تکنولوژی و بازرسی جوش و کارگاه

حسام حسنی تبار

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی

تاریخچه جوشکاری

آثار باقیمانده از گذشته های بسیار دور نشانگر این واقعیت است که انسان های اولیه با استفاده از اصول فیزیکـــی که امـــروزه اساس جوشکـــاری مدرن را تشکیـــل می دهد قطعـــات فلزی را بـــه یکدیگر متصل می کردند.

ساخت جواهرات توسط ذوب قلع و لحیم کاری

تجزیه و تحلیل ابزارهای کشف شده از قرون اولیه نشان می دهد که برای اتصال دو قطعه فلزی به یکدیگر ، لبه های گداخته شده این قطعات را روی یکدیگر قرار داده و با ضربات چکش بهم متصل می‌کردند

WWW.ISK-CO.COM

تاریخچه جوشکاری

مهمترین اصول فیزیکی که سنگ زیربنای متدهای معمولی جوشکاری در قرن حاضر را تشکیل می دهد در اواخر قرن نوزدهم کشف و ابداع شده و به تدریج در صنعت مورد استفاده قرار گرفت.

در سال ۱۸۸۷ یکی از دانشمندان روسی بنام BERNADAS اختراع متدی را به ثبت رساند که به وسیله آن قادر بود تا یک قطعه فلزی را با الکترود ذغالی به صورت موضعی با ایجاد قوس الکتریکی بین قطعه و الکترود ذوب نماید.

در ایـــن زمان نامبـــــرده دو قطعه فلزی را در فاصله معینی از یکدیگر قرار داده و با استفاده از پدیده فـــوق الذکر و حرکت الکترود ذغالی در طول شکاف بین دو قطعه و وارد نمودن همزمان میله ای فلزی از جنس قطعه در داخل قوس الکتریکی ، حمام مذابی به وجود آورد که بعد از منجمد شدن شکاف موجود را پر نموده و باعث به هم پیوستن این قطعات گردید.

WWW.ISK-CO.COM

تاریخچه جوشکاری

چند سال بعد یعنی در سال ۱۸۹۱ دانشمند دیگر روسی بنام SLAVJANIV روش الکترود ذوب شونده را اختراع نمود. در این روش به جای الکترود ذغالی از یک الکترود فلزی استفاده شده که همزمان وظیفه فلز پرکننده را نیز به عهده داشت.

در روش الکترود ذوب شونده ذوب حاصل از الکترود فلزی در فاصله بین نوک الکترود و شکاف دو قطعه در معرض هوا قرار می گرفت که این امر باعث اکسیده شدن مذاب و در نتیجه در جوش ایجاد اشکال می کرد. از طرف دیگر قوس الکتریکی نیز ناپایدار بود که خود به خود غیر یکنواختی جوش را به دنبال داشت.

WWW.ISK-CO.COM

تاریخچه جوشکاری

برای برطرف نمودن این عیوب در سال ۱۹۰۵ یک صنعتگر سوئدی بنام OSCAR KJELLBERG الکترود فلزی پوشش دار را اختراع نمود.

پوشش این الکترود را مخلوطی از مواد معدنی مختلف تشکیل می داد که قادر بود با تولید گاز و ایجاد سرباره ، مذاب حاصل از ذوب الکترود را در مقابل آثار نامطلوب تماس با هوا محافظت نماید. علاوه بر این ، پوشش الکترود باعث پایداری قوس الکتریکی و یکنواخت شدن جوش می گردید.

WWW.ISK-CO.COM

تاریخچه جوشکاری

با اختراع الکترود پوشش دار ، صنعت این امکان را یافت تا جوش هایی با استحکام معادل فلز پایه بوجود آورد.

اولین قایق ده متری تعمیراتی که تمام اتصالات آن توسط جوشکاری انجام شده بود در سال ۱۹۱۸ بـــه آب انداختـــه شد. از اواخر دهـــه ۱۹۳۰ که احداث پل ها و خطوط راه آهن و نیز ساخت کشتی های اقیانوس پیما و غیره با روش جوش دادن قطعات به یکدیگر با سرعت آغاز گردید تا به امروز که انسان به ساختن فضا پیما ، آسمان خراش ، نیروگاه هسته ای و غیره مشغول است هنوز جوشکاری از روش های بسیار مهم اتصال محسوب می شود

WWW.ISK-CO.COM

تاریخچه جوشکاری

دانشمندان امروزه بر این باورند که سیر اختراعات فرایند جوشکاری متوقف شده و زین پس تکامل روش ها را پیش رو خواهیم داشت .

WWW.ISK-CO.COM

اصطلاحات جوشکاری

جوشکاری (WELDING) : فرآیند اتصال دادن ، با حرارت دادن مواد یا بدون حرارت دادن ، با اعمال نیرو یا بدون نیرو ، با استفاده از فلز پر کننده یا بدون آن ، یا از طریق له شدن در هم انجام می شود را جوشکاری گویند

WWW.ISK-CO.COM

اصطلاحات جوشکاری

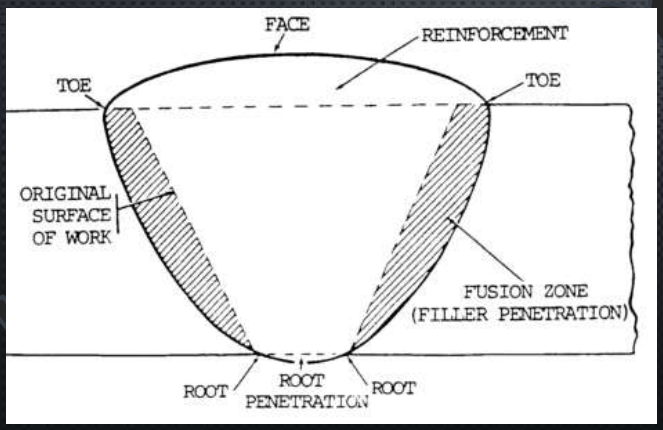
جوش ایده آل : جوش ایده آل را می توان به محل اتصالی اطلاق نمود که نتوان آن موضع را از قسمت های دیگر قطعات جوش داده شده تمیز داد .

با وجود دست نیافتن به چنین مشخصاتی می بایست خواص محل اتصال چنان مطلوب باشد که تفاوت مقاومتی با باقی قطعه نداشته باشد .

WWW.ISK-CO.COM

اصطلاحات جوشکاری

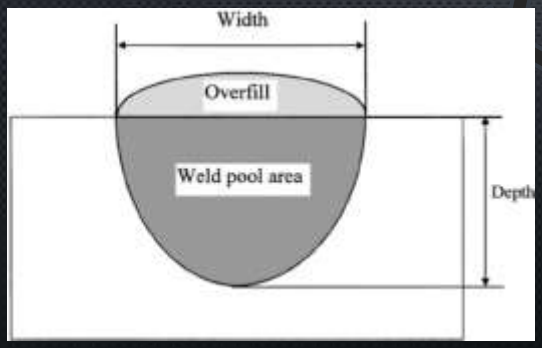
رویه جوش (WELD FACE) : سطح ذوبی جوش از طرفی که جوشکاری انجام شده را رویه جوش مینامند .

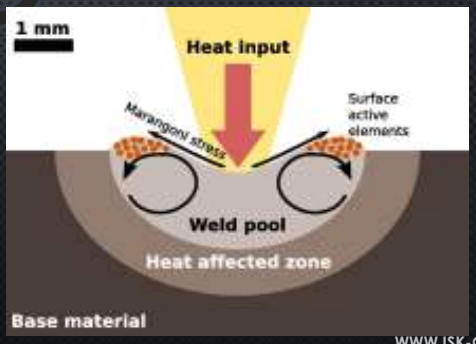


WWW.ISK-CO.COM

اصطلاحات جوشکاری

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

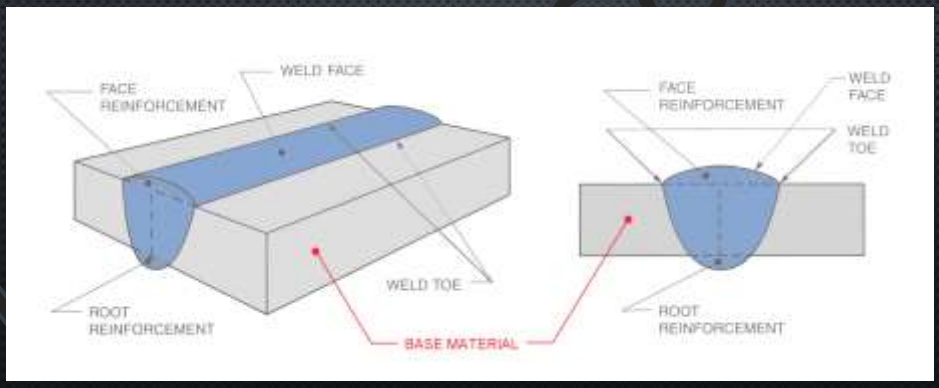




WWW.ISK-CO.COM

اصطلاحات جوشکاری

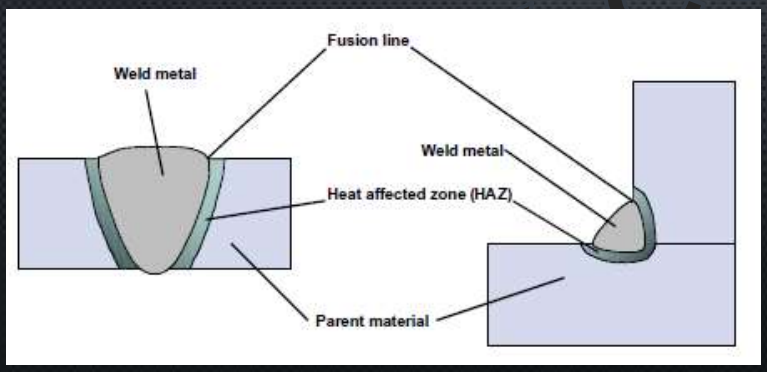
فلز پایه (BASE METAL) : فلزی است که باید جوشکاری ، لحیم کاری یا بریده شود را فلز پایه گویند



WWW.ISK-CO.COM

اصطلاحات جوشکاری

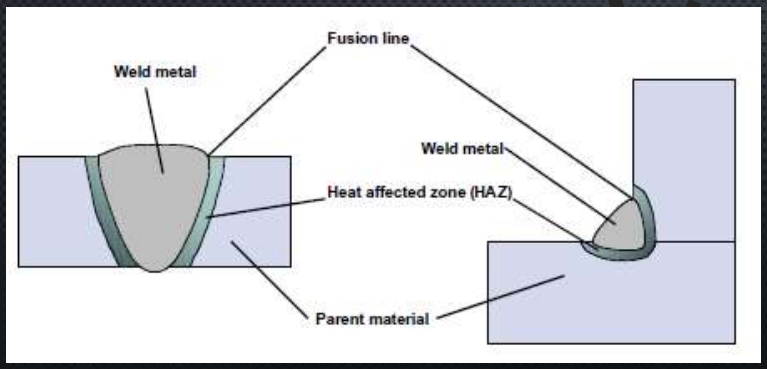
فلز جوش (WELD METAL) : در جوش ذوبی شامل آن قسمت از فلز پایه و فلز پر کننده است که در جریان جوشگاری ذوب شده است



WWW.ISK-CO.COM

اصطلاحات جوشکاری

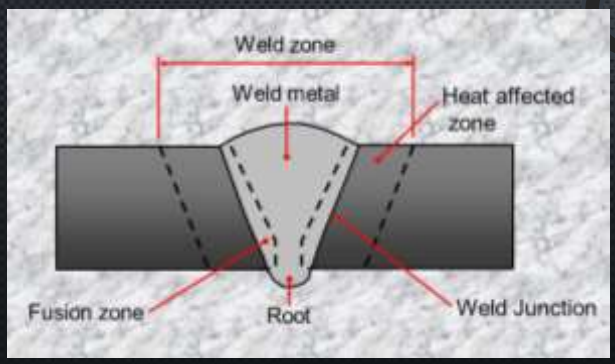
منطقه متاثر از جوش (HEAT AFFECTED ZONE – HAZ) : قسمتی از فلز پایه که ریز ساختار و خواص مکانیکی آن توسط حرارت جوشکاری تغییر پیدا کرده است را منطقه متاثر از جوش می نامند.



WWW.ISK-CO.COM

اصطلاحات جوشکاری

پیوند جوشکاری (WELD JUNCTION) :مرز بین منطقه ذوب و منطقه متاثر از جوش را پیوندگاه جوشگاری می نامند.



WWW.ISK-CO.COM

اصطلاحات جوشکاری

(AWS)American Welding Society: مخفف انجمن جوشکاران آمریکا است که در واقع یکی از معتبر ترین جوامع علمی جوشکاری و دارنده معتبرترین استانداردها و مشخصات فنی در زمینه جوشکاری است .

WWW.ISK-CO.COM

حرارت لازم برای جوشکاری

حرارات لازم برای جوشکاری را می توان به طرق محتلف بدست آورد :

۱–قوس الکتریک

۲–مقاومت الکتریکی (جوشکاری مقاومتی)

۳–احتراق (ترکیب اکسیژن با سوخت های گازی)

۴–واکنش شیمیایی (جوشکاری ترمیت)

۵–جوش اصطکاکی

۶–جوشکاری پرتو الکترونی

۷–جوشکاری لیزر یا نوری

WWW.ISK-CO.COM

WWW.ISK-CO.COM

جوشکاری با قوس الکتریکی

جوشکاری با قوس الکتریکی

جریان الکتریکی از جاری‌شدن الکترون‌ها در یک مسیر هادی به‌وجود می‌آید.

هرگاه در مسیر مذکور یک شکاف هوا ایجاد شود ، جریان الکترونی و در نتیجه جریان الکتریکی قطع خواهد شد. چنانچه شکاف هوا به اندازه کافی باریک بوده و اختلاف پتانسیل و شدت جریان بالا باشد ، گاز میان شکاف یونیزه شده و قوس الکتریکی برقرار می‌شود.

از قوس الکتریکی به‌عنوان منبع حرارتی در جوشکاری استفاده می‌شود.

انواع جوشکاری متداول با قوس الکتریکی

۱– جوشکاری قوسی فلزی با الکترود روپوش دار (SMAW)

۲– جوشکاری قوسی فلزی تحت پوشش گاز محافظ با الکترود مصرفی (GMAW)

۳– جوشکاری قوسی فلزی تحت پوشش گاز محافظ با الکترود تنگستنی (GTAW)

۴–جوشکاری قوسی زیر پودری (SAW)

جوشکاری قوسی فلزی با الکترود روپوش دار (SMAW)

SHIELDED METAL ARC WELDING

۱. در این جوشکاری قوس بین الکترود روپوش دار و قطعه کار برقرار شده و حرارت لازم برای ذوب کردن فلز پایه و الکترود از قوس تامین می شود .

۲. در این فرآیند از مکانیزم فشار استفاده نمی شود

۳. کار محافظت از حوضچه مذاب بر عهده پوشش الکترود است

۴. پوشش در هنگام جوشکاری در اثر حرارت تجزیه شده و به صورت سرباره و گاز از فلز جوش محافظت می کند

جوشکاری قوسی فلزی با الکترود روپوش دار (SMAW)
SHIELDED METAL ARC WELDING

۵. سرباره نقش پوشش حرارتی داشته و از سرد شدن سریع جوش جلوگیری کرده و کیفیت جوش را اصلاح می کند .

۶. سرباره دارای ترکیباتی است که به فلز جوش اضافه شده و به این ترتیب عناصر از دست رفته منطقه جوش در حین جوشکاری جایگزین می شود .

جوشکاری قوسی فلزی با الکترود روپوش دار (SMAW)
SHIELDED METAL ARC WELDING

اصول کار :

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

الکترود و قطعه کار قسمتی از مدار الکتریکی هستند . این مدار از منبع تغذیه نیرو شروع می شود و شامل کابل های جوشکاری ، نگه دارنده الکترود (انبر)، اتصال قطعه کار (فلز پایه) و الکترود جوشکاری قوسی می باشد .

جوشکاری قوسی فلزی با الکترود روپوش دار (SMAW)
SHIELDED METAL ARC WELDING

اصول کار :

یکی از دو کابل از منبع نیرو به قطعه کار و دیگری به نگه دارنده الکترود متصل است . جوشکاری موقعی شروع می شود که قوس بین نوک الکترود و قطعه کار برقرار شود . حرارت شدید قوس ، نوک الکترود و سطح قطعه کار نزدیک به قوس را ذوب می کند .

قطرات ریز فلز مذاب سریعا در نوک الکترود تشکیل می شود ، که از طریق جریان قوس به حوضچه مذاب منتقل می شود .در این حالت فلز پر کننده با مصرف تدریجی الکترود رسوب می کند .

جوشکاری قوسی فلزی با الکترود روپوش دار (SMAW)
SHIELDED METAL ARC WELDING

اصول کار :

قوس روی قطعه کار با سرعت معینی حرکت می کند و قسمتی از فلز پایه را ذوب و مداوماً فلز جوش را افزایش می دهد .

مرکز قوس به حرارتی بیش از ۵۰۰۰ درجه سانتی گراد می رسد

جوشکاری قوسی فلزی با الکترود روپوش دار (SMAW)
SHIELDED METAL ARC WELDING

اصول کار :

ذوب فلز پایه تقریباً بلافاصله پس از شروع قوس صورت می گیرد .

انتقال فلز ، در صورتی که جوش ها در حالت تخت یا افقی صورت گیرد ، با نیروی ثقل ، انبساط گازی ، نیرو های الکتریکی و الکترو مغناطیسی و کشش سطحی انجام می گیرد .

فرآیند به نیروی الکتریسته برای ذوب الکترود و ذوب مقدار کافی فلز پایه ، همچنین به شکاف و فاصله مناسب بین نوک الکترود و فلز پایه یا حوضچه مذاب نیاز دارد .

جوشکاری قوسی فلزی با الکترود روپوش دار (SMAW)
SHIELDED METAL ARC WELDING

اصول کار :

ولتاژ مورد نیاز قوس در محدوده ۱۶ الی ۴۰ ولت

آمپراژ در محدوده ۲۰ الی ۵۵۰ آمپر است

جریان می تواند مستقیم یا متناوب باشد

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

در جوشکاری قوسی چهار عامل تاثیر زیادی بر کیفیت جوش دارد :

۱– شدت جریان

۲–طول قوس

۳– سرعت پیشروی

۴–حرکت الکترود

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

۱– شدت جریان:

وقتی قوس برقرار می شود ، مقدار آمپری که از مدار جوشکاری عبور می کند به شدت جریان موسوم است .

شدت جریان متناسب با قطر الکترود مصرفی و روی دستگاه جوشکاری تعیین می شود .

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

۱– شدت جریان:

هرچه قطر الکترود بیشتر باشد ، جریان مصرفی بشتر است .

مقدار آمپر = قطر الکترود * ۳۵ یا ۴۰

جدول ۱۲: مشخصات فنی و چگونگی کارکرد با الکترودهای پایه نیکل (ENi-C1) [۲]

قطر الکترود (mm)	شدت جریان (AC) (A)	شدت جریان (DC) (A)
۲/۵	۴۰-۸۰	۴۰-۸۰
۳/۲	۷۰-۱۱۰	۸۰-۱۱۰
۴	۱۱۰-۱۵۰	۱۱۰-۱۴۰
۵	۱۲۰-۱۷۰	۱۲۰-۱۶۰

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

۱– شدت جریان:

شدت جریان کم موجب نقص نفوذ جوش به قطعه و شدت جریان زیاد باعث خوردگی کناره جوش می گردد .

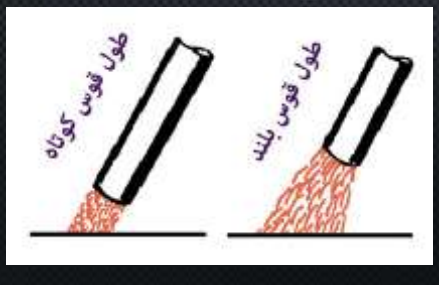
مقدار حداکثر جریان با توجه به وضعیت جوشکاری

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

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

۲– طول قوس :

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

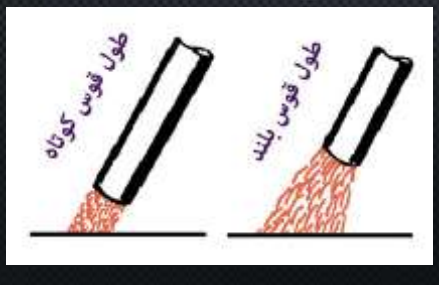


پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

۲– طول قوس :

طول قوس با ولتاژ دو سر قوس رابطه مستقیم دارد .

برای دو برابر کردن طول قوس باید ولتاژ دو برابر شود .



پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

ولتاژ جوشکاری :

ولتاژ مدار باز : ولتاژی که روی دستگاه تنظیم می شود(برابر ۵۰ الی ۸۰ ولت)

ولتاژ قوس: ولتاژی که در هنگام جوشکاری در مدار تشکیل می شود که معمولا نصف ولتاژ مدار باز است .

در جوشگاری ولتاژ بالا مورد استفاده قرار نمی گیرد . (خطر برق گرفتگی)

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

محاسبه ولتاژ جوشکاری

$$V = K + \left(\frac{L \times d}{10 \times S}\right) \times I$$

V= **ولتاژ جوشکاری**

K= **ضریب ثابت هر فلز**

d = **قطر الکترود**

S= **سطح مقطع الکترود**

I= **آمپر جوشکاری**

L= **طول قوس**

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

محاسبه ولتاژ جوشکاری

$$V = K + \left(\frac{L \times d}{10 \times S}\right) \times I$$

نتایج حاصل رابطه فوق:

. ولتاژ با طول قوس رابطه مستقیم دارد

.ولتاژ با قطرالکترود d رابطه مستقیم دارد اما با افزایش قطر الکترود مساحت در مخرج با توان ۲ افزایش می یابد که منجر به کاهش ولتاژ می شود

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

محاسبه ولتاژ جوشکاری

$$V = K + \left(\frac{L \times d}{10 \times S}\right) \times I$$

نتایج حاصل رابطه فوق:

. جهت حصول به جوش مطلوب با افزایش آمپر I ولتاژ هم می بایست افزایش یابد

$$W = V.A$$

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

مثال : فولاد ST37 **جهت جوش با الکترود به قطر ۳,۲۵ و طول قوس ۳ میلیمتر و شدت جریان ۱۵۰آمپر به چه ولتاژی نیاز دارد؟**

پاسخ :

K=12 ,L=3MM , d=3.25 MM, I=150A , $S = \frac{\pi \times 3.25^2}{4} = 8.29 cm^2$

$$V = 12 + \left(\frac{3 * 3.25}{10 * 8.29}\right) * 150 = 28.4$$

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

سرعت پیشروی :

سرعت حرکت دست به عوامل زیر بستگی دارد :

پهنای جوش :

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

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

سرعت پیشروی :

سرعت حرکت دست به عوامل زیر بستگی دارد :

قطر الکترود :

با افزایش قطر الکترود باید سرعت پیشروی کاهش یافته تا الکترود به اندازه کافی رسوب و نفوذ دهد .

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

سرعت پیشروی :

سرعت حرکت دست به عوامل زیر بستگی دارد :

ضخامت ورق :

با افزایش ضخامت ورق باید سرعت حرکت پیشروی را کاهش داد تا لبه های اتصال به خوبی ذوب و در هم آمیخته شود

پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

حرکت الکترود

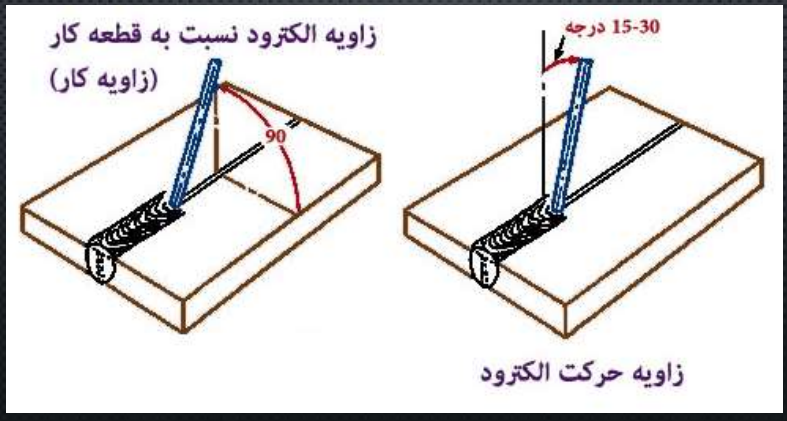
حرکت الکترود از قبیل زاویه الکترود و نوع حرکت آن در کیفیت جوش بسیار موثر است

هرچه زاویه عمود بر قطعه باشد عمق نفوذ بیشتر و هرچه زاویه کمتر باشد عمق نفوذ کمتر خواهد بود

زاویه مناسب در حالت معمول بین ۱۵ تا ۳۰ درجه می باشد

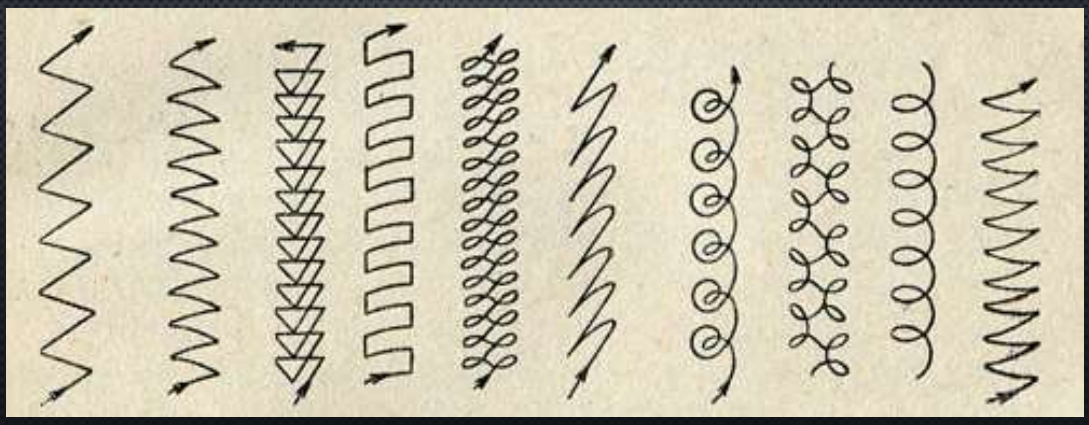
پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

حرکت الکترود



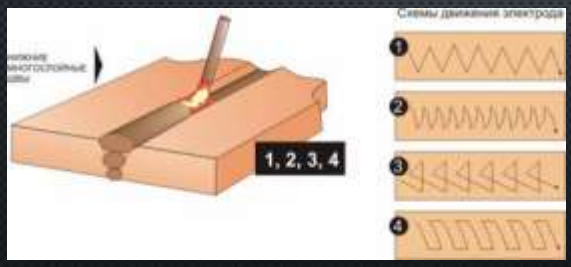
پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

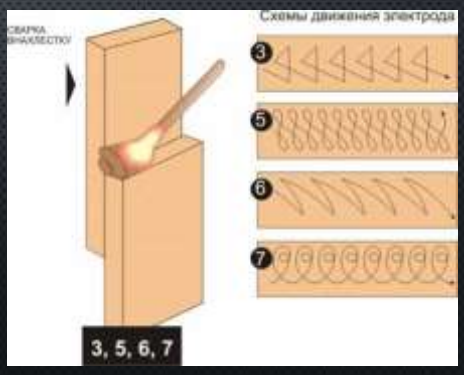
حرکت الکترود



پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

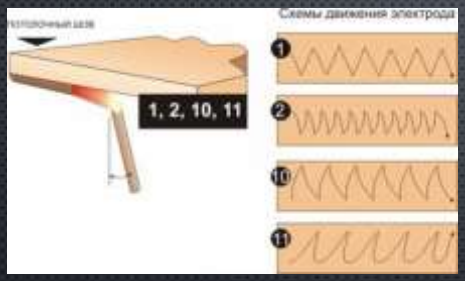
حرکت الکترود

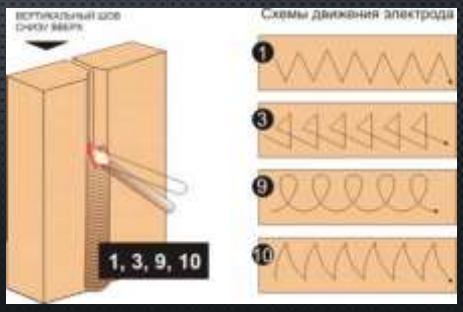


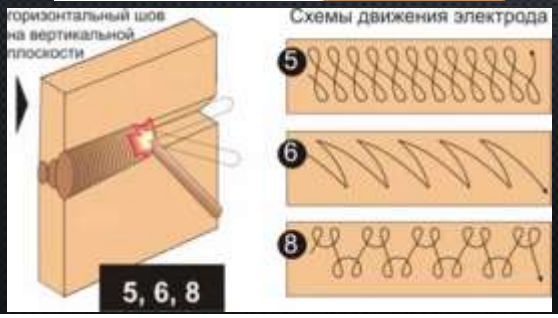


پارامتر های تعیین کننده در فرآیند جوشکاری SMAW

حرکت الکترود







جوشکاری قوس تحت پوشش گاز محافظ با الکترود مصرفی (GMAW)

GAS METAL ARC WELDING

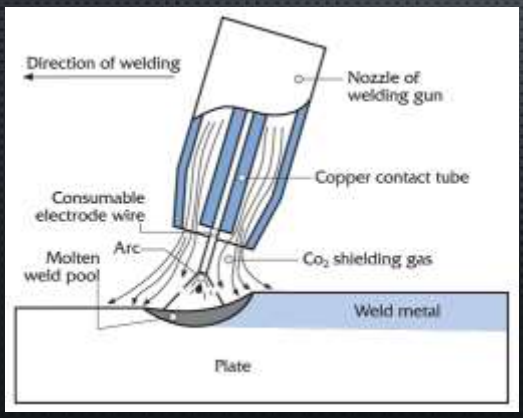
فرآیندی از جوشکاری است که در آن با ذوب کردن اتصال توسط یک قوس الکتریکی بین یک الکترود یکسره ی فلزی پرکننده مصرف شدنی و قطعه کار و حفاظت توسط یک گاز (گاز آرگون یا گاز کربنیک و یا مخلوطی از گازها) بدون اعمال فشار صورت می گیرد .

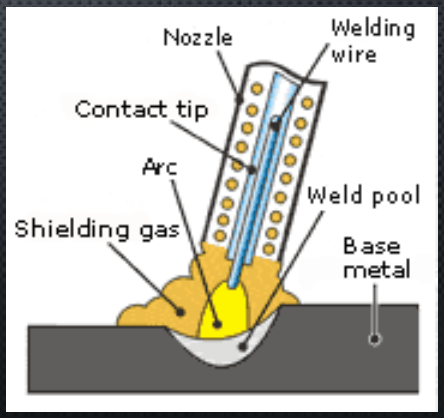
. الکترود بدون روکش می باشد

با ماشین های نیمه خودکار یا خودکار انجام می شود

جوشکاری قوس تحت پوشش گاز محافظ با الکترود مصرفی (GMAW)

GAS METAL ARC WELDING





جوشکاری قوس تحت پوشش گاز محافظ با الکترود مصرفی (GMAW)

GAS METAL ARC WELDING

انواع حالت GMAW :

MIG.

MAG.

جوشکاری قوس تحت پوشش گاز محافظ با الکترود مصرفی (GMAW)
GAS METAL ARC WELDING

: MIG

برای محافظت از فلز جوش و مذاب از گازهای آرگون و هلیوم و مخلوطی از این گازها و گازهای بی اثر استفاده می شود .

جهت جوشکاری فلزاتی مانند فولاد زنگ نزن ، آلومینیوم ، نیکل و مس استفاده می شود .

جوشکاری قوس تحت پوشش گاز محافظ با الکترود مصرفی (GMAW)
GAS METAL ARC WELDING

: MAG

از گازهای فعال استفاده می شود

با اضافه کردن درصدی اکسیژن به گاز محافظ موجب آرامتر شدن و محوری شدن قطرات مذاب میشود

به خاطر این مقدار اکسیژن باید در در الکترود از عناصر اکسیژن زدا استفاده نمود تا فلز جوش از نظر متالوژی دچار مشکل نشود .

جوشکاری قوس تحت پوشش گاز محافظ با الکترود مصرفی (GMAW)

GAS METAL ARC WELDING

جوشکاری قوس تحت پوشش گاز محافظ با الکترود مصرفی (GMAW)

GAS METAL ARC WELDING

جوشکاری قوس تحت پوشش گاز محافظ با الکترود مصرفی (GMAW)

مزایای جوشکاری GMAW :

۱– میتوان برای اکثر فلزات مغناطیسی استفاده نمود

۲–به علت پیوست بودن الکترود رباتیک کردن فرآیند جوشکاری ساده است

۳–میزان جرقه کمتر نسبت به روش معمول

۴–سیم جوش به طور مستمر تغذیه شده و زمان تعویض اکترود کاهش می یابد

۵–حوضچه مذاب و قوس الکتریکی به راحتی قابل مشاهده است .

۶–سرباره حذف شده یا بسیار نازک است .

جوشکاری قوس تحت پوشش گاز محافظ با الکترود مصرفی (GMAW)

مزایای جوشکاری GMAW :

۷–از الکترود با قطر نسبتا کم استفاده می شود

۸– عمق نفوذ جوش بیشتر از فرآیند SMAW

۹–سرعت فرایند تولید بالاتر