

جوشکاری زیر پودری SAW



جوش زیر پودری یک فرایند جوش قوس الکتریکی است که در آن گرمای لازم برای جوشکاری توسط یک یا چند قوس بین یک فلز پوشش نشده، یک یا چند الکتروود مصرفی و یک قطعه کار تامین می شود. قوس توسط لایه ای از فلاکس پودری قابل ذوب شدن که فلز جوش مذاب و فلز پایه نزدیک اتصال را پوشانده، و فلز جوش مذاب را از آلودگی های اتمسفر حفاظت می کند پوشیده می شود.

جوش که ترکیبی از فلاکس مذاب و فلز جوش مذاب است می گذرد. فلاکس مذاب معمولاً، هادی خوب جریان الکتریسته است، در حالی که فلاکس سرد، هادی نیست. پودر جوش می تواند اکسیدزداها و ناخالصی زداهایی که با فلز جوش واکنش شیمیایی می دهند را نیز تامین کند علاوه بر اینکه یک لایه محافظ ایجاد می کند. فلاکس های جوش زیر پودری فولادهای آلیاژی همچنین می توانند حاوی عناصر آلیاژی برای بهبود ترکیب شیمیایی فلز جوش باشند. جریان الکتریکی از یک ژنراتور (ترانسفورماتور یا رکتی فایر) تامین شده، از اتصالات عبور می کند تا قوسی را بین الکتروود و فلز پایه برقرار کند را ذوب می کند که حوضچه مذاب را برای پرکردن اتصال تشکیل دهند.

در کلیه انواع تجهیزات، غلطک های هدایت با نیروی مکانیکی بطور پیوسته سیم الکتروود مصرفی فلزی را از میان لوله تماس (نازل) و توده فلاکس به اتصالی که باید جوش شود می راند. سیم الکتروود عموماً یک فولاد کم کربن با ترکیب شیمیایی دقیق که در یک قرقره یا بشکه پیچیده شده می باشد. سیم الکتروود در

منطقه جوش ذوب شده و در طول اتصال رسوب می کند. فلاکس دانه ای در جلوی قوس ریخته شده و پس از انجماد فلز جوش، فلاکس ذوب نشده توسط سیستم مکش جمع کننده برای استفاده مجدد جمع آوری می شود. در جوش خودکار بازیابی فلاکس مجموعه ای از تجهیزات و یک لوله بازیابی فلاکس که درست پس از لوله تماس قرار گرفته است می باشد .

جوش زیر پودری به هر دو روش نیمه خودکار و خودکار قابل انجام بوده و روش خودکار بخاطر مزایا بیشتر، استفاده گسترده تر دارد. در روش نیمه خودکار جوشکار بصورت دستی یک تفنگ جوشکاری (به انضمام مخزن فلاکس) که فلاکس و الکتروود را به محل اتصال تغذیه می کند را هدایت کرده و خودش سرعت حرکت را کنترل می کند. در روش جوش کاملاً خودکار دستگاه بصورت خودکار الکتروود و فلاکس را در طول مسیر جوش تغذیه و هدایت کرده و نرخ رسوب را کنترل می کند. در کاربردهای خاصی جوش خودکار زیر پودری دو یا چند الکتروود بصورت متوالی در یک اتصال تغذیه می شوند. الکتروودها ممکن است کنار یکدیگر بوده و به یک حوضچه تغذیه شوند یا اینکه به اندازه کافی فاصله داشته تا پس از انجماد یکی حوضچه دیگری تشکیل شود و مستقلاً منجمد شوند. روش جدیدتر جوش قوس های پشت سرهم است که جوش چند پاس را در یک شیار اتصال برای افزایش سرعت حرکت و نرخ رسوب جوشکاری تامین می کند.

مزایا و محدودیت ها :

روش های خودکار و نیمه خودکار جوش زیر پودری در مقایسه با سایر روش های جوشکاری مزایا و معایب زیر را دارند:

اتصالات را می توان با شیار کم عمق آماده نموده که باعث مصرف کمتر فلز پرکننده می شود. (در برخی کاربردها نیازی به شیار برای اتصالات بین ورق های با ضخامت کمتر از $1/4$ " نیست). پوشش برای حفاظت اپراتور از قوس نیاز نیست ، اگرچه حفاظت چشمان اپراتور بخاطر احتمال پرتاب جرقه جوش توصیه می شود.

جوش را می توان با سرعت حرکت و نرخ رسوب بالا و برروی سطح صاف یا استوانه ای یا لوله و از نظر تئوری با هر اندازه و ضخامتی انجام داد. این روش برای سخت کردن سطحی نیز مناسب است.

فلاکس به عنوان اکسیدزدا و آخال زدا برای خارج کردن ترکیبات ناخواسته از حوضچه جوش عمل می

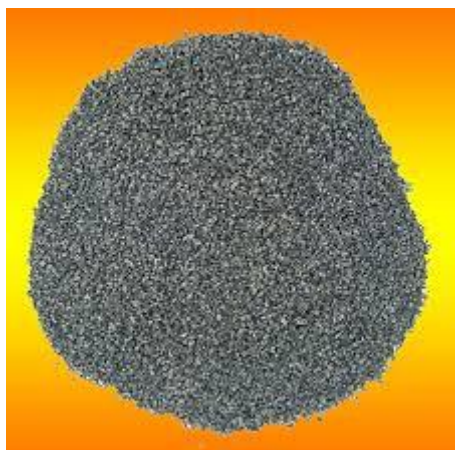
کند تا جوش سالم و باخواص مکانیکی مناسب ایجاد کند. سیم های الکتروود ارزان برای جوش فولادهای غیرآلیاژی و کم کربن استفاده می شوند. (معمولا" سیم های فولادی کم کربن بدون پوشش یا با پوشش نازک مسی برای هدایت بهتر و جلوگیری از خوردگی می باشند

جوش زیر پودری را می توان در زیر وزش بادهای نسبتا" شدید جوشکاری نمود. ذرات فلاکس حفاظت بهتری انجام می دهند تا پوشش الکتروود در روش جوشکاری الکتروود دستی.

محدودیت های جوش زیر پودری که برخی در روش های دیگر جوشکاری نیز وجود دارند به شرح زیر است:

پودر جوش :

تجهیزات حمل فلاکس و سازه نگهدارنده مخزن پودر، اتصالات دیگر و همچنین صفحه نوار یا حلقه پشتبند نیز مورد نیاز می باشد.



پودر جوش ممکن است به آلودگی هایی آغشته شود که باعث تخلخل جوش شوند. برای دستیابی به یک جوش خوب فلز پایه باید، یکنواخت بدون پوسته اکسیدی، زنگ، غبار و روغن و سایر آلودگی ها باشد.

جداشدن سرباره از جوش در برخی موارد به سختی صورت می گیرد. در جوش های چند پاس پس از هر عبور باید سرباره جوش برداشته شود تا از باقی ماندنش درون فلز جوش جلوگیری شود. این روش معمولا" برای جوش فلزات با ضخامت کمتر از ۱۶/۳، "بخاطر Burn Through مناسب نمی باشد. مگر در کاربردهای خاص شدیدا" به مسطح بودن وضعیت جوشکاری محدود است، زیرا مسطح بودن و افقی بودن وضعیت برای جلوگیری از ریختن فلاکس لازم است.

فلزات مناسب جوش زیر پودری :

جوش زیر پودری برای همه فلزات و آلیاژها مناسب نیست. برای سهولت فلزات و آلیاژها را می توان با توجه به مناسب بودن آنها برای جوش زیر پودری به سه دسته تقسیم کرد: فلزات بسیارمناسب، فلزات اندکی مناسب و فلزات غیرمناسب.

*فلزات بسیارمناسب: جوش زیر پودری بیشترین استفاده را در جوش فولادهای غیرآلیاژی (فولاد ساده) کم کربن حاوی کمتر از 0.3% کربن، کمتر از 0.5% فسفر و کمتر از 0.5% گوگرد دارد. اغلب مثال های این مقاله به این فولادها مربوط است، که محدوده تنش تسلیم آنها حدود $45/000$ تا $85/000$ Psi است و معمولا با فلاکس و الکتروود AWS 15.17 – 69 (مشخصات فنی فلاکس ها و الکتروودهای فولادهای آرام ساده برای جوش قوس زیر پودری) جوش می شوند. فولادهای کربن متوسط و کم آلیاژ ساختمانی در رده فولادهای مناسب جوش زیر پودری هستند اگرچه اغلب به پیشگرم، پس گرم و استفاده از فلاکس و سیم الکتروودهای ویژه نیاز دارند. فولاد ضد زنگ، فولاد کربنی آلیاژی قابل سخت شدن، و فولاد ساختمانی پراستحکام نیز با روش جوش زیر پودری جوشکاری می شوند. روش جوشکاری این فولادها مستقلا" در مقالات دیگر با عنوان جوشکاری فولادهای کربنی قابل سخت شدن، فولادهای آلیاژی و فولادهای ضد زنگ توضیح داده شده است. جوش زیر پودری همچنین برای ایجاد پوشش های مقاوم به سایش برای موقعیت هایی که تحت سایش هستند بکار می رود.

*فلزات اندکی مناسب : برخی فلزات و آلیاژهایی را که می شود به روش جوش زیر پودری جوش داد، بیشتر با روش هایی جوش می دهند که منطقه حرارت داده شده باریک تر باشد. برخی فولادهای ساختمانی پراستحکام کم کربن جزء این گروه هستند زیرا استحکام ضربه و کشش مورد نیاز در روش جوش زیر پودری به سختی بدست می آیند. فولادهای پرکربن، فولادهای مار تنزیتی، و مس و آلیاژهای مس نیز جزء این گروه هستند.

*فلزات نامناسب: چدن را معمولا" نمی توان به روش جوش زیر پودری جوش داد، زیرا نمی تواند تنش های حرارتی ناشی از گرمای ورودی را تحمل کند. با این حال مثال ۲۴۱ در مقاله جوش قوس چدن، کاربردی را که در آن چدن مالیبیل به فولاد کم کربن جوش شده است را تشریح می کند. مسائلی که در جوش فولاد آستنیتیه منگنزی و فولاد ابزار پرکربن رخ می دهند جوشکاری آنها را با هر روش معمولی دشوار

می سازد. آلیاژهای آلومینیوم و آلیاژهای منیزیوم را نمی توان به روش زیر پودری جوش داد زیرا فلاکس مناسب برای آن پیدا نمی شود. سرب و روی بخاطر نقطه ذوب پایین مناسب جوش زیر پودری نیستند. تیتانیوم در کاربردهای آزمایشگاهی به روش زیر پودری جوشکاری شده ولی فلاکس مناسب برای جوش آن تاکنون ارائه نشده است.

جنبه های متالورژیک:

سه ویژگی جوش زیر پودری در جریان های بالا نیازمند توجه ویژه است :

الف) درصد بالای فلز پایه در جوش هنگامی که قطب معکوس جریان مستقیم استفاده شود.

ب) مقدار زیاد سرباره تولید شده در عملیات .

ج) گرمای ورودی زیاد که ریز ساختار را تحت تاثیر قرار می دهد. هنگامی که درصد فلز پایه در رسوب فلز جوش بالا باشد، به حداقل رساندن ناخالصی های مضر مانند فسفر و گوگرد بسیار اهمیت دارد. مقدار زیاد سرباره عموماً "منبعی از سیلیسیم یا منگنز است که ممکن است مقداری از آن به رسوب فلز جوش منتقل شود. لذا معمولاً هنگام استفاده از فلاکس های پرسیلیسیم، از سیم الکتروود کم سیلیسیم (حداکثر 0.05% سیلیسیم) استفاده می شود تا از جذب سیلیسیم اضافی توسط فلز جوش جلوگیری شود. همچنین از سیم الکتروود کم منگنز حاوی کمتر از 0.5% منگنز معمولاً "با فلاکس های پر منگنز استفاده می شود. سیم الکتروود پرمنگنز حاوی 2% منگنز عموماً با فلاکس های کم منگنز استفاده می شوند. گرمای ورودی زیادی که از جوشکاری در جریان زیاد ناشی می شود (تا حدود 1500 آمپر) در سرعت های حرکت پایین باعث تغییر ساختار در منطقه متاثر از حرارت شده و استحکام ضربه را کاهش و استحکام کششی و دمای تبدیل تردی به نرمی را افزایش می دهد .

تغییرات ریز ساختار

افزایش تغییرات ساختار فلز پایه به چهار عامل وابسته است:

حداکثر دمایی که فلز در آن قرار داده می شود / زمان آن دما / ترکیب شیمیایی فلز پایه / سرعت سرد شدن ساختار فلز جوش ستونی است زیرا از مرز جامد شروع شده و فقط در یک جهت امکان رشد دارد. در فولاد کربنی قابل سخت شدن امکان درشت شدن ساختار منطقه نزدیک قسمت جوش از فلز پایه بخاطر رسیدن به دمای حدود 2800 تا ۲۲۰۰ فارنهایت وجود دارد. فلزی که در دمای ۱۷۰۰ تا ۲۲۰۰ فارنهایت گرم شده نواری از دانه های نازک تر دارد. اگرچه این منطقه در بیشتر از دمای دگرگونی فاز گرم شده، ولی زمان باقی ماندن در این دما برای درشت ساختار شدن کافی نبوده است. منطقه بعدی ۱۷۰۰ تا ۱۴۰۰ فارنهایت، منطقه ای است که فولاد باز پخت شده و به مقدار قابل توجهی نرم تر از منطقه مجاور جوش است. فلز پایه دورتر از این منطقه نیز تغییر نکرده باقی می ماند. اندکی کاربید کروی شده بخاطر باقی ماندن در حدود ۱۳۳۰ فارنهایت، ممکن است ایجاد شود. پیش گرم و پس گرم کردن، اصول پیش گرم کردن و پس گرم کردن برای جوش زیر پودری مشابه سایر روش های جوشکاری است. پیش گرم و پس گرم برای فولادهای سختی پذیر، مخصوصاً فولادهایی که کربن آنها از حدود ۰/۳٪ و ضخامت آنها بیشتر از 4/3" باشد بکار می رود. کاهش سرعت سرد شدن که در اثر پیش گرم رخ می دهد، زمان ماندگاری در دمای بالاتر از شروع تغییر حالت مارتنزیتی را افزایش می دهد و لذا تغییر حالت آستنیت به پرلیت ظریف تر بجای مارتنزیت سخت را افزایش می دهد. در منطقه جوشی که پیش گرم شده نسبت به جوش پیش گرم نشده احتمال کمتری وجود دارد که فاز سخت تشکیل شود. همچنین بخاطر سرعت سرد شدن کمتر در فولاد های پیش گرم شده، خطر ترکیدگی جوش و تنش های حرارتی کاهش پیدا می کند. پس گرم کردن هنگام نیاز به تنش زدایی حرارتی، بازپخت، نرمالایز کردن یا تمپر کردن بکار می رود.

منابع تغذیه

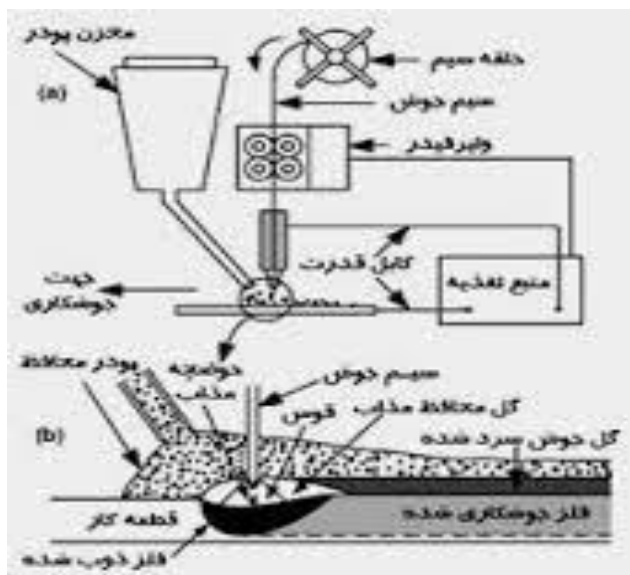
منابع تغذیه جوش زیر پودری عبارتند از:

الف) موتور ژنراتور و ترانسفورماتور رکتی فایر، با خروجی جریان مستقیم (DC)

ب) ترانسفورماتور با خروجی جریان متناوب

(AC)

هر دو جریان های مستقیم و متناوب در جوش زیر پودری نتایج قابل قبولی ارائه می دهند. اگرچه هر کدام در برخی کاربردهای خاص معایب ناخواسته ای دارند - بسته به شدت جریان، قطر سیم الکتروود، و سرعت حرکت که در لیست زیر ذکر شده اند:



جوش نیمه خودکار با الکتروود $64'' / 5$ یا $32'' / 3$ در جریان مستقیم ۳۰۰ تا ۳۵۰ آمپر، استفاده از جریان مستقیم ارجح است.

*جوش خودکار با یک الکتروود در جریان پایین (۳۰۰ تا ۵۰۰ آمپر) و سرعت حرکت بالا (۴۰ تا ۲۰۰ اینچ در دقیقه)، استفاده از جریان مستقیم ارجح است .

*جوش خودکار با یک الکتروود و جریان متوسط (۶۰۰ تا ۹۰۰ آمپر) سرعت حرکت ۱۰ تا ۳۰ اینچ در دقیقه، هم جریان مستقیم و هم متناوب استفاده می شوند.

*جوش خودکار با یک الکتروود و جریان بالا (۱۲۰۰ تا ۲۱۵۰۰ آمپر) سرعت حرکت ۵ تا ۱۰ اینچ در دقیقه، استفاده از جریان متناوب ارجح است.

*جوش خودکار با بیش از یک الکتروود و در حالت پشت سرهم و جریان هر کدام از الکتروودها ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ آمپر با هم الکتروودها، جریان متناوب (یا جریان مستقیم در الکتروود جلویی) استفاده می شود. *جوش خودکار با دو الکتروود در عرض هم، با هر دو جریان مستقیم و جریان متناوب استفاده می شود .

سیستم های تغذیه سیم جوش

تجهیز تغذیه سیم الکتروود جوش زیر پودری از دو نوع سیستم کنترلی برای کنترل سرعت تغذیه سیم (سیستم های حساس به ولتاژ و سیستم های سرعت ثابت) استفاده می کنند. سیستم های کنترلی حساس ولتاژ با منبع تغذیه های جریان ثابت و سیستم های کنترل سرعت ثابت با منبع تغذیه های ولتاژ ثابت استفاده می شوند.

سیم الکتروود جوش زیر پودری: سیم های الکتروود جوش زیر پودری فولاد در اندازه های مختلف تولید می شوند. پوشش نازکی از مس برای بهبود هدایت الکتریکی و بالا بردن مقاومت در برابر خوردگی بر روی سیم ایجاد می شود. ترکیب شیمیایی سیم الکتروود به ترکیب شیمیایی فلز جوش و خواص مکانیکی و انتخاب نوع خاص الکتروود و ترکیب آن به جنس فلز قطعه و نوع فلاکس وابسته است. برای رسیدن به نرخ رسوب بالاتر می توان از دو یا چند الکتروود نازک تر بجای یک الکتروود ضخیم تر استفاده کرد. کاهش قطر الکتروود باعث افزایش چگالی جریان و فشار پلاسما جت و افزایش عمق نفوذ و باریک شدن باند جوش می شود. الف) همه الکتروودها علاوه بر مقادیر جدول حداکثر دارای $\% 35$ گوگرد، $\% 0.30$ فسفر $15/0$ ، مس (غیر از پوشش) و $\% 50$ سایر عناصر می باشند. ب) به علاوه حاوی $15/0 - 05/0$ تیتانیوم، 2 - $0/0$ - $0/12$ زیرکونیوم، 5 تا $0/15$ آلومینیوم و تا $0/50$ درصد سایر عناصر نیز می باشد. ساده ترین روش برای جلوگیری از تشکیل پرلیت و فریت گوشه دار استفاده از حدود $\% 5$ مولیبدن و $\% 20$ بر در ترکیب فولاد است، که با کاهش آهنگ تشکیل محصولات دگرگونی در دمای بالا باعث ایجاد فاز بینیت می شود لذا استحکام کششی و تسلیم را افزایش می دهد.

پودرهای جوش زیر پودری

پودرهای جوش زیر پودری به سه شکل وجود دارند.

۱- پودرهای ترکیب شده

۲- پودرهای چسبیده شده

۳- پودرهای آگلومره

۴- پودرهای ترکیب شده: برای تولید پودرهای ترکیب شده ابتدا اجزاء بصورت خشک مخلوط سپس در یک کوره الکتریکی ذوب و با پاشش آب سرد یا ریختن روی صفحه سرد منجمد می شود.

مزایای این نوع پودر عبارت است از :

الف) کاملاً توزیع ترکیب شیمیائی یکنواخت دارند.

ب) می توان خاکه آن را بدون تغییر در ترکیب شیمیایی جدا کرد.

ج) محصول رطوبت گیر نیست و مسائل ذخیره سازی و نگهداری ساده تر دارد.

د) پودرهای ذوب نشده را می توان چندین دور مورد استفاده قرار داد (بدون تغییر قابل توجه)

ه) مناسب برای جوشکاری با بیشترین سرعت

محدودیت این پودرها :

محدودیت مهم این پودر ها عدم امکان افزودن اکسید زداها و فرو آلیاژها بخاطر دمای حلالیت بالای آنها است. پودرهای چسبیده شده : برای تولید پودرهای چسبیده شده مواد خام تا اندازه $100 * D$ آسیاب می شوند . بصورت خشک با هم مخلوط شده و با افزودن سیلیکات پتاسیم یا سیلیکات سدیم به هم چسبیده می شوند. مخلوط حاصل به شکل گلوله درآمده و در دمای پایین خشک می شوند و بصورت مکانیکی خرد شده و دانه بندی می شوند.

مزایا

* بخاطر دمای تولید پایین، اکسید زداها و فرو آلیاژها در این روش قابل افزوده شدن هستند.

* چگالی پودر پایین تر است و امکان استفاده از لایه ضخیم تر فلاکس بر روی منطقه جوش وجود دارد .

* سرباره ایجاد شده بر روی جوش پس از سرد شدن بهتر جدا می شود.

محدودیت

محدودیت های مهم این روش عدم امکان جدا کردن خاکه بدون تغییر در ترکیب شیمیایی و حساسیت بالا به جذب رطوبت است. پودرهای آگلومره: روش تولید مشابه پودرهای چسبیده شده است غیر از اینکه از یک الک سرامیکی استفاده می شود. در این نوع پودر نیز برای استفاده از اکسید زداها و فرو آلیاژها بخاطر دمای Curing بالای الک (۱۴۰۰ OC) مانند پودرهای ترکیب شده محدودیت وجود دارد. دانه بندی: اندازه دانه های پودر جوش بخاطر تاثیر بر مصرف بهینه پودر جوش در جریان های جوش مختلف حائز اهمیت است. در جریان های بیشتر از ۱۵۰۰ آمپر باید از درصد ذرات ریز بیشتر و ذرات درشت کمتر استفاده کرد. پودرهای چسبیده شده که در جریان های کمتر استفاده می شوند بستگی کمتری به اندازه ذرات دارند و عمدتاً در یک سایز تولید می شوند. حداکثر جریان مناسب برای این نوع پودر ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ آمپر است. در حالی که برخی انواع پودر ترکیب شده (انواع سیلیکات کلسیم اصلاح شده) را تا ۲۰۰۰ آمپر نیز می توان بکار برد.

ترکیب پودرهای جوش

در زمان پیشرفت فرایند جوش زیر پودری در اواسط دهه ۱۹۳۰ پودرهای ترکیب شده حاوی ترکیبات سیلیکاتی استفاده می شدند که عمدتاً حاوی آلومینا سیلیکات منیزیم، کلسیم و منگنز بودند. ترکیبات مورد مصرف در سراسر دنیا ترکیبات سیلیکات منگنز ارائه شده در جدول ۱ بودند. برای تنظیم محدوده ذوب و ساختار آن از دیاگرام $MnO - SiO_2$ استفاده می شد. نتیجه جوشکاری با پودرهای چسبیده شده تقویت شده، پس از ذوب و انجماد جوش در فلز جوش مشابه پودر ترکیب شده است. فروسیلیم و اکسید منگنز و سیلیسیم فلاکس ترکیب می شوند. لذا مقدار MnO نسبت به SiO_2 که برای جوش زیر پودری مناسب است در قسمت جوش باقی می ماند. انواع پودرهایی که در جدول ۱ توضیح داده شده برای دستیابی به خواص پیشرفته تر و هزینه اقتصادی تر و ظاهر مناسب تر گرده جوش در مقادیر کمتر منگنز اصلاح شده اند. برخی ترکیبات پودرها با بازیسته بیشتر (که مقادیر CaO , CaF_2 دارند) خواص مکانیکی بهتری در فلز جوش ارائه می دهند و افزودن تیتانیوم پایداری قوس بیشتر و اکسید فلزات خاص ظاهر جوش را در فولادهای آلیاژی بهبود می دهند. برای رسیدن به ظاهر جوش مناسب در جوشکاری پرسرعت ورق ها خواص دمایی گرانروی فلاکس را باید تنظیم کرد. فلاکس های کاربردهای خاص برای منظوره های خاص طراحی می شوند.

مقایسه پودر جوش زیر پودری با پوشش الکتروود:

پودرهای جوش زیر پودری در مقایسه با مواد بکار رفته در پوشش الکتروودهای جوشکاری الکتروود دستی چند تفاوت عمده دارند. فلاکس های جوش الکتروود دستی حاوی ترکیباتی مانند سلولز برای ایجاد گاز محافظ است. همچنین ترکیباتی با تابع کاری پایین مانند اکسید سدیم و اکسید پتاسیم برای کمک به شروع قوس و پایداری آن و مواد دیگری برای تقویت نفوذ، نرخ ذوب و استفاده از قطب های مختلف جریان به پوشش الکتروود اضافه شوند. که پودرهای جوش زیر پودری غالباً به این ترکیبات نیازی ندارند زیرا وجود سرباره مذاب و دانه های کروی پودر از قوس حفاظت کرده و نیازی به گاز محافظ نیست. وجود ترکیبات سیلیس و فلوراید عموماً "پایداری مطلوب قوس را تضمین می کند و حداقل ۱۰٪ فلوراید کلسیم برای بهبود سیالیست فلاکس مذاب به سیلیکات های فلزی پودر اضافه می شوند.

پوشش های الکتروود های جوش قوس الکتروود دستی بخاطر اینکه باید قابل اکستروود باشد و سایر ملزومات تولید دارای فرمول پیچیده اند و برعکس آن پودرهای جوش زیر پودری از ترکیبات معدنی ساده و از سیستم های دوتایی، سه تایی و یا چهار تایی انتخاب می شوند. رایج ترین فلاکس ها از سیستم $MnO - SiO_2$ یا $CaO - SiO_2$ تشکیل شده اند که می توانند با اکسیدهای آلومینیم، منیزیم، زیرکونیوم و تیتانیوم ترکیب شود و فلاکس های کاربردهای خاص را به وجود آورند. فلاکس های الکتروودهای پوشش و فلاکس های جوش زیر پودری به روش های متفاوتی دسته بندی می شوند .

استاندارد AWS A5.1-6 الکتروودها را برحسب نوع مواد پوشش فلاکس دسته بندی می کند. و استاندارد A 5.1 7-69 برای دسته بندی پودر جوش زیر پودری به طبیعت شیمیایی فلاکس ارتباطی ندارد فقط به خواص مکانیکی رسوب جوش که با الکتروود مخصوص به وجود می آید مربوط است. در عمل بیشتر الکتروود و فلاکس جوش زیر پودری از روی ظاهر جوش انتخاب می شوند تا در نظر گرفتن جنبه های فنی.

نقطه ذوب و نرخ ذوب پودرهای جوش

یک پودر جوش موثر باید دردمای بالا به خوبی سیال باشد و لایه روان و محافظ برروی فلز جوش ایجاد نماید و آنرا از اکسید شدن حفاظت کرده ولی در دمای اتاق ترد باشد و به آسانی از روی جوش جدا شود. نقطه ذوب و چگالی فلاکس نیز باید کمتر از فلز جوش باشد که گازهای تولید شده بین فلز و سرباره بتوانند

وارد سرباره شوند و برای تکمیل وظیفه سرباره سازی باید فلاکس پس از تکمیل انجماد فلز جوش منجمد شود. لذا حد بالایی دامنه ذوب پودر جوش زیر پودری حدود ۱۳۰۰ OC می باشد. مقدار فلاکس ذوب شده در هر دقیقه به ولتاژ و جریان جوش بستگی دارد و در جریان ثابت مقدار پودر ذوب شده در هر دقیقه با افزایش ولتاژ جوش افزایش می یابد. در عمل معمولاً "وزن فلاکس ذوب شده و وزن الکتروود ذوب شده برابرند.

تأثیر فلاکس بر ترکیب فلز جوش

واکنش های بین فلز جوش مذاب و پودر جوش ذوب شده در ضمن جوشکاری زیر پودری شبیه واکنش بین مذاب و سرباره در فولاد سازی است. و لذا وظیفه سرباره مذاب کاهش ناخالصی های فلز جوش و تامین عناصری مانند منگنز و سیلی برای فلز جوش است. چنانچه در قسمت الف شکل ۴ مشاهده می شود با افزایش MnO در سرباره تا حدود ۱۰ درصد مقدار منگنز فلز جوش افزایش سریع دارد که به تدریج مقدار این افزایش کم می شود.

لذا بسیاری از فلاکس ها حاوی حدود ۱۰٪ اکسید منگنز است. رابطه مقدار SiO₂ موجود در فلاکس و مقدار Si فلز جوش متفاوت است و تا هنگامی که SiO₂ موجود در سرباره حدود ۴۰٪ باشد سیلیسیم اندکی جذب نمی شود لذا فلاکس های تجاری و مخصوصاً "فلاکس هایی که برای جوش های با چند پاس تولید می شوند مقدار زیاد حدود ۴۰٪ SiO₂ دارند. برخی فلاکس ها می توانند فروآلیاژها را برای جوش تامین کنند.

اکسیدهای فلزی موجود در پودر مانند NiO, MnO₃, Cr₂O₃ باعث انتقال عناصر فلزی از سرباره به فلز جوش شوند. مقدار Cr₂O₃ فلاکس، ترکیب الکتروود، ترکیب فلز پایه ای که بر روی آن فلز جوش رسوب می کند بر مقدار سیلیسیم باقی مانده در فلز جوش تاثیر می گذارند. همه عواملی که زمان واکنش فلز - سرباره یا متوسط دمای حوضچه جوش را تغییر دهد، بر توزیع عناصر آلیاژی باقی مانده در فلز جوش تاثیر خواهد گذاشت. در شرایط طبیعی جوشکاری، سرعت حرکت مهمترین عامل در رسوب عناصر آلیاژی است و نیز افزایش ولتاژ عموماً " باعث افزایش عناصر فلزی منتقل شده به فلز جوش می شود.

گرانروی و هدایت سرباره ها

برای اینکه فلاکس در برابر نفوذ گازهای اتمسفری مقاوم باشد باید گرانروی آن در منطقه جوش به اندازه

کافی بالا باشد که در ضمن بتواند از سرریز شدن فلز مذاب و حرکت آن به سمت جلوی قوس که ممکن است باعث حبس سرباره در زیر فلز جوش مذاب شود جلوگیری کند. از طرف دیگر به اندازه کافی سیال باشد که حل شدن سریع اجزاء غیر فلزی مانند اکسیدها و خارج شدن گازها از فلز مذاب را ممکن سازد. ویسکوزیته فلاکس مذاب در دمای 1400°C در حدود ۲ تا ۷ poises می باشد. دانه های پودر جوش در دمای اتاق عایق الکتریکی هستند و مقاومت آنها با افزایش دما کاهش می یابد و سرباره های مذاب در دمای حوضچه جوش بسیار هادی هستند.

شرایط جوش

دانشیته جریان الکتریسته در سیم الکتروود جوش زیر پودری در مقایسه با مقدار آن در جوش الکتروود دستی چندین برابر بزرگتر و نرخ ذوب و سرعت جوشکاری نیز بیشتر است. ارتباط بین ولتاژ معمول تجهیزات صنعتی و جریان نشان داده شده است. برای این داده ها فرض شده که هر یک از تنظیمات جریان جوشکاری دامنه ای حدود ۱۰ ولت دارد، که در این محدوده جوش سالم در ولتاژهای بالاتر گرده جوش پهن تر و در ولتاژهای پایین تر گرده جوش باریکتر می دهند. در ولتاژ جوشکاری و مجموع و پتانسیل کاتد و آند با افزایش جریان جوشکاری افزایش می یابند. و در هر جریانی با کاهش ولتاژ و یا مجموع پتانسیل کاتد و آند مقدار پودر ذوب شده کاهش می یابد و به صفر نزدیک می شود. خطی نبودن کاهش پتانسیل کاتد و آند نشان دهنده وجود هدایت الکترولیتی است.

حداکثر سرعت جوشکاری قابل استفاده برای جوشکاری بدون عیب و رفتار پایدار، با جریان جوشکاری تغییر می کند. هنگامی Undercut رخ می دهد که جوشکاری در سمت راست خط مورب انجام شود. مثلاً "جوش تک پاس را در ورق های به ضخامت ۱ اینچ را می توان با ۱۵۰۰ آمپر و با سرعت ۱۰ اینچ در دقیقه جوش داد.

فاصله نازل

فاصله بین سطح فلز پایه و نوک لوله تماس (نازل) در گرمای وارده به جوش و لذا نرخ ذوب تاثیر می گذارد. زیرا نرخ ذوب الکتروود جوش مجموع ذوب شدن بر اثر گرمای قوس و ذوب شدن بر اثر گرمای مقاومت الکتریکی (I²R) در طول الکتروودی که از نازل خارج شده است می باشد. بسته به طرح اتصال و طول قوس،

انتهای الکتروود ممکن است بالاتر، هم سطح یا زیر سطح بالایی فلز پایه باشد. نرخ ذوب ناشی از گرمای مقاومتی I^2R در الکتروود تابع نمایی از طول الکتروود بین نازل و قطعه کار، جریان و قطر الکتروود می باشد. افزایش مقدار ذوب بر اثر گرمای مقاومتی به شدت جریان و طول الکتروود خارج از نازل وابسته است، که هر دو تابعی از قطر الکتروود می باشند.

نفوذ

نفوذ، عمق تشکیل رسوب جوش درشیار یا سطح فلز پایه است که معمولاً "فاصله زیرسطح اصلی است، که فلز آن ذوب شده است. ولتاژ کم اهمیت ترین و جریان جوشکاری مهمترین عامل در محاسبه نفوذ و سرعت جوشکاری است. تاثیر متقابل ولتاژ، جریان و سرعت حرکت جوش بر مقدار نفوذ که از چندین آزمایش زیر پودری بدست آمده اند. برای سایر فرایندهای جوش قوس، GMAW و SMAW نیز رابطه خطی مشابهی بدست آمده است. شیب این خط مورب در فرایندهای مختلف متفاوت است و بیشترین مقدار آن مربوط به فرایندهایی است که از گازهای محافظ هلیوم یا CO₂ استفاده می کنند. ظرفیت حرارتی فلز جوش مذاب برای محاسبات گرمای ورودی و سرعت سردشدن دارای اهمیت هستند و با مقطع عرضی گرده جوش که نشان دهنده مقدار فلزی است که برای ذوب شدن گرم می شود، متناسب است. بازده تولید برای هر روش جوشکاری به اندازه گیری این ناحیه مربوط می شود. ارتفاع گرده جوش با افزایش جریان جوشکاری و کاهش سرعت حرکت جوشکاری افزایش می یابد و تاثیر ولتاژ برگرده جوش ناچیز است.

رقت

نسبت فلز پایه به رسوب فلز جوش عامل مهم در کنترل خواص مکانیکی فلز جوش است. رقت فلز جوش از فلز پایه را می توان از روی نسبت حجم گرده (سطح مقطع عرضی درطول گرده) بر فلز پایه حساب کرد. رقت فلز جوش از فلز پایه با افزایش نسبت جریان به سرعت جوشکاری افزایش می یابد. با افزایش ولتاژ نرخ ذوب الکتروود اندکی کمتر شده و لذا باعث افزایش رقت می شود.

بازرسیته پودر جوش

اندیس بازی پودر جوش (BI) معیار دیگری برای طبقه بندی پودرهای جوش است که مقدار اسیدی بودن روش تولید فلاکس را و همچنین فعال، خنثی یا آلیاژی بودن فلاکس را مشخص می کند. اندیس بازی

نسبت مجموع اکسیدهای فلزی با پیوند سخت به مجموع اکسیدهای فلزی با پیوند سست است . اندیس بازی برآوردی از مقدار اکسیژن فلز جوش است و لذا می تواند برای بیان خواص فلز جوش بکار رود . پودرهای جوش با بازیسیته بیشتر تمایل به داشتن اکسیژن کمتر و استحکام بالاتر در فلز جوش دارند. در حالی که پودرهای جوش اسیدی، جوشی با اکسیژن بیشتر ، ریز ساختار درشت تر و با مقاومت کمتر در مقابل تورق تولید می کنند. پودرهای جوشی با اندیس بازی بیشتر از ۱/۵ پودر جوش بازی و با اندیس بازی کمتر از یک ، پودر جوش اسیدی شناخته می شوند.

پودرهای جوش اسیدی معمولا برای جوش های تک پاس مناسبند و رفتار جوش مناسب و در گرده جوش خاصیت ترکندگی خوب دارند. علاوه بر آن پودرهای جوش اسیدی در مقایسه با پودرهای جوش بازی مقاومت بیشتری در برابر ایجاد تخلخل ناشی از آلودگی های چون روغن ، زنگ و پوسته های نوردی در ورق دارند. پودرهای جوش بازی در مقایسه با پودرهای جوش اسیدی مقاومت به ضربه بهتری نشان می دهند. این مزیت در جوش چند پاس به وضوح مشهود است.

پودرهای جوش با بازیسیته زیاد در جوش های بزرگ با چند پاس خواص ضربه خیلی خوب و در جوش تک پاس خواص ضعیفتری را در مقایسه با پودرهای جوش اسیدی نشان می دهند. لذا مصرف پودرهای جوش بازی باید به جوش های بزرگ چند پاس که در آن استحکام ضربه خوب برای فلز جوش نیاز باشد محدود شود.

منابع عیوب در جوش زیر پودری

جوش زیرپودری فرایندی با گرمای ورودی بالاست و در زیر لایه محافظ فلاکس انجام می شود و لذا امکان بروز عیوب جوش در این روش بسیار کمتر از سایر روش هاست . عیوبی که بعضا" در جوش زیرپودری رخ می دهند عبارتند از: ذوب ناقص ، سرباره باقیمانده درون جوش ترک انقباضی ترک هیدروژنی و تخلخل. ذوب ناقص و سرباره باقیمانده درون جوش اغلب ناشی از قرار گرفتن صحیح گرده جوش بر روی درز جوش و یا از فرایند ناشی می شود. انحراف گرده جوش از محل خود باعث ایجاد چرخش و تلاطم فلز مذاب و اکسیژن تکه هایی از سرباره به درون فلز جوش شود. و اگر هم که گرده جوش دور از لب های اتصال باشند باعث عدم نفوذ کافی جوش به فلز پایه شود. گرده جوش تاجی شکل که بر اثر پایین بودن ولتاژ ایجاد می شود نیز احتمال بروز نفوذ ناقص و محبوس شدن سرباره را بخاطر مختل شدن حرکت یکنواخت مذاب تشدید می کند.

ترک انقباضی

ترک انقباضی در وسط طول گرده جوش زیر پودری هنگامی رخ می دهد که شکل گرده جوش و یا طرح اتصال مناسب نباشد و یا مواد جوش غلط انتخاب شده باشند. متمایل به ترک انقباضی در جوش با گرده جوش محدب و به شکل گرده ماهی هنگامی که نسبت پهنا به ارتفاع آن بیشتر از یک باشد کمتر است. هنگامی که عمق نفوذ جوش زیاد باشد تنش های انقباضی باعث ترک طولی در وسط جوش می شود و خطر این ترک می تواند بر اثر طرح اتصال نامناسب تشدید شود. مواد مستحکم تر بدلیل تنش بیشتر در جوش تمایل بیشتری به ایجاد ترک دارند. لذا هنگام استفاده از این مواد باید در انتخاب مواد جوش، آماده سازی طرح اتصال، دمای پیش گرمایش و دمای بین پاس ها کاملاً دقت شود.

ترک هیدروژنی

ترک هیدروژنی یک فرایند کند است و برخلاف ترک انقباضی که بلافاصله پس از جوش ظاهر می شود ایجاد آن تا روزها پس از جوش نیز می تواند ادامه یابد. برای کاهش خطر ترک هیدروژنی باید همه منابع هیدروژن مانند آب، روغن و آلودگی های موجود در فلاکس الکتروود و سطوح اتصال حذف شوند و ورق فلاکس و الکتروود کاملاً تمیز و خشک باشند. فلاکس و الکتروود را باید در محل های خشک و مقاوم به رطوبت نگهداری کرد و چنانچه در معرض رطوبت قرار گرفت باید طبق دستور سازنده مجدداً خشک شوند. انتخاب مواد جوش مناسب برای فولادهای پر استحکام مقاومت جوش را در برابر ترک هیدروژنی افزایش می دهد. مواد جوش ویژه مقاوم در برابر ترک هیدروژنی ساخته می شوند که قابلیت نفوذ هیدروژن در جوش را کاهش می دهند.

پیش گرمایش قطعه کار خطر ترک هیدروژنی را باز هم کاهش می دهد. قطعات ضخیم گرمای پیش گرم را تا ساعت ها پس از جوشکاری در قطعه نگه می دارند. لذا خطر ترک هیدروژنی در این قطعات کمتر است. دمای پیش گرم مناسب بیشتر از 100°C است زیرا در این دما هیدروژن درون فولاد کاملاً متحرک است و به خروج بیشترین مقدار هیدروژن از فولاد کمک می کند.

تخلخل

درجوش زیر پودری سرباره حفاظت خوبی از مذاب انجام می دهد و لذا تخلخل ناشی از ورود گاز به مذاب در جوش. زیر پودری معمول نیست. در جوش زیرپودری منشاء تخلخل ممکن است از درون مذاب و یا فشردگی هایی در سطح گرده جوش باشد. برای کاهش تخلخل در جوش زیر پودری باید پوشش فلاکس کافی باشد و ورق، الکتروود و فلاکس از همه آلودگی ها از جمله رطوبت روغن و غیره پاک باشند. در سرعت های بیش از حد جوش کاری نیز حباب های گاز فرصت خارج شدن از مذاب را پیدا نمی کنند که در صورت وجود حباب ها درست در زیر سرباره برای کنترل آن باید سرعت پیشروی جوشکاری را اندکی کاهش داد