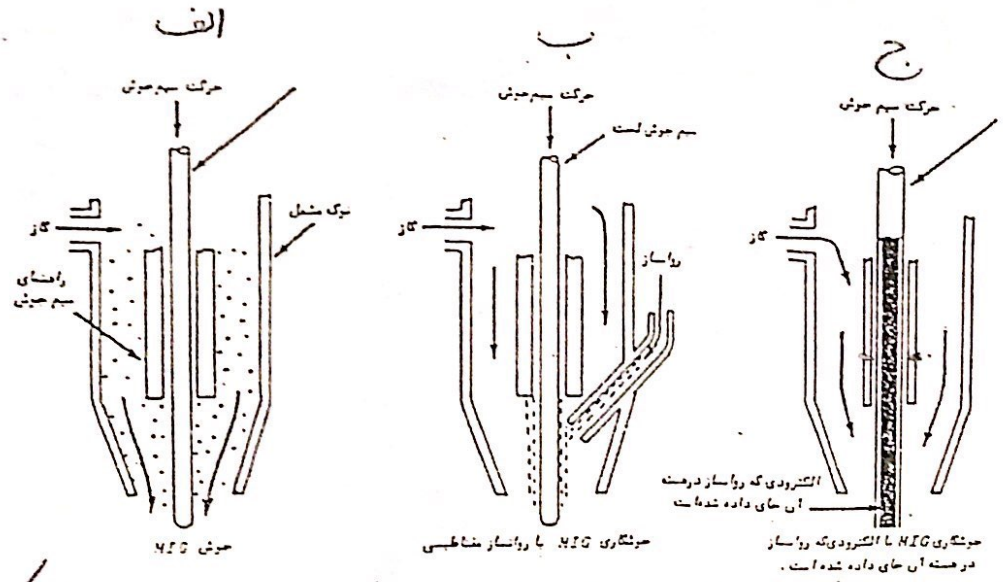
Scanned with CamScanner

مزایا و قابلیت های جوشکاری MIG :

- در این فرآیند محدودیت در طول الکترود که در قوس الکتریک دستی مطرح است، وجود ندارد.
- جوشکاری در تمام حالات امکان پذیر است.
- سرعت جوشکاری نسبت به قوس الکتریک دستی بالاتر است.
- عمق نفوذ جوش و رسوب الکترود بیشتر از جوشکاری قوس با محافظت سرباره است.
- انرژی جوش پایین بوده و درنتیجه تنش پسماند و تغییر شکل در موضع جوش کم است.

معایب و محدودیت های جوشکاری MIG :

- وسایل و تجهیزات نسبتاً پیچیده و گرانقیمت بوده و کمتر قابل حمل و نقل می باشد.
- از آنجایی که مشعل باید نزدیک به موضع جوش قرار داشته باشد در مواضع تنگ اشکالاتی در عملیات جوشکاری بوجود می آید.
- قوس باید از وزش باد دور باشد بنابراین محدودیت هایی از نظر جوشکاری در فضای آزاد وجود دارد.
- بعلت نبودن سرباره ، سرعت سرد شدن موضع جوش نسبت به قوس با محافظت سرباره بیشتر بوده و خواص مکانیکی موضع جوش از جمله ضربه پذیری آن کم می شود.



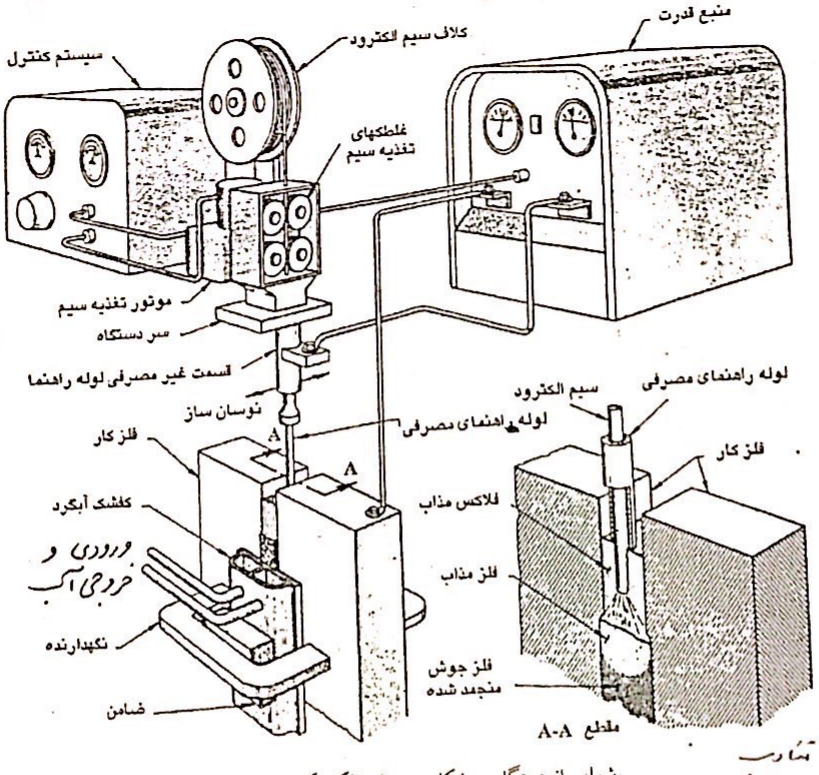
Scanned with CamScanner

جوشکاری سرباره الکتریکی Electro Slag Welding

در روش جوشکاری سرباره الکتریکی (ESW) در ابتدای کار بین دو قطعه مورد نظر که به فاصله ۱ تا ۱/۵ اینچ از هم قرار دارند پودر سرباره (فلاکس) ریخته شده و قوس الکتریکی برقرار می شود. پودر سرباره ذوب شده و نقش مقاومت الکتریکی را ایفا می کند؛ بدین ترتیب که جریان الکتریکی از آن عبور کرده و الکترود نیز بطور مداوم به این مذاب تغذیه می شود. بنابراین الکترود به درون مذاب فرو رفته و لبه ها ی قطعه کار نیز ذوب شده و به هم جوش می خورند.

در این فرآیند نیازی به پخ سازی لبه های قطعه کار وجود نداشته و فقط باید تمیز باشند. سرباره مذاب نیز از حوضچه جوش (فلز مذاب) محافظت می کند. برای جلوگیری از ریزش مذاب و سرباره از اطراف موضع جوش از دو کفشک استفاده می شود که معمولاً مسی بوده و با جریان آب خنک می شوند و با حرکت مذاب ، به سمت بالا حرکت می کنند.

جریان الکتریکی مورد استفاده اغلب AC و با آمپراژ ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ آمپر و حداکثر در موارد خاص تا ۱۰۰۰۰ آمپر می باشد. این جریان بسیار بالا با عبور از سرباره مذاب ، بدون ایجاد قوس ، حرارتی در حدود ۱۷۰۰ تا ۲۴۰۰ درجه سانتیگراد ایجاد می کند. این مقدار درجه حرارت بستگی به میزان جریان الکتریکی ، نوع سرباره ، جنس قطعه کار و ... دارد. (عناصر آلیاژی موجود در قطعه کار در پایین آوردن دمای ذوب شدیداً تاثیر دارند و هر چه مقدار آنها بیشتر باشد دمای ذوب پایین تر می آید.)



شمایی از دستگاه جوشکاری سرباره الکتریکی با لوله راهنمای مصرفی

Scanned with CamScanner

جوشکاری سرباره الکتریکی بیشتر در صنایع کشتی سازی ، ساخت مخازن بزرگ و ... و بطور کلی برای اتصال قطعات ضخیم (از ۳۷ تا ۳۰۰ میلیمتر) بکار می رود از محدودیت های این روش جوشکاری این است که نیاز به تجهیزات و دستگاه های خاص داشته و موضع جوش حتماً باید عمودی باشد.

برای سرعت بخشیدن به نرخ ذوب و یا در صورت عریض بودن موضع جوش می توان همزمان از دو یا چند مفتول الکترود و یا از الکترودهای نواری استفاده کرده و سرعت تغذیه آنها را بسته به شرایط الکتریکی حوضچه مذاب تنظیم نمود.

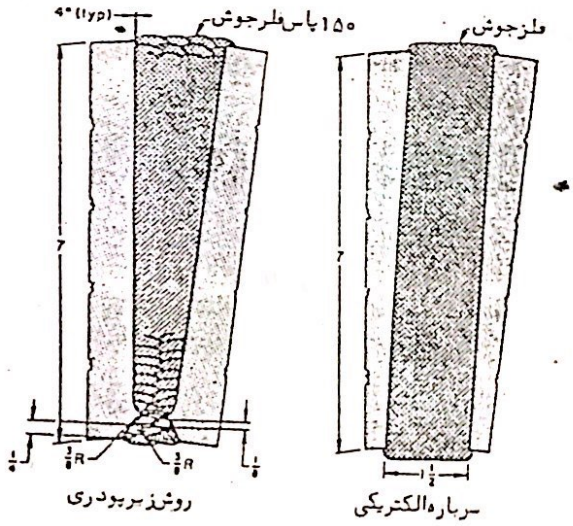
جنس سرباره معمولاً از مواد قلیایی است زیرا بیشتر فولادهای موجود در صنعت ، قلیایی هستند. در غیر این صورت (در موارد خاص) جنس سرباره باید با جنس فلز متناسب باشد. برای جبران مقدار کمبود سرباره که ممکن است به هر دلیلی کاهش یابد می توان در حین جوشکاری مقداری پودر جدید به آن اضافه نمود.

از خواص سرباره می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- زود ذوب باشد. (حدوداً ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد)
- مقاومت الکتریکی آن در حد مناسب باشد. (نه خیلی زیاد باشد که جریان را از خود عبور ندهد، و نه خیلی کم باشد که جریان را براحتی عبور داده و ذوب نشود.)
- سیالیت آن مناسب باشد. (اگر زیاد رقیق باشد از اطراف کفشک ها بیرون می زند و اگر خیلی غلیظ باشد در فضای حوضچه جوش نمی تواند براحتی جابجا شود.)
- وزن مخصوص آن به مقدار قابل ملاحظه ای کمتر از فلز مذاب باشد تا روی آن قرار گرفته و وارد مذاب نشود ، زیرا در این صورت کیفیت جوش پایین می آید.
- به دلیل بالا بودن حرارت و وسیع بودن منطقه متاثر از حرارت ، ساختار موضع جوش ، درشت دانه می شود که برای جلوگیری از این امر می توان مواد جوانه زا به موضع جوش اضافه کرد.

ترکیب یک نوع فلاکس برحسب درصد عناصر تشکیل دهنده آن به شرح زیر است :

- اکسید سدیم Na_2O ٪۱
- دی اکسید تیتانیوم TiO_2 ٪۳
- اکسید آهن FeO ٪۳
- اکسید کلسیم (آهک زنده) CaO ٪۳
- اکسید آلومینیم Al_2O_3 ٪۵
- اکسید منگنز MnO ٪۴۰
- اکسید سیلیسیم (سیلیس) SiO_2 ٪۳۰



مقایسه جوشکاری دو ورق بسیار ضخیم با دو روش : سرباره الکتریکی و زیر پودری

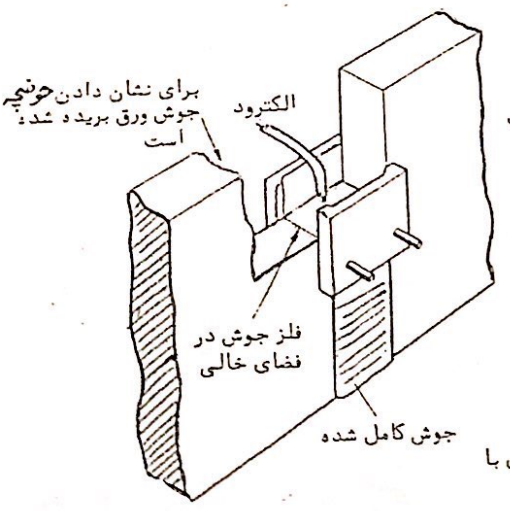
Scanned with CamScanner

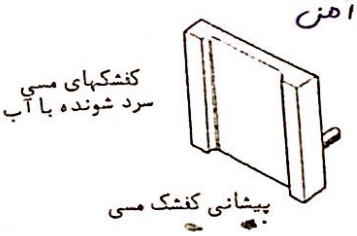
مزایای جوشکاری سرباره الکتریکی :

- سرعت کاری بالاست. (۱ تا ۳ متر بر دقیقه)
- تمام موضع جوش یکنواخت است.
- نرخ ذوب بالاست.
- نیاز به پخ زنی قطعه کار ندارد.
- جوشکاری ورق های ضخیم با این روش به آسانی انجام می شود.

محدودیت های جوشکاری سرباره الکتریکی :

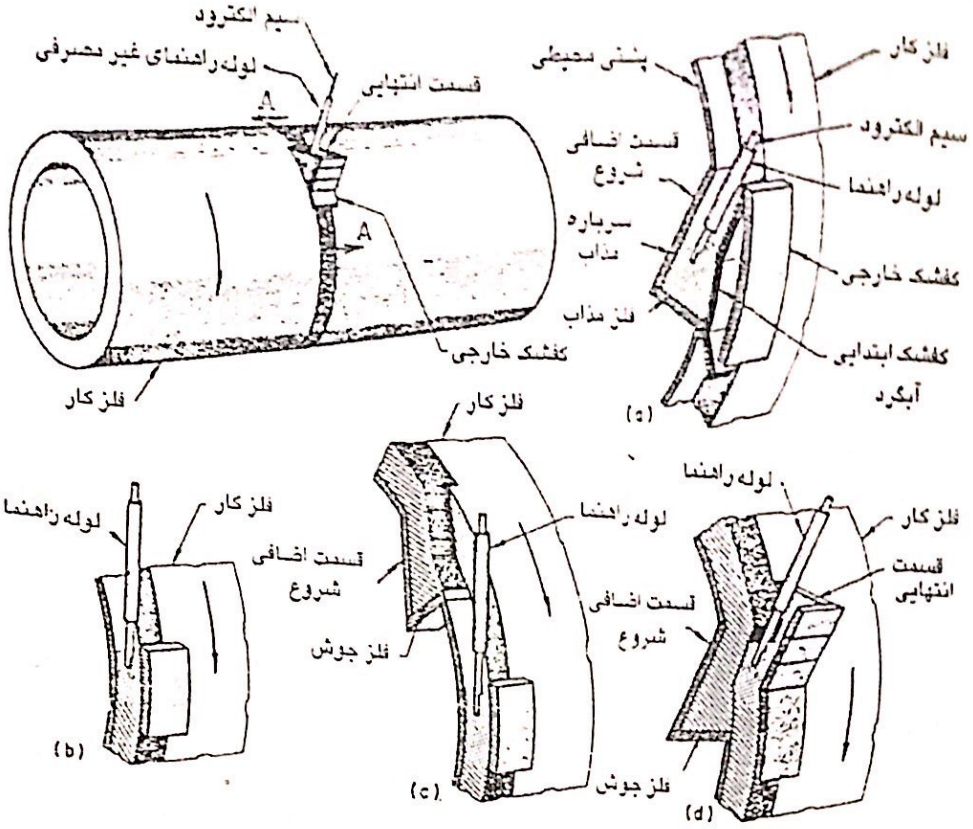
- موضع جوش حتماً باید به صورت عمودی باشد.
- به دلیل بالا بودن میزان انتقال حرارت ، منطقه متاثر از حرارت وسیع است.
- موضع جوش درشت دانه می شود.
- به تجیزات خاص و گرانقیمت نیاز دارد.
- سیستم باید از نظر سیالیت و درجه حرارت همواره تحت کنترل و بازرسی باشد.
- احتمال بوجود آمدن ترک های میان خطی در آن وجود دارد. زیرا وقتی حجم مذاب زیاد باشد انجماد از اطراف آغاز می شود و ناخالصی ها ، بیشتر در وسط جمع شده و به عنوان عوامل تمرکز تنش باعث می شوند قطعه کار براثر تنش های وارده ترک بر می دارد.



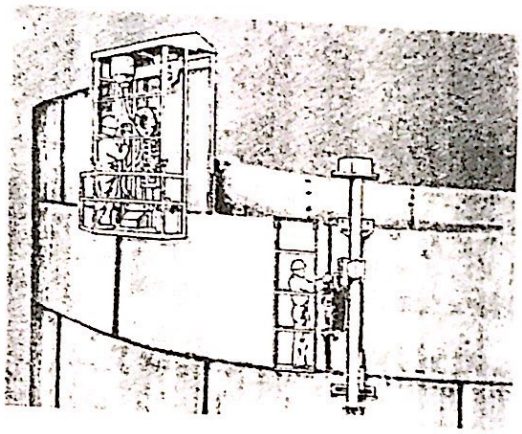


شمای ترتیب جوشکاری با سرباره ـ الکتریکی

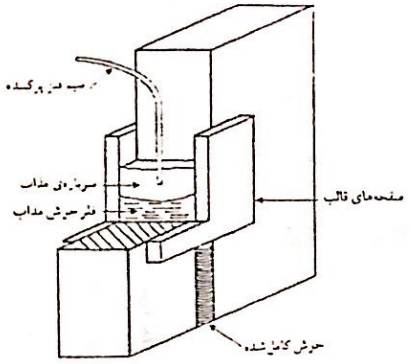
Scanned with CamScanner



جوشکاری محیطی لوله ها با فرایند سرباره الکتریکی



جوش سرباره ی خودکار
در ساخت مقاطع مخزن ذخیره، با این روش، جوش کاری در هردو وضعیّت افقی و عمودی امکان‌پذیر است.



Scanned with CamScanner

فرآیند فلز پاشی Metal Spray

در این فرآیند یک سیم هم جنس با قطعه کار از مقابل هسته نورانی شعله خنثی استیلن که بیشترین دمای شعله در آن نقطه می باشد بطور مداوم عبور کرده و ذوب می شود و در اثر دمش هوایی که از اطراف مشعل صورت می گیرد به طرف سطح قطعه کار رانده می شود. اگر این ذرات مذاب دمای کافی داشته باشند (یعنی به اندازه کافی بیشتر از دمای ذوب تا بتوانند سطح مقابل را بطور جزیی ذوب کنند) یک نوع اتصال بین ذرات مذاب و سطح قطعه کار بوجود می آید.

شعله ای که بکار می رود از نوع خنثی می باشد یعنی حجم مساوی از اکسیژن و استیلن با هم ترکیب می شود. فشار دمش هوا باید بین ۴ تا ۴/۵ اتمسفر باشد تا بتواند ذرات مذاب را براحتی با خود حمل کند. از موارد بسیار مهم در این فرآیند تمیزی کامل سطوح از هر گونه آلودگی مانند چربی ها و اکسید ها می باشد. از طرف دیگر سطح قطعه باید صیقلی نبوده و مقداری خشن باشد. برای این منظور سطح آنرا **سندبلاست** می کنند.

با توضیحات بیان شده در بالا، برای اینکه یک اتصال مطلوب بین سطح قطعه کار و قطرات مذاب بوجود آید بایستی شدت شعله ، نوع شعله ، جنس سیم و کیفیت سطح قطعه کار در حد مناسب باشد. علاوه بر اینها سرعت تغذیه ، قطر سیم ، جنس سیم ، فاصله مشعل تا سطح قطعه کار و ... نیز بایستی بدرستی انتخاب شود.

ضخامت لایه رسوب شده در این فرآیند بین ۰/۳ تا ۰/۷۵ میلیمتر در هر پاس است.

این لایه متخلخل می باشد.

کاربرد ها :

- **ترمیم** (به عنوان مثال ترمیم سطح میل لنگ های کار کرده و ساییده شده و ...)
- **پوشش دادن و روکش دهی** (مثلاً پوشش دهی برای تزیین و زیبا کردن ، پوشش دادن سطوح فلزات توسط فلزات دیگر و یا غیر فلزات ، پوشش دادن سطح مخازن برای جلوگیری از خوردگی)

مهمترین مزیت این روش گوناگونی فلزاتی است که پاشیده می شود. در این روش می توان فلزات دیرگداز مانند تنگستن را نیز اسپری کرد.

معمولاً برای قطعات نازک از این فرآیند استفاده نمی شود؛ مگر در موارد خاص مانند روی که با فولاد اتصال متالورژیکی ایجاد کرده و و انعطاف پذیری را تحمل می کند.

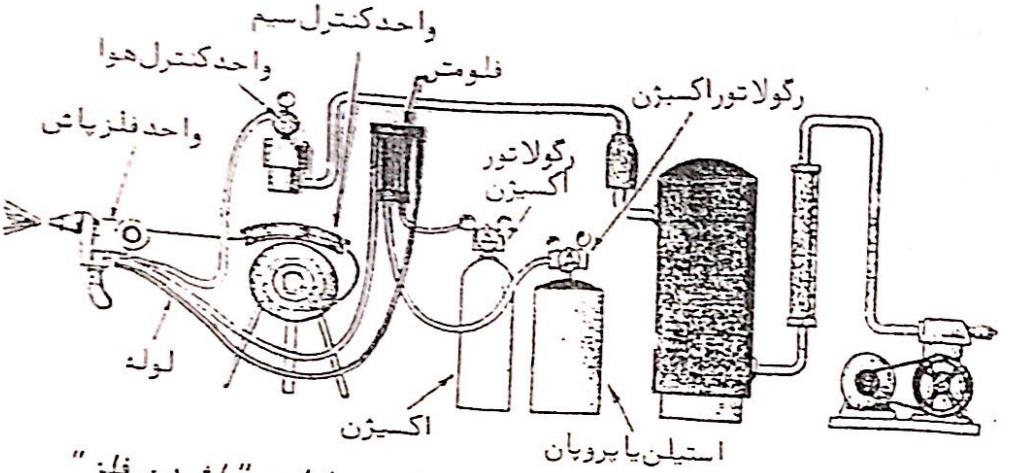
تکنیک Spay And Fuse **برای پاشش سخت :**

در مواردی که لازم باشد سطح مورد سایش تنش های برشی شدید را تحمل کند از این تکنیک استفاده می شود. بدین ترتیب که قطعاتی که متال اسپری شدند برای اینکه سطح فشرده ای بدست آورند آنها را با قراردادن در کوره یا حرارت دهی توسط شعله و یا القای الکتریکی به دمای ۱۰۰۰ تا

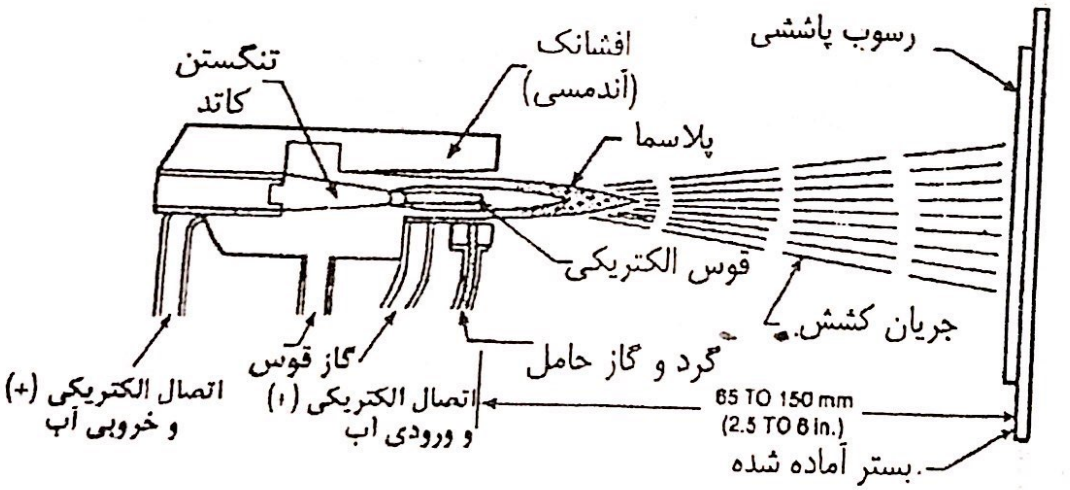
Scanned with CamScanner

۱۱۰۰ درجه می رسانند تا تخلخل پوسته پاشیده شده روی سطح آن کاهش یافته و استحکام آن بالاتر رود.

همانگونه که شکل زیر نشان می دهد در فرآیند فلز پاشی می توان بجای شعله استیلن از قوس تنگستن نیز به عنوان منبع حرارت استفاده کرد.

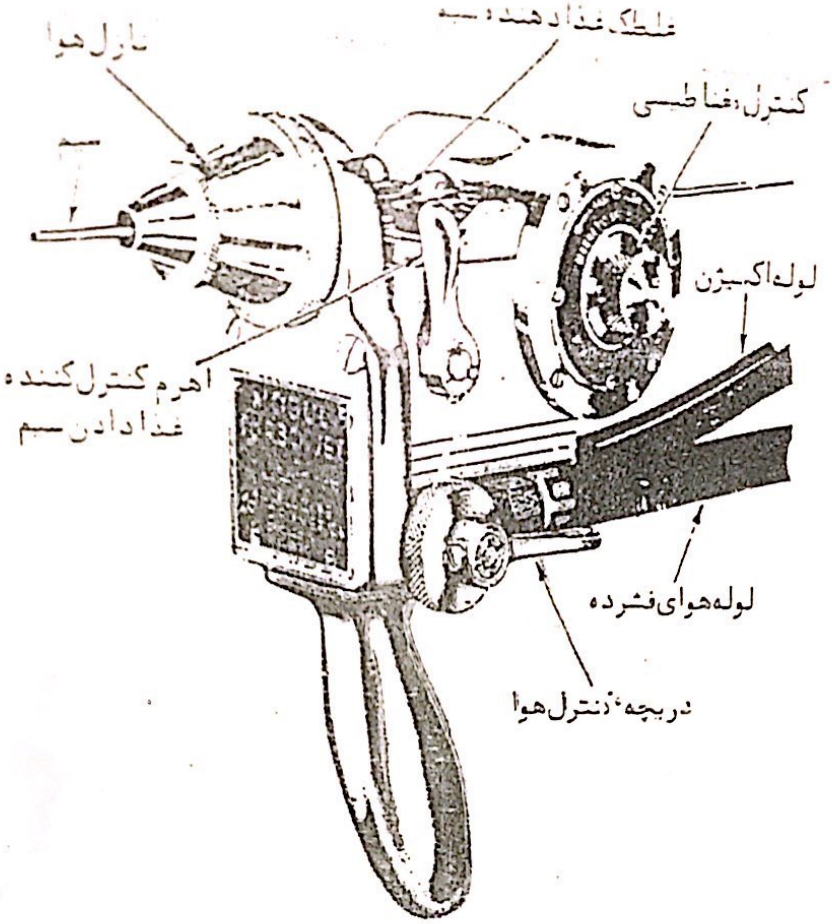


شمایی از تجهیزات لازم برای عملیات "پاشیدن فلز"

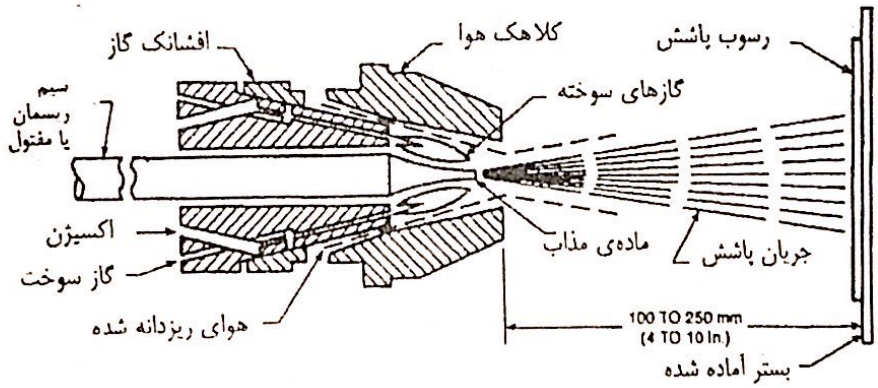


مقطع مشعل پاششی قوس پلاسما

Scanned with CamScanner



نمونه‌ای از پیستوله پاشیدن سیم در "پاشیدن فلز"



مقطعی از طپانچه‌ی پاشش حرارتی از نوع سیمی

Scanned with CamScanner

جوشکاری ترمیت

Thermit Welding

در این فرآیند از حرارت ایجاد شده در اثر واکنش اکسید آهن سه ظرفیتی Fe_2O_3 با آلومینیم استفاده می شود. معادله این واکنش بصورت زیر بوده و در صورت آغاز می تواند بصورت خود بخود به سرعت ادامه پیدا کند.

$$Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow 2Fe + Al_2O_3 + Q$$

در این واکنش فلز پر کننده همان آهن آزاد شده در اثر واکنش می باشد. شرایط انجام این واکنش به شرح زیر است:

- همه مواد بکار برده شده در واکنش بصورت پودر باشند.
- درصد وزنی اکسید آهن و آلومینیم باید طبق واکنش باشد؛ یعنی برای Fe_2O_3 ضریبی از ۱۶۰ واحد وزنی و برای Al ضریبی از ۵۴ واحد وزنی.
- برای آغاز واکنش دمایی در حدود ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد در یک نقطه از مخلوط لازم است و در صورت آغاز ، در مدت ۳۰ ثانیه واکنش بصورت خود بخود کامل می شود.
- نیازی به هوا یا اکسیژن برای انجام واکنش نمی باشد.

از این روش می توان برای اتصال قطعات بزرگ و غیر قابل جابجایی که بطور معمول جوشکاری آنها مشکل است استفاده کرد. به عنوان مثال برای اتصال پایه های بزرگ فولادی پل ها ، ریل های راه آهن و .... و نیز جوشکاری فولادهای کم کربن استفاده می شود.

در این روش جوشکاری می توان هر نوع عنصر آلیاژی دلخواه را به پودر ترمیت اضافه کرد. این عناصر که بطور معمول شامل فرومنگنز، فروسیلیس و ... می باشد، علاوه بر اینکه باعث می شوند موضع جوش، خواص آلیاژی دلخواه را بدست آورد، باعث پایین آمدن دمای واکنش نیز می گردند. (البته بایستی بگونه ای عمل شود که درجه حرارت مذاب از ۲۱۰۰ درجه کمتر نشود؛ زیرا در این صورت موضع جوشکاری شده اتصال قابل قبولی نخواهد داشت.) معمولاً برای از بین بردن خواص مضر اکسیژن ، عناصر اکسیژن زدا نیز به پودر ترمیت اضافه می شود.

فاصله تقریبی دو لبه قطعه کار از رابطه تجربی زیر بدست می آید؛ که در آن A سطح مقطع موضع تحت جوشکاری قطعه کار است:

$$d = \sqrt[3]{\frac{A}{0.14}}$$

مراحل و نحوه انجام کار :

برای انجام جوشکاری ترمیت ابتدا باید لبه های قطعه کار را از هر گونه آلودگی اعم از چربی ها ، اکسیدها و ... تمیز کرد. (نیازی به پخ سازی نیست.) سپس دو قطعه مورد نظر را طبق فرمول بالا

Scanned with CamScanner

به فاصله d از یکدیگر قرار داده و توسط موم ، گرده جوش و مقطع مورد نظر را بین دو لبه قطعه کار می سازیم. در واقع یک مدل مومی از شکل نهایی موضع جوش بین لبه های قطعه کار ایجاد می کنیم. سپس یک قالب ماسه ای در اطراف این مدل مومی ایجاد کرده بطوری که این قالب دارای یک راهگاه اصلی در بالا برای ورود مذاب به قالب و یک راهگاه فرعی در پایین برای خروج موم از داخل قالب باشد.

در بالای راهگاه اصلی قالب ماسه ای یک بوته فلزی قرار می دهیم که جنس آن از اکسید منیزیم و اکسید منگنز بوده و دارای یک درپوش در بالا و یک آستر (پوشش نسوز) و یک دریچه در پایین است.

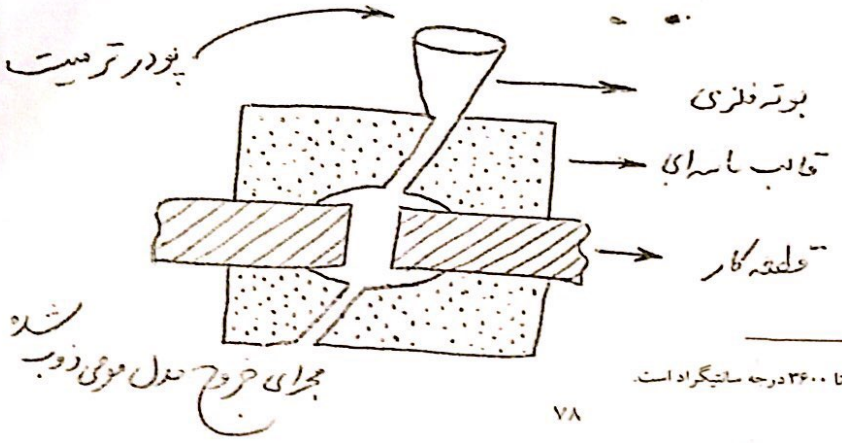
برای شروع کار، ابتدا قطعه کار و یا قالب ماسه ای را گرم می کنیم. با این کار، مدل مومی ذوب شده و از راهگاه پایین قالب ماسه ای خارج می شود. سپس این راهگاه را مسدود می کنیم. در ادامه کار، پودر ترمیت را به همراه عناصر آلیاژی مورد نظر در داخل بوته فلزی نسوز که بر روی قالب ماسه ای قرار دارد می ریزیم. توسط چاشنی انفجار یا یک میله سرخ شده در آتش واکنش را آغاز کرده و درپوش بوته نسوز را می گذاریم. انجام واکنش با سرو صدای زیادی همراه است. پس از مدت ۱۵ تا ۳۰ ثانیه واکنش پایان یافته و سرو صدای آن از بین می رود. در این زمان آهن مذاب در ته ظرف و اکسید آلومینیم که سبک تر است بر روی آن قرار می گیرد. با باز کردن دریچه پایین بوته ، مذاب وارد قالب ماسه ای شده و به علت داشتن دمای بالا لبه های قطعه کار را ذوب کرده[1] و یک اتصال یکنواخت بین آنها بوجود می آورد.

برای جلوگیری از بروز تنش های حرارتی و کمتر کردن آنها بایستی موضع جوش به آهستگی سرد شود. برای این کار، لازم است قالب ماسه ای اطراف موضع جوش حدود ۲ ساعت پس از پایان انجام واکنش، باقی مانده و پس از آن شکسته شود. بدین ترتیب موضع جوشکاری شده در داخل قالب ماسه ای سرد می شود نه در هوای آزاد.

برای اینکه لبه های قطعه کار بهتر ذوب شده و جوش بخورند بایستی قبل از جوشکاری، قطعه را پیشگرم کرد.

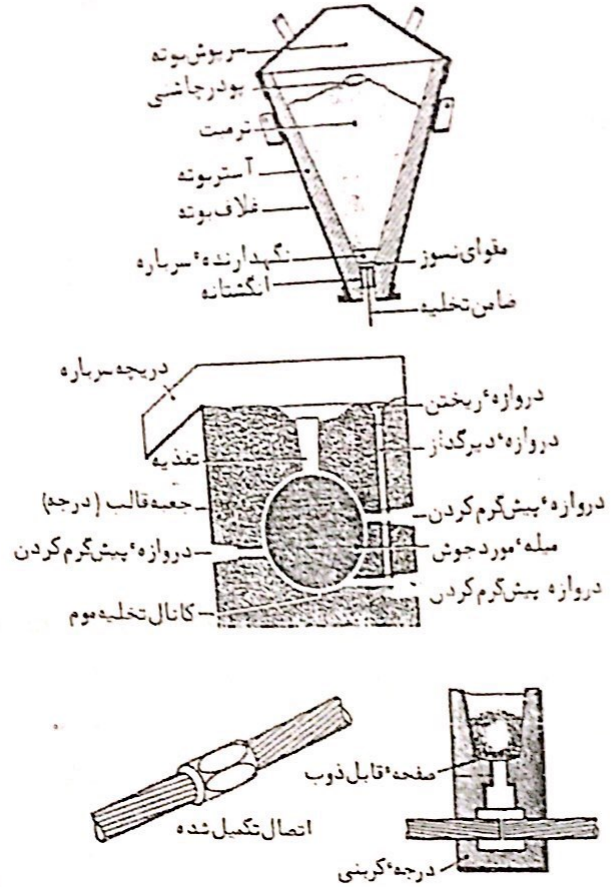
کلیه نکات مربوط به قالبگیری ماسه ای که در مباحث ریخته گری مطرح می شود در اینجا نیز باید رعایت شود. (مانند دانه بندی ماسه، نوع درجه، سیستم راهگاه ، قابلیت خروج هوا از داخل قالب و ....) کیفیت جوش ترمیت از قوس الکتریکی پایین تر است. زیرا احتمال ورود ناخالصی ها به داخل مذاب زیاد است.

با تعویض اکسید آهن با اکسید برخی فلزات غیرآهنی و در نظر گرفتن محاسبات مربوط به شدت حرارت حاصله و سایر پارامترها می توان برای جوشکاری فلزاتی غیر از فولاد نیز از این روش جوشکاری استفاده کرد.



۱ – دمای انجام واکنش بین ۲۱۰۰ تا ۳۶۰۰ درجه سانتیگراد است.

Scanned with CamScanner



شمایی از فرایند جوشکاری ترمیت

برای جوشکاری صفحات ضخامت بالا : Electro slag welding

نفتون - کشتی سازی

۶۵ج

Scanned with CamScanner

جوشکاری چدن

Cast Iron Welding

چدن فلز با اهمیتی در صنعت است بطوری که از یکی شاخص های توسعه یافتگی صنعت یک کشور، تولید مناسب چدن می باشد. چدن به عنوان پایه و اجزای بسیاری از دستگاه ها و ماشین آلات بوده و افزایش تولید آن به منزله افزایش تولید ماشین آلات و پیشرفت صنعتی آن کشور است.

تمام آلیاژهای آهن- کربن که بیش از ۲ درصد کربن داشته باشند به عنوان چدن شناخته می شوند. مقدار کربن موجود در چدن معمولاً بین ۱/۷ تا ۵ درصد می باشد. وجود سیلیسیم در چدن الزامی بوده مقدار آن نیز معمولاً بین ۰/۵ تا ۲ درصد است.[۱]، ممکن است عناصر دیگری نیز برای برای بهبود خواص چدن به آن اضافه شود؛ مانند منگنز[۲] (بین ۰/۲ تا ۱/۳ درصد) ، فسفر[۳] ، گوگرد[۴] (حداکثر ۰/۸ درصد) ، نیکل[۵]، کروم[۶]، مولیبدن[۷] (بین ۰/۵ تا ۱ درصد) ، وانادیوم و ....

در چدن علاوه بر کربن موجود در آستنیت ، بخشی از آن به صورت گرافیت آزاد و سمنتیت (کاربید آهن) در زمینه پراکنده است؛ به همین علت چدن آلیاژ محسوب نمی شود، بلکه کامپوزیت درنظر گرفته می شود. چدن ها معمولاً حاصیت ریخته گری خوب و ماشینکاری بدی داشته و و در دو دسته کلی چدن های سفید و خاکستری بررسی می شوند:

الف) چدن سفید:

به علت عدم وجود کربن آزاد یا گرافیت ، سطح مقطع این نوع چدن، سفید است. کربن آن به شکل سمنتیت بوده و فوق العاده سخت و شکننده است. قابلیت شکل پذیری بدی دارد اما مقاومت به سایش آن بالاست. به تنهایی کاربرد زیادی نداشته و برای بهبود خواص مکانیکی ، عملیات حرارتی مالیبل کردن بر روی آن انجام می شود.

۱- سیلیسیم به چدن اضافه می شود تا در درجه اول حلالیت کربن و در نتیجه مشخصات گرافیت را کنترل کند. از سوی دیگر به عنوان اکسیژن زدا سیالیت را بهبود بخشیده و انقباض را کاهش دهد.

۲- وجود منگنز مشکل ترک خوردگی داغ را کاهش داده و گوگرد را به عنوان ترکیبی با نقطه ذوب بالا مهار می کند. علاوه برآن منگنز برای کنترل ریز ساختار جوش ، بهبود استحکام و نرمی و نیز خوش تراشی بکار می رود.

۳- فسفر سیالیت چدن را افزایش می دهد. اما از سوی دیگر، ترکیبی سخت و شکننده تولید کرده و مشکل ترک برداری داغ را بوجود می‌آورد.

۴- گوگرد ممکن است در آلیاژ وجود داشته باشد اما عمداً به آن اضافه نمی شود؛ زیرا باعث ایجاد ترک های داغ شده و در صورتی که مقدار آن زیاد باشد ایجاد تخلخل می کند.

۵- برای افزایش قابلیت سخت شوندگی در هنگام سرد شدن چدن های ریخته گری شده ، کروم ، نیکل و مولیبدن به آن اضافه می شود. همچنین نیکل به تشکیل گرافیت کمک کرده و مقاومت سایشی را بیشتر می کند.

۶- افزودن کروم سختی و دوام سایشی را بیشتر می کند.

۷- افزودن مولیبدن به چدن، سفتی، سختی، مقاومت کششی، و مقاومت به ضربه آنرا افزایش می دهد. همچنین از مولیبدن برای کنترل اندازه دانه های گرافیت نیز استفاده میشود.

Scanned with CamScanner

ب) چدن خاکستری:

چدن خاکستری بیش از سایر فلزات در ریخته گری کاربرد دارد؛ زیرا هم ارزان بود و هم ریخته گری و ماشینکاری آن آسان است. نسبت به چدن سفید کاربرد بیشتری نیز دارد. مشکل اصلی آن شکنندگی و کم بودن انعطاف پذیری آن است. این مشکل بخاطر وجود ورق های گرافیتی می باشد و برای رفع آن ۳٪ تا ۵٪ ترکیبات منیزیم به آن اضافه می شود. در این صورت ورق های گرافیتی به صورت کروی درآمده و چدنی پدید می آید که از نظر خواص مکانیکی با فولاد رقابت می کند. این چدن را چدن داکتیل می گویند.

مشخصات چدن ها :

- دمای ذوب کم (بین ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد)
- استحکام فشاری بالا و کششی مناسب (استحکام کششی آن از فولاد کمتر، اما در مجموع بالاست.)
- فاصله خمیری کم (در مدت کوتاهی از جامد به مایع تبدیل می شود.)
- سیالیت و روانی خوب مذاب (البته برای چدن های کم آلیاژ اینگونه است. چدن های پر آلیاژ، غلیظند.)
- جذب لرزه و ارتعاش (بعنوان پایه دستگاه های پرس و سایر ماشین آلات و نیز پوسته موتور، گیربکس و... بکار می رود.)
- ماشینکاری خوب (بجز چدن سفید)
- جوشکاری و برشکاری مشکل
- عدم تحمل ضربه

جوشکاری چدن ها :

برای جوشکاری چدن ها عموماً از جوشکاری قوسی استفاده می شود. (قوس الکتریک دستی، جوشکاری قوسی با گاز محافظ و ...)

قبل از جوشکاری چدن ها به دلیل اختلافات قابل توجهی که در ترکیب و ریز ساختار آنها وجود دارد ، بهتر است نوع آنها مشخص شود. برای این منظور می توان از ظاهر شکست مقطع آنها ، آزمایش ریز ساختار، اندازه گیری میزان سختی و آنالیز شیمیایی استفاده کرد.

در صورتی که هیچ اطلاعی در دست نباشد می توان نوع آنرا چدن خاکستری در نظر گرفت. (زیرا کاربرد این نوع چدن بیشتر از بقیه است.)

قابلیت جوشکاری انواع چدن ها یکسان نیست. به عنوان مثال جوشکاری برخی چدن های آلیاژی یا چدن سفید تقریباً غیر ممکن است.

موارد جوشکاری چدن ها :

- برطرف کردن عیوب قطعات ریخته گری شده (پرکردن سوراخ ها و حفرات موجود در سطح قطعه و ...)
- ترمیم ترک ، شکستگی ، ساییدگی و .... (بویژه در مواردی که قطعه بزرگ بوده و قابل تعویض نباشد.)
- اتصال دهی
- روکش دهی (به عنوان مثال روکش های ضد اسید ، ضد سایش و ....)

Scanned with CamScanner

مشکلات در جوشکاری چدن ها :

۱) انحلال کربن در آهن مذاب وکاهش حلالیت در حالت جامد و تولید کاربید آهن:

وقتی حوضچه ی مذاب تشکیل می شود، حلالیت کربن در حالت مذاب به نحو قابل ملاحظه ای نسبت به حلالیت آن در حالت جامد بیشتر می شود. در هنگام سرد شدن حوضچه ی مذاب این فرآیند معکوس می شود یعنی مقدار زیادی از کربن حل شده باید آزاد شود. خطر در این است که آزاد شدن کربن نه بصورت گرافیت، بلکه بصورت کاربید آهن (سمنتیت) باشد. در این صورت چدن ، ترد ، سخت و غیر قابل انعطاف خواهد شد. برای حل این مشکل می توان از روشهایی استفاده کرد تا سمنتیت تشکیل نشده و بجای آن کربن بصورت گرافیت آزاد شود:

یکی اینکه موضع جوش آهسته سرد شود ، و دیگری اینکه عناصر گرافیت زا مانند سیلیسیم و خود گرافیت به حوضچه جوش اضافه شوند. پیشگرم و پسگرم کردن نیز توصیه می شود.

۲) ذوب جزیی برخی فازها که که نقطه ذوب کمتری دارند:

از جمله این فازها استدیت (فسفر آهن) می باشد که دمای ذوب پایینی داشته و هنگام انجماد در مرز دانه ها تجمع می کند. استحکام ندارد و انبساط و انقباض (در هنگام انجماد) آنها را جابجا کرده و در مرز دانه ها ترک ایجاد می کند. راه حل این است که چدن با فسفر زیاد جوشکاری نشود.

۳) تولید مارتنزیت در منطقه متاثر از حرارت :

اگر عناصر آلیاژی زیاد بوده و نرخ سرمایش نیز بالا باشد مارتنزیت بوجود می آید. خطر در منطقه متاثر از حرارت بیشتر از منطقه جوش است. در این منطقه هم عناصر آلیاژی وجود داشته و هم به دلیل ارتباط با منطقه سرد، نرخ سرمایش زیاد است. بنابراین مارتنزیت تشکیل خواهد شد.

حال سوالی که مطرح می شود این است که فاز مارتنزیت چه خطری دارد؟

فاز ماتنزیت انعطاف پذیری ندارد یعنی نمی تواند انبساط و انقباض را تحمل کند؛ بنابراین در موضع مارتنزیت تنش های داخلی بوجود می آید. از سوی دیگر، تبدیل ماتنزیتی با کاهش حجم همراه است.

- فاز زمینه نیز مهم است؛ اگر زمینه فریتی یا بینیتی باشد مارتنزیت بیشتری بوجود می آید.
- اگر پیشگرم یا پسگرم انجام شود بدلیل کاهش نرخ انتقال حرارت مارتنزیت کمتری بوجود آمده و یا اگر ایجاد شود تمپره شده بوده و بهتر می تواند تنش ها را تحمل کند.
- طول مدت جوشکاری نیز مهم است؛ بطوری که می تواند حتی یک زمینه نرم را به مارتنزیت تبدیل کند.

۴) پیدایش خلل و فرج در موضع جوش :

وارد شدن اکسیژن در موضع جوش موجب پیدایش گازهای CO و CO_2 شده و هیدروژن نیز گازهای CH_4، SH_2 و H_2O را سبب می شود. بدین ترتیب در موضع جوش خلل و فرج و حفرات گازی بوجود می آید که استحکام را کم کرده و خطر ترک گرفتن را زیاد می کنند. هیدروژن ممکن از رطوبت، روغن، گریس، و یا روکش الکترود و اکسیژن نیز از اتمسفر وارد شود. بنابراین باید از منابع تولید این گازها پرهیز کرد. از بین گازهای یاد شده، بیشترین خطر از ناحیه هیدروژن و سپس اکسیژن می باشد.

Scanned with CamScanner

جوشکاری آلومینیم Aluminium Welding

بدون شک آلومینیم مهمترین فلز غیر آهنی بوده و بعد از فولاد بیشترین مقدار تولید را دارد. آلومینیم از نظر شکل پذیری پنجمین و از نظر چکش خواری سومین مرتبه را دارد؛ اما استحکام آن نسبتاً کم است؛ بطوری که استحکام آلومینیم تاب کاری شده حدود ۰/۲ استحکام فولاد ساختمانی نورد گرم شده می باشد.
برخی از خصوصیات آن عبارتند از :

- فراوانی در طبیعت
- رنگ مناسب
- مقاومت در برابر خوردگی اتمسفریک
- مقاومت در محیط های اسیدی
- نقطه ذوب کم (۵۵۰ تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد)
- انتقال حرارت زیاد (۳ تا ۵ برابر فولاد)
- دمای نهان ذوب بالا
- انبساط و انقباض حرارتی زیاد[۱]
- اکسید دیر گداز[۲] و سنگین[۳]
- قابلیت انحلال هیدروژن در حالت مذاب و جدایش در حین انجماد
- روانی و سیالیت زیاد مذاب[۴]
- فاصله خمیری کم
- عدم تغییر رنگ مذاب[۵]
- ضعف در محیط های قلیایی
- هدایت الکتریکی بالا
- شکل پذیری خوب
- غیر مغناطیسی و جرقه زا
- حفظ خواص مکانیکی در دماهای زیر صفر درجه
- داشتن آلیاژهای متنوع

۱- ۵٪ انقباض تبدیل مذاب به جامد

۲- دمای ذوب اکسید آن بالای ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد است که در جوشکاری به عنوان مشکل تلقی می شود.

۳- چگالی آلومینیم خالص $2.7\frac{gr}{cm^3}$ بوده اما اکسید آن $3.85\frac{gr}{cm^3}$ می باشد.

۴- سیالیت زیاد مذاب آن در ریخته گری به عنوان مزیت تلقی می شود؛ زیرا براحتی می تواند فضای قالب را پر کند، اما در جوشکاری به عنوان عیب شناخته می شود؛ زیرا وجود پشتی یا Backing را ضروری می کند.

۵- این موضوع بایستی از نظر ایمنی مد نظر قرار گیرد زیرا از نظر ظاهر، آلومینیم مذاب همرنگ با خود آلومینیم در دمای محیط است ، بنابراین هنگام بلند کردن قطعات آلومینیمی ریخته گری و یا جوشکاری شده احتیاط لازم صورت گیرد.

Scanned with CamScanner

مهمترین کاربردهای آلومینیم عبارتند از :
صنایع الکتریکی ، صنایع حرارتی برودتی ، صنایع غذایی ، صنعت ساختمان و صنایع هوا فضا

آلومینیم در مصارف غیر الکتریکی عموماً بصورت آلیاژ بکار می رود. استحکام این آلیاژ به مراتب بیشتر از خود آلومینیم است و در عین حال دارای مزایای سبک وزنی ، هدایت الکتریکی و مقاومت در برابر خوردگی می باشد.

از آلومینیم با قابلیت بالای شکل پذیری که دارد می توان انواع پروفیل ها با اشکال پیچیده توپر و توخالی ، ورق های با ضخامت کم (زر ورق و فویل) را تولید کرد. با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی آن می توان مخازن و تجهیزات شیمیایی ، صنایع بسته بندی مواد غذایی ، و ... استفاده کرد. همچنین بدلیل داشتن سطح براق در کاسه چراغ ها و نور افکن ها بکار می رود.

آلومینیم خالص بسیار فعال است و پس از قرار گرفتن در معرض هوا بلافاصله یک لایه چسبنده و فشرده اکسید بر روی آن تشکیل می شود. این لایه اکسید نسبت به بسیاری از محیط ها مقاوم است و مانند سدی در برابر خوردگی از فلز تحت پوشش خود محافظت می کند. در صورت افزودن عناصر آلیاژی به آلومینیم خالص ، تشکیل اکسید آن به تعویق می افتد. این پوشش اکسیدی موجب بروز مشکلاتی در جوشکاری آلومینیم نیز می شود. برای اینکه جوش ، مقاوم و با استحکام باشد باید قبل از جوشکاری این لایه اکسیدی برطرف شود.

با اینکه جوشکاری آلومینیم از فولاد دشوارتر است اما درصورت رعایت تکنولوژی های ابداع شده می توان جوشکاری با کیفیت بالا و مقرون به صرفه را انجام داد.

برخی از انواع متداول روش های جوشکاری و اتصال دهی قطعات آلومینیمی عبارتند از :
جوشکاری قوس الکتریک دستی، جوشکاری مقاومتی، جوشکاری با شعله اکسی استیلن ، جوشکاری MIG , TIG و لحیم کاری

Scanned with CamScanner

جوشکاری آلومینیم با قوس الکتریکی

- جریان مورد استفاده از نوع مستقیم با پلاریته معکوس (DCRP) با قوس کوتاه (حداکثر ۳ میلیمتر) می باشد.

قطر الکترود mm	۲/۵	۳/۲۵	۴	۵
آمپر	۶۰ - ۹۰	۸۰ - ۱۱۰	۱۱۰ - ۱۵۰	۱۵۰ - ۱۸۰

- جنس الکترود از ۹۵٪ آلومینیم و ۵٪ سیلیسیم تشکیل شده است. اگر سیلیسیم کم باشد خطر ترک بیشتر می شود.
- الکترود بایستی در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد خشک شده و زاویه دست ۴۵ درجه باشد.
- روکش الکترود تشکیل شده از: کلرید، فلورید، سولفات سدیم و پتاسیم و برخی بی سولفیت ها
- پس از جوشکاری بایستی سریعاً سرباره با برس، آب گرم و یا اسیدهای رقیق شسته شود. زیرا سرباره قلیایی بوده و خورنده آلومینیم است.
- اگر ضخامت قطعه کار کمتر از ۵ میلیمتر باشد، پیشگرم کردن لازم نیست؛ اما در صورت افزایش ضخامت آن به ازای ۵ تا ۲۰ میلیمتر در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد و بالای ۲۰ میلیمتر در دمای ۴۰۰ درجه پیشگرم کردن توصیه شده است.
- وسعت منطقه متاثر از حرارت نسبت به جوشکاری با شعله کمتر است.
- برای جلوگیری از ریزش مذاب ، پشتی یا Backing لازم است.
- کاربرد این روش اغلب برای ضخامت های زیر ۳ میلیمتر است؛ اما تا ۲۵ میلیلمتر نیز کار شده است.

جوشکاری مقاومتی آلومینیم

- برای آلیاژهای با استحکام بالاو قابل عملیات حرارتی بهتر از روش های جوشکاری ذوبی است.
- از آنجا که رسانایی آلومینیم بالاست ، برق و حرارت ایجاد شده سریعاً پخش شده و حد خمیری آن کم است؛ لذا عملیات بایستی در زمان بسیار کوتاهی انجام شود (۰/۰۰۲ تا ۰/۰۵ ثانیه) مانند جوشکاری تصادمی که پیشتر بدان اشاره شد.
- اگر از الکترود مسی استفاده شود، مس با آلومینیم یک آلیاژ نسبتاً عایقی تشکیل می دهد؛ لذا از الکتروهای برلیم یا تنگستن که مناسب هستند استفاده می شود.

Scanned with CamScanner

جوشکاری آلومینیم با شعله اکسی استیلن

- در حالت کلی شعله های اکسی استیلن و اکسی هیدروژن حرارت لازم برای ایجاد حوضچه مذاب و مقابله با رسانایی آلومینیم را فراهم می کنند؛ در حالی که در سایر موارد، ترکیبات اکسیژن – گاز، این میزان حرارت را ندارند و تنها برای پیشگرم می توان از آنها استفاده کرد.
- توصیه شده شعله جوشکاری از نوع خنثی و شعله پیشگرم اندکی احیایی باشد.
- برای ضخامت های کمتر از ۵ میلیمتر نیاز به پیشگرم نیست. (هرچند بهتر است برای برطرف کردن رطوبت تا ۵۰ درجه پیشگرم انجام شود.) برای ضخامت های ۵ تا ۲۰ میلیمتر، ۲۰۰ درجه پیشگرم و برای ضخامت های بالاتر از ۲۰ میلیمتر ۴۰۰ درجه پیشگرم توصیه شده است.
- اگر ضخامت قطعه کمتر از ۳ میلیمتر باشد پخ سازی نیاز نیست.
- برای جلوگیری از ریختن مذاب پشتی لازم است. (از جنس آزبست)
- فلاکس های مصرفی جهت انحلال اکسید آلومینیم عبارتند از: نمکهای هالوژنه، کریولیت و بوراکس
- مفتول جوشکاری از جنس آلومینیم است با ۵٪ سیلیسیم یا ۳٪ سیلیسیم و ۴٪ مس و قطر مفتول نیز کمی بیشتر از قطر قطعه کار می باشد.
- جوشکاری با تکنیک پیش دستی انجام شود.
- توصیه شده پس از جوشکاری و انجماد مذاب ، چکش کاری صورت گیرد؛ زیرا همانند چدن ها تنش های حاصل از انقباض حرارتی را برطرف کرده و استحکام موضع جوش بالاتر می رود. ضربات باید طوری باشد که اندکی تغییر شکل پلاستیکی در موضع جوش بوجود آمده و جای چکش مشخص باشد.
- کاربرد این روش جوشکاری عموماً برای ضخامت های ۰/۸ تا ۱/۵ میلیمتر است، اما ضخامت های بیشتر نیز کار شده است.
- مشکلات موجود در این روش جوشکاری عبارتند از:

حبس سرباره (چون تقریباً هم وزن مذاب است.) – ترک هیدروژنی – خورندگی فلاکس (بایستی پس از جوشکاری با اسید نیتریک رقیق و برس تمیز شود.) – وسیع بودن منطقه متاثر از حرارت – نرم شدن آلیاژهای سخت شده پس از حرارت دیدن

Scanned with CamScanner

جوشکاری آلومینیم به روش TIG :

- جریان برق مصرفی اغلب از نوع DCSP است. برای آمپراژ کمتر از ۱۰ آمپر که پدیده آرک کلینینگ داشته باشیم جریان DCRP هم بکار می رود.
- طول قوس در حد قطر الکترود بوده و زاویه الکترود نیز ۵ تا ۱۲ درجه نسبت به قائم است.
- گاز محافظ آرگون یا هلیوم و یا ۲۵٪ آرگون و ۷۵٪ هلیوم است.
- جنس الکترود از ۹۹٪ آلومینیم یا ۹۶٪ آلومینیم و ۴٪ سیلیسیم است.
- این روش جوشکاری برای ضخامت های حداکثر ۳ میلیمتر کاربرد دارد.

جوشکاری آلومینیم به روش MIG :

- جریان مورد استفاده از نوع DCRP است.
- زاویه الکترود ۷ تا ۱۵ درجه نسبت به قائم است.
- گازهای مورد استفاده همانند روش TIG است.
- توصیه شده قبل از شروع جوشکاری جریان گاز باز شود تا رطوبت و هوای موجود در مجرای گاز تخلیه شود. زیرا این رطوبت می تواند منشا ترک شود.

در صورتی که تیراژ کاری کم باشد از روش های قوس الکتریکی و شعله ای و در صورتی که جوشکاری در تولید انبوه باشد از روش های TIG و MIG استفاده می شود.

لحیم کاری آلومینیم

لحیم کاری سخت آلومینیم معمولاً نسبت به جوشکاری قوسی و شعله ای ارزان تر بوده و در تولید انبوه بیشتر مورد توجه قرار می گیرد؛ بویژه هنگامی که مقاطع مورد نظر نازک باشند.
در لحیم کاری سخت، اتصال دو قطعه بهم بدون ذوب لبه های قطعات و با کمک روانسازهای ویژه و مواد لحیم با نقطه ذوب کمتر از فلز اصلی صورت می گیرد. درزهایی که باید لحیم شوند باید به دقت طراحی شده تا نفوذ کامل فلز پرکننده حاصل شود. بنابراین لازم است در ابتدا لایه اکسیدی روی سطح آلومینیم برطرف شده و سطح قطعه برای لحیم کاری آماده شود. برای این منظور می توان از روش های سایش مکانیکی مانند سنگ زنی، سنباده کاری و ... و یا انواع روانسازها (انواع کلرایدها و فلورایدها) استفاده کرد.
عموماً برای لحیم کاری آلومینیم از سه روش زیر که بیشترین کاربرد را دارند استفاده می شود:
لحیم کاری شعله ای ، کوره ای و غوطه وری در روانساز.
علی رغم اینکه تمام آلیاژهای آلومینیم را می توان لحیم کاری کرد، اما با این حال وجود عناصر آلیاژی برسهولت لحیم کاری تاثیر می گذارند. به عنوان مثال آلیاژهای با بیش از ۲٪ منیزیم و یا بیش از ۵٪ سیلیسیم برای لحیم کاری مناسب نیستند. (کم آلیاژها مناسب ترند.)

Scanned with CamScanner

معمولاً چهار گروه اصلی به عنوان ترکیب لحیم های آلومینیم وجود دارند که عبارتند از:
لحیم های پایه روی ، پایه روی- کادمیم ، پایه قلع- روی و پایه قلع- سرب
هر کدام از این چهار گروه شامل مقادیر قابل توجهی از سایر فلزات نیز می باشند که در جدول زیر نشان داده شده است.

ترکیب نوعی لحیم‌ها برای کاربرد با آلومینیم

نوع لحیم	قلع	روی	آلومینیم	کادمیم	سرب	مس	دامنه‌ی تقریبی ذوب *	
							°C	°F
پایه‌روی	—	۹۴	۴	—	—	۲	۳۸۲_۳۹۳	۷۲۰_۷۴۰
پایهٔ روی	—	۹۵	۵	—	—	—	۳۸۰	۷۱۰
پایه‌روی	—	۷۹/۶	۱۰	۰/۴	۳	۵	۲۱۶_۴۰۰	۴۲۰_۷۵۰
پایه‌روی-کادمیم	—	۹۰	—	۱۰	—	—	۲۶۵_۴۰۴	۷۶۰_۵۰۹
پایه‌روی-کادمیم	—	۱۷/۵	—	۸۲/۵	—	—	۲۶۵	۵۰۹
قلع - روی	۲۰	۱۵	۰/۸	۶۴/۲	—	—	۱۱۰_۱۲۰	۲۳۰_۲۵۰
قلع - روی	۳۰	۷۰	—	—	—	—	۲۰۰_۳۸۰	۳۹۰_۷۱۰
قلع - روی	۶۰	۳۹/۴	—	—	۰/۱	۰/۵	۲۰۰_۳۴۰	۳۹۰_۶۴۵
قلع - روی	۶۹/۳	.۲۸	۰/۷	—	۲/۰	—	۱۹۵_۲۳۵	۳۸۵_۴۳۵
قلع - روی	۸۰	۲۰	—	—	—	—	۲۰۰_۲۷۵	۳۹۰_۵۳۰
قلع - سرب	۳۶/۹	—	—	۳/۸	۵۸/۳	—	۱۴۵_۲۳۰	۲۹۰_۴۵۰
قلع - سرب	۳۱/۶	۹	—	۸	۵۱	۰/۴	۱۴۰_۲۵۰	۲۸۲_۴۸۵
قلع - سرب	۴۰	۱۵	۰/۸	—	۴۴/۲	—	۱۷۰_۲۶۰	۳۳۵_۶۷۵
قلع - سرب	۲۰	۱۵	۰/۸	۶۴/۲	—	—	۱۱۰_۲۷۵	۲۳۰_۵۳۰

* دامنه‌ی جامد - مایع

Scanned with CamScanner

جوشکاری MIG (قوس الکتریکی با گاز محافظ و الکترود مصرف شدنی)

در سال ۱۹۴۸ میلادی برای رفع برخی مشکلات جوشکاری با الکترود تنگستن فرآیند دیگری از قوس محفوظ در گاز خنثی اختراع شد که در آن بجای الکترود تنگستن غیر مصرفی از الکترود فولادی یا آلومینیمی و سایر آلیاژهای مصرف شدنی استفاده می شد.

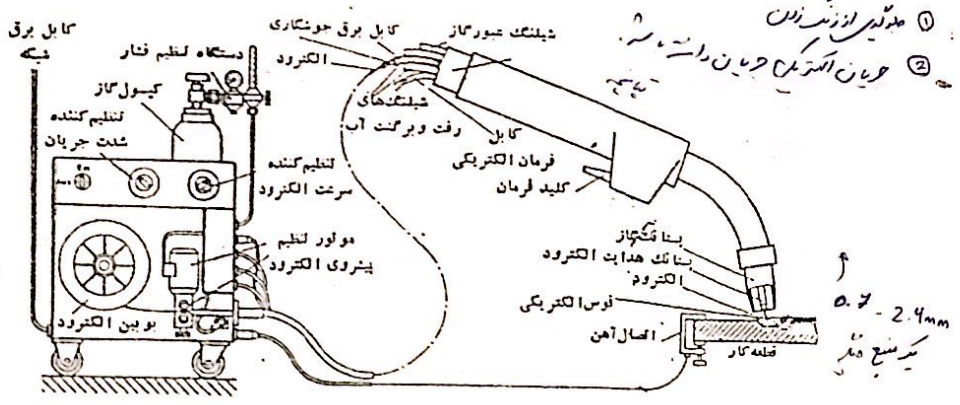
جوشکاری MIG از نظر اصولی فرقی با قوس الکتریک دستی ندارد حتی نسبت به آن مهارت کمتری نیز لازم دارد. در این فرآیند در حین جوشکاری همراه با ایجاد قوس ، از الکترود مفتولی استفاده می شود که بطور مداوم از یک کلاف باز شده و متناسب با نرخ ذوب ، به موضع جوش اضافه می شود. برای جلوگیری از نفوذ اتمسفر، یک گاز محافظ نیز در اطراف موضع جوش از طپانچه جوشکاری دمیده می شود. برق مصرفی معمولاً جریان مستقیم با قطبیت مستقیم است تا الکترود راحت تر ذوب شود. الکترود نیز بدون روکش بوده و تنها یک لایه بسیار نازک مسی بر روی آن کشیده شده تا مقاومت به خوردگی آنرا بالا برده و هدایت جریان الکتریکی نیز بهتر انجام شود.

گاز محافظ در جوشکاری MIG هلیوم یا آرگون است. البته می توان از CO_2 نیز استفاده کرد که در این حالت به آن جوشکاری MAG می گویند. بنابراین جوشکاری MAG همان MIG است با این تفاوت که در آن بجای هلیوم یا آرگون از CO_2 به عنوان گاز محافظ استفاده می شود.

دستگاه تغذیه کننده با توجه به مقدار طراحی شده طول قوس می تواند سرعت مفتول تغذیه شونده به موضع جوش را تغییر دهد. در واقع اگرچه مشعل با دست نگه داشته می شود ، اما خصوصیات قوس ، خود تنظیمی است. بدین صورت که اگر طول قوس کم شود ، اختلاف پتانسیل و شدت جریان نیز کم شده و در نتیجه سرعت تغذیه مفتول بیشتر می شود و بر عکس.

الکترود دارای قطری بین ۲/۴ تا ۶ میلیمتر بوده و می تواند بصورت همگن یا توپودری باشد. الکترودهای توپودری از مواد معدنی و آلیاژی پر شده اند و اصول کار آنها شبیه الکترود های همگن است با این تفاوت که نرخ رسوب آنها می تواند بیشتر باشد.

جوشکاری MIG به ویژه در حالت نیمه خودکار آن با جریان کمتر از ۲۵۰ آمپر برای وضعیت های مختلف بسیار مناسب است و اصولاً بیشتر برای جوشکاری ضخامت های نازک و فلزات غیر آهنی بکار می رود.



MIG: Metal Inert Gas

MAG: Metal Active Gas

Scanned with CamScanner

مزایا و قابلیت های برشکاری پلاسما :

- انواع فلزات و غیر فلزات (مواد عایق الکتریسیته) با این روش قابل برشکاری هستند.
- برای ورق های کم ضخامت سرعت برشکاری نسبت به روش های معمول فعلی بالاتر است. (به عنوان مثال برای قطعه به ضخامت ۱۲ میلیمتر، بیشترین سرعت گزارش شده برای برشکاری با شعله ، حدود ۹۵ سانتیمتر بر دقیقه بوده که برای برشکاری با قوس پلاسما حدود ۵۰۰ سانتیمتر بر دقیقه بیان شده است.)
- عرض مقطع برش در این روش کم است.
- در این روش هم قطعه می تواند متحرک باشد و هم سیستم برشکاری.
- به علت تمرکز قوس الکتریکی ، منطقه متاثر از حرارت (HAZ) نسبتاً کم است.

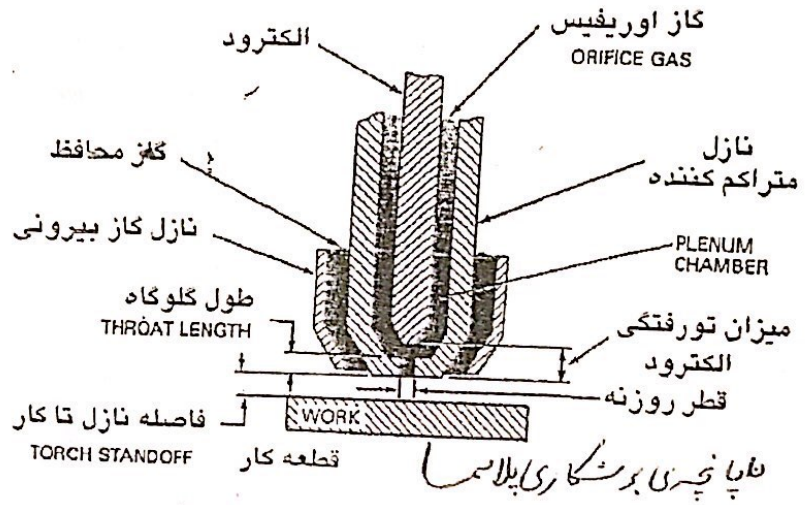
وسعت منطقه متاثر از حرارت برحسب اینچ		
جنس قطعه کار	برش پلاسما	برش با شعله
فولاد کم کربن	۰/۰۲	۰/۰۷
فولاد زنگ نزن	۰/۰۱	-
آلومینیم	۰/۰۸	-

(از آنجا که ضریب انتقال حرارت آلومینیم بیشتر از فولاد است، منطقه متاثر از حرارت آن نسبت به فولاد وسیع تر است.)

- فولاد زنگ نزن و آلومینیم را نمی توان با شعله برش داد، اما برش پلاسما این توانایی را دارد.

معایب و محدودیت های برشکاری پلاسما :

- سر و صدای زیادی داشته و ممکن است باعث ایجاد مشکلات شنوایی شود.
- بسته به آلیاژ موجود در قطعه کار، ممکن است بخارات سمی و خطرناک مانند بخارات کبالت، سرب، جیوه، مس، وانادیوم، بریلیم، و روی بوجود آیند.
- نور قوس ، شدید بوده و ممکن است به چشم آسیب برساند. (حداقل نمره عینک باید ۱۰ باشد)
- برای فولاد ساده کربنی با ضخامت ۲ اینچ ، سرعت برشکاری پلاسما و شعله برابر می شود.



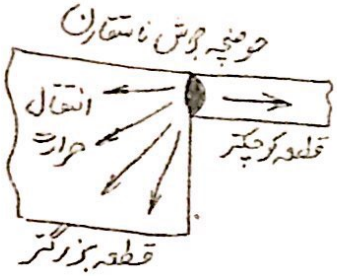
نمایی از برشکاری پلاسما

Scanned with CamScanner

دمای پیشگرم برای آلیاژهای مختلف برحسب درصد ترکیبات آن ها، مقادیر متفاوتی است. درحالت کلی توصیه شده که دمای پیشگرم حدود ۳۱۵ درجه ی سانتیگراد باشد.

* نکات مهم درمورد پیشگرم کردن:

- هرقدر استحکام چدن بالاتر باشد دمای بیشتری برای پیشگرم نیاز است.
- هرقدر کربن معادل بیشتر باشد دمای پیشگرم بیشتر خواهد بود.
- برای قطعات با شکل های ساده، دمای پیشگرم کمتر از قطعات پیچیده می باشد.
- در قطعات با شکل های پیچیده بهتر است کل قطعه پیشگرم شود.
- پیشگرم کردن باید به گونه ای باشد که پس از جوشکاری، موضع جوش تحت فشار قرار گیرد؛ بدین ترتیب خطر ترک خوردن به نحو قابل ملاحظه ای کاهش می یابد.
- اگر مقاطع جوش(شکل و حجم دو قطعه) یکسان نباشند بهتر است قطعات سنگین تر و حجیم تر، پیشگرم شوند. علت این امر، این است که در قطعه ی بزرگتر، انتقال حرارت بیشتری صورت گرفته و حوضچه مذاب نامتقارن خواهد شد و ممکن است موضع جوش، استحکام لازم را نداشته باشد.



- پس از جوشکاری، بهتر است نرخ سرمایش حدود ۵۵ درجه سانتیگراد بر ساعت باشد. دفن کردن قطعه ی جوشکاری شده در آزبست نیز توصیه شده است. (پس از جوشکاری اطراف قطعه با آزبست پوشانده شود تا نرخ سرمایش کاهش یابد.)

عناصر تشکیل دهنده ی الکترود چدن و گرد جوشکاری آن:

متداول ترین مواد برای جوشکاری چدن ها عبارتنداز:
فروسیلیس،گرافیت،کربنات کلسیم وسدیم، بوراکس، بیکربنات سدیم، آهک، اکسید سدیم، سیلیکات

انواع الکترودهای جوشکاری چدن :

۱- الکترود چدنی

- هسته ی آن از چدن بوده و در سیستم کدگذاری AWS با نماد EC نشان داده می شود.
- هم برق AC و هم DCRP را می.توان برای آن بکار برد.
- پیشگرم لازم است.
- استحکام آن در حد چدن معمولی است.
- سختی موضع جوش بین ۱۷۰ تا ۲۳۰ برینل است.
- موارد استفاده: در اتصال قطعات و تعمیرات

Scanned with CamScanner

۵) پیدایش تنش های انقباضی :

چدن ها عموماً ترد هستند (حتی در فاز فریت) و بخاطر وجود لایه های گرافیتی می توانند راحت تر از فولاد ترک خورده و بشکنند. هرچه چدن تردتر باشد خطر بروز تنش های انقباضی در آنها بیشتر است. برای جلوگیری از این امر بایستی میزان حرارت را کم کرده و پیشگرم و پسگرم انجام شود. علاوه بر اینها هر نوع کار مکانیکی مناسب نیز مانند پینینگ[۱] ، شات پینینگ [۲] و اولتراسونیک [۳] برای رفع تنش مفید است.

۶) Casting Skin :

از آنجایی که اکثر قطعات چدنی به روش ریخته گری ساخته می شوند این مشکل در چنین قطعاتی رخ می دهد. بخاطر وجود ماسه و افزودنی های درون آن در سطوح قطعات ریخته گری یک پوسته نازکی تشکیل می شود که به دلیل داشتن ناخالصی با چدن اصلی تفاوت دارد. با توجه به تنوع ترکیبات موجود در ماسه ریخته گری دقیقاً نمی توان جنس این لایه نازک و ترکیبات آنرا مشخص کرد. نکته مهم در جوشکاری اینگونه قطعات این است که قبل از جوشکاری بایستی با عملیاتی مانند سنگ زدن در موضع جوش ، این پوسته نازک را شکسته تا چدن اصلی ظاهر شود. سپس جوشکاری قطعه انجام شود.

۷) نفوذ روغن :

از آنجا که بسیاری از اجزا و قطعات ماشین آلات صنعتی از چدن ساخته می شود، به علت تخلخل ذاتی چدن، قطعات کار کرده در محیط های صنعتی اغلب با نفوذ روغن و سایر هیدروکربن ها به داخل قطعه مواجه هستند که این امر خطر ترک در جوشکاری را زیاد می کند. برای تبخیر این مواد بایستی قطعه را به مدت حدود نیم ساعت در دمای ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه فارنهایت حرارت داد.

۸) پارامتر کربن معادل :

رابطه زیر مقدار کربن معادل را بر حسب سایر عناصر آلیاژی موجود در قطعه بیان می کند:

$$CE = C + 0.31Si + 0.33P + 0.45S + Mo + Cr - (0.28\,Mn + 0.2Ni + 0.1Cu)$$

هر قدر پارامتر کربن معادل بیشتر باشد، قطعه مورد نظر نسبت به ترک حساس تر بوده و دمای بالاتری برای پیشگرم نیاز دارد. وظایف پیشگرم عبارتست از :

- کاهش تنش حرارتی
- کاهش تنش باقیمانده از ریخته گری
- کاهش اعوجاج
- افزایش انعطاف پذیری بویژه در منطقه متاثر از حرارت (HAZ)
- از بین بردن هیدروکربن های موجود در قطعه (تبخیر و سوزاندن آنها)

۱- Peening یا تقه کاری ، نوعی کار مکانیکی بر روی فلزات است که با ایجاد ضربات چکش و یا ابزارهای پنوماتیکی صورت گرفته و به منظور ایجاد تنش مخالف تنش های پسماند بوده و معمولاً موجب کاهش تنش های ایجاد شده در ضمن جوشکاری می شود.

۲- Shot Peening یا ساچمه پاشی عملیاتی است که طی آن قطعه کار با جریانی از انبوه ساچمه های کروی کوچک و پر سرعت کوبیده می شود. در نتیجه سطح قطعه کار تا عمق خاصی تحت تغییر شکل سرد قرار گرفته و تنش فشاری یکنواختی در سطح آن بوجود می آید.

۳- ارتعاشات مافوق صوت با دامنه کم و فرکانس بسیار بالا

Scanned with CamScanner

۶- الکترود مغزی دار :

- این الکترود روکش نداشته و فقط مغزی دارد.
- با نماد Ni-RODFC55 نشان داده می شود.
- دارای ۵۵٪ نیکل ، ۴۴٪ آهن ، ۱٪ کربن ، ۴/۲٪ منگنز و ۰/۶٪ سیلیسیم است.
- برق مورد نیاز از نوع DCRP و با آمپراژ زیر ۳۵۰ آمپر است.
- هم به تنهایی بکار می رود، هم با محافظت گازی CO_2 و هم بصورت زیر پودری.

جوشکاری چدن با شعله اکسی استیلن

- جهت تعمیرات چدن خاکستری بیشترین کاربرد را دارد.
- شعله آن باید خنثی یا کمی احیایی باشد. (شعله اکسیدی سیلیسیم را سوزانده و چدن سفید تولید می کند)
- نازل شعله نسبت به مورد مشابه برای فولاد کوچکتر است.
- مخروط شعله در فاصله ۲۲ تا ۶۴ میلیمتری از سطح کار قرار می گیرد. اگر مخروط به سطح قطعه کار بخورد، به علت دمای بالا، سیلیسیم و کروم را می سوزاند.
- سیم جوش چدن با گرافیت و سیلیس بالاست.
- منطقه متاثر از حرارت وسیع بوده و در آن مارتنزیت بوجود می آید؛ اما این مارتنزیت نسبتاً نرم است. (البته در صورتی که پیشگرم انجام شود، که برای آن حرارت دهی بین ۵۴۰ تا ۶۵۰ درجه سانتیگراد توصیه شده است.)
- اگر جوشکاری چند پاسه انجام شود دمای بین دو پاس نباید کمتر از ۳۱۵ درجه شود.
- فلاکس مصرفی جهت محافظت از سطح حوضچه و افزایش سیالیت می باشد.
- حباب یا نقاط سفید در حین جوشکاری نیاز به فلاکس اضافه را نشان می دهد.
- انحلال اکسیدها و ناخالصی ها با ترکیب بورات سدیم، اسید بوریک،کربنات سدیم و اکسید آهن
- تکنیک پس دستی مناسب تر است.

برشکاری چدن

- با قوس الکترود گرافیتی و دمش هوا براحتی بریده می شود. (فشار هوا بین ۶۰ Psi تا ۱۰۰ Psi)
- به علت کم بودن دمای ذوب و پایداری گرافیت و سمنتیت و بروز تنش های حرارتی ، برش آن با شعله مشکل است.
- تا ۷۰۰ درجه سنتیگراد پیشگرم کردن و نیز آهسته سرد کردن توصیه شده است.
- بهتر است شعله برش کمی احیایی باشد تا سیلیسیم نسوخته که مشوق تولید کاربید باشد.
- وجود پودر آهن، وایر آهن و صفحه آهن در موضع برش باعث بالا رفتن دما و تسهیل ذوب میشود.

Scanned with CamScanner

۲- الکترود فولادی

- هسته ی آن فولاد کم کربن با حدود ۰/۱۵ درصد کربن است.
- مذاب آن بسیار سیال است و فقط در حالت افقی کاربرد دارد.
- موضع جوش الماسه می شود. (سخت می شود.)
- روکش آن مشابه الکترودهای قلیایی در فولادهاست.
- موارد استفاده: رفع عیوب ریخته گری شده چدن خاکستری و نشکن

۳- الکترود پرنیکل

- در سیستم کدگذاری AWS با نماد E Ni-C1 نشان داده می شود.
- هسته آن ۹۵ تا ۹۹ درصد نیکل داشته و بقیه آن سیلیسیم و کربن است.
- استحکام آن از چدن معمولی کمتر است.
- موضع جوش ، نرم و قابل ماشینکاری است.
- دمای پیشگرم کردن آن بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد می باشد.
- نسبت به فسفر ضعف دارد. (فسفر باید زیر ۰/۵ درصد باشد.)
- کاربرد : اتصال چدن به چدن ، چدن به فولاد و بطور کلی در باترینگ چدن کاربرد دارد.[۱]

۴- الکترود نیکل - آهن :

- با نماد E Ni FeC نشان داده می شود.
- در هسته آن ۵۵٪ نیکل ، ۴۰٪ آهن ، ۴٪ سیلیس و بقیه آن کربن است.
- استحکام آن از موارد قبلی بیشتر است.
- در همان محدوده حرارتی (۳۰۰ تا ۶۰۰ درجه) پیشگرم شده و نسبت به فسفر حساس است.
- موضع جوش قابل ماشینکاری است.
- موارد کاربرد : اتصال چدن های خاکستری و ندولار.[۲]

۵- الکترود مس - نیکل :

- با نماد E Ni-Cu نشان داده می شود.
- هسته آن ۷۰٪ نیکل و ۳۰٪ مس دارد.
- موضع جوش قابلیت ماشینکاری داشته و مقاومت به خوردگی آن بالاست.
- موارد کاربرد : برای چدن های خاکستری و ندولار.

۱- Buttering یا روکش دهی عملیاتی است که طی آن دو لبه قطعه کار را پخ زده و بعد با آلیاژ نیکل سطح آنرا می پوشانیم تا برای جوشکاری آماده شده و اتصال خوبی فراهم شود.

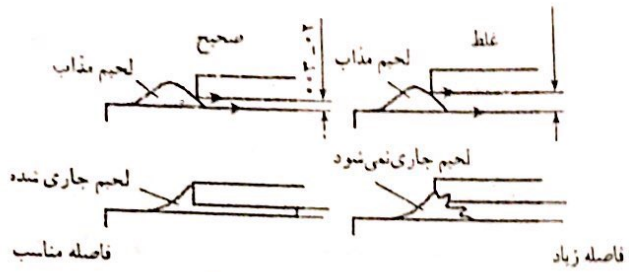
۲- Nodular Cast Iron یا چدن شکل پذیر در اصل مانند چدن چکش خوار (Mulleable Cast Iron) است، زیرا در هردو آنها گرافیت به شکل ذرات کروی است. استحکام و انعطاف پذیری آن از چدن خاکستری بیشتر بوده و به فولاد نزدیک است.

Scanned with CamScanner

لحیم کاری

لحیم کاری یکی از اتصالات حرارتی است و با جوشکاری اندکی تفاوت دارد. در این فرآیند همیشه نقطه ذوب ماده واسطه از نقطه ذوب فلزات پایه کمتر است و به دلیل پایین تر بودن دما نسبت به جوشکاری، لبه های قطعه کار ذوب نمی شود؛ بلکه ماده واسطه با ذوب شدن فضای بین دو قطعه را پر کرده و بین آنها یک اتصال را بوجود می آورد که استحکام این اتصال نسبت به جوشکاری کمتر است.

در لحیم کاری نیازی به پخ سازی لبه های قطعه کار نیست و می توان توسط این فرآیند، فلزات غیر هم جنس را نیز بهم متصل کرد. حفظ فاصله دقیق بین دو قطعه نیز بسیار مهم است و برای لحیم های مختلف باید اپتیمم باشد.



فاصلهٔ مناسب لحیم‌کاری

سطوح مورد نظر بایستی از هر نوع اکسید، چربی، آلودگی و.... تمیز باشد؛ زیرا اگر سطوح قطعات آلوده باشد لحیم کاری صورت نمی گیرد. همچنین مذاب لحیم باید در حد مطلوب سیلان داشته باشد تا بتواند بین لبه های قطعه کار نفوذ کند. برای دستیابی به این دو هدف از سیاله یا روانساز (فلاکس) استفاده می شود. با این توضیحات نقش روانساز در لحیم کاری عبارتست از:

- اکسید زدایی و جذب اکسیدهای موجود در محل اتصال
- ایجاد سیلان و چسبندگی مواد پرکننده در محل اتصال
- جلوگیری از اکسید شدن مجدد هنگام گرم شدن قطعات و لحیم کاری (سطحی که به دمای بالا می رسد می تواند دوباره اکسید شود که جلوگیری از آن توسط روانساز صورت می گیرد.)

وقتی آلیاژ لحیم ذوب شد چندان تحت تاثیر وزن خود حرکت نمی کند؛ بلکه با خاصیت اسمزی پیش می رود. جریان لحیم در سطحی که بسیار صیقلی باشد مشکل حرکت می کند، بنابراین بهتر است سطح قطعه تا حدودی با سنباده کاری و.... خشن شده و از حالت صیقلی کامل درآید.

در حالت کلی لحیم کاری به دو گروه تقسیم می شود: لحیم کاری نرم و سخت. اگر نقطه ذوب آلیاژ لحیم کمتر از ۴۵۰ درجه سانتیگراد باشد، لحیم کاری نرم ؛ و اگر بیشتر از ۴۵۰ درجه باشد لحیم کاری سخت نامیده می شود.

Scanned with CamScanner

لحیم کاری نرم :

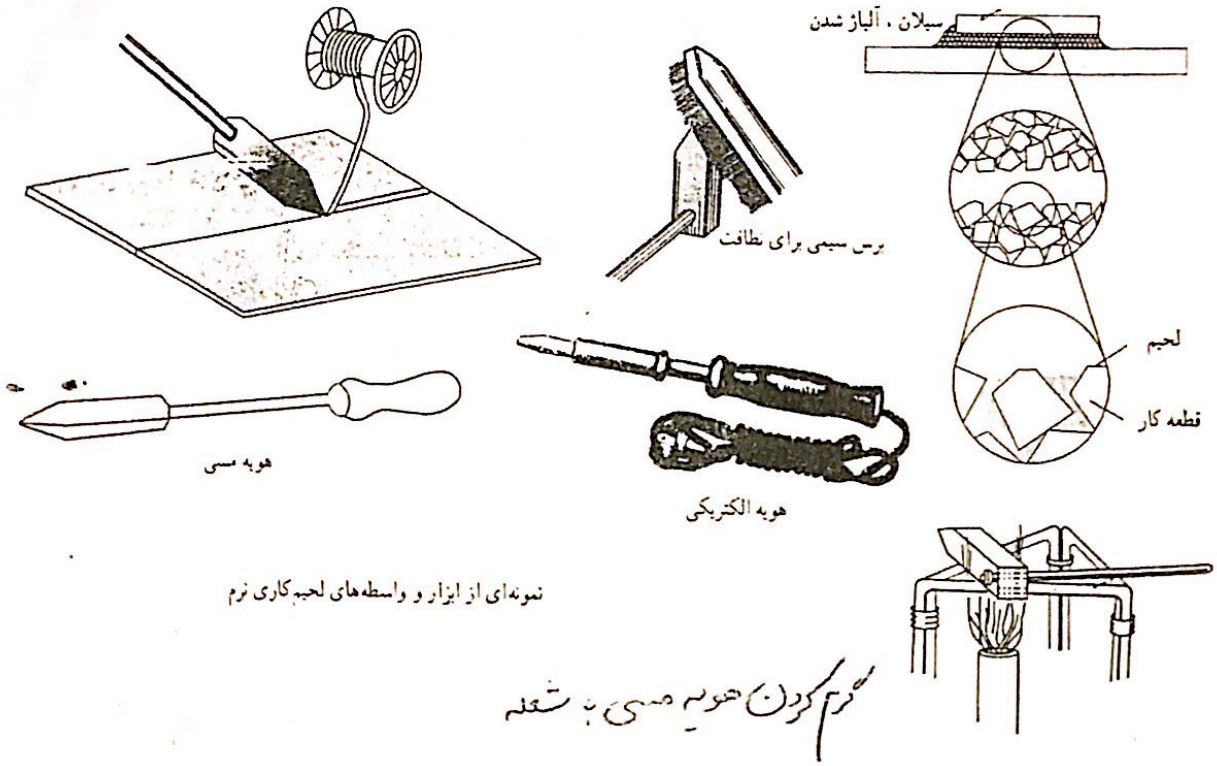
در این روش پس از آنکه درجهٔ حرارت به حد معینی رسید، ماده واسطه ذوب شده و در محل اتصال سیلان می یابد و به صورت لایه نازکی بین قطعات تحت اتصال نفوذ کرده و فضای بین آن دو را کاملاً پر می کند.

در لحیم کاری نرم معمولاً از آلیاژهای قلع و سرب با درصدهای مختلف به عنوان ماده واسطه استفاده می شود. متداول ترین آلیاژ مورد استفاده دارای ۳۵٪ قلع و ۶۵٪ سرب می باشد. هر چه میزان قلع بیشتر شود مقاومت به خوردگی هم بیشتر شده و قیمت لحیم نیز بالاتر می رود. برای کارهای بزرگ مانند آب بندی مخازن و ... ماده واسطه، بصورت شمش و برای اتصال قطعات الکتریکی و الکترونیکی آنرا بصورت سیم لحیم بکار می برند.

برای آماده سازی لحیم از سیاله یا روانساز استفاده می شود که اکسید های سطح قطعه را از بین برده و چربی ها را پاک می کند. همچنین کشش سطحی مذاب را کم کرده و سیلان آنرا بیشتر می کند. برای اتصال قطعات الکتریکی و الکترونیکی از روغن لحیم استفاده می شود. در برخی موارد جوهرنمک یا اسید کلریدریک نیز به عنوان تمیز کننده و پودر نشادر به عنوان سیلان دهنده استفاده می شود.

حرارت لازم در لحیم کاری نرم توسط هویه تامین می شود. برای کارهای ظریف از هویه برقی و برای کارهای سنگین تر از هویه های چکشی (معمولاً مسی) استفاده می شود.

برای انجام لحیم کاری نرم هنگامی که هویه در حال گرم شدن است محل اتصال را با اسید رقیق تمیز کرده و سپس نوک هویه ی گداخته را به نشادر آغشته می کنند. آنگاه سیم لحیم را با استفاده از حرارت هویه ذوب کرده و قطعات مورد نظر را بدین وسیله بهم متصل می کنند.



نمونه‌ای از ابزار و واسطه‌های لحیم‌کاری نرم

گرم کردن هویه مسی با شعله

Scanned with CamScanner

لحیم کاری سخت :

در این روش که تا حددی شبیه جوشکاری است دمای ذوب ماده پرکننده معمولاً بالای ۴۵۰ درجه و پایین تر از دمای ذوب قطعات پایه می باشد. به علت کم بودن حرارت ، تغییر شکل های ناخواسته حرارتی مانند تاب برداشتن و ... که در جوشکاری مشاهده می شود در اینجا وجود نداشته و نسبت به جوشکاری سریعتر و با هزینه کمتری انجام می شود. از سوی دیگر هر نوع فلزی را می توان با لحیم سخت به فلز دیگر اتصال داد.

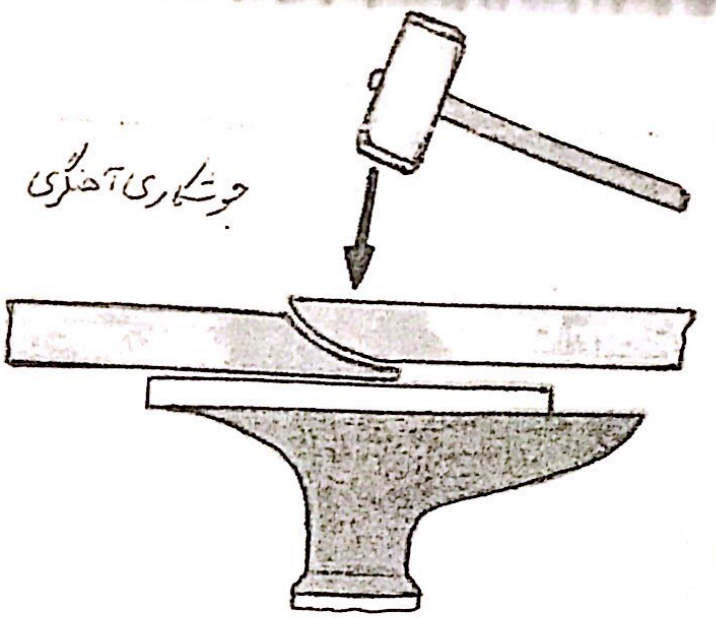
انتخاب روانساز بایستی با توجه به آلیاژ ماده پرکننده و جنس قطعه کار صورت گیرد. این روانسازها که بصورت پودر یا خمیر می باشند دمای ذوب کمتری نسبت به سیم لحیم داشته و قبل از آن ذوب شده و در محل اتصال روان می شوند. نقش روانساز همان است که در قسمت های قبلی گفته شد.

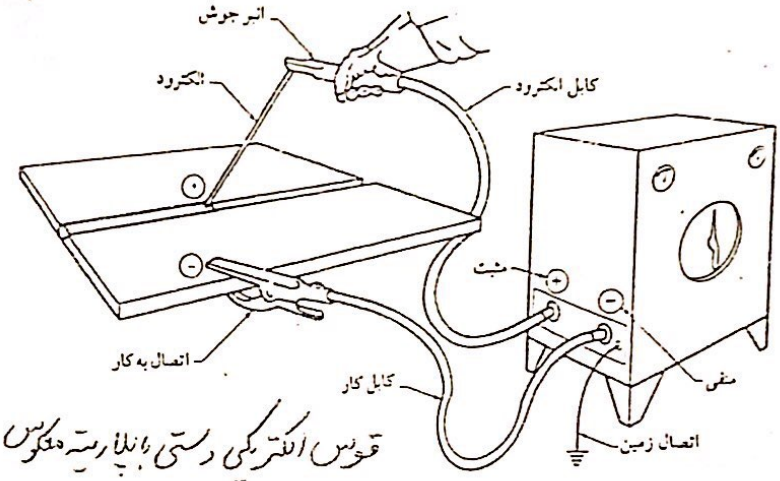
اگر لایه اکسیدی روی سطح قطعه کار، ضخیم بوده و یا ناخالصی های روی آن (چربی، گرد و غبار و ...) زیاد باشد، روانساز قدرت تمیز کردن آن را نخواهد داشت. بنابراین لازم است با ابزار مناسب مانند برس سیمی ، سوهان ، سنباده و ... محل اتصال کاملاً تمیز شود.

رایج ترین روش برای دستیابی به حرارت لازم برای لحیم کاری استفاده از شعله اکسی استیلن است. قبل از شروع کار، لازم است سطوح محل اتصال، پیشگرم شود. سپس سیم پر کننده را به روانساز آغشته نموده و لحیم کاری را انجام داد. در پایان اتصال باید بقایای روانساز را از سطح قطعه کار، پاک کرد؛ زیرا وجود آنها ممکن است موجب خوردگی محل اتصال شود. برای این کار از آب گرم استفاده می شود.

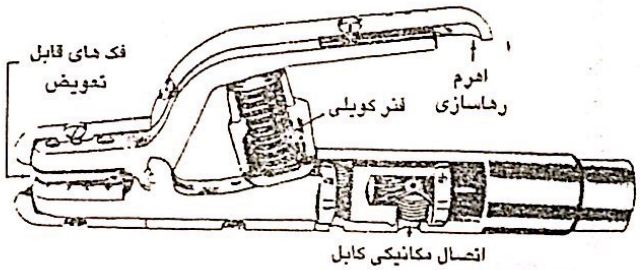
Scanned with CamScanner

جوشکاری آهنگری

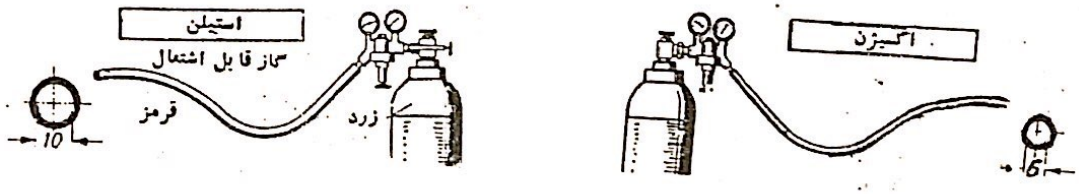




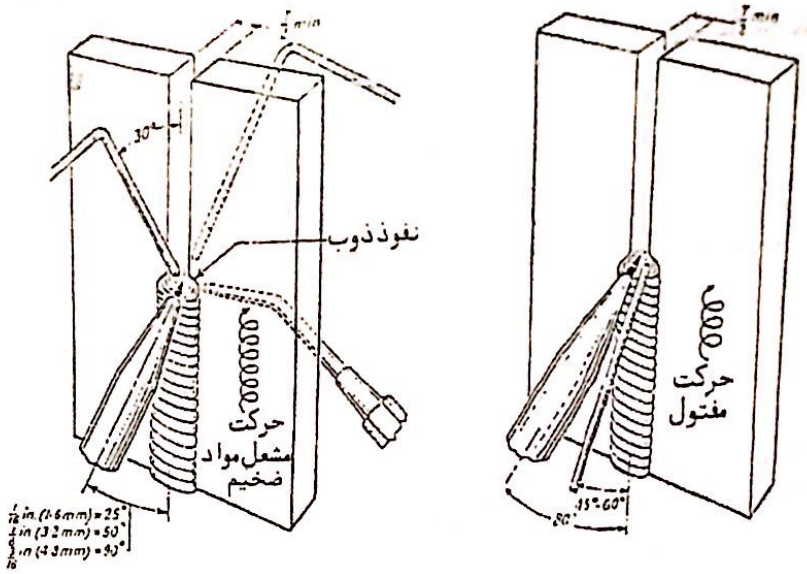
قوس الکتریکی دستی با الکترود مفروس



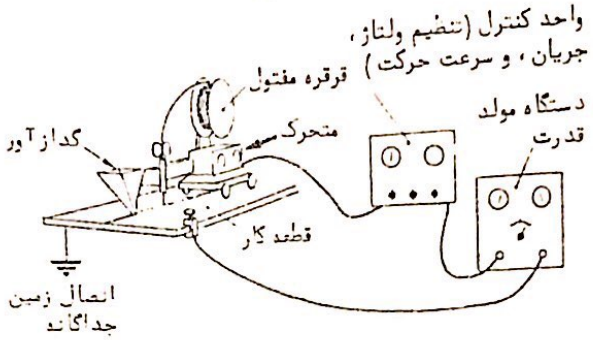
نمونه ای از اسرهای جوشکاری در فرایند الکترود دستی



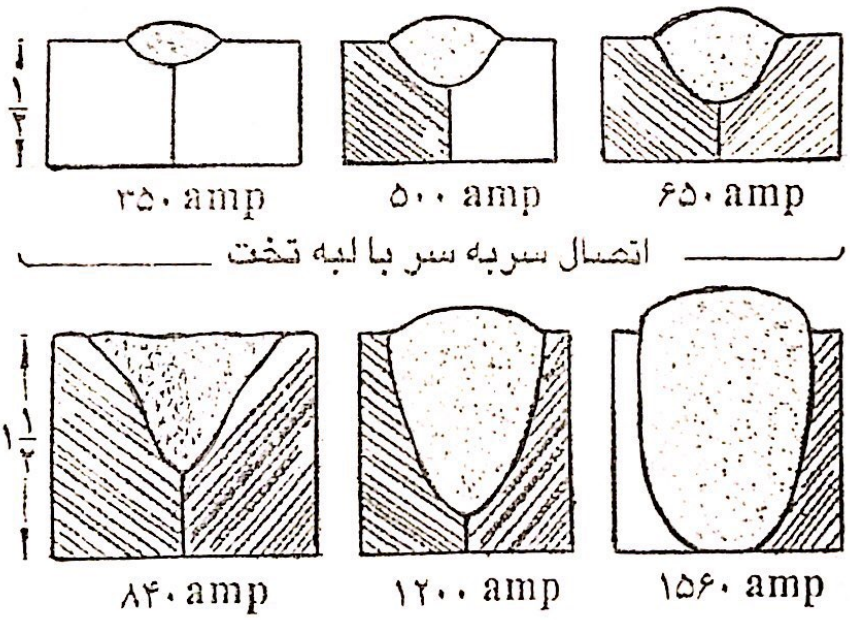
Scanned with CamScanner



جوشکاری در وضعیت قائم با شعله

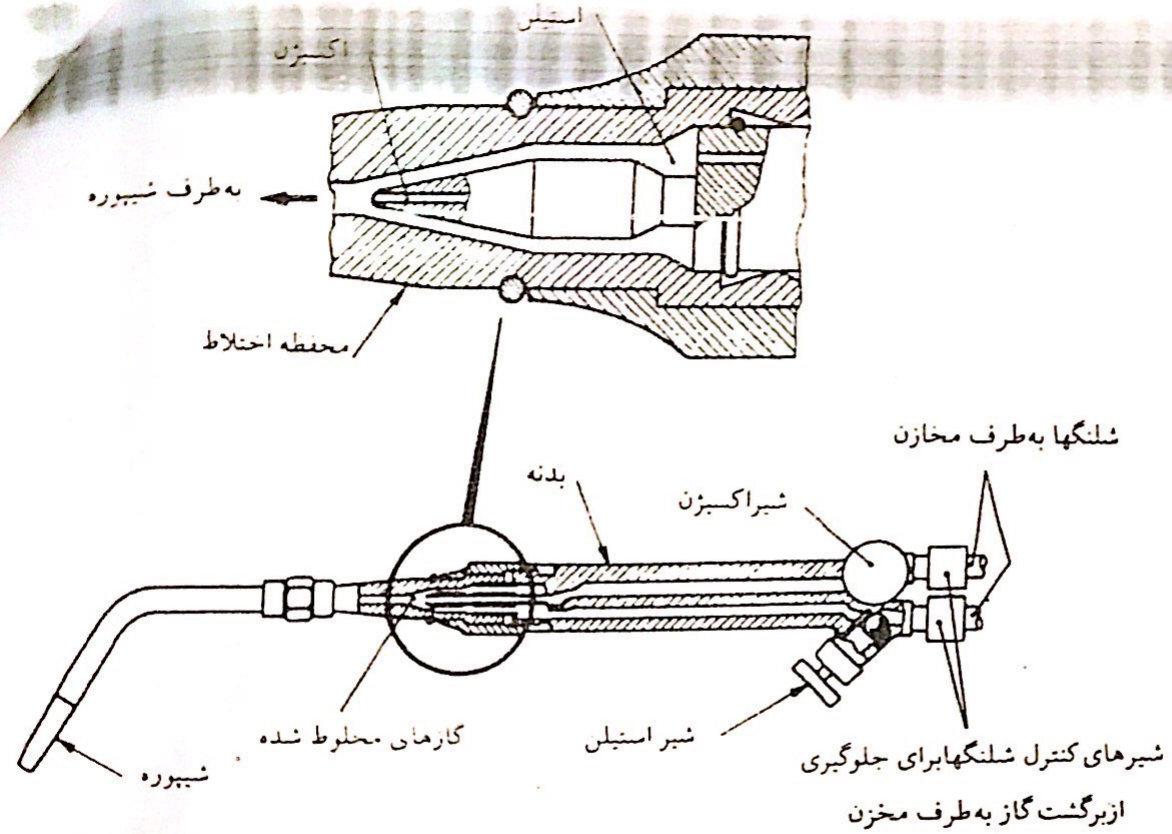


تجهیزات جوشکاری زیرپودری (توجه نمائید که از انواع دیگر مکانیزمهای حرکت نیز می‌توان استفاده نمود)

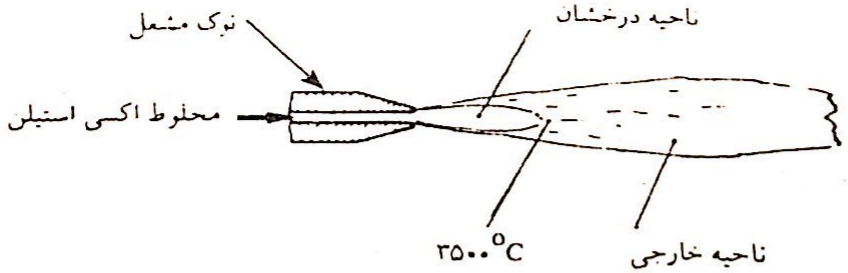


اثر شدت جریان بر روی عمق نفوذ در دو طرح لبه جوش در جوشکاری زیر پودری

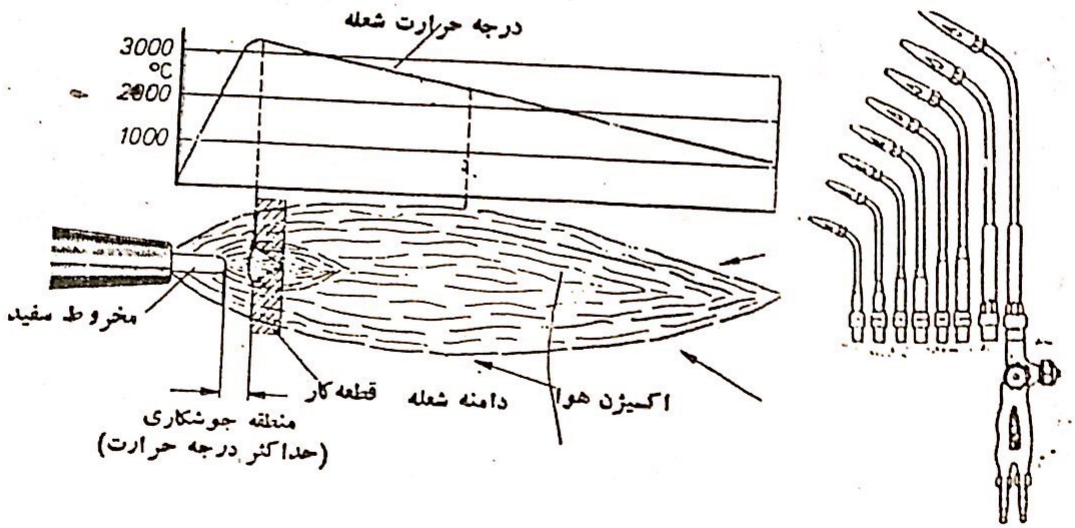
Scanned with CamScanner



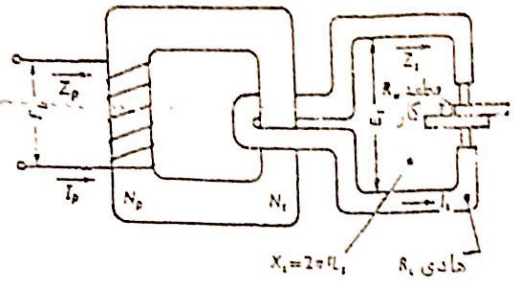
مشعل جوشکاری با گاز اکسیژن و استیلن.

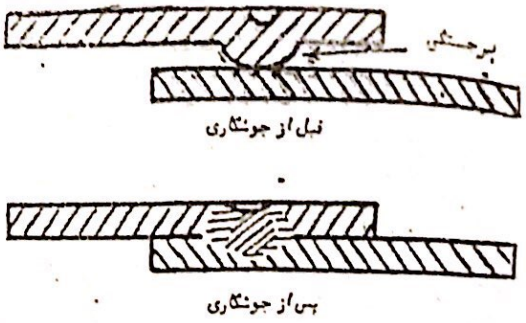


شعله اکسی استیلن برای جوشکاری با گاز.



Scanned with CamScanner



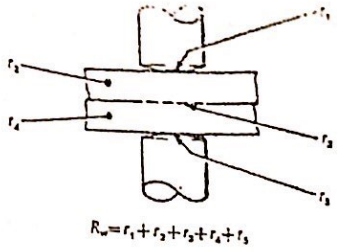


$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$Z_p = \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 Z_s$$

$$Z_s^2 = R_s^2 + X_s^2$$

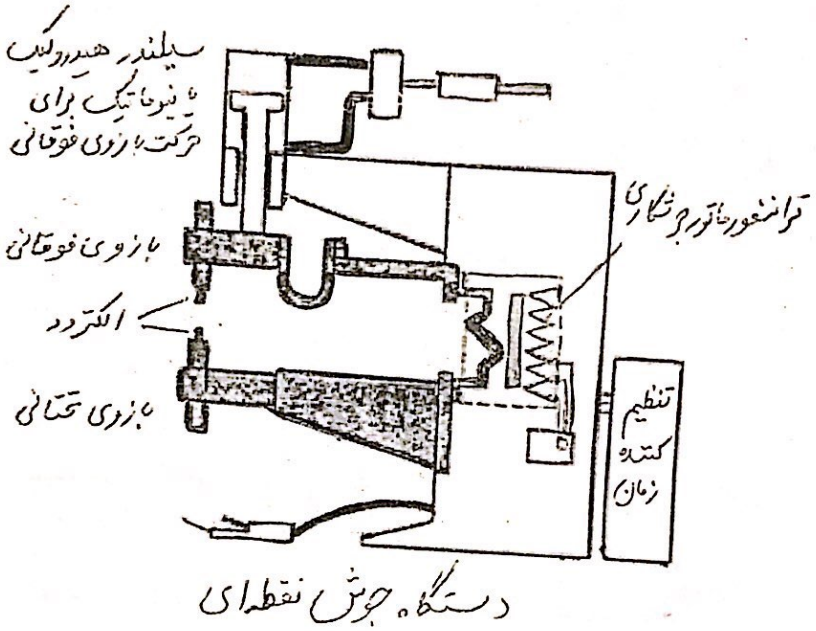
$$R_s = R_w + R_c$$

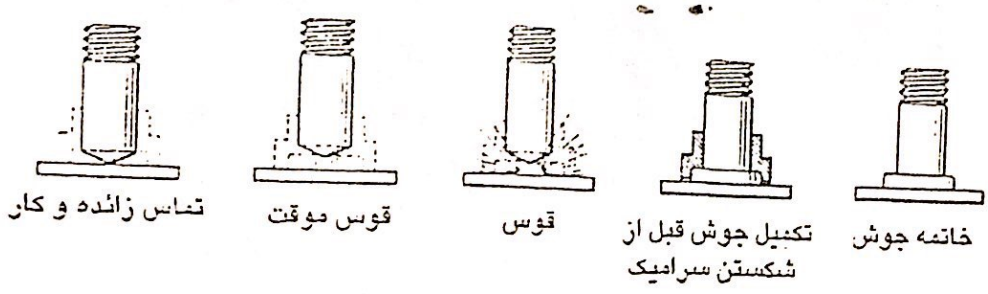


$R_w = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5$

یک شمای کلی از دستگاه و مقاومتها در فرایند جوشکاری مقاومتی

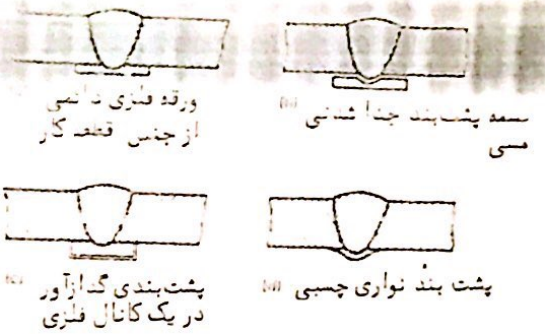
وضعیت دو ورق فلزی ،قبل و بعد از انجام جوش برجسته .گاهی اوقات برخی از حفره‌های ایجاد شده " پر نگردیده و بصورت لکه‌های کوچکی درروی قطعه میمانند .



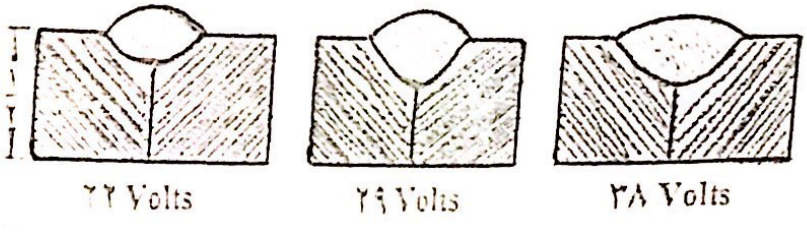


مراحل عملیات جوشکاری زائده ای

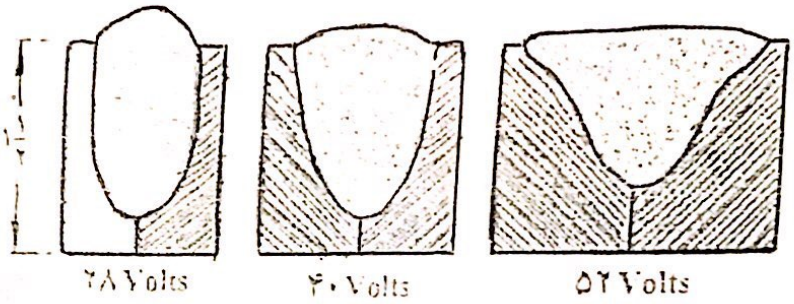
Scanned with CamScanner



انواع پشت‌بندی اتصالات هنگام جوشکاری مکانیزه

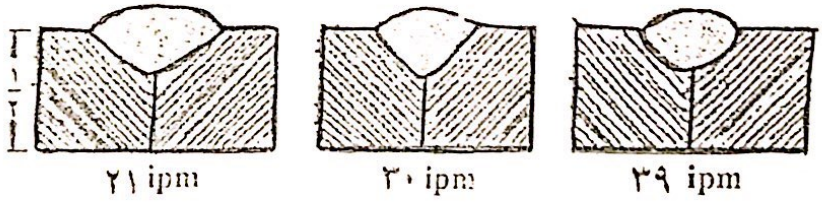


اتصال سربه سر با لبه تخت

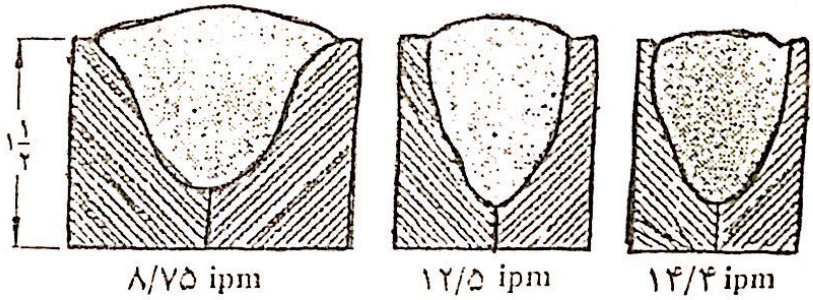


اتصال سربه سر با لبه جناقی ۴۵ درجه

اثر ولتاژ بر روی جوش در دو طرح لبه جوش
در جوشکاری زیرپودری



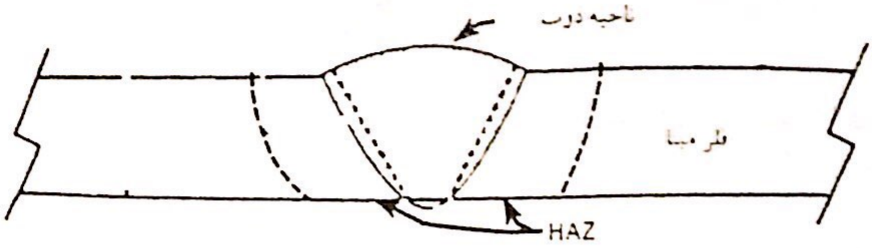
اتصال سربه سر با لبه تخت



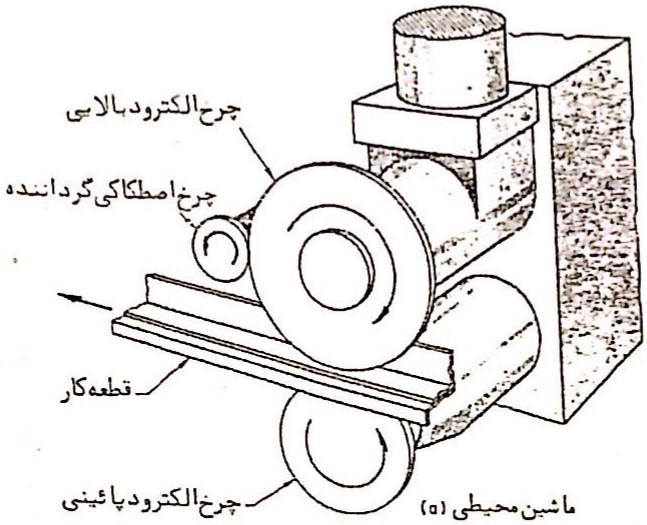
اتصال سربه سر با لبه جناقی ۴۵ درجه

اثر سرعت جوشکاری بر روی جوش در دو طرح لبه جوش
در جوشکاری زیرپودری

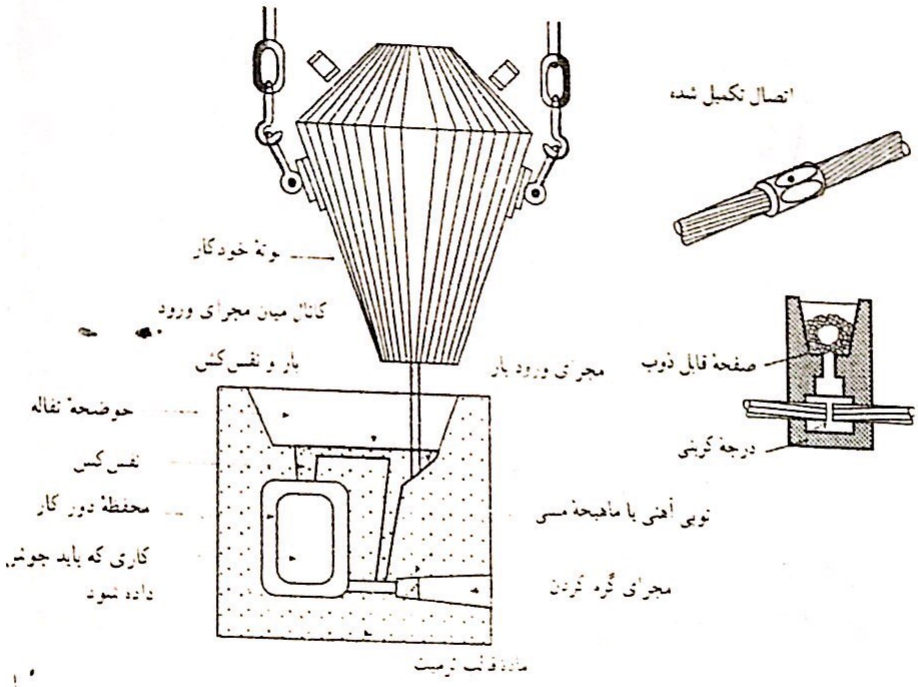
Scanned with CamScanner



جوش لب‌به‌لب، نشان دهنده ناحیه ذوبی و HAZ. (منطقه متأثر از حرارت)



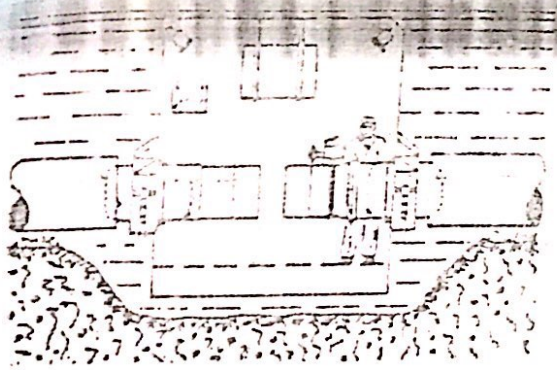
ماشین محیطی (ه)



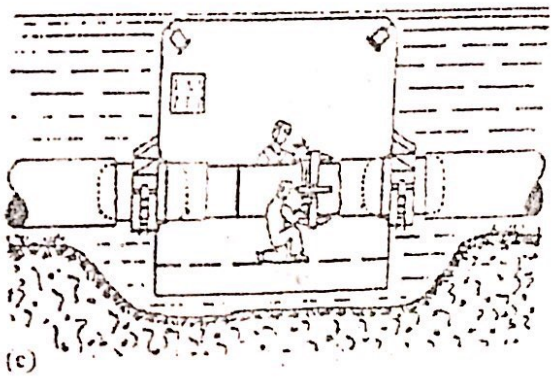
ماده قالب ترمیت

تجهیزات جوش ترمیت و حوله‌ای از قطعات جوشکاری شده با این فرآیند

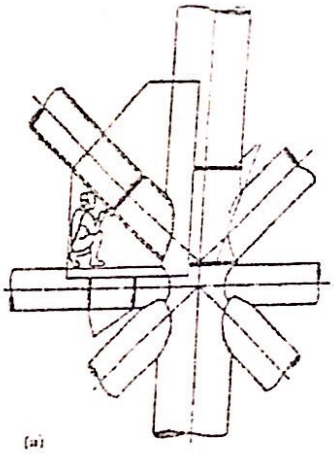
Scanned with CamScanner



(b)

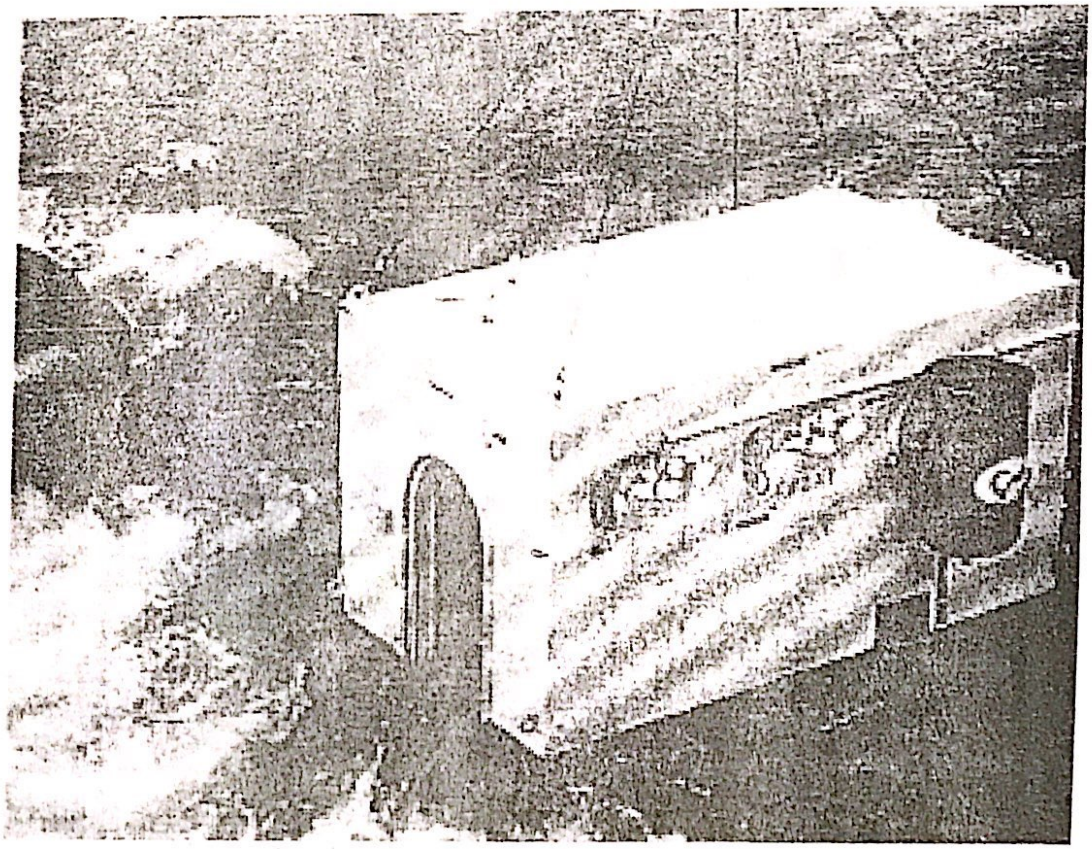


(c)



(a)

جوشکاری خشک در زیر آب بدون حمل تجهیزات توسط غواص در اتاق جوشکاری که دارای کف می‌باشد: a) جوشکاری بر روی فریم مخصوص b) اتصال دو انتهای لوله توسط جوش c) جوش یک قطعه رابط به خط لوله



Scanned with CamScanner

مواد لحیم نرم

کد DIN1707	عناصر تشکیل دهنده				حوضه ذوب	کاربرد
	قلع	سرب	سایر			
L-PbSn2	2	98	—		320-325	ورق های تزئینی
L-PbSn8	8	92	—		280-305	ساخت کانال فلزی
L-PbSn25	25	75	—		186-260	
L-PbSn30	30	70	—		186-250	
L-PbSn33	33	67	—		183-242	کابلها
L-PbSn40	40	60	—		183-235	قلع اندود
L-Sn60Pb	60	40	—		183-190	صدا رچاپی - قلع اندود - فولاد ضدزنگ
L-Sn90Pb	90	10	—		183-215	اشیاء قلعی
L-Sn60PbCu	60	28	12 Cu		183-190	دستگاه های برق و الکترونیک
L-Sn60PbAg	60	بقیه	3-4 Ag		178-180	〃 〃

Scanned with CamScanner

مواد لحیم سخت DIN 8513

L-Cu	Cu ٪99.9	1100 °C	فولاد بمر آلیاژی
L-CuSn12	Sn12٪ Cu86٪	990	آلیاژهای آهن و نیکل
L-CuZn39Sn	Zn30 Cu60 تقریبی قلع	900	انواع فولاد - چدن - آلیاژهای مس و نیکل
L-CuZn46	Zn46 Cu54	890	فولاد - چدن سخت - مس و آلیاژ
L-Cu $\frac{P}{8}$	P_8 Cu92	710	مس
L-Ag12Cd	Ag12 Cu50 Zn تقریبی Cd7	800	فولاد - چدن سخت آلیاژی مس و آلیاژهای - نیکل و آلیاژهای
L-Ag5	Ag5 Cu55 تقریبی Cz	860	// //
L-Ag15P	Ag15 P2 Cu تقریبی	710	مس و آلیاژهای - برنز - برنج روی قلع
L-Ag2P	Ag2 P6 Cu تقریبی	710	// //
L-Ag67Cd	Ag67 Cu11 Cd10	710	طلا - نقره - پلاتین
L-Ag50Cd	Ag50 Cu15 Zn تقریبی Cd17	640	// // // فولاد فلز رنگ آلیاژهای مس

Scanned with CamScanner

مواد کمپ سخت

DIN 8513

L-Ag45 Cd	Ag45 Cu17 Zn بقیه Cd20	620°C		طلا - نقره - پلاتین - فولاد و ضد زنگ اشیا آب طلا دار - آلیاژهای مس
L-Ag30 Cd	Ag30 Cu28 Zn بقیه Cd21	680		فولاد - نیکل - مس و آلیاژهایش نیکل و آلیاژهای آن
L-Ag83	Ag83 Zn2 Cd بقیه	830		طلا - نقره - پلاتین
L-Ag67	Ag67 Cu23 Zn بقیه	730	// // //	// // //
L-Ag60 Sn	Ag60 Cu23 Zn بقیه Sn3	680	// // //	// // //
L-Ag25	Cu41 Ag25 Zn بقیه	780		فولاد - انواع چدن - مس و نیکل و آلیاژهای آن
L-Ag85	Mn بقیه Ag85	960		فولاد - نیکل و آلیاژهای آن
L-Ag72	Cu بقیه Ag72	780		مس و نیکل و آلیاژهای آن
L-Ag27	Cu38 Ag27 Zn22 Mn10	840		فلزات سخت روی فولاد تنگستن - مولیبدن

Scanned with CamScanner

وظایف سیاله یا فلاکس: چربی زدائی - اکسید زدائی
بهبود موئینگی - بهبود ترکنندگی - حفاظت از اکسیداسیون

انواع سیاله: محلول سود ٤٪ جهت چربی زدائی

اسید کلریدریک ۱۵-۵٪ - اسید سولفوریک ۱٤-۳٪

اسید نیتریک ۲-۱٪ جهت اکسید زدائی

بوراکس $Na_2O_2-B_2O_3$ به صورت گرد یا محلول در آب

کلرور روی - نشادر (کلرور آمونیوم) - کلرور روی - گردشیشه

انواع فلوئورها

محافظت سمعازی شاب بلاست سند بلاست برس سیمی سنباده

فلاکس مناسب راهنمای واردتی برای لحیم کاری باشد

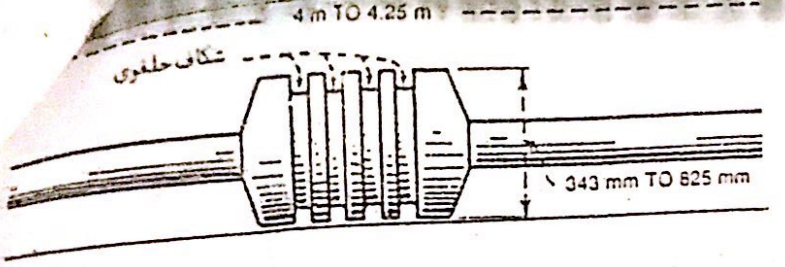
Scanned with CamScanner

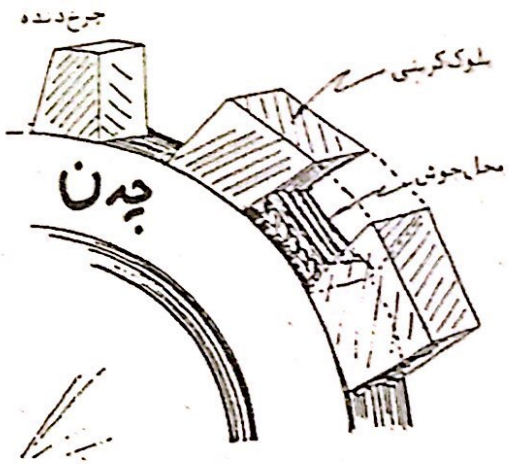
زرد جوش

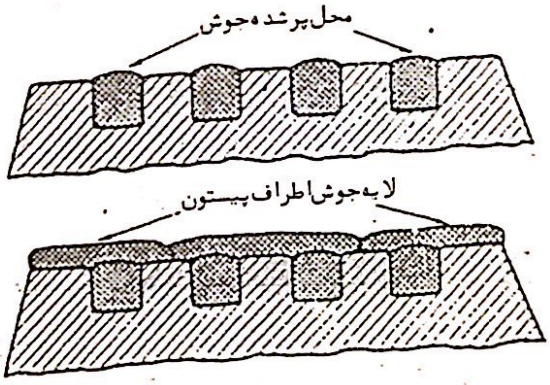
- برنز سی ، ۴۰٪ روی عناصر آلیاژی Si - Mn - Ni - قلع حداکثر ۱٪
جهت افزایش خواص مکانیکی
- عملیات شبیه جوش آکسی استیلن - شعله کمی اکسیدی - عملیات پیش گرمی
- مناسب برای اتصال و ترمیم انواع چدن (بجز چدن سفید) و فولاد
- تا ضخامت ۶ میل نیاز به پخ نیست - در صورت نیاز پخ ۹۰° دو طرفه
- دمای ذوب ۸۷۰-۹۴۰°C چدن 1150 فولاد 1600
- در محیط قلیائی خوردگی بالا است ، در دمای 260°C به بالا افت استقامت شدید
- دمای عملیات کم باشد مذاب چسبنده می شود
" " زیاد " " قطره قطره جمع تا کل زدوده نمی شود
- مقاومت کشش معمولاً کمتر از فولاد گزارش شده است ولی در موارد خاص و شرایط کنترل شده تا 100000 psi هم گزارش شده است
- بعد از عملیات quench در آب 50°C و بالاتر باعث جلوگیری از ترک خوردگی می شود
- چدن تا قطعه ۴۵ kg و فولاد تا ضخامت ۱" پیش گرم نمی خواهد
- از نظر ایمنی سالم بخارات روی مهم است که وجود نیکل میزان آن را کاهش می دهد
دمای ذوب روی 410°C و جوش آن 910°C است

Scanned with CamScanner

پیش گرم ۲۰۰-۲۱۰



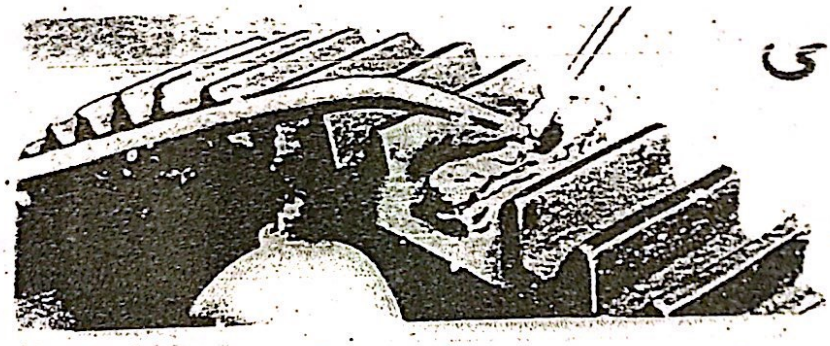




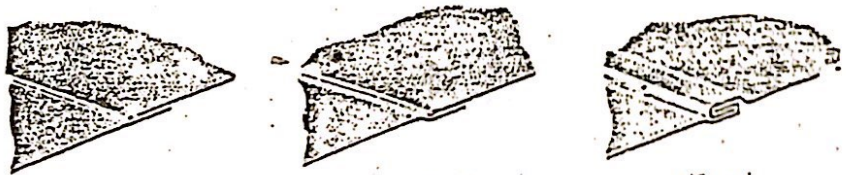
عملیات تعمیر به روش زرد جوش

٪40 Zn - ٪60 Cu

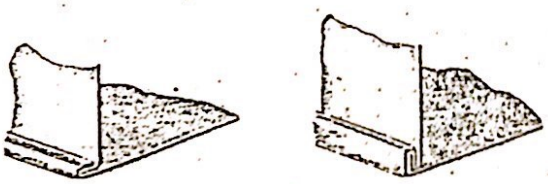
شعله کمی اکسیدی



شکل (۱۲۹۰۱) عملیات جوش برنج برای تعمیر دندانه شکسته شده از چرخ دنده.



باند لبه رویهم — باند لبه خمیده — باند شکافی



Scanned with CamScanner

گالوانیزه گرم

نوعی Dip Brazing (لیم غوطه وری)

روکش روی با ضخامت ۰/۰۵ تا ۰/۱۲۵ اینچ
به صورت یکنواخت از آلیاژ ۷۵٪ روی تا روی خالص

چربی زدائی با حمام سود و کربنات سدیم
۶۵-۸۲°C آبکاری ۵ دقیقه

آسید زدائی با حمام اسید HCl ۱۵-۵٪ در دمای ۲۸°C
یا اسید سولفوریک ۱۴-۲٪ در دمای ۷۹-۶۰°C

فلاکس جهت از بین بردن نهائی اکسیدهای فلزی مخلوطی از
کلرایدآلومینیوم کلرایدروی اکسیدروی

مقاومت خوردگی آتمسفریک خوب (۱۰ میکرون در سال)
در محیط دریائی عالی (۳ میکرون در سال)

دمای حمام مذاب ۴۲۰-۴۷۰°C ۳ تا ۶ دقیقه

دمای عملکرد انجام خیلی کمتر از دمای ذوب فلز پایه باشد. شکلات تنالوژیک و اعوجاج و منطقه تاثیر از حرارت HAZ خیلی کمتر است

قابلیت اتصال فلزات غیرهم جنس، مواد غیرقابل جوشکاری به هم یا به فلزات (سرامیک ها)

اتصال درزشده خوب با عملیات ساده و مهارت کم

قابلیت جداسازی قطعه ها

محل اتصال انجام نرم و قابل انعطاف است

عدم نیاز به پیش سازی

تنوع وسائل و شیوه های اعمال وارد شعله هویه برقی هویه چدنی القائی کوره ای

غوطه وری مقاومتی

تکنیک ساده عملیات (نیاز به مهارت کم)

سرعت بالای عملکرد

قابلیت اتوماسیون

محدودیت های لحیم کاری

نسبت به کیفیت سطح خیلی حساس است

نسبت به فاصله سطوح خیلی حساس است

دامنه حرارتی محدودی در هر مورد وجود دارد. حرارت کمتر توصیه شده است

تنالوژی پیچیده و متفاوت

استحکام انجام کمتر از جوشکاری. (130000 PSi هم قابل حصول است)

مقاومت خستگی در لحیم کم است

خطرات عملیات لحیم کاری انجام خطرناک و محرک چشم و پوست است

فلاکس لحیم کاری انجام خورنده است

برای فلزات برلیم، کرم، منیزیم، تنگستن، روی توصیه نشده است

Scanned with CamScanner

اتصال دو فلز به واسطه یک آلیاژ مذاب ، بدون ذوب شدن دو فلز اصلی

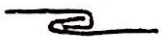
۶۰۰۰ سال قبل در سومر جهت ظروف

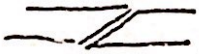
۴۰۰۰ " " در مصر جهت زیور آلات

۲۵۰۰ " " در امپراطوری روم جهت لوله کشی

۱۰۰۰ " " در امپراطوری اسلامی جهت ساخت زیور آلات و اسلحه

نوع اتصال : در غالب موارد اتصال تمام لاپ یک می باشد

فقط تا اتصال به صورت چسبندگی سطحی است 

معمولاً ترجیح داده شده که با شکل بندی اتصال تقویت شود 

لحیم سخت Brazing دمای ذوب لحیم بالای 450°C 840°F انواع آلیاژهای روی و مس

لحیم نرم Soldering دمای ذوب لحیم زیر 450°C 840°F انواع آلیاژهای سرب و قلع

- لحیم سخت غالباً قوی تر از لحیم نرم می باشد

- عملیات لحیم کاری نسبت به کیفیت سطح خیلی حساس است . از سیاله یا فلاکس جهت زدودن اکسید و چربی و افزایش ترکنندگی مذاب و محافظت از سطح فلز استفاده می شود

- سطوح باید صاف ، غیر صیقلی ، سوراخی در مقابل هم با فاصله کم (0.13 - 0.025 mm) قرار گیرند (فضا باید مویرگی مانند تجزیه) . در هر مورد یک فاصله بهینه تعریف می گردد

- لحیم مذاب با خاصیت مویینگی درون شیار جاری می شود (حتی برخلاف ثقل)

- کاربرد دمای لحیم کاری عبارتند از اتصال - ترمیم (قطعات چدنی و فولادی) - روکش دهی (گالوانیزه

چدن: ٪C: ۱٫۷-۳٫۵ ٪Si (۰٫۵-۳)

٪Mn (۰٫۲-۱٫۳) ٪P (Max ٪۱) و ٪S

مشخصات

- دمای ذوب کم ۱۱۵۰-۱۲۰۰°C
- استحکام فشاری بالا و کشش مناسب تا 35000psi
- فاصله خمیری کم
- روانی خوب مذاب - چدن آلیاژی مذاب تمایل دارد
- جذب لرزه و ارتعاش
- ماشین کاری خوب (بهتر از چدن سفید)
- جوشکاری و برشکاری مشکل
- عدم تحمل ضربه

موارد جوشکاری چدن

۱- برطرف کردن عیوب ریخته گری

۲- ترمیم ترک و شکستگی

۳- اتصال

۴- روکش (دهی)

Scanned with CamScanner

۱- انحلال کربن در آهن مذاب و کاهش حلالیت در حالت جا
و تولید کاربید

آهسته سرد شود. - پیش گرم و پس گرم - عناصر گرافیت زا مثل گرافیت
و سیلیسیم

۲- ذوب جزئی بعضی فازها که نقطه ذوب کمتری دارند مثل
استدیت (فسفر - آهن) - چدن های با فسفر بالا جوشکاری نشوند

۳- تولید سارتنزیت در منطقه متاثر از حرارت
فاز زمینه خیلی مهم است

۴- هیدروژن حلل و خروج بعلت تولید گازهای CO_2 CO
CH_4 SH_2 H_2O - از منابع تولید گاز باید پرهیز کرد

۵- تنش های انقباضی مخصوصاً در چدن های ترد

- پیش گرم - پس گرم - میزان حرارت کمتر استفاده شود
- جوش سکام - عقب گا با تافیر سند بلا

Planing صفیدات

۶- Casting Skin کرمانیع ترشدن توسط مذاب می شود دکی دیرگداز است - سنگ - ماشین کا

۷- نفوذ روغن و سوخت ها درون فلز - علت تخلخل داری آن - وارت ۷۰۰°F

- Weldability : ductile iron > gray iron > white iron

$$CE = C + .31Si + .33P + .45S + Mo + Cr - [.028\,Mn + .02\,Ni + .01\,Cu]$$

وظایف عملیات پیش گرم: ۱- کاهش تنش حرارتی ۲- کاهش تنش باقی مانده از زمینه گری
۳- کاهش نرخ سرمایش ۴- افزایش انعطاف پذیری مخصوصاً در HAZ
۵- از بین بردن هیدروکربورهای موجود در قطعه (تبخیر و سوزاندن آنها)

یک ترجیه کلی دمای P.H. 315°C

راهنمائی های عمومی

۱- CE ↑ دمای P.H. ↑
۲- استحکام چند ↑ دمای P.H. ↑
۳- شکل ساده تر دمای P.H. ↓
۴- اگر مقاطع جوش یکسان نباشند مقطع ضخیم P.H. نیاز شود
۵- شکل های پیچیده بهتر است کل قطعه P.H. شود
۶- عملیات P.H. باید آن گونه انجام شود که موضع جوش به حالت فشار قرار گیرد

بعد از جوشکاری نرخ سرمایش $55°C/h$ مناسب است - دفن درون آزبست

Scanned with CamScanner

Oxy fuel Welding of cast iron

OFW جهت تعمیرات چدن تاکنون بیشترین کاربرد را دارد.

HAZ بزرگ. سیم جوش چدن با گرافیت و سلیس بالا

ماترنزیت در HAZ تولید نمی شود ولی نسبتاً نرم است (پیش گرم)

فلاکس مصرفی جهت محافظت از سطح حوضچه - افزایش سیالیت

انحلال اکسیدها و ناخالصی ها با ترکیب بوراکس سدیم - اسید بوریک

کربنات سدیم - اکسید آهن .....

شیار پهن با زاویه ۹۰-۱۲۰

پیش گرم ۵۴۰-۶۵۰°C

اگر چند پاسه انجام می شود دمای بین دو پاس نباید کمتر از ۳۱۵°C شود

نازل کوچکتر از مورد مشابه فولاد

شعله خنثی - یا کمی احیایی (شعله اکسیدی سرد راس سوراخ و عیب سفید تولید می شود)

محروط شعله در فاصله 3.2-6.4 mm قطعه کار باشد اگر محروط قطعه کار بخورد

Si و C کم سوراخ

جلا یا نقاط سفید حین جوشکاری نیاز به فلاکس اضافه را نمایش می دهد

پس دستی مناسب تر است

Scanned with CamScanner

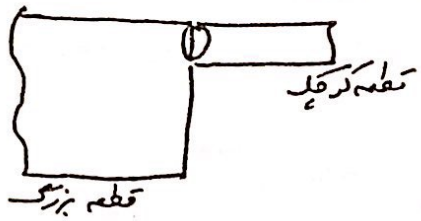
عناصر تشکیل دهنده روکش الکترود چوبی
و مکرد جرشکاری آن

فروسلیس منگنز کربنات کلسیم و سدیم بوراکس بیکربنات سدیم
آهک اکسید سدیم سلیکات سدیم

انواع الکترودهای چوبی

۱- الکترود چوبی
مسته چوبی خاکستری باکد EC۱
برق AC و DCRP
پیشگرم با توجه نوع قطعه کار توصیه شده
سختی سرخط جوش ۱۷۰ تا ۲۳۰ برینل
کاربرد: اتصال و کاربرد

در صورت جرشکاری مقاطع غیرکیفیت قطعات سنگین تر باید
باید پیشگرم شوند تا حرفشیم متقارن شود



Scanned with CamScanner

۲- الکترود فولادی:

مغزه فولاد کم کربن با حدود ۰/۱۵٪ کربن

مورد استفاده: رفع عیوب ریخته گری چدن خاکستری و نشکن

موضع الماسه می شود

مذاب بسیار سیال فقط در حالت افقی کاربرد دارد

روکش قلیایی

۳- E Ni-Cl :

مغزه ۹۹-۹۵٪ نیکل و Si و C

کاربرد: اتصال چدن به چدن و فولاد خاکستری و نودار

استحکام کمتر از چدن

موضع نرم و قابل ماشین کاری

۳۰۰-۶۰۰ °C پیش گرم مفید است

نسبت به مغز ضعف دارد زیرینه درصد باشد

E-Ni Fe-C-۴

مثل: ۵۵٪ نیکل ۴۰ درصد آهن ۴٪ سلیس

تهیه کربن

از E Ni-Cl استحکام بیشتری دارد

با ماکزیمم پیش گرم ۲۰۰-۴۰۰ و حساسیت به سرد کمتر

از E Ni-Cl

- قابل ماشین کاری

چدن خاکستری و نشکن

۵ - E Ni Cu : ۷۰ درصد نیکل ۳۰ درصد مس (مونل)

قابل ماشین کاری - مقاومت خوردگی بالا

خاکستری و نشکن

۶ - الکترود مغزی دار NI-RODFC 55

۵۰٪ نیکل ۴۴٪ آهن ۱٪ کربن Mn ۲٫۴٪ Si ۰٫۶٪

برق DCRP حداکثر 350 آمپر

این متوسل گاماً به شکل زیر پودری و یا محافظت گاز CO_2 کارشده است

نرخ گاز l/h فرمول ۰.۸-۲

بررسی کاری جدن

با قوس الکترود گرافیتی و دمش هوا (60-100 PSI) مجری بریده می شود

به علت دمای کم ذوب و پایداری گرافیت و سمانتیت و تنش مارک

دارها برش با شعله مشکل است. محل ذوب با پنای نسبتاً با لا متعادل است

پیش گرم تا 700°C و آهسته سرد شدن توصیه شده است

شعله برش کمی اضافی باشه تا Si نسوزد که مشوق تولید کاربید می شود

پودر آهن - واپر آهن - صفحه آهن در موضع برش

باعث بالا رفتن دما و تسهیل ذوب می شود

Scanned with CamScanner

لیم چدن

به علت دامنه وارتر کمتر لیم کاری چدن بسیار متداول است

L-CuZn39Sn	۶۰ مس ۳۰ روی ۱۰ قلع	۹۰۰°C	چدن فولاد مس نیکل
L-CuZn46	۵۴ مس ۴۶ روی	۸۹۰°C	فولاد چدن مس
L-Ag12Cd	۵ مس ۷ کادمیم ۱۲ نقره بقیه روی	۸۰۰°C	چدن آلیاژی فولاد مس نیکل
L-Ag5	۵ نقره ۵۵ مس بقیه روی	۸۴۰°C	//
L-Ag30Cd	۳۰ نقره ۲۸ مس ۲۱ کادمیم بقیه روی	۶۸۰°C	چدن فولاد مس نیکل
L-Ag25	۴۱ مس بقیه روی ۲۵ نقره	۷۸۰°C	فولاد چدن مس نیکل
	۳۰ سرب ۳۵ روی ۳۵ قلع	۴۰۰°C	فولاد چدن مس

نکته توصیه کلی برای لیم کاری چدن: پیش گرم 200-300°C