

## فرآیند جوشکاری زیرپودری

### مقدمه

در جوشکاری قوس زیرپودری دوقطعه فلزی به واسطه حرارت قوسی که بین الکتروود و قطعه کاربرقرار می‌شود به هم متصل میشوند. در این فرآیند قوس الکتریکی، تحت پوشش فلاکس یا پودر مخصوص پنهان می‌شود: همچنین در این فرآیند از اعمال فشار استفاده نمی‌شود و از الکتروود و گاهی قطعه فلز کمکی یا سیم جوش، به عنوان فلزپرکننده استفاده می‌گردد. این فرآیند معمولاً در کارهای حجیم و سری و طولانی استفاده میشود.

### تجهیزات فرآیند:

۱- منبع قدرت: به دلیل استفاده از رنج آمپرهای زیاد در این فرآیند استفاده از موتور جوش یا دینام به عنوان منبع تولید قدرت مقرون به صرفه نمی‌باشد و می‌بایست از ترانسفورماتور یا رکتی فایر استفاده نمود رنج آمپر کار این فرآیند از ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ آمپر و موارد خاص تا ۱۰۰۰۰ آمپر می‌باشند. نکته: duty sicle منبع قدرت این پروسه می‌بایست ۱۰۰٪ باشد.

۲- سیستم‌های تنظیم ولتاژسرعت و جریان: این سیستمها فاصله نازل یا الکتروود را در محورهای X، Y، Z و تنظیم زاویه نازل را کنترل می‌کنند که این سیستمها یا به صورت مکانیکی و یا به صورت اتومات و به کمک سنسورها کنترلی این عمل را انجام می‌دهند. (شکل ۱)

۳- مواد مصرفی: A سیم جوشکاری B پودر جوشکاری

### روشهای کنترل طول قوس به فرآیند SAW:

در این پروسه طول قوس را به دو روش کنترل می‌کنند

۱- روش خود تنظیمی Self adjusting

۲- تغییر سرعت راندن الکتروود variable wire feeding rate

در حالت ۱ از منبع قدرت ولتاژ ثابت استفاده می‌شود C.V.power و موتور سیستم (موتور کنترل کننده سرعت تغذیه سیم جوش) یک موتور دور ثابت می‌باشد و افزایش آمپر باعث افزایش نرخ ذوب الکتروود می‌گردد به این صورت که با کاهش طول قوس آمپر افزایش می‌یابد با افزایش آمپر نرخ ذوب اضافه می‌گردد بنابراین طول قوس همواره ثابت می‌ماند این روش در آمپرهای کم و متوسط بسیار خوب عمل می‌نماید (حدوداً تا ۱۰۰۰ آمپر) ولی در آمپرهای بالاتر به دلیل وزش قوس بازده خوبی از خود نشان نمی‌دهد.

در حالت ۲ از منبع تغذیه جریان ثابت استفاده می‌شود C.C. power در این حالت موتور سیستم یک موتور دور متغییر می‌باشد که از یک سنسور حساس به تغییرات ولتاژ فرمان می‌گیرد که با افزایش ولتاژ سرعت حرکت (نرخ تغذیه سیم) افزایش می‌یابد و با کاهش ولتاژ این نرخ کم می‌گردد (افزایش ولتاژ ناشی از افزایش طول قوس می‌باشد) نکته: اکثر دستگاهها دارای منابع قدرت ولتاژ ثابت C.V می‌باشد.

### الکتروودهای مشابه با الکتروود فرآیند زیر پودری:

۱- استفاده از الکتروود پوشش دار مداوم که قطر هسته آن ۳-۴ میلی متر می‌باشد و روی آن دوسری سیم پیچ فلزی با جهت‌های مختلف و از جنس هسته موجود می‌باشد این دوسری سیم پیچ باعث می‌شوند که پوشش در اثر خم شدن از هسته جدا نشده و نریزد و همچنین جریان الکتریکی از طریق مذاب حل شده و به صورت یکپارچه با فلز جوش می‌شود در این حالت جریان را می‌توان تا ۷۰۰ A افزایش داد زیرا جریان در طول کمی از الکتروود (ونه تمام آن

عبور می کند ( حدود 5cm ) و دلیل عدم افزایش آمپراژ عدم امکان افزایش قطر سیم پیچ ————— می باشد. ( شکل ۲ )

۲- استفاده از الکترودها توپودری (cord wire): این الکترودها به صورت یک تیوپ می باشد که در درون آن مواد سربار ، ساز وجود دارد که به صورت کلاف جمع شده است تکنیک ساخت آن استفاده از تسمه های فلزی است که بعد از عبور از داخل غلطک هایی به صورت U تبدیل شده و پوردر و مواد سرباره ساز در داخل این ورق U شکل ریخته شده و بعد از عبور از داخل فیکسچر هایی به صورت O تبدیل می شود سپس در مرحله کشش آنقدر کشیده می شود تا به قطر الکتروده مورد نظر نازک گردد سه، چهار گونه مختلف انواع این مفتول موجود است که شامل: **A. Metal cord wire** که در داخل پوشه فلزی فقط از مواد فلزی پر شده است و فاقد هرگونه مواد معدنی می باشد و برای محافظت از آن می بایست یا از گاز محافظ یا از پودر محافظ استفاده شود از این مفتول در حالت های استفاده می شود که آلیاژ مقاومت بالایی را از فلز جوش بخواهیم و یا در مواردی که عملیات سختی کاری سطحی ( hard surfacing ) انجام شود .

**B. self shielded flux cord** (سیم توپودری خود محافظ) که در داخل خود غلاف فلزی موادی مانند  $CaO$  یا  $Al_2O_3$  موجود است که در داخل حوضچه جوش گاز های محافظ تولید می کند که باعث محافظت از حوضچه جوش نیز می گردد .

**C. Flux cord wire** که این نوع از الکتروده تقریباً بین حالت های A.B قرار دارد در این نوع هم مواد معدنی داخل پیوسته قرار دارد و هم مواد فلزی در این نوع از الکتروده نیز استفاده از گاز یا پودر محافظ ضروری است زیرا مواد معدنی و سرباره ساز داخل الکتروده قابلیت محافظت کامل از حوضچه مذاب را ندارند .

### الکتروده (مفتول) پروسه زیر پودری SAW

حالت دیگری از الکتروده پیوسته استفاده از مفتول ساده ( لخت ) بدون هیچگونه پوشش داخلی یا خارجی و مواد سرباره ساز در داخل یا خارج مفتول می باشد و این مواد می بایست کاملاً به صورت جداگانه و به صورت پودر در کنار حوضچه مذاب قرار داده شوند قطر این نوع از الکتروده از  $1/6$  تا  $7$  میلی متر در مقاطع گرد و دارای سطح مقطع از  $1 \times 40$  تا  $2 \times 40$  برای مقاطع مستطیل شکل می باشد ( لازم به ذکر است از مقاطع مستطیل شکل و تسمه ای برای پوشش دادن فلزی بر روی فلز دیگر استفاده می شود ) .

سیم جوش های مورد استفاده در جوشکاری زیر پودری به غیر از سیم جوش های فولادهای زنگ نزن (stanles steel) اغلب دارای روکش مس می باشند که این روکش به منظور اطمینان از انتقال و هدایت مناسب جریان الکتریکی ، کاهش سایش نازلها و جلوگیری از زنگ زدگی و خوردگی سیم جوش به ویژه در انبار به کار می رود .

نکته : در جوشکاری SAW مقدار مس وارد شده در حوضچه مذاب حدود  $0/1$  تا  $0/2$  درصد بوده و تأثیری بر روی خواص مکانیکی فلز جوش ندارد همچنین باعث افزایش خاصیت مقاومت و خوردگی در برابر آب دریا می گردد .

نکته : در صورتی که فلز مس در درز جوش افزایش یابد TOUGHNESS جوش و مقاومت به ضربه را در جوش پائین می آورد

ترکیبات شیمیایی الکترودهای زیر پودری معمولاً آهنی است و برای جوشکاری مس و آلومینیوم و فلزات پایه نیکل استفاده نمی شود و یا بسیار کم استفاده می گردد .

معمولاً  $85\%$  الکترودها در خانواده فولادهای کم کربن (  $0/1 < C\%$  ،  $0/2 < si\%$  ،  $2 < mn\% < 0/5$  ) قرار دارند که شامل رده های S4, S3, S2, S1 می باشند ( که این چهار رده در اثر اختلاف درصد منگنز موجود که به ترتیب  $0/5$  ،  $1$  ،

۱/۵، ۲ درصد می باشد شناخته می شوند که رده های S1, S2 مخصوص فولادهای st37 ورده های S3, S4 مخصوص فولادهای st42 ، st57 می باشند .

۱۵% باقیمانده الکترودها در رنج فولادهای زد زنگ قرار که این نوع از الکترودها بیشتر برای عملیات پوشش کاری سخت مورد استفاده قرار می گیرند .

نکته : به دلیل حرارت ورودی heatinput زیاد این فرآیند جهت اتصال (Joining) قطعات S.ST توصیه نمی شود .

### پودر (FLUX) پروسه زیر پودری SAW :

وظیفه اصلی پودر جوشکاری شبیه وظایف روکش الکتروود در فرآیند SMAW است به علاوه مخفی نگه داشتن قوس الکتریکی نیز از وظایف پودر می باشد

نکته : این پودر قابلیت تولید گاز را از خود ندارد.

### مشخصات پودر :

نحوه کد بندی پودرها بر اساس سه مشخصه زیر صورت می گیرد

۱- دانه بندی ( مش ) ۲- نحوه تولید ۳- عدد بازیسته

### متغیر های فرآیند :

۱- شدت جریان : شامل نوع جریان ، قطبیت و میزان جریان می باشد معمولاً در این پروسه از جریان DCEP و درآمپرهای خیلی بالا ممکن است از جریان AC نیز استفاده شود ( به خاطر پدیده وزش قوس ) میزان شدت جریان از 200A تا 2000A متغیر است ( افزایش آمپر در عمق نفوذ تأثیر می گذارد و حرارت ورودی با افزایش آمپر افزایش می یابد )

۲- ولتاژ : ولتاژ بین ۲۸-۴۵ ولت متغیر است افزایش ولتاژ جوش بر روی پهنای بانه جوش تأثیر گذار است همچنین در اثر افزایش ولتاژ جوش نرخ ذوب سرباره ( مصرف سرباره ) افزایش می یابد .

۳- سرعت جوشکاری : سرعت جوشکاری بین ۱۰-۱۲۰ سانتی متر به دقیقه متغیر است هر چه سرعت جوش افزایش یابد مقدار رسوب جوش کاهش می یابد .

نکته : حرارت ورودی به قطعه کار متناسب با ولتاژ و آمپراژ کار متناسب با عکس سرعت جوشکاری می باشد طبق رابطه روبرو :

$$\text{Heatinput} = \mu \frac{V \cdot I}{S}$$

$\mu$  : ضریب متناسب با پروسه V : اختلاف پتانسیل I: شدت جریان S: سرعت جوشکاری

نکته: با ازدیاد هر ۶۰ آمپر یک میلی متر به عمق جوش اضافه می شود و حدود ۲۰ گرم در دقیقه به مقدار سیم مصرفی اضافه می گردد از دیاد آمپر در بهتر شدن جوش تأثیر ندارد ولی در فرم گرده جوش مؤثر است

با ازدیاد هر ۱/۵ ولت حدوداً یک میلی متر به پهنای گرده جوش ۰/۵ میلی متر به عمق نفوذ جوش اضافه می شود . در صورت ثابت ماندن تمامی پارامترها با افزایش قطر سیم عمق نفوذ کم می شود ولی پهنای گرده زیاد می گردد .

۴- الکتروود : مشخصات الکتروود شامل A. نوع الکتروود B. قطر الکتروود C. شکل الکتروود D. میزان راندن الکتروود می باشد

۵- پودر جوشکاری : مشخصات پودر شامل : ۵/۱ . نوع ۵/۲ . دانه بندی ۵/۳ عدد بازیسته ۵/۴ نحوه تولید ۵/۵ عمق بستر پودر می باشد .

۶ – طول موثر الکتروود : به فاصله نازل تا قطعه کار طول موثر الکتروود گویند که افزایش این طول باعث عدم محافظت سیم جوش (مقتول جوشکاری) و در اثر کاهش باعث ذوب شدن نازل می گردد .

## مزایا و محدودیتهای فرآیند SAW:

### مزایا

- ۱- فرآیند ماشینی است.
- ۲- نیاز به تعویض الکتروود ندارد.
- ۳- نرخ اتصال فرآیند زیاد است.
- ۴- کمترین حساسیت را نسبت به باد دارد.
- ۵- عوارض مربوط به نور قوس و خطرات آنرا ندارد.

### معایب

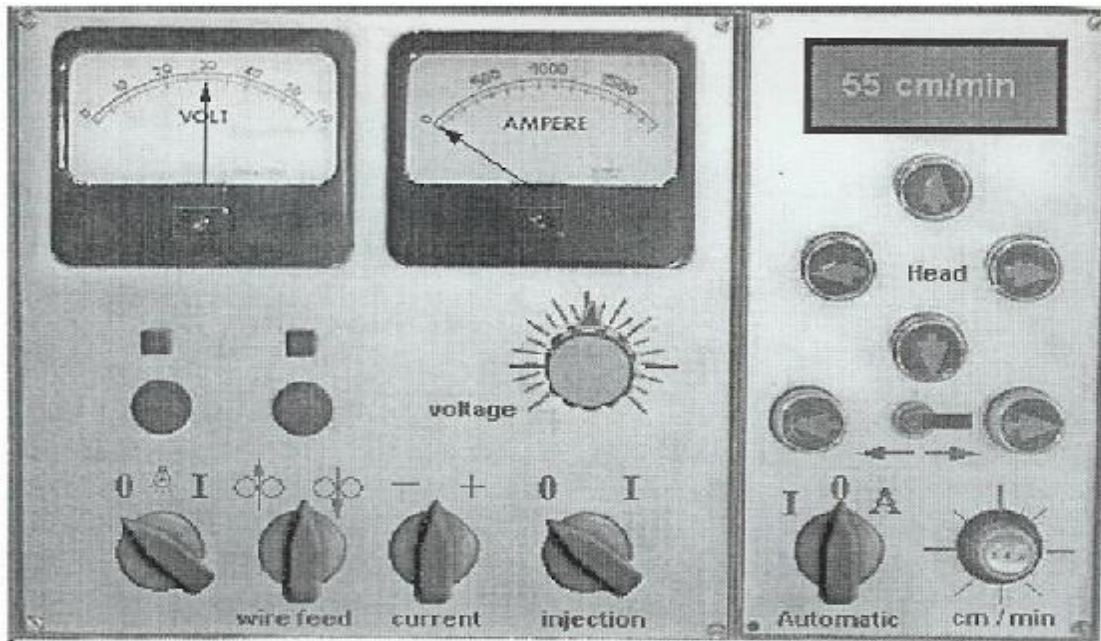
- ۱- به دلیل مخفی بودن قوس دقت در جوشکاری کم است.
- ۲- در پاس ریشه حتماً می بایست درز جوش صاف باشد.
- ۳- فقط در حالت تخت و در بعضی مواقع در حالت افقی قابل استفاده است.
- ۴- Heatinput فرآیند نسبت به سایر پروسه ها بالاتر است.
- ۵- سرمایه اولیه زیاد لازم دارد.

منابع :

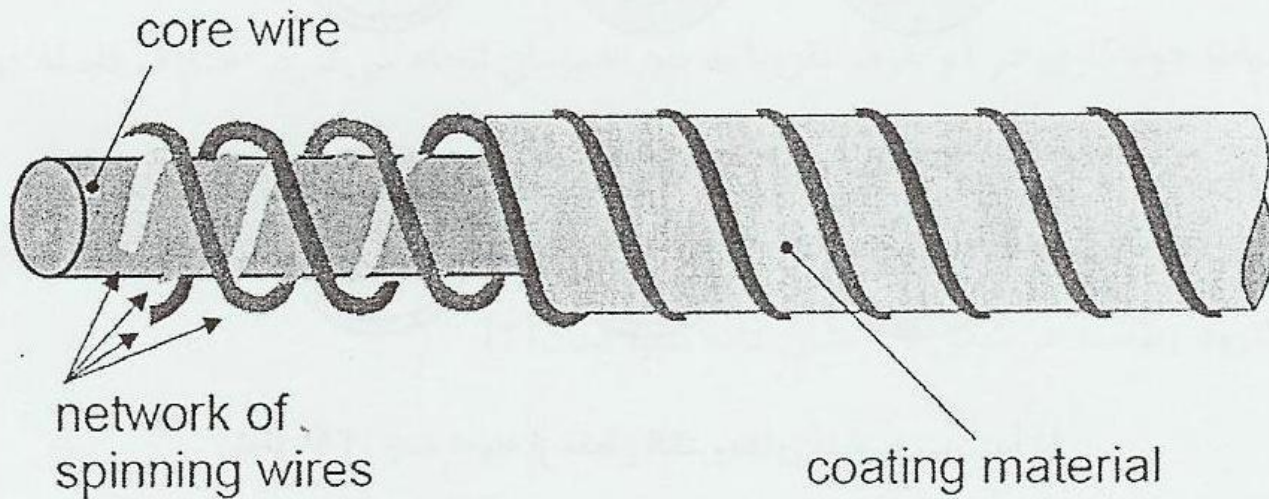
1-AWS HANDBOOK , 1997 , Vol. ۲, Chapter ۶ " Submerged Arc Welding"

۲- امیر حسین کوبی "تکنولوژی جوشکاری" ، انتشارات آزاده ، ۱۳۸۲ ، چاپ اول

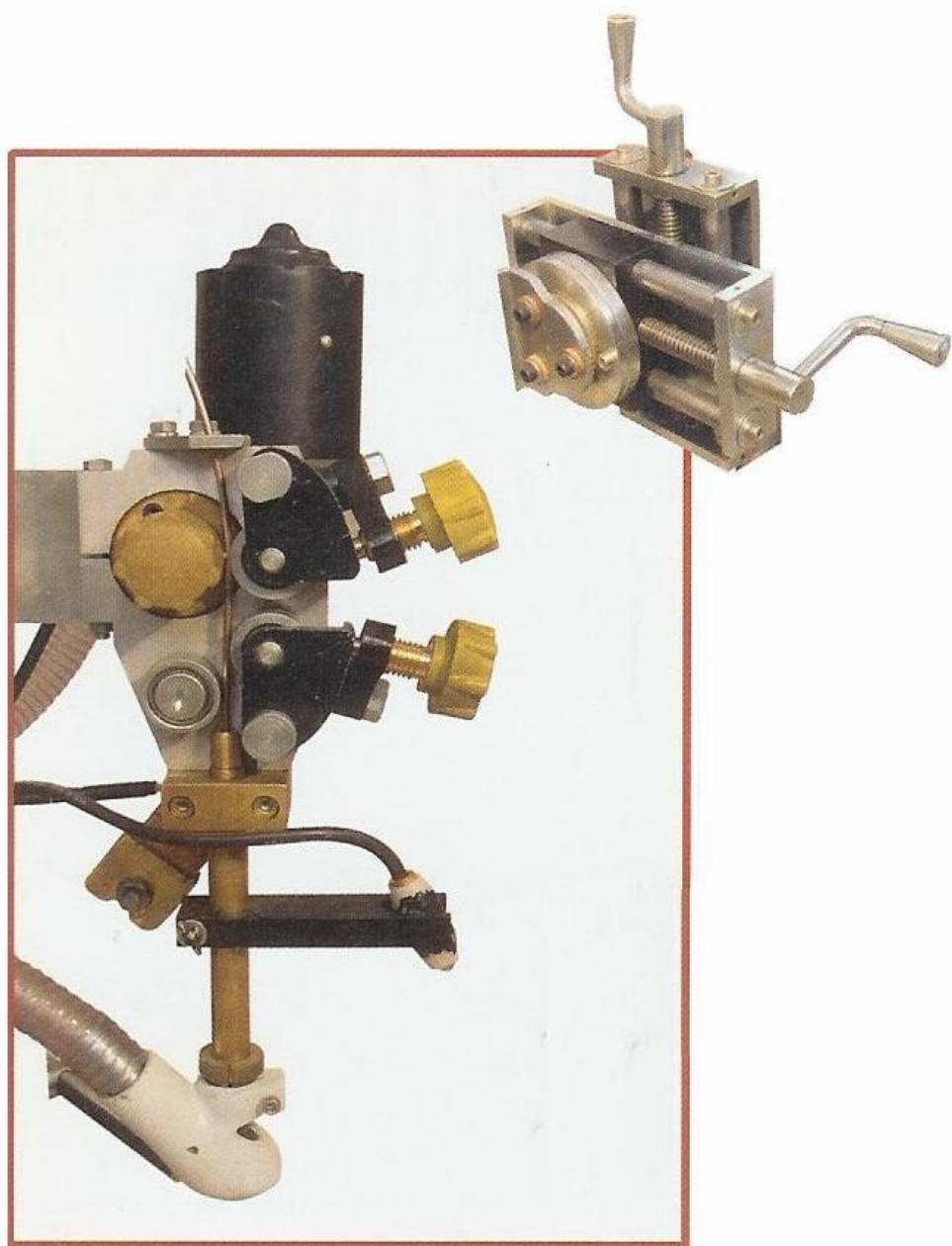
۳- شرکت کارا



شکل ۱- سیستم های تنظیم ولتاژ سرعت و جریان



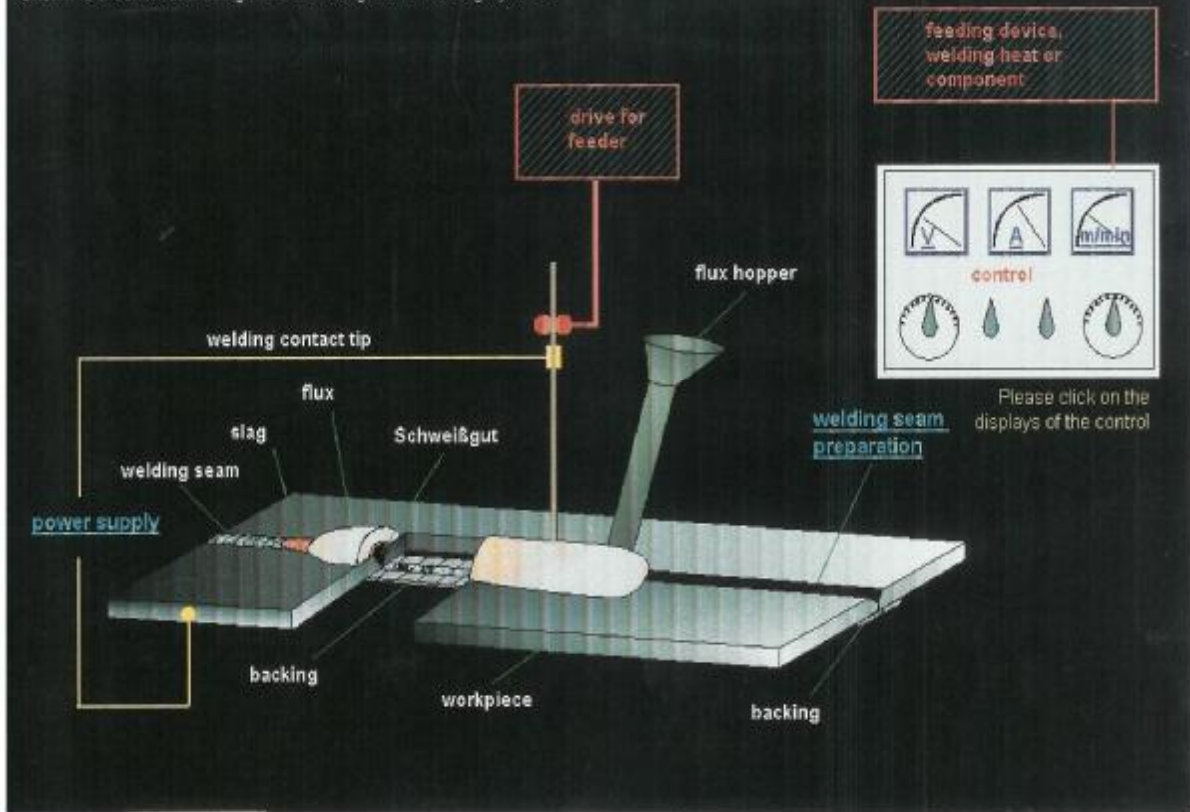
شکل ۲ : استفاده از سیم پیچ فنری جهت انتقال جریان به مغزی الکتروود



سری و مشعل جوشکاری

### Construction

Shown is a schematic design of a submerged arc welding system.



شمای کلی فرایند زیر پوشی

