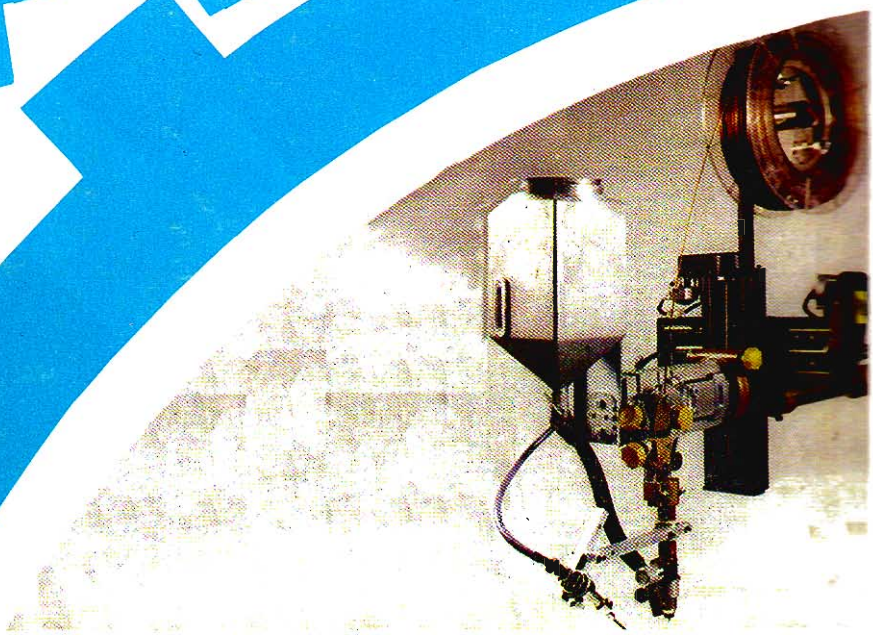
جمهوری اسلامی ایران
وزارت کار وامور اجتماعی

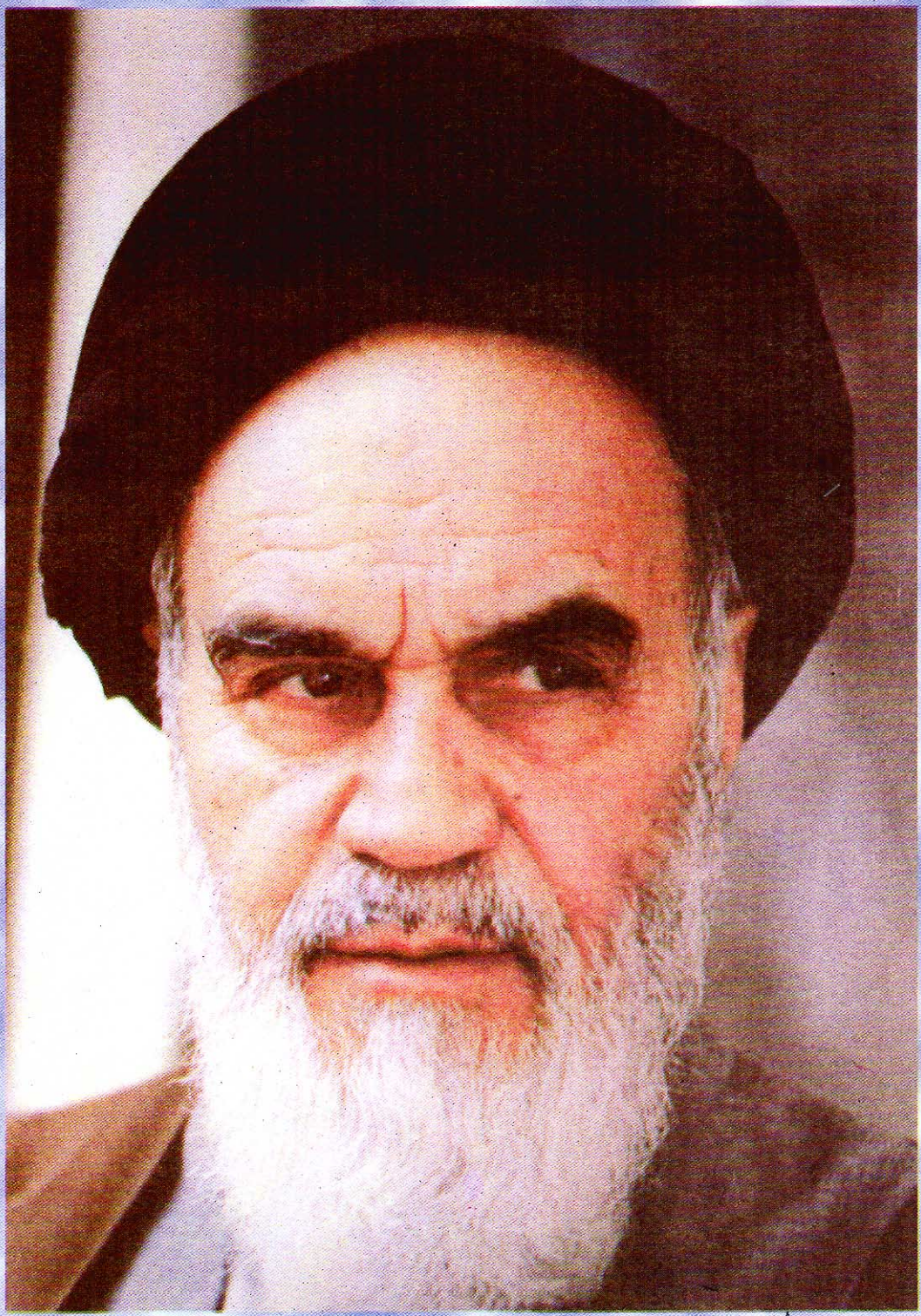
سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور



جوشکاری زیرپودری

علمی و کاربردی

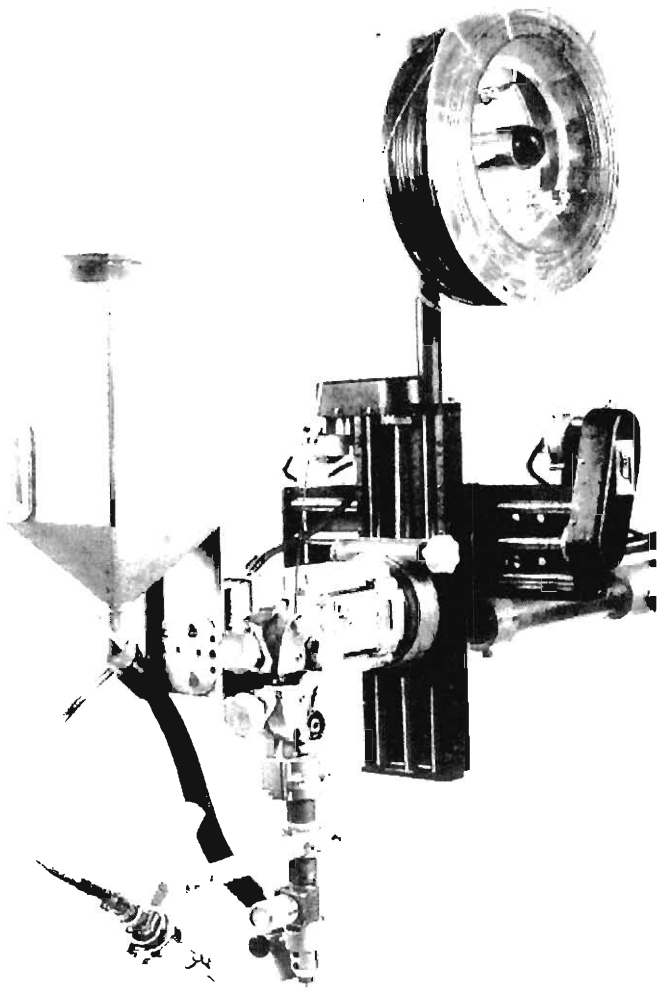
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ
ن
وَالْقَلَمِ وَمَا يَسْطُرُونَ ١



دانش های فنی مورد نیاز یك کشور اسلامی را فرا بگیرید .

امام خمینی (قدس سره الشریف)

جوشکاری زیرپودری
علمی و کاربردی



نام کتاب : جوشکاری زیرپودری، علمی و کاربردی
ترجمه و تالیف : فریدون غفاری
ناشر : سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور
تیراژ : ۲۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : دوم
سال انتشار : تیرماه ۱۳۷۷
حروفچینی : واحد کامپیوتر ـ مدیریت پژوهش
لیتوگرافی ، چاپ و صحافی : اداره چاپ و انتشارات (مدیریت پژوهش)

کلیه حقوق برای سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور محفوظ است

بسمه تعالی

مقدمه

اساسی ترین هدف هر دوره آموزشی تربیت افراد و متناسب ساختن شخصیت و قابلیت های آنان با دگرگونی و تحولات اجتماعی - اقتصادی و فرهنگی است ، تا کارآیی لازم را برای پذیرش و ایفای نقشی که در پیشبرد وظایف اجتماعی و شغلی در جهت حفظ و حراست از ارزشهای جامعه که در آن زندگی می کنند ، کسب نمایند .

با توجه به اینکه رشد سریع تکنولوژی ، تغییرات و تاثیرات عمیقی در مسائل اجتماعی و اقتصادی بدنبال داشته ، اتخاذ روشهایی که هماهنگ کننده برنامه های آموزشی با توسعه تکنولوژی و تحول و متضمن تامین نیروی انسانی ماهر و متخصص مورد نیاز آن باشد ، اجتناب ناپذیر است .

تجربه و مطالعه نشان داده که مناسبترین روش آموزشی که جوابگوی امر مزبور می باشد « کارآموزی نیروی انسانی » است . این روش بدین لحاظ حائز اهمیت است که در ماهیت برنامه ها ، مطالب و محتوای درسی کارآموزان ویژگیهای زیر مشاهده می شود :

۱ - ملاک و معیار برای انتخاب موادو موضوعات دروس نظری وعملی کارآموزی ، با توجه به ایجاد مهارتها برای جوابگویی به نیازهای متنوع مشاغل و روشهای جدید و نوین کار و آماده ساختن افراد برای احراز شغلی مفید و انجام کار مناسب و در خور شخصیت والای انسان ، می باشد .

۲ - محتوای برنامه های کارآموزی ، سازگاری انسانها در مقابل زندگی عینی و شایستگی آنان را برای سازندگی ، تضمین می نماید .

۳ - ایجاد مهارتهای تخصصی از طریق کارآموزی

۴ - برنامه های آموزشی کارآموزان در دو جهت یاد گیری مهارتها و تغییر رفتار موثر است و یاد گیری را در جهت تغییر رفتار مطلوب ، تامین می نماید .

۵ - هر چند که در کارآموزی ، آموزش مهارتها به افراد برای انجام کارهای محوله اهمیت دارد ، لیکن در برنامه های کارآموزی نکاتی منظور می شود تا کارآموزان با فراگیری آنها ضوابط و معیارهای سازمانی را رعایت نموده و تاثیر فعالیتهای آنان در جهت اهداف سازمان افزون گردد .

۶ - محتوای دروس کارآموزی ، نه تنها کارآموزان را با یافته های جدید علمی آشنا می نماید ، بلکه آنان را قادر می سازد تا خلاقیت و ابتکار تازه ای پدید آورند .

۷- از طریق کار آموزی و اثر آن در ایجاد مهارتهای قابل اشتغال و ارتقاء مهارت بر اساس تغییرات فرآیند کار ، اهداف و فعالیتهای تولید تحقق خواهند یافت ، که مهمترین این اهداف عبارتند از :

۷-۱- افزایش میزان کمی و کیفی تولید .

۷-۲- بهبود و روشهای عملیات پشتیبانی در امر تولید ، از قبیل برنامه ریزی دقیق برای روشهای برآورد قیمت - بازاریابی - خدمات مهندسی ، تحقیقاتی و . . .

۷-۳- بهبود روابط کار و ایجاد روحیه همکاری بین کارکنان .

۷-۴- تقلیل ضایعات در تولید و حوادث کار .

۷-۵- هموار شدن راه شغلی کارکنان و قبول مسئولیتهای بیشتر از طرف آنان .

۷-۶- بهبود یافتن روشهای تولید و توزیع کالاها- ارائه خدمات مفید پس از فروش و تحویل به موقع سفارشات خریداران .

۷-۷- ایجاد همبستگی بیشتر کارکنان با سازمان و واحدهای تولیدی و رضایت شغلی در آنها به لحاظ مهارتهای اکتسابی .

۷-۸- از بین رفتن تعارض بین اهداف سازمانی و خواسته های کارکنان .

لازم به ذکر است که کارآموزی به منظور عام آن محدود به رشته های خاص و تحصیل در حرف مشخص برای افراد بخصوص نبوده و دامنه آن بسیار وسیع می باشد. بطوریکه تمامی حرفه ها و مشاغل را شامل گشته و ایجاد زمینه های اشتغال و کسب شرایط احراز شغل، برای همگان حتی کسانی که دوره های آموزش عالی را گذارانیده اند، ضروری است .

به موجب قانون کار جمهوری اسلامی ایران ، فراهم نمودن امکانات جهت برگزاری دوره کارآموزی و تربیت نیروی انسانی ماهر و متخصص و اجرای این دوره ها بعهده سازمان آموزش فنی و حرفه ای وابسته به وزارت کار و امور اجتماعی گذاشته شده است .

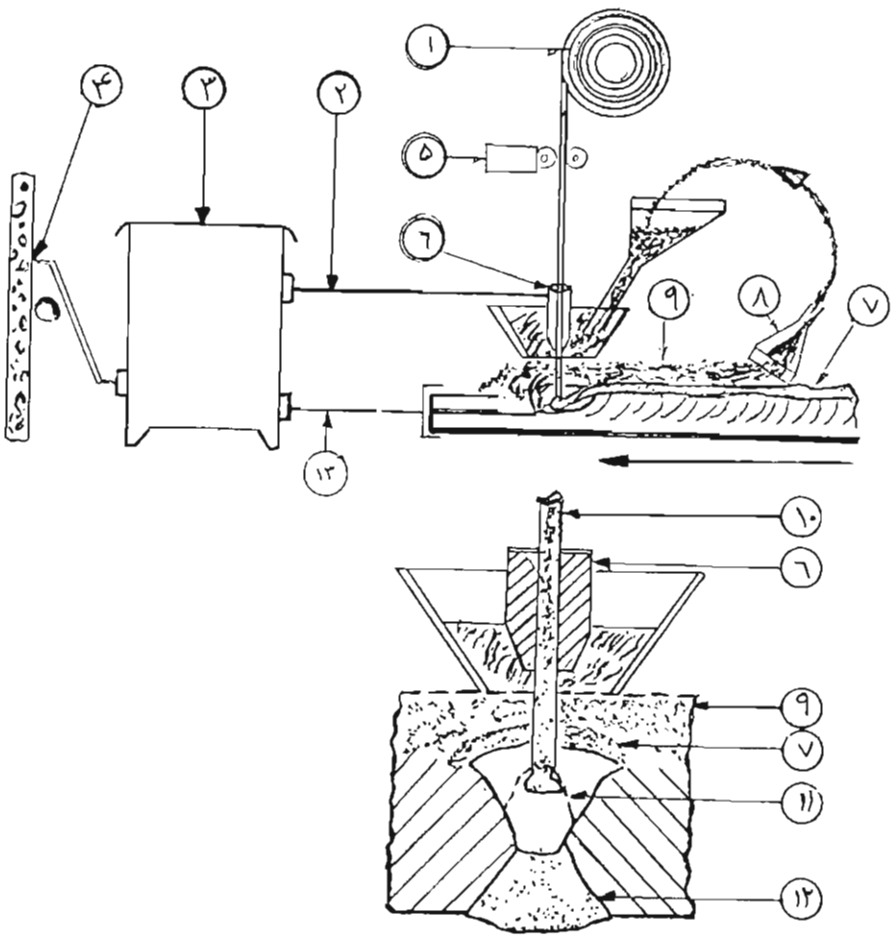
به منظور حصول به این هدف آنچه در گام اول مطرح می شود شناسایی صنایع و مهارتها وجمع آوری اطلاعاتی است که منجر به تهیه استانداردهای مهارت وآموزشی ، کتب و جزوات ووسایل کمک آموزشی توسط مدیریت پژوهش شده که گام موثری در شناخت عوامل و صفات مورد نیاز در واحدهای تولیدی و صنعتی برداشته است .

حسین کمالی

وزیر کار وامور اجتماعی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه عمومی	۲
جوشکاری زیر پودری از نظر متالوژیکی	۸
اساس وقوع انجماد ذوب	۱۰
تجهیزات و دستگاه برای جوشکاری زیر پودری	۱۲
شدت جریان	۲۱
ولت	۲۴
سرعت جوشکاری	۲۴
سیم جوش مصرفی	۲۵
پودر جوشکاری	۳۰
ابعاد و دانه‌بندی پودر جوشکاری زیر پودری UP:	۳۲
اشکالات احتمالی در جوشکاری زیر پودری و راه برطرف نمودن آنها	۳۶
اجرای روش جوشکاری زیر پودری	۴۰
زاویه پخ در جوشکاری زیر پودری UP:	۵۱
کابل جوشکاری (کابل مثبت)	۶۱
کابل اتصال بدنه (کابل منفی)	۶۱
جوشکاری درزهای مدور	۶۳
روند جوشکاری در ابتدای شروع	۶۶
جوشکاری قطعات ضخیم	۶۷
جوشکاری بوسیله دستگاه دوسره (دونازل Tandem)	۶۸
جوشکاری مخازن	۷۴
روش چند پاسه	۷۴
جوشکاری زیر پودری روی قطعات دارای نیکل و آلیاژ نیکل	۷۶
جوشکاری روی مس و آلیاژهای آن	۷۷
مسائل اقتصادی جوشکاری زیر پودری	۷۷



۱ - کلاف سیم جوش ۲ - کابل جریان (مثبت) ۳ - دستگاه ترانس رکتی فایر

۴ - پریز برق شهر ۵ - وایر فیدر ۶ - نازل هدایت جریان و سیم ۷ - شلاکه

۸ - قیف مکنده پودر ۹ - پودر جوش ۱۰ - سیم جوش «مسوار» ۱۱ - قوس الکتریکی زیر پوشش پودر ۱۲ - گرده جوشکاری شده ۱ ۱۳ - کابل اتصال به قطعه

نمایی از عملکرد دستگاه جوشکاری زیرپودری و نام قسمتهای مختلف آن

جوشکاری بوسیله قوس الکتریکی زیر حفاظت پودر UP :

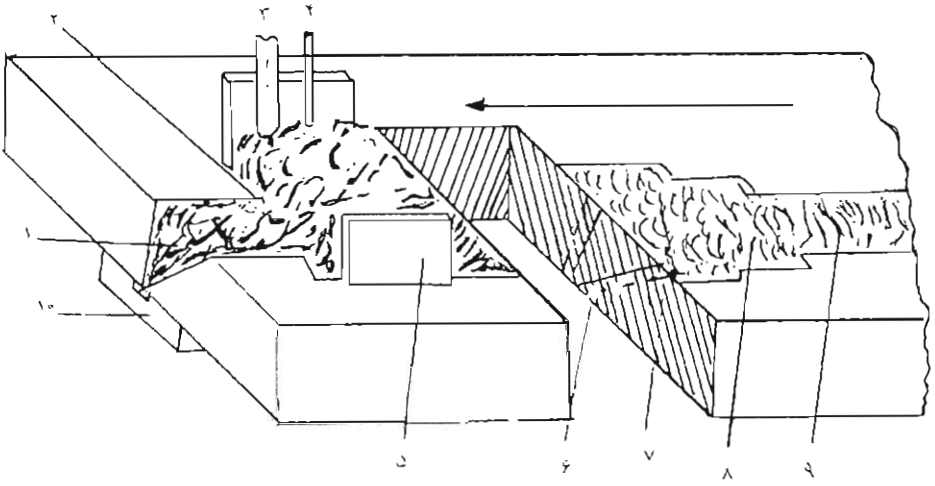
مقدمه عمومی

جوشکاری زیرپودری روشی است خودکار با استفاده از قوس الکتریکی ، در این روش قوس الکتریکی قابل دیدن نیست و در زیر پودر عمل جوشکاری انجام می‌گیرد . شکل شماره ۱ - در این روش محل جوش به وسیله دستگاه (کله‌گی دستگاه) سیم جوش بدون پوشش که از دور یک کلاف باز می شود (۴) به محل جوشکاری هدایت می‌گردد . قوس الکتریکی مابین نوک این سیم و قطعه‌کار فعال می‌گردد و در آنجا در زیر پودر ریخته شده عمل ذوب اجرا می شود (۲) پودر به وسیله لوله‌ای (۳) به محل لازم ریخته می شود (اغلب سر این لوله قیفی شکل است) و شیار درز و منطقه ماقبل جوش را پر می‌نماید (۱) .

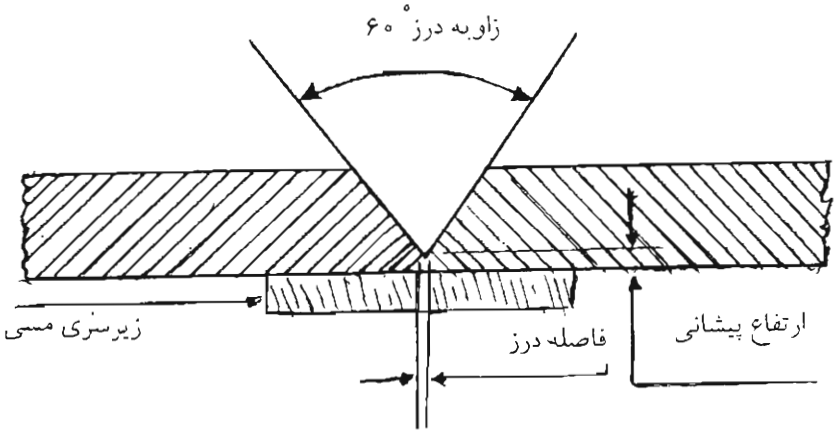
منطقه ماقبل نقطه جوشکاری لحظه به لحظه از طریق قوس الکتریکی شعله ور می شود و کار به پیش می‌رود . شروع روشن شدن قوس به وسیله فشار دادن یا چرخاندن یک کلید انجام می‌گیرد (استارت) البته برای اینکه قوس اولیه راحت‌تر و با اطمینان و بدون مزاحمت شروع شود از مقداری الیاف سیمی ظریف (سیم ظرفشویی) که به صورت گلوله‌ای کوچک درست شده و مابین نوک سیم و قطعه قرار می‌دهند و به دلیل داشتن آمپر زیاد و مقاومت زیادی که در موقع استارت زدن در آن محل خواهیم داشت و ظرافت الیاف، قوس الکتریکی بدون هرگونه مشکل شروع می شود .

البته در دستگاه‌های جدید استارت اولیه بوسیله استفاده از یک فرکانس زیاد (HF)کار شروع می شود و پس از برقراری قوس برق دستگاه به حالت اولیه خود یعنی عادی برمی‌گردد (ولت و آمپر تنظیم شده) .

شکل شماره ۱ - نمایی از عملکرد جوشکاری زیرپودری UP



۱ - درز میان دو قطعه ۲ - پودر جوش ۳ - مجرای ریزش پودر ۴ - سیم جوش
۵ - نگاه دارنده پودر ۶ - گرده منجمد شده ۷ - پودر اضافی قابل برگشت
۸ - شلاکه سخت شده ۹ - سطح گرده جوش ۱۰ - مس مخصوص زیرسری



شکل شماره ۲ - نمای اتصال لب به لب با فرم جناغی یک طرفه و پیشانی و زیرسری

(تصویر شماره ۱)

حال قوس الکتریکی شروع به سوزاندن مقداری از پودرهای اطراف خود می‌نماید ، و با فشاری که پودر در روی حوضچه ذوب دارد باعث تشکیل مقداری گاز شده و حوضچه ذوب را در مقابل عوامل جوی که برای منطقه ذوب ضرر دارد محافظت می‌نماید ، و این روند عملکرد در طول کار به طور مرتب تکرار می‌گردد . با داشتن ۲۵ تا ۶۰ ولت و شدت جریان زیاد که روی سیم بارگذاری گردیده و ریختن پودر در مسیر جوشکاری کار ادامه می‌یابد .

اکنون به دو طریق : یعنی یا دستگاه (کله گی) به جلو حرکت می‌کند و یا دستگاه بدون حرکت باقی می‌ماند و قطعه به جلو حرکت می‌کند . (مخصوص جوشکاری مخازن و یا قطعات مدور) .

بعد از عمل ذوب (۶) مقداری از پودر که سوخته به شکل شلاکه (۸) روی گرده داغ را پوشانده و بعد از برداشتن پودرهایی که نسوخته ، حال بوسیله مکنده یا برسهای سیمی ظریف بعد از خنک شدن گرده جوش (۹) شلاکه از روی گرده برداشته می شود .

باید تا آنجا که امکان دارد از شکستن و کندن شلاکه از روی گرده داغ خودداری

گردد . گرده جوش با ذوب $\frac{۲}{۳}$ از قطعه و $\frac{۱}{۳}$ از سیم جوش با داشتن حوضچه ذوب بسیار بزرگ نسبت به دیگر روشهای جوشکاری قوس الکتریکی تشکیل گردیده و خنک شدن گرده را به تأخیر می‌اندازد .

در پاره‌ای موارد برای جلوگیری از ریختن پودر و ذوب به خارج در زیر درز جوش (پشت قطعه) از قطعه مسی (۱۰) استفاده می شود .

دراین روش جوشکاری قوس الکتریکی در معرض دید قرار ندارد ، و جهت مراقبت از اجرای صحیح کار با داشتن دستگاه کنترل که نشان دهنده میزان تنظیم ولت ، آمپر و سرعت حرکت یعنی سرعت جوشکاری می‌باشد انجام می‌گردد . [۱]

به طور مثال برای آزمایش مناسب بودن پارامترها می‌توان مقداری جوشکاری روی قطعه کاری با ضخامت ۴۰ میلی‌متر انجام داد و با مشاهده اثر حرارت و سرخی مایل به سفیدی از پشت قطعه به مناسب بودن پارامترها پی برد .

با پیشرفت اجرای جوشکاری باید مقدار پودری که نسوخته از روی شلاکه برداشته شود ، حال به وسیله دستگاه مکنده و یا به وسیله جاروب فلزی نرم ، و پس از خنک شدن گرده ، شلاکه براحتی از روی گرده برداشته می شود . باید توجه داشت که پودرهای جمع شده را با دقت زیاد و جلوگیری از آلوده شدن آنها به چربی ، رطوبت و دیگر مواد آلوده‌کننده و دانه های درشت شلاکه ، می‌توان دوباره به مخزن پودر دستگاه ریخته و استفاده نمود .

---

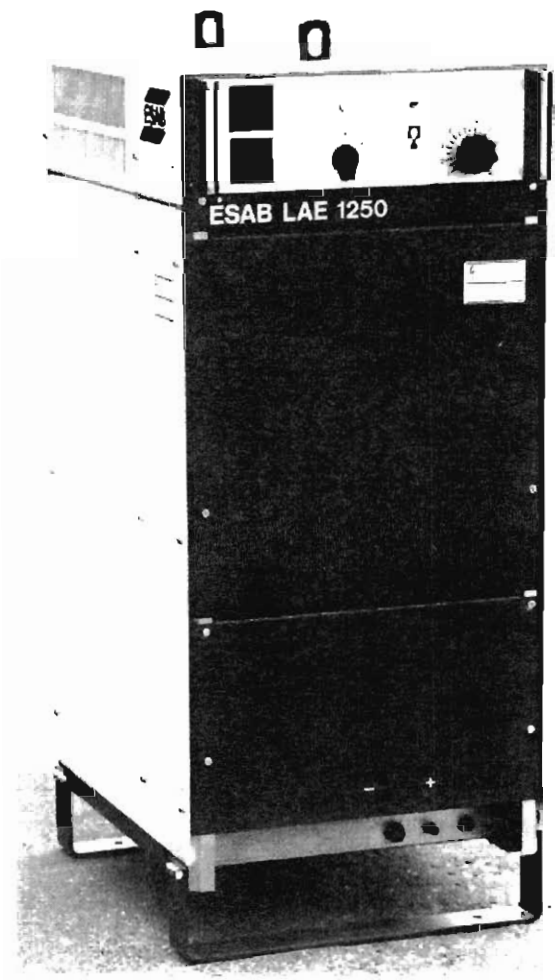
۱ - جوشکاری توسیله قوس الکتریکی زیر پوشش پودر که به نام جوشکاری زیر پودری ، معروف است در سالهای پیش یعنی حدود ۶۰ سال قبل در کشور ایالات متحده آمریکا با نام Union Melt Process تدبد آمد و معروف بود اکنون این روش جوشکاری در آنجا بنام Submerged . arc . Wolding . Process با این معنی : جوشکاری قوسی زیر پوشش پودر شناخته می شود در کشور آلمان این روش بنام Unterpulver Schweissung یعنی جوشکاری زیر پودری شناخته می شود و علامت اختصاری آن در دنیا دو حرف (UP) است . در آلمان این روش با نام دیگر که خلاصه از نام کامل Schweissung - Unterpulver می‌باشد این روش در شرکتی با نام Lindes که نمایندگی شرکتی بزرگ از آمریکا را دارا بود به کشور آلمان آورده شد

مطالبی که در ادامه آورده شده و درباره جوشکاری زیرپودری که زیر پوشش پودر مخصوص انجام می‌گردد ، با استفاده از آمپر زیاد و در نتیجه توان زیاد یعنی سیم جوش با قطر زیاد و مناسب آن توان ذوب و سرعت جوشکاری زیاد است . اولین نوع قطعه‌ای که می‌توان با این روش جوشکاری نمود ، قطعاتی است که دارای ضخامت زیاد می‌باشند و به راحتی می‌توان آنها را در یک پاس جوشکاری نمود . حتی با این روش می‌توان با امکانات جدید ورقهای فولادی نازک را هم جوش داد.

در ضمن می‌توان برای جوشکاری اتصالات و آماده سازی لبه های قطعات قبل از جوشکاری به دلیل رعایت موارد تکنیکی و اقتصادی از پخ هایی که زاویه کوچکتری دارند استفاده نمود و با این کار در مصرف سیم جوش ، برق مورد لزوم به علاوه پودر و وقت صرفه جویی و از نظر گسترش حرارت در قطعه جلوگیری نمود . دیگر محسنات خوب این روش اطمینان از مرغوبیت گرده جوش در مقابل عکسبرداری با روش ایکس و کاما X Ray و Gama و مقاومت خوب در مقابل ترک می‌باشد . همچنین به دلیل داشتن سطح گرده صاف و صیقلی نیازی به انجام کارهای ترمیمی نداریم و این مسئله خود از نظر اقتصادی مهم می‌باشد .

در ضمن این روش کمترین تنش را در قطعه ایجاد و در نتیجه از اعوجاج هم جلوگیری می‌گردد . کار با دستگاه جوش زیرپودری که بعدا" در مورد آن به طور مفصل صحبت گردیده دارای توان زیادی است و به دلیل راحتی به کارگیری از این روش دارای مزیت می‌باشد و می‌توان هدایت کننده (اوپراتور) خوبی را در مدت زمان کوتاه برای کار با این روش آموزش داد . معمولا" دستگاه جوش زیرپودری با ادوات مختلفی تجهیز می‌گردد و بکارگیری از این ادوات جنبی کار را بیشتر اقتصادی می‌نماید . در عکسهای زیر بعضی از این ادوات جنبی آورده شده است . همچنین می‌توان جوشکاری را بوسیله دو سره همزمان با بکارگیری از دو دستگاه انجام داد که به نام Tandem معروف است .

از این روش برای جوشکاری پوششی و یا دادن سختی نیز استفاده می شود . همچنین به دلیل داشتن خواص خوب تکنولوژیکی می توان قطعات مختلفی را مثل چرخهای جرثقیل و یا غلطکهای کوچک و بزرگ را که خوردگی پیدا نموده‌اند با انتخاب سیم و پودر مناسب سختی و ضخامت لازم را به آنها داد .



تصویر شماره ۲

مواردی که جوشکاری زیرپودری می‌تواند مفید باشد :

یکی هم جوشکاری پوششی یا دادن سختی به قطعات از آنجمله جوش بر روی غلطکهای مستعمل و یا روکش کاری برای ازدیاد سختی آنها می‌باشد . برای این منظور مناسب ترین جریان ، جریان مستقیم (DC) و قرار دادن سیم جوش در روی قطب مثبت می‌باشد .

استفاده از جریان مستقیم برای فلزات رنگین بهتراست زیرا عمق ذوب و توان بیشتری را خواهیم داشت . اما استفاده از جریان متناوب (AC) برای کاربرد در آمپرهای زیاد (۴۰۰۰ آمپر) حق تقدم را دارا می‌باشد . زیرا بکارگیری ترانسفورماتور متناوب توان کاربردی بیشتری را نسبت به رکتی فایر دارد . و می‌توان چندین مبدل (AC) را برای داشتن آمپر زیاد به صورت موازی به هم متصل نمود .

توان ذوب در جریانهای مختلف با هم فرق دارند . به طور مثال :

در قطب مثبت جریان مستقیم	0/52 g / Amin
در قطب منفی جریان مستقیم	0/32 g / Amin
در جریان متناوب	0/40 g / Amin

جوشکاری زیرپودری از نظر متالوژیکی :

در این روش حوضچه ذوب بسیار بزرگ ، بسیار گرم و از اینرو دارای ذوب روان می‌باشد و به همین دلیل کمی دیر منجمد می‌گردد . پس زمان زیادی را نیاز دارد تا بتواند سرد گشته و سخت گردد ، همچنین مواد ذوب از نظر وزن مخصوص چیزی کمتر از فولاد منجمد ندارد و همین مسئله کمک می‌کند تا ناخالصی ها ، سرباره و مخصوصا" گازهای موجود خود را از داخل حوضچه جدا نموده و به سطح گرده بیایند . حوضچه ذوب بلافاصله توسط یک پوشش محکم و ضخیم حفاظت می‌شود و از ورود هرگونه عناصر زیان آور موجود در اتمسفر ممانعت میکند . عناصر عبارت است از ازت ، اکسیژن ، هیدروژن و همچنین از اتلاف عناصر به

راحتی جلوگیری می‌گردد و به همین دلیل فلز جوش کاملا" سالم ، پاک و باارزش است . به دلیل اتلاف عنصر منگنز به ویژه آن مقدارکه از پودر داخل ذوب می‌گردد، اتلاف کربن که چیزی در حدود ۲۰ ٪ است عملا" بدون ارتباط به نوع پودر و قبل از هر چیز به واسطه فرق میان میزان کربن موجود در مواد اصلی و سیم جوش مشخص می شود . هم‌چنین اتلاف عناصر کرم در جوشکاری زیرپودری به طور واضح زیاد است . برعکس عناصری چون مولیبدن ، نیکل ، مس از تلف شدن به دور هستند .

پس در موقع انتخاب آلیاژهای مزبور و متناسب آن سیم و پودر ، می‌توان از نظر آنالیز شیمیایی جوش ، موادی را انتخاب نمود که از لحاظ متالوژیکی باارزش‌تر باشد و با مواد اصلی (پایه) هماهنگی خوبی داشته باشد . بنابراین این میزان ذوب از قطعه اصلی $\frac{۲}{۳}$ و از سیم $\frac{۱}{۳}$ خواهد بود . پس بهترین تأثیر را در حوضچه مذاب به دلیل انتقال خوب مواد به مواد مبنا جوشکاری زیر پودری دارا می‌باشد . پس برای این روش انتخاب فولاد مشخصی نیاز نمی‌باشند . به طور مثال فولادی که دارای فسفر و گوگرد کمتری باشد . با این روش می‌توان فولادهای ساختمانی و مخازن را بدون هرگونه حد و مرزی جوشکاری نمود و از بوجود آمدن ترک ، خستگی و باقی ماندن مواد ناشناخته در گرده مطمئن باشد . به جز فولادهای کربنی می‌توان فولادهای غیر و آلیاژی را با این روش به راحتی جوشکاری نمود . البته باید در انتخاب سیم و پودر مناسب هر یک دقت کافی بعمل آید .

چنانچه احتمال خطر ترک برای جوش وجود داشته باشد می‌توانیم با استفاده از پیش گرما به این مشکل نیز فائق آییم . قبل از هر چیز باید به میزان کربن و ضخامت قطعه و گرمای موجود محیط کارگاه توجه داشته باشیم . در کنار آنالیز شیمیایی فلز جوش و در مورد مرغوبیت پیوند ساختار کریستالی جوش زیرپودری معمولا" درشت می‌باشد . یکی دیگر از موارد کار با این روش اینکه هرچه حوضچه ذوب بزرگتر باشد همانقدر سرعت خنک شدن و منجمد شدن آن دیرتر خواهد بود .

مثل جوشکاری تک پاس روی ورق ضخیم هر چقدر دانه بندی فولاد درشت و ساختارش میله‌ای باشد ، همانقدر حوضچه ذوبش کوچک و سرعت خنک شدنش زمان زیادی را لازم خواهد داشت . مثل جوشکاری در چند لایه که معمولا" همیشه ساختار پاسهای زیرین ریزتر خواهند بود .

اساس وقوع انجماد ذوب :

در ابتدا از طرفین درز و در نهایت در مرکز درز انجماد ذوب رخ خواهد داد و تا حدودی از یک همبندی کریستالی برخوردار خواهد بود . و با بزرگ شدن حوضچه ذوب همبندی کریستالی رشد خواهد نمود و خود را در سطح فوقانی درز جوش برضوح نمایان می‌سازد .

به این معنی که در سطح گرده نامرغوبتر می‌باشد .عکس شماره ۳ .

هنگام جوشکاری قطعات بسیار ضخیم با توان ذوب زیاد مثل درز جناغی یا یک طرف درز ایکس در یک لایه - با انتخاب صحیح و مشخص نمودن میزان ولت، آمپر و سرعت جوشکاری باید موفق شویم که گودی حوضچه ذوب بزرگتر از پهنای آن نباشد و قبل از هر چیز چون ذوب در مرکز گرده دیرتر از روی آن منجمد می شود از طریق انتخاب ولت کافی می‌توان به پهنای مناسب حوضچه ذوب نائل آییم ، در غیر اینصورت خطر ترک برداشتن در طول سرد شدن وجود خواهد داشت .

اغلب اوقات ترکهای موازی با درز جوش معمولا" در عکسبرداری به وسیله اشعه ایکس یا گاما هست که دیده نمی شود . در نتیجه جلوگیری از گسترش تنش موجود در پاسهای زیر می‌باشد . چنانچه مجبور باشیم درز جناغی یک طرفه و یا درز جناغی دو طرفه را با سطح مقطع بزرگ و در فرم پاسهای متعدد جوشکاری نماییم ، تحت هر شرایطی باید از استفاده چنین روشی روی قطعات ضخیم خودداری نماییم . معمولا" روی قطعات ضخیم عملا" همیشه از طریق یک درز ایکس ناهماهنگ تصویر جناغی دوطرفه نابرابر با داشتن پیشانی به طور مطمئن

می‌توان جوشکاری نمود و جلوی خطر ترک را که گفته شد گرفت و یک ساختار میکروسکوپی با ارزشی را در فلز جوش بوجود آورد و آنرا حفظ نمود. همچنین می‌توان از روش آمریکایی، یعنی جوشکاری در پاسهای متعدد و با استفاده از جوشکاری دوسره همزمان به مشکل ترک فائق آمد.

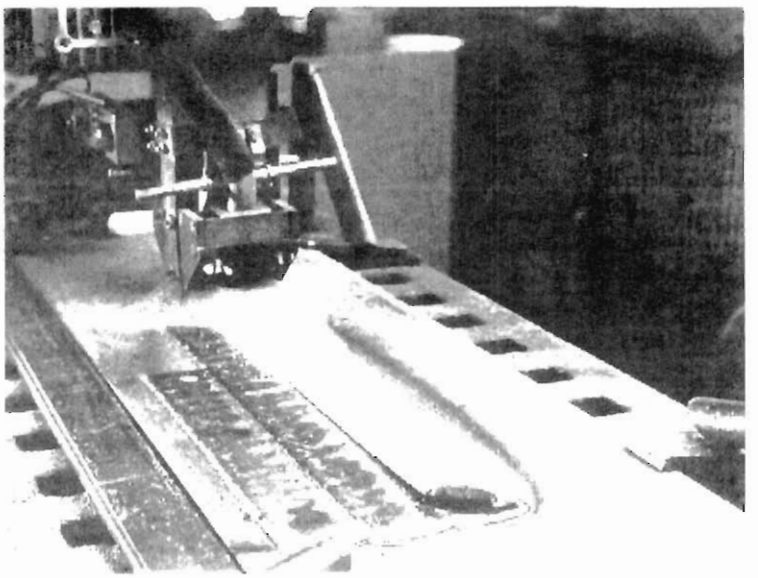
هنگام استفاده از روش جوش زیرپودری معمولاً با حوضچه مذاب بزرگ کار می‌شود و همانطورکه گفته شد تنش در مرکز درز تشکیل می شود و برای این روش جوشکاری که دارای مشخصات خاص خود از نظر موقعیت کریستالی می‌باشد. موقعیتی که روی استحکام و استحکام ضربه پذیری جوش تأثیر محسوس ندارد. ضعفی که در جوش با استفاده از روش قوس الکتریکی زیر حفاظت پودر جوشکاری به وجود آمده را می‌توان توسط عملیات تنشگیری یا نرمال کردن به طور کامل از بروز خطرات احتمالی ترک پیشگیری نمود و به مرغوبیت بسیار زیاد دست یافت و استحکام و چقرمگی در مقابل ضربه و مقاومت خمش در جوش را مرغوب نمود تا یک درز جوش و با فاکتور «یک» را داشته باشیم.

تصویر شماره ۳

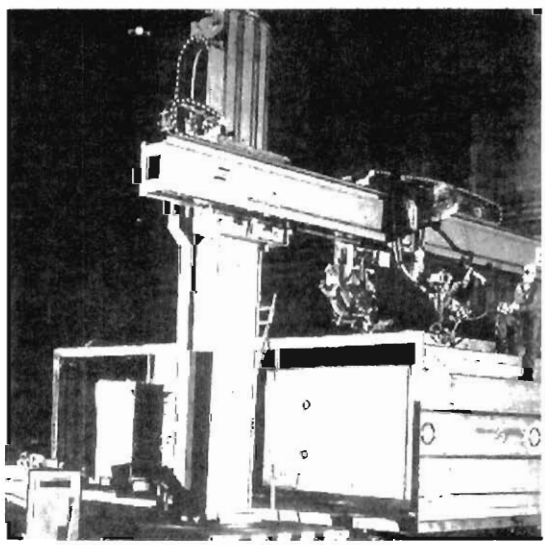
تجهیزات و دستگاه برای جوشکاری زیرپودری :

دستگاه جوش زیرپودری که مخصوص انجام کارهای سری اختصاص یافته با دستگاه جوش های معمولی فرق عمده‌ای دارند . به این شکل که دستگاه‌های سری کاری دارای میزهای گردون و یا فیکسچرهای ساده‌ای می‌باشند که می‌توان قطعات تکراری را روی آنها بست و به راحتی جوشکاری نمود .

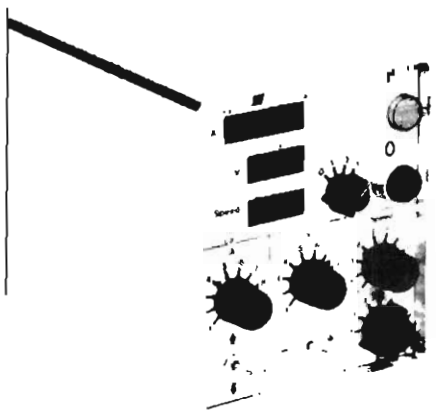
برای مثال گرداننده قطعات مدور که مخصوص روکش کاری غلطک های بزرگ و کوچک از نظر قطر و طول ساخته می شود سرعت گردش آنها قابل تنظیم به سرعت دلخواه هستند . اینگونه تجهیزات با توجه به حجم و وزنشان می‌توانند قابل حمل و ثابت باشند و می‌توان آنها را درکنار یک یا چند دستگاه جوش زیرپودری قرار داد و استفاده نمود ، معمولاً" به صورت خودکار ، کار می‌کنند . برای تولید انبوه ، یک دستگاه جوش همراه یک جیک و فیکسچر مخصوص یا یک دستگاه به همراه تجهیزات مخصوص برای تولیدی مخصوص ساخته می شود . دستگاه‌هایی که به دلیل نوع تولید دارای نازل هدایت کننده سیم بسیار بلند می‌باشند که مخصوص محل‌های تنگ و باریک طراحی گردیده ، و یا برعکس برای جوشکاری محل‌های کوتاه مثل داخل لوله ها طراحی گردیده است . در ضمن دستگاه‌هایی وجود دارند که قسمت کنترل و هدایت کننده سیم و قرقره سیم همگی بر روی یک گاری چهار چرخه که به یک موتور با جریان مستقیم (DC) متصل است قرار دارند و مخصوص جوشکاری درزهای مستقیم است یافت می شود . همچنین می‌توان دستگاهی را یافت که بر روی بالابر مونتاژ گردیده که مخصوص بالا بردن و قرار دادن در روی قطعات بزرگ مدور ، مثل مخازن با قطر بزرگ و جوشکاری درزهای بیرونی آنها ساخته و به بازار ارائه شده .



تصویر شماره ۴ نمایی از جوشکاری زیرپودری با روش نواری مخصوص روکش‌کاری



تصویر شماره ۵ تجهیزات جنبی جوشکاری زیرپودری مخصوص قطعات بزرگ



دستگاه‌های مدرن امروزی قسمت نشان دهنده آمپر، ولت و سرعت حرکت گاری (سرعت جوشکاری) به صورت دیجیتال پارامترهای لازم و تغییرات اندک را نشان می‌دهند.

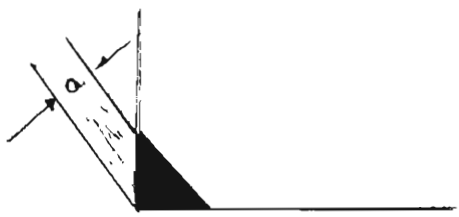
تصویر ۶

بزرگی و کوچکی نازل هدایت و ابعاد وایر فیدر بستگی به قدرت رکتی فایر آن دارد و هر قدر آمپر خروجی زیاد باشد به همان اندازه ادوات مزبور بزرگتر طراحی و کاربرد دارد. و می‌توان از سیم جوشهای ضخیمتر برای جوشکاری استفاده نمود.

در روی دستگاه‌های زیرپودری جعبه‌ای وجود دارد که دارای خروجی باریکی جهت ریختن پودر بر روی محل جوشکاری و سیم جوش است و هم‌چنین وسیله مکنده‌ای که پودر مصرف نشده توسط این قسمت مکیده شده و به داخل جعبه مزبور باز می‌گرداند.

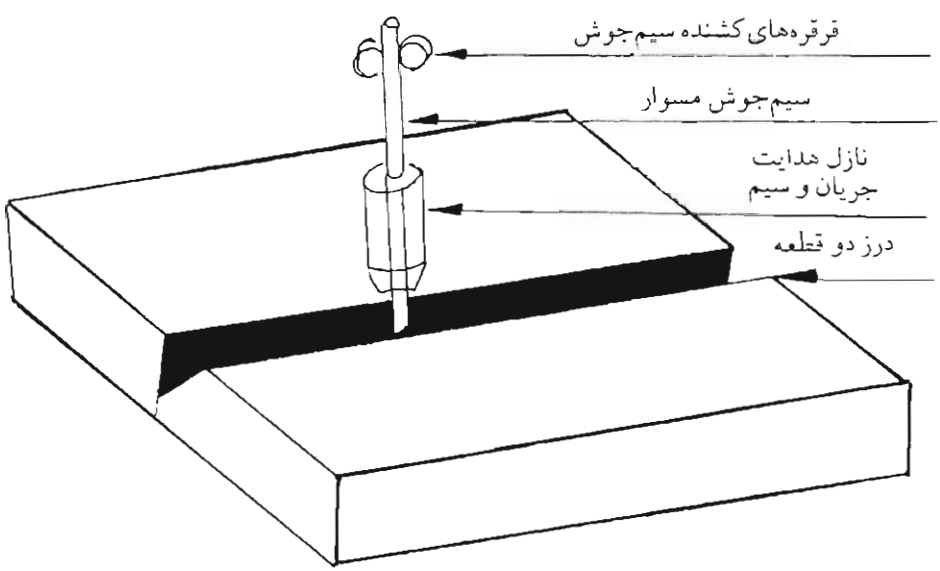
جهت جوشکاری درزهای گلویی (سپری) وسایل جنبی وجود دارد که می‌توان برای آسانتر شدن کار مورد استفاده قرار داد.

در آلمان دستگاه مخصوص جوشکاری مخازن با جداره ضخیم یافت می شود که دارای ۵۰۰ تا ۳۵۰۰ آمپر، مخصوص سیم جوش با قطر ۴ تا ۱۲ میلی‌متر و ورقهای ۵ تا ۵۰ میلی‌متر را با درز جناغی یکطرفه و ورقهای ۱۰ تا ۸۰ میلی‌متر را با درز جناغی دوطرفه و درزهای گلویی را بدون حد و مرزی از نظر ضخامت و با هر ارتفاع برای گرده (a) می‌تواند جوشکاری نماید.

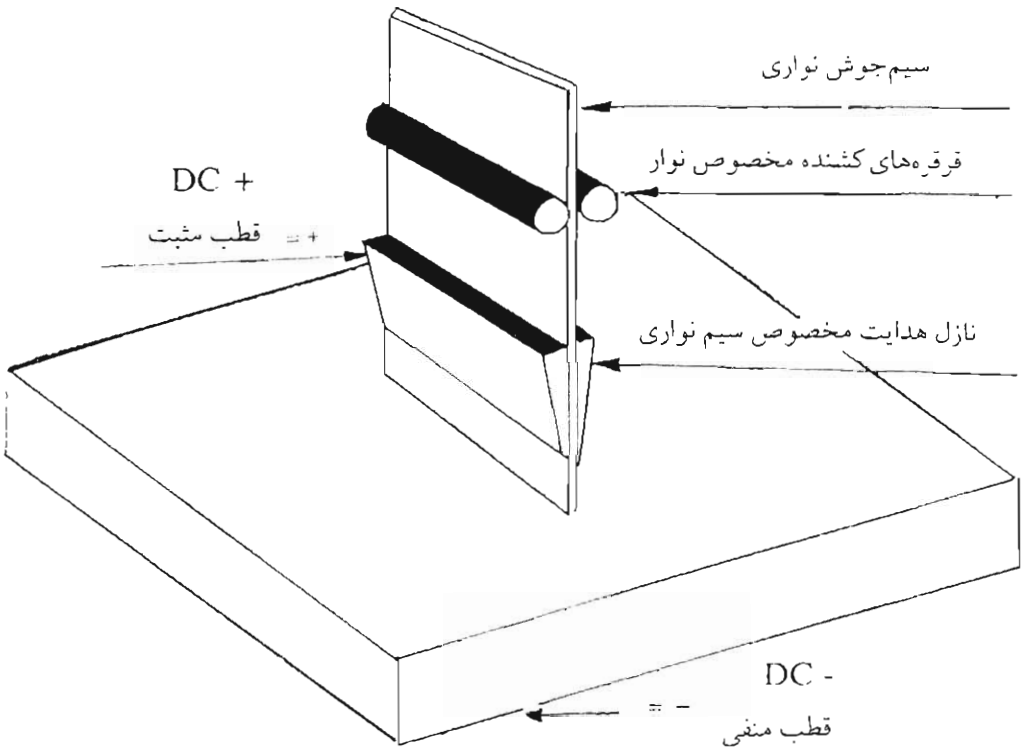


شکل شماره ۳

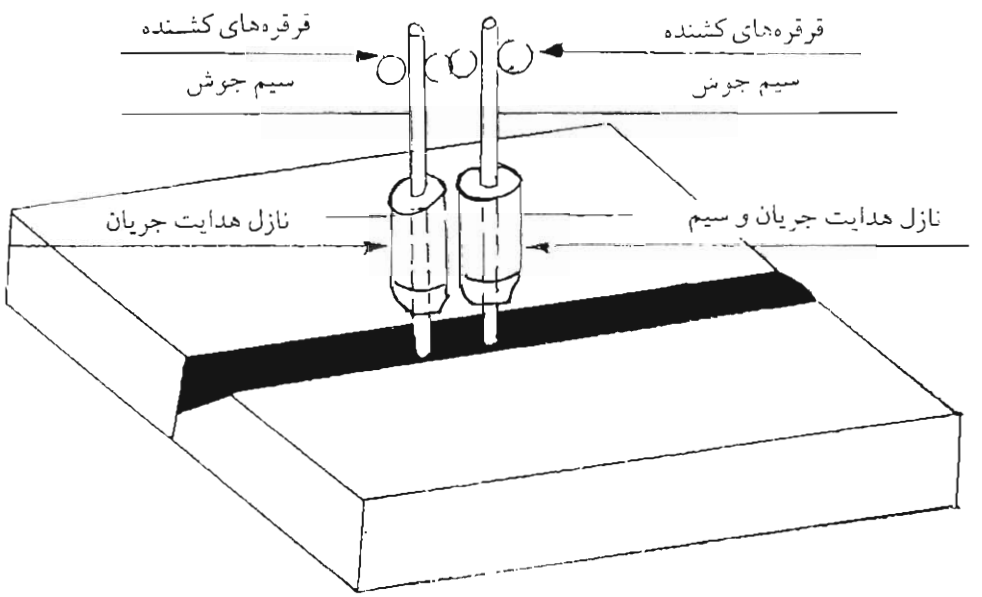
دستگاه‌هایی نیز یافت می شود که می‌توان آنها را به وسیله دست هدایت نمود . بدین شکل که قسمت نازل هدایت کننده سیم مشابه تورچ دستگاه CO 2 بوده و در روی انبر ، مخزن کوچکی برای ریختن پودر جوش وجود دارد که بوسیله آن محل های کوچک را می‌توان با هدایت دست جوشکاری نمود .



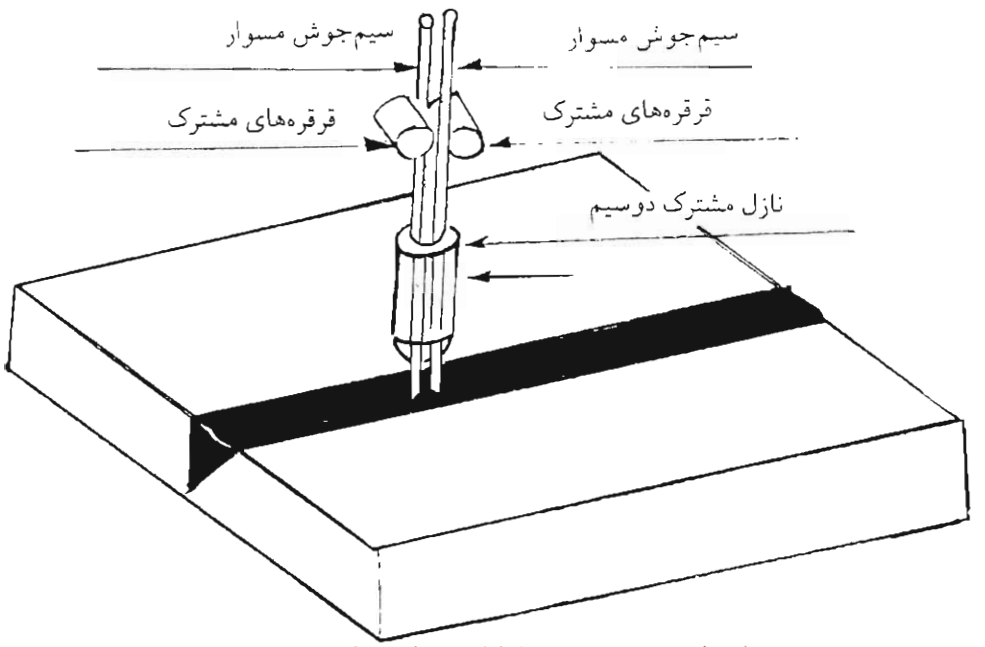
جوشکاری روش تک سیم پودری (شکل شماره ۴)



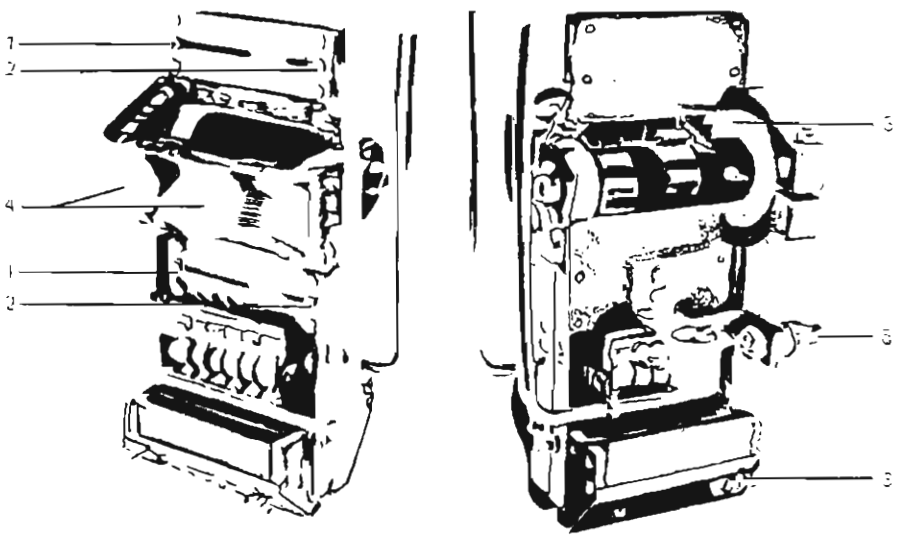
جوشکاری پوششی با سیم جوش نواری (شکل شماره ۵)



نمایی از روش دو سیمه (Tandem) شکل شماره ۶



نمایی از روش دو سیمه با نازل مشترک (شکل شماره ۷)



تصویر ۷

تصویر صفحه قبل (۷) نمای دو سمت نازل مخصوص جوشکاری الکترود نواری برای جوشکاری پوششی . قسمت های مختلف نازل :

۱ - تنظیم کننده پهنای مفتول نواری

۲ - حداکثر پهنا ۱۰۰ میلی متر و حداقل ۳۰ میلی متر

۳ - محل اتصال به موتور چرخاننده (قرقره های کشنده)

۴ - پیچهای تنظیم فشار نوار

۵ - محل اتصال کابل مثبت جریان

۶ - پیچ خروسک دریچه تنظیم مقدار ریزش پودر

زیرپودری‌های موجود را می‌توان با نازل های دو سوراخه که می‌تواند همزمان دو سیم جوش را نسبت به درز جوش موازی یا پشت سر هم و در بعضی با دو سیم و دو رکتی فایر و حتی سه سیم و سه رکتی فایر و نوع یک سیم با جریان و یک سیم بدون جریان که فقط نقش پرکننده را دارد یافت می شود . برای جوشکاری پوششی (سخت کاری سطحی) به جای سیم جوش که دارای سطح مقطع دایره می‌باشد . نوارهایی با عرض های ۵ تا ۱۵ سانت در ضخامت های مختلف که با نازل هدایت کننده مخصوص به طرف قطعه رانده می شود کاربرد دارد . باید اضافه شود که در دستگاه‌های چند سیمه می‌توان از جریان های مختلف متناوب (AC) و یا مستقیم (DC) بهره گرفت و از مزیت های هر یک از جریانها بهترین استفاده را نمود .

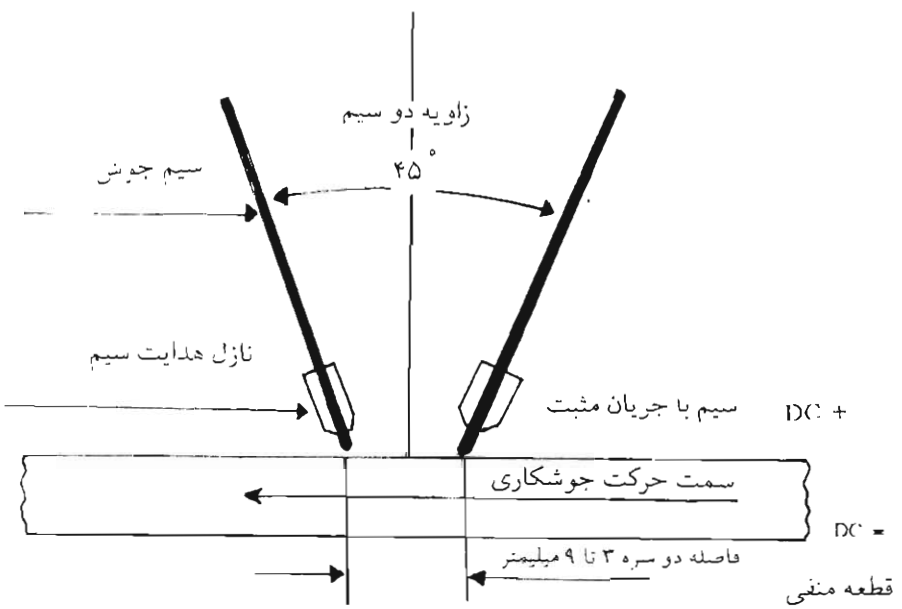
در صورتیکه از جریان ضعیف برای قطعات ضخیم استفاده شود امکان بوجود آمدن پیوند سرد و یا باقی ماندن سرباره درگرده جوش و مزاحمت های دمش قوس روبرو خواهیم شد .

هر چند که این اشکالات را نمی‌توانیم در سطح گرده مشاهده نماییم . حداقل جریان مصرفی بستگی به چند پارامتر دارد که عبارتست از : قطر سیم مصرفی ، فاصله سیم آزاد ، سرعت جوشکاری و نوع آماده سازی درز قطعه . پس هر چند قطر سیم زیاد باشد ، فاصله سیم آزاد برابر است با (D = قطر سیم جوش) (D.10)

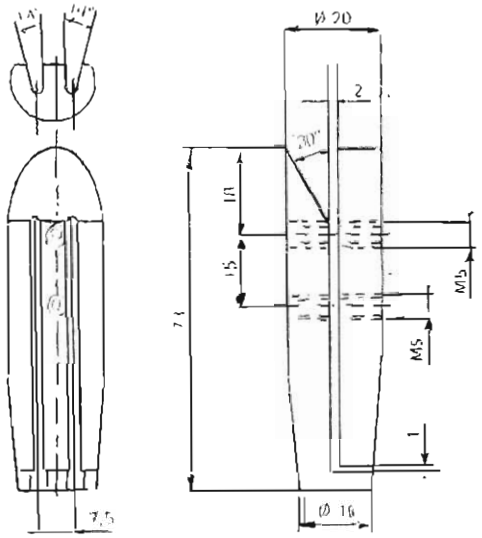
در هنگام استفاده جوشکاری زیرپودری در صورتی که از ولت بالا استفاده شود سیم جوش به سختی ذوب می‌گردد و امکان قطعی های مکرر جوشکاری را خواهیم داشت و چنانچه از ولت بالا استفاده گردد میزان مصرف پودر جوش زیاد شده و در نتیجه قوس ناپایدار و در نهایت با دشواری کار پیش خواهد رفت .

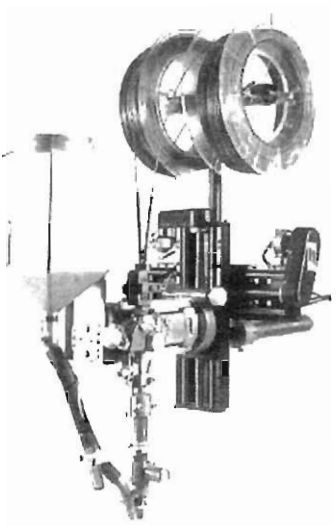
در روش دو سیمه (Tandem) زاویه بین دو سیم نباید از ۴۵° درجه تجاوز نماید زیرا با ازدیاد این درجه گرده جوش مسطح و نفوذ ، زیاد می شود . تأثیر زیاد و مختصرش را روی بزرگی نفوذ ، فاصله سیم آزاد نسبت به سطح قطعه‌کار دارا می‌باشد . به دلیل یکنواخت بودن روند جوشکاری به طور مثال در جوشکاری پرشی فاصله مابین دو سره می‌تواند از ۳ تا ۹ میلی‌متر باشد در صورتیکه فاصله بیش از این باشد گرده جوش مسطح و نفوذ کمتری خواهد داشت . و چنانچه بقیه پارامترها زیاد شود باعث عدم نفوذ خواهد شد .

استفاده از روش جوشکاری دو سیمه به ویژه در جوش پرشی صرفه جویی در مصرف پودر در مقابل هر کیلو سیم است . البته داشتن ذوب زیاد یکی دیگر از استفاده‌های روش دو سیمه می‌باشد .

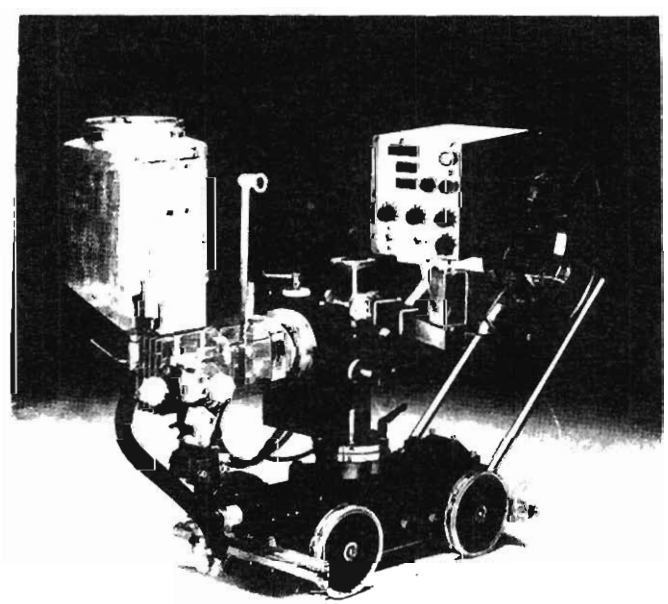


نمایی از جوشکاری با روش دو سیمه (شکل ۸)





نصویر فوق قسمتهای مختلف از یک نازل دو تکه مخصوص استفاده از دو سیم جوش را نشان می‌دهد (شکل ۹)



تصویر ۸ گاری چهارچرخه که دارای موتور و گیربکس بوده و کله‌گی نازل ، مخزن پودر ، مکنده پودر ، قرقره سیم جوش ، جعبه فرمان با ولومهای تنظیم ولت آمپر و سرعت حرکت گاری به روی آن نصب گردیده .

شدت جریان :

مسئله اصلی در آمپر عمق نفوذ ، ذوب و میزان مصرف سیم جوش است ، که با زیاد شدن میزان آمپر ، هر دو پارامتر بالا خواهد رفت . در مقابل ازدیاد هر ۶۰ آمپر برابر است با ازدیاد ۱ میلی‌متر به عمق . نفوذ ذوب در حدود ۲۰ گرم در دقیقه (20g / min) به مقدار ذوب سیم جوش اضافه می شود . ازدیاد آمپر در پهن‌تر شدن گرده جوش نقش مهمی ندارد . آمپر در فرم ارتفاع گرده جوش تأثیر می‌گذارد ولی صرفا" برای ازدیاد عمق ذوب از ازدیاد آن بهره گرفته می شود. ازدیاد آمپر با در نظر گرفتن کلیه مسائل یعنی قطر سیم جوش ، ضخامت قطعه‌کار ، فرم درز همچنین بسته به نوع کار انتخاب می‌گردد . مقدار توان الکتریکی مخصوص در یک سیم جوش از ۲۵ تا حداکثر ۷۰ آمپر نسبت به سطح مقطع سیم جوش می‌توان انتخاب نمود (A / mm^2) . باید توجه داشت که این بارگذاری بسیار مخصوص به روی سیم جوشی که به طور دائم از فرسایش زیاد به داخل نازل که از جنس مس می‌باشد انتقال می‌یابد .

چنانچه به جدول زیر با توجه به ضخامت های داده شده سیم جوش و محدوده آمپر مراجعه نماییم نتیجه مطلوبی را بدست خواهیم آورد . ازدیاد میزان آمپر در محدوده جدول داده شده دارای حوضچه مذاب بزرگی خواهد بود و این حوضچه مدت زمان زیادی به صورت روان باقی می‌ماند و می‌تواند گازهای موجود در خود را خارج سازد ، در نتیجه این رویداد ، مقدار بسیار کمی امکان باقی ماندن حفره در گرده وجود خواهد داشت .

جدول شماره ۱ میزان انتخاب آمپر با در نظر گرفتن فرمول داده شده :

حداقل ۲۵ آمپر

حداکثر ۷۰ آمپر

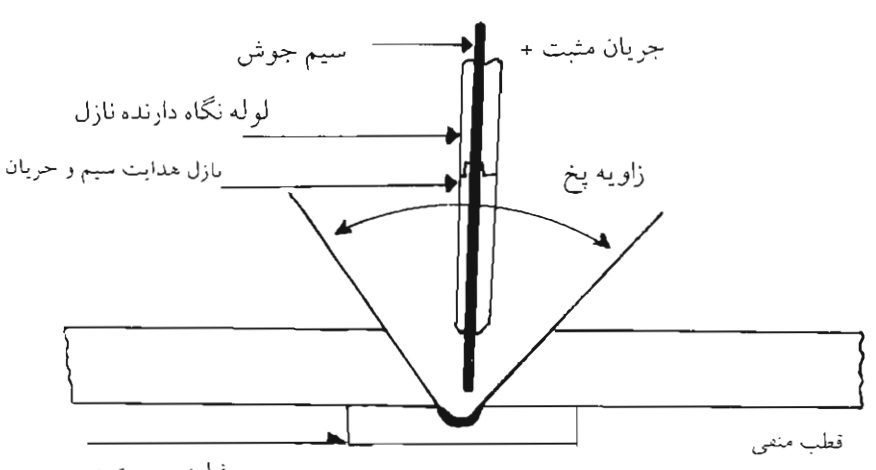
قطر سیم جوش	حداقل آمپر	حداکثر آمپر
۲/۵	۱۳۰	۳۴۰
۳	۱۷۵	۴۹۰
۳/۲	۲۰۰	۵۶۰
۴	۳۱۰	۸۸۰

قطر سیم جوش	حداقل آمپر	حداکثر آمپر
۵	۴۹۰	۱۳۷۰
۶	۷۰۰	۱۹۸۰
۷	۹۶۰	۲۷۰۰
۸	۱۲۵۰	۳۵۰۰

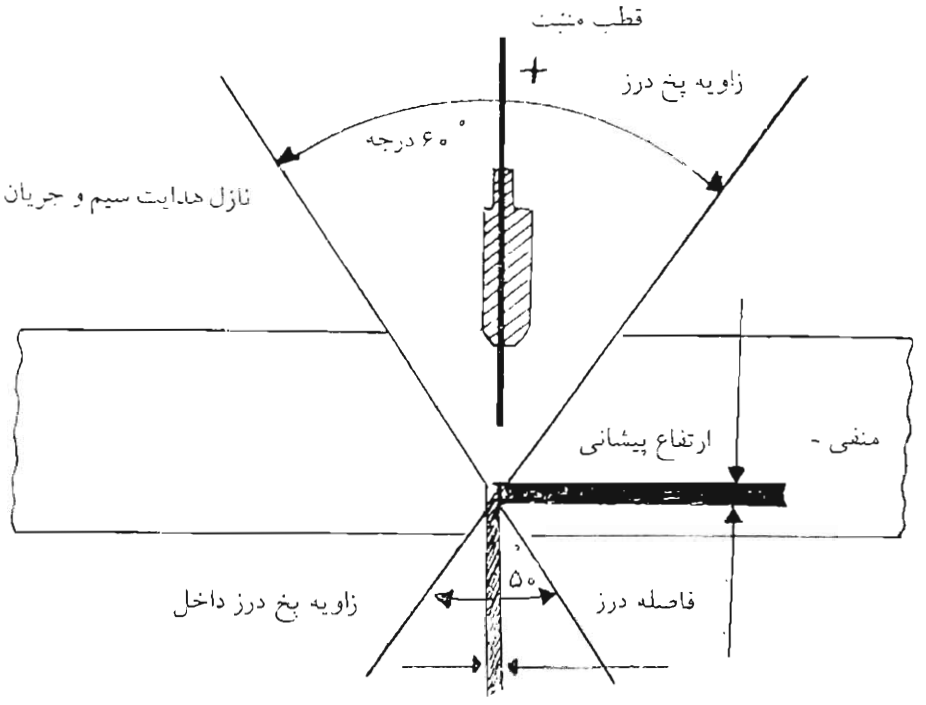
استفاده از جریانهای (آمپر) زیاد برابر است با از بین رفتن ارتفاع گرده و دارای گرده‌ای تخت خواهیم بود و چنانچه از آمپر زیاد برای درزهای ایکس X (جناغی دوطرفه) و جناغی یک طرفه بدون گذاردن زیرسری استفاده شود مطمئنا" درز بربده خواهد شد .

در جوشکاری درز جناغی با گذاردن زیرسری مسی در صورتی که از آمپر بسیار زیاد استفاده شود مواد ذوب و سرباره از درز گذشته و در روی زیرسری مسی جمع می‌گردد و این مشکل زمانی که زیرسری هم به نحو صحیح در زیر درز قرار نگرفته باشد بوقوع می‌انجامد .

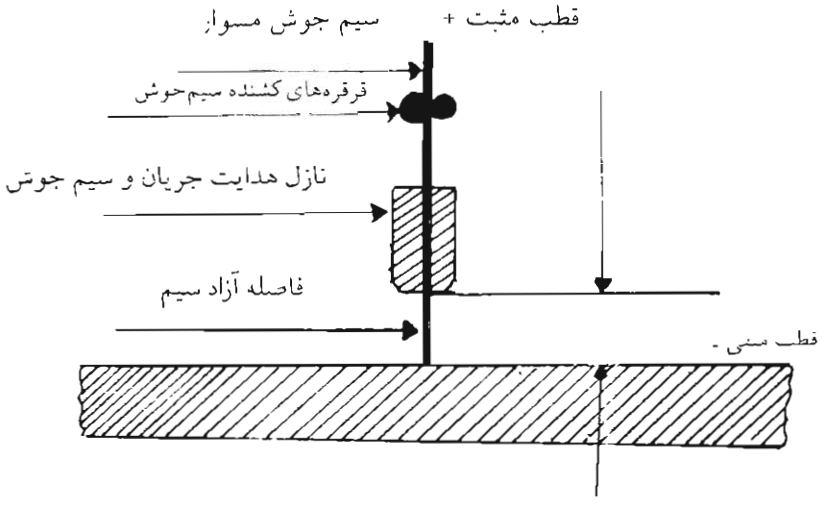
زمانی که میزان آمپر و سرعت جوشکاری یکنواخت باقی بماند و فقط قطر سیم جوش زیاد شود عمق نفوذ کم شده اما پهنای گرده زیاد می‌گردد غیر از آن در صورت یکنواخت بودن میزان آمپر و نازک شدن سیم جوش حدود ۱۰ ٪ درصد میزان مصرف سیم جوش زیادتر از زمانی که سیم ضخیم است خواهد شد .



(شکل ۱۰) نمایی از مقطع درز جناغی یکطرفه با زیرسری مسی



(شکل ۱۱) نمایی از مقطع درز جناغی دوطرفه نابرابر



(شکل ۱۲) نمایی از فاصله آزاد سیم تا روی قطعه کار

ولت:

ولت در فرم ظاهری گرده جوش و همچنین روی پهنای آن تأثیر دارد و باعث می شود که گرده کمی پهن‌تر گردد . و برعکس عمق نفوذ با زیاد شدن ولت ، تغییر مختصری خواهد نمود . ازدیاد ولت در بالا رفتن مصرف سیم جوش تأثیری ندارد ، اما در زیادی ذوب مواد بی‌تأثیر نمی‌باشد . با ازدیاد ۱/۵ ولت حدود ۱ میلی‌متر به پهنای گرده و حدود ۰/۵ میلی‌متر به عمق نفوذ اضافه می شود .

زمانی که ضخامت و فرم درز با هم هماهنگی دارند باید سعی شود در حد امکان از ولت کمتر استفاده شود . در صورتی که از ولت کم استفاده شود گرده باریک شده و از طرف دیگر از نظر ظاهر فرم زیاد جالب نخواهد شد . هر چه ولت کم باشد همانقدر مصرف پودر جوش کم خواهد شد . در ضمن اگر از ۲۰ ولت پایین‌تر بیاییم امکان جوشکاری نمی‌باشد ، زیرا سیم جوش به قطعه خواهد چسبید .

در صورتی که ولت به هنگام مصرف ، کم و زیاد شود حالا یا بدلیل لرزشهای هدایت کننده سیم و یا به دلیل خرابی ادوات الکترونیکی جعبه فرمان ، پهنای گرده و ارتفاع آن نامنظم خواهد شد .

سرعت جوشکاری:(Cm/min)

مشخص کننده فرم ظاهری گرده جوش ، ارتفاع ، پهنا و فرم صیقلی آن می‌باشد . اما در عمق نفوذ سرعت هیچ گونه تأثیری در جوشکاری ندارد . اگر سرعت جوشکاری بیش از حد لازم کم شود و درز جوش بدون زیرسری باشد امکان بریده شدن درز وجود دارد . هر چقدر سرعت جوشکاری پایین باشد میزان ذوب فلز مبنا و سیم جوش بالا می‌رود .

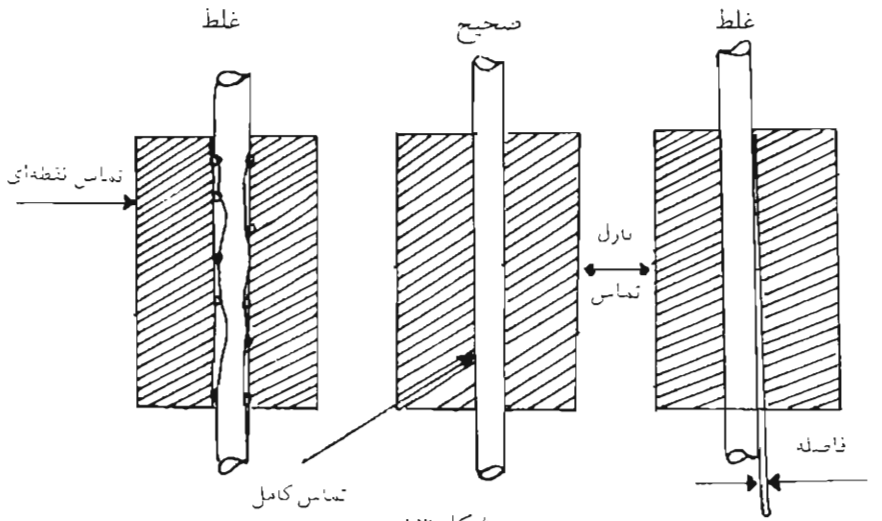
در اینجا انرژی مصرفی در طول درز زیاد می‌گردد . هم‌چنین با کم شدن سرعت جوشکاری مقدار انباشتن مواد بالا خواهد رفت و در نتیجه پهنا و ارتفاع گرده بیش از مقدار لازم خواهد شد . مقداری از مواد روی لبه های بیرونی درز جوش ریخته

خواهد شد و عدم پیوند گرم در این محل‌ها وجود دارد . گرده جوش بسیار بزرگتر از آنچه که پیش بینی گردیده به وجود می‌آید . هم‌چنین از نظر ساختار میکروسکوپی مقطع گرده بسیار نامرغوب خواهد شد و امکان وجود عیوب مختلف در آن هست و به دلیل وجود نیروی تنش و بخاطر طرز عمل غلط با پیوندی بسیار نادرست روبرو خواهیم شد .

سیم جوش مصرفی:

سیم جوش برای جوشکاری زیرپودری (قوس پوشیده) یک سیم بدون پوشش ، سیمی که باید دارای سطحی تمیز ، براق و صیقلی باشد مصرف شود ، به طور کلی این سیم ها دارای روکشی از مس می‌باشند تا از طریق آن بتوانند منتقل کننده خوب جریان از نازل (یک تکه یا دو تکه) باشند و در ضمن این روکش ، سیم را در مقابل زنگ زدگی در زمان طول انبارداری مقاوم خواهد نمود .

سیم جوش زیرپودری باید قبل از رسیدن به محل جوش بطور کامل صاف گردد و معمولا" قبل از ورود به لوله نازل توسط قرقره‌های متعددی صاف می شود . در غیر اینصورت نمی‌تواند جریان یکنواخت داشته و گرمای لازم که تنها محل دریافت جریان است ، عمل ذوب آن را دگرگون خواهد کرد . در صورتی که سیم جوش زیرپودری قبل از رسیدن به نازل به طور کامل صاف نگردد و با داشتن انحناء به طور دائم از نازل عبور نماید باعث می‌گردد به سوراخ نازل از یک سمت فشار وارد آمده و سوراخ که باید دارای مقطع دایره باشد بصورت بیضی در می‌آید . و موجب عدم ساییدگی و در نتیجه بعضی مواقع سیم بدون جریان به بیرون هدایت خواهد شد .

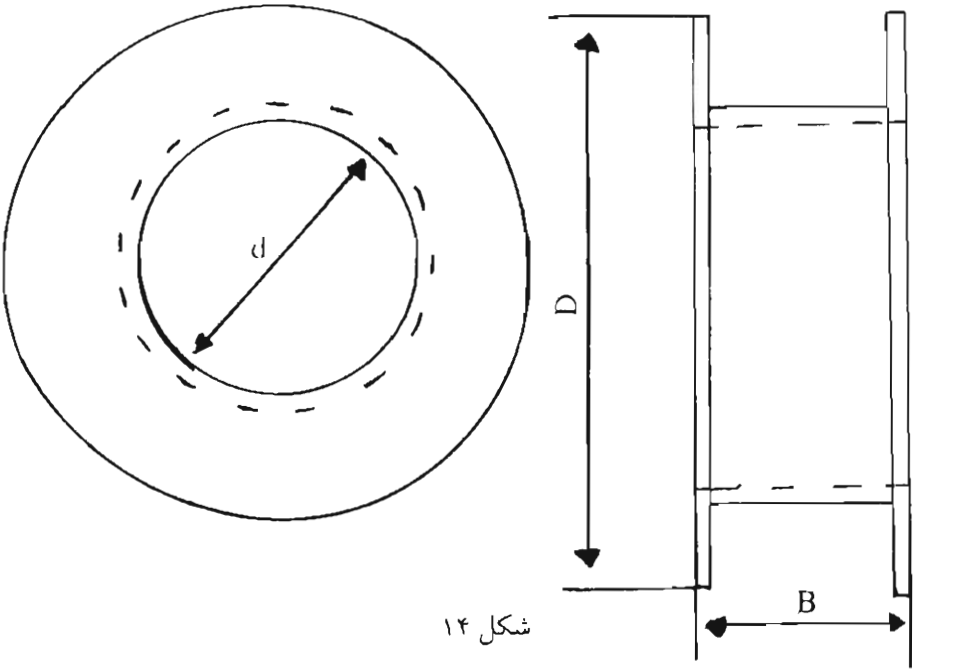


شکل ۱۳

با توجه به دلایل مذکور باید نازل های یک یا دو تکه داخلشان تمیز باشد تا جریان کامل در طول جوشکاری داشته باشیم . در هنگام سفارش سیم جوش زیرپودری به جز مرغوبیت مواد و یکنواختی قطر سیم ، ابعاد قرقره ، قطر مرکز آن و وزن مجاز برای دستگاه خود را باید به فروشنده سیم اطلاع دهیم تا مشکلی از نظر مصرف پیش نیاید .

برای اینکه بتوانیم یک جوشکاری بدون هرگونه مزاحمت ، مشکل و توقفهای بی‌مورد در طول کار داشته باشیم ، باید کلاف سیم جوش به صورت صحیح و منظم پیچیده شده و در محل خود بدون هرگونه لغزش و تکان جای گرفته و در حین مصرف سیم به صورت یکنواخت توسط قرقره‌های کشنده به محل جوش هدایت گردد . قبل از هر چیز باید هماهنگی کامل از نظر جنس ، سیم جوش با مواد اصلی (قطعه کار) داشته باشد ، البته باید دقت کامل داشت که از نظر عنصر منگنز در رابطه با میزان این عنصر در فولاد پایه باید این عنصر در سیم کمی بیشتر باشد . قطر سیم جوش بر پایه ضخامت کار ، نوع کار و آمپر مصرفی مشخص می‌گردد . میزان بارگذاری (جریان آمپر) روی سیم جوش زیرپودری مطابق جدول صفحه آخر تنظیم

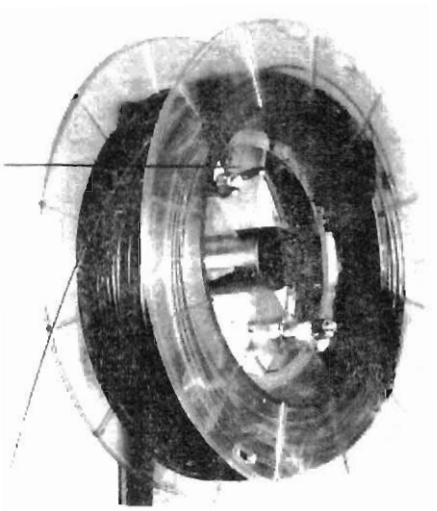
گردد (۲۵ تا حداکثر ۷۰ آمپر بر میلی‌متر مربع A / mm^2). به هیچ عنوان نباید میزان بارگذاری مخصوص روی سیم جوش زیرپودری از حداکثر واحد داده شده تجاوز نماید، زیرا وقتی میزان آمپر مصرفی از یک حد معینی تجاوز نماید فشار قوس (تراکم قوس) از این طریق برعکس قدرت ذوب افت نموده و در محل جوش به جای عمل ذوب سیم و قطعه کار، فقط سیم جوش به تنهایی ذوب گشته و عدم پیوستگی به وجود خواهد آمد. یک چنین اشکالی زمانی که فاصله سیم آزاد بیش از اندازه لازم باشد نیز رخ خواهد داد.



شکل ۱۴

قطر داخل ϕmm	قطر خارج ϕmm	عرض mm	وزن Kg
۵۵۰	۷۵۰	۷۰	۳۵
۲۸۰	۴۱۰	۷۰	۲۰
۲۲۰	۳۲۰	۵۰	۱۰

جدول شماره۲ وزن،ابعادواندازه‌های قرقره سیم‌جوش کلافی مخصوص دستگاه‌های زیرپودری



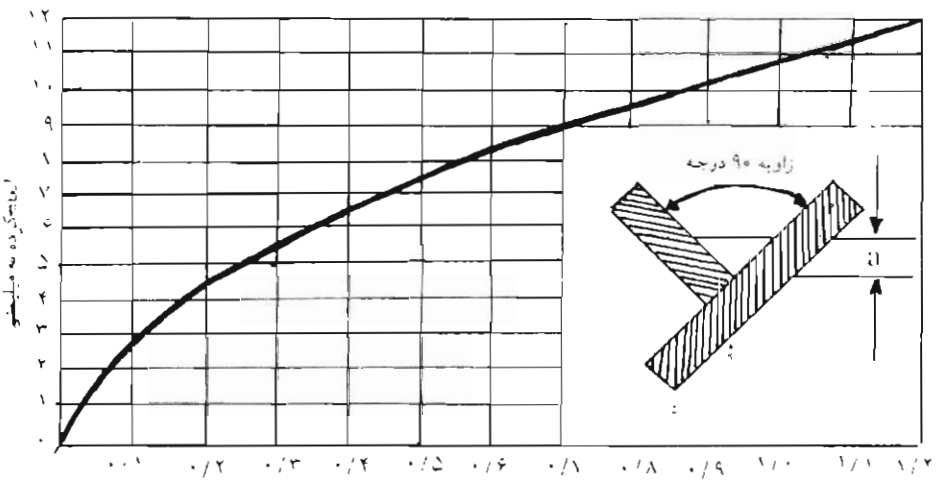
شکل ۱۵

در اینجا سیم جوش در نتیجه مقاومت گرمایی در قسمت آزاد خود (خارج از نازل) بیش از حد گرم شده و با جمع شدن ذوب به صورت گلوله کوچک در نوک سیم و تغییرات در ولت ، هدایت جوشکاری ناآرام گشته و مصرف پودر زیاد می‌شود و سطح گرده خشن و حالت تیغ ماهی و پهنای آن متفاوت و در نتیجه عمق ذوب نیز متغیر خواهد بود .

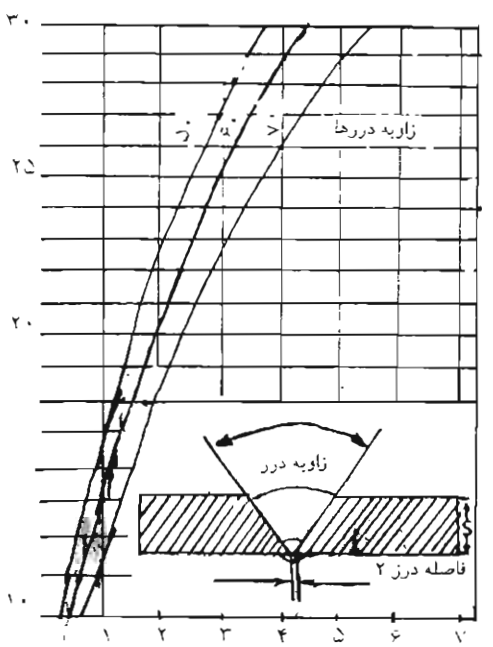
بالا رفتن توان ذوب با ازدیاد آمپر برابر است با ازدیاد سرعت خروج سیم (سرعت تغذیه) ، در نتیجه سرعت فرسایش داخل نازل افزایش خواهد یافت . در صورتی که آمپر ، ولت و سرعت جوشکاری یکنواخت باشد با ازدیاد قطر سیم جوش نفوذ و میزان ذوب سیم جوش زیاد می شود و بالاخره پهنای گرده هم زیاد خواهد شد .

یک سیم ضخیم دارای عمق و نفوذ کم می‌باشد . همچنین اغلب با اضافه برآمدگی از درز و نابرابری سطح گرده جوش و در نتیجه اختلاف در پهنای آن نیز خواهد شد . یک جوشکاری زیرپودری کاملا" بدون عیب ، فقط در صورتی که از نظر متالوژیکی قطعه کار، سیم جوش و پودر تناسب داشته باشند موفق خواهیم بود .

نمودارهای شماره ۱و۲ مخصوص میزان مصرف سیم جوش برپایه زاویه درز و ارتفاع گرده (a) و ضخامت قطعه



(شکل ۱۶) میزان مصرف سیم جوش در کیلوگرم / متر درز



(شکل ۱۷) میزان مصرف سیم در کیلوگرم / متر درز

پودر جوشکاری:

شکل ظاهری گرده جوش تحت تأثیر آنالیز شیمیایی پودر و دانه بندی آن و هم‌خوانی آن با سیم جوش و فلز مبنا می‌باشد . در موقع انتخاب پودر باید به نوع دانه بندی آن توجه کنیم . متأسفانه یک پودر عمومی (جنرال) که جوابگوی اکثر کارهای جوشکاری باشد نمی‌توان پیدا نمود .

انتخاب پودر از نظر نوع و دانه بندی در نتیجه توجه به آنالیز آن ، ضخامت قطعه کار و آنالیز آن و قطر سیم جوش ، آمپر مورد لزوم سرعت جوشکاری و غیره می‌باشد . در جدول صفحه قبل کلیه این موارد نشان داده شده و پودرها به شش گروه و هر یک با دانه‌بندی های مختلف وارد بازار مصرف می‌گردند . پودرهای مختلف در این جدول فقط دارای یک وجه تمایز نیستند بلکه موارد کاربردی با جریانهای مختلف را دارند .

آنها به واسطه نوع آنالیزشان : اسیدی ، معمولی و یا بازی (قلیایی) می‌باشند و به همین دلیل دارای اثرات متفاوت متالوژیکی از لحاظ اتلاف و ازدیاد عناصر کربن ، منگنز ، سیلیسیوم ، کرم و غیره در طول عملیات ذوب در حوضچه ذوب می‌باشند . برای مثال : پودر اسیدی فقط اتلاف عناصر کربن و منگنز در محل جوشکاری را ندارد و با توجه به موارد فوق در موقع مصرف پودر اسیدی نه تنها مجبور می شویم از سیم جوشهای دارای منگنز زیاد استفاده نماییم ، بلکه حین جوشکاری در داخل حوضچه ذوب عنصر سیلیزیم نیز اتلاف خواهد شد . از این رو به ویژه در جوشکاری با پاس های متعدد در پاس آخر میزان سختی بالا رفته و باعث پایین آمدن میزان چقرمگی می شود .

پودرهای دیگر برعکس نه تنها منگنز را اتلاف نمی‌کند بلکه حتی مقداری منگنز به آلیاژ فلزجوش اضافه می‌نماید و می‌توانیم از سیم جوش های ارزانتری استفاده نماییم . مثل : سیم جوشهای غیرآلیاژی که اقتصادی هم می‌باشد .

اظهارنظر درباره نوع پودر مصرفی ، به مسائل دیگر از جمله خصوصیات مثل : تأثیرشان در جذب اکسیژن و در روشن شدن قوس باید مورد توجه قرار گیرد . آخرین اهمیت در انتخاب نوع پودر توجه به انتقال جریان الکتریسیته آن می‌باشد برای مثال پودر با داشتن منگنز زیاد نیاز به استفاده از قرصهای مخصوص جرقه ابتدایی خواهیم داشت (باید توجه داشت که در بعضی موارد برای اینکه کمکی به شروع قوس و جرقه اولیه شود از موادی به همین مناسبت استفاده می شود که در ایران معمولا" استفاده از پشم فلزی (سیم ظرفشویی) متداول است) . و یا از دستگاه‌هایی که در شروع دارای فرکانس زیاد می‌باشند نیز استفاده می شود (HF)

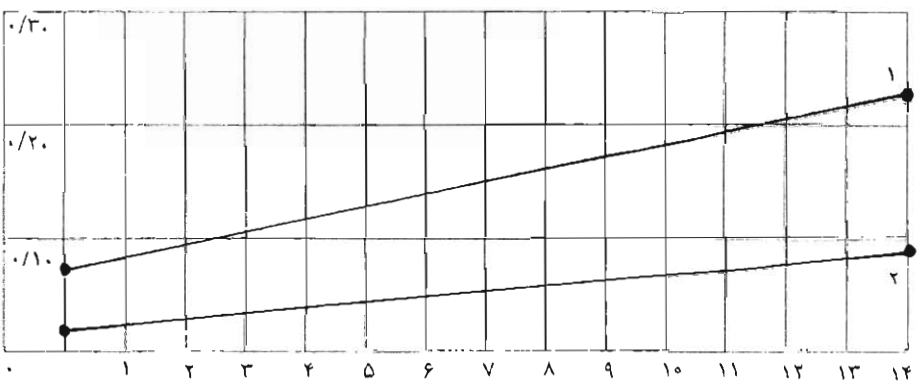
همانطور که از جدول شماره (۳) فهمیده می شود ، بعضی از انواع پودرهای جوش دارای حساسیت هایی چون جذب رطوبت ، جذب ناخالصی ها به محل جوشکاری می‌باشند و باید سعی شود کمتر از این پودرها استفاده شود . برای جلوگیری از تشکیل حفره در گرده جوش ، از به کارگیری پودرهای مرطوب به طور کامل خودداری نماییم . از این رو در موقع جوشکاری زیرپودری به ویژه به طوری که متداول است در هنگام جوشکاری روی قطعات با ارزش - درز جوش و اطراف و حوالی درز برای مثال ۲۵ میلی‌متر از هر طرف خشک و از هرگونه زنگ زدگی ، سوختگی ، روغن ، رنگ و دیگر مواردی که باعث ایجاد گاز و رطوبت در گرده جوش می شود قطعه اصلی با وسایل مختلف جلا داده می شود .

با توجه به موارد ذکر شده بالا پاکیزگی پودر جوش بسیار با ارزش می‌باشد . باید توجه داشت که مقدار پودری که روی گرده جوش اضافه بر مصرف ریخته می شود . هیچ وقت نباید توسط برس ، به ویژه برس سیمی زیر پاک شود ، بلکه باید توسط مکنده از روی گرده دور شود . در ضمن پودرها باید در جای کاملا" خشک انبار گردد و قبل از مصرف به وسیله کوره‌های خشک کن گردان تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد خشک شده و استفاده از گرمای زیاد به دلیل آسیب دیدن پودر صحیح نیست (البته باید توجه داشت بکارگیری دستورالعمل کارخانه سازنده پودر در مورد میزان گرما

برای خشک کردن حق تقدم دارد) .

موجودی هیدروژن حداکثر ۷ سانتی‌متر مکعب در ۱۰۰ گرم پودر می‌تواند باشد برابر استاندارد (HW) و بین ۸۵۷۳ می‌باشد.

رطوبت هوا ۸۵ ٪ در ۲۰ ° درجه سانتیگراد



۱ - نمونه موقعیت سال ۱۹۸۰ پودر قدیمی

۲ - نمونه موقعیت سال ۱۹۸۹ پودر کم هیدروژن (LH)

شروع قرار دادن پودر در بیرون از کوره بعد از خشک کردن مجدد ۲ ساعت در ۳۵۰ درجه سانتیگراد

(شکل ۱۸) نمودار شماره ۳ درصد جذب رطوبت پودر از هوا و مقایسه دو نوع پودر

ابعاد و دانه بندی پودر جوشکاری زیرپودری UP :

ابعاد مذکور بنابر شدت جریان A ، اختلاف سطح V ، سرعت جوشکاری Cm/min ، قطر سیم جوش mm ϕ ، ضخامت قطعه مورد جوش و نوع جوشکاری انتخاب می‌گردد ، میزان دانه بندی هربار بر پایه انتظارات مخصوص ، خصوصیات فیزیکی آن پودر برگزیده می شود .

چنانچه از پودرهای با دانه بندی درشت استفاده گردد ، خروج گازهای تولیدی را از میان خود به خارج آسان می سازد ، پس گرده جوش عاری از حفره‌های گازی خواهد بود . از این پودرها (دانه درشت) می‌توان روی ورقهای فولادی نازک با سرعت زیاد و شدت جریان کم (حوضچه کوچک) به کار گرفته شود . هم‌چنین فلزاتی که دارای مقداری زنگ زدگی می‌باشد ، درکارهایی که عدم وجود حفره‌های گازی به صورت ضرورت مد نظر می‌باشد استفاده شود .

زمانی که با پودرهای دارای دانه بندی درشت جوشکاری می‌کنیم در لحظه استارت قوس به طور سریع ولی ناموزونتر از زمانی که از پودرهای با دانه بندی ریز استفاده شود خواهد بود . پودر در اینجا با داشتن وزن مخصوص زیاد اهمیت خود را نشان می‌دهد و توسط سنگینی خود روی مواد مذاب (حوضچه ذوب) سطح گرده جوش صیقلی خواهد شد .

درزهایی که برای جوشکاری آنها از پودرهای دارای دانه بندی درشت استفاده می شود ، دارای سطح گرده زبر و تیغ ماهی شکل خواهد بود . چنانچه در هنگام استفاده از پودرهای دارای دانه بندی درشت نیاز به داشتن سطح گرده صاف باشیم باید از ولت کم و ریزش پودر با ارتفاع زیاد استفاده کنیم . از این طریق فشار زیاد بر روی مواد ذوب به صاف و صیقلی شدن سطح گرده جوش کمک خواهد شد . در یک نگاه هر چه شدت جریان مصرفی کم باشد ، همانقدر می‌توان از سرعت زیاد جوشکاری بهره گرفت و هر چه قطعه کار نازک باشد همانقدر حوضچه ذوب کوچک خواهد شد ، به همین دلیل باید از پودرهای با دانه بندی درشت استفاده شود تا هدایت جوشکاری به آسانی انجام گردد .

در موقع جوشکاری هر چقدر سرعت خنک شدن ذوب و انجماد آن آهسته باشد ، باعث می شود گازهای موجود فرصت بیرون آمدن را پیدا نمایند . زمانی که از آمپر و ولت زیاد و برعکس سرعت پیشروی کم استفاده نماییم میزان حرارت ذوب که ناشی از بزرگی حجم مواد است باعث می شود که میزان شلاکه زیاد شود و

این مسئله مقداری هم به واسطه تحرک زیاد حوضچه و فشار پودر و از همه مهمتر به دلیل خنک شدن تدریجی ذوب و وجود پودر کافی در روی ذوب گرده گرم در مقابل عوامل جوی به خوبی حفاظت شده و موارد فوق دست به دست هم داده تا سطح گرده جوش صاف و صیقلی شود .

خلاصه : هر چه پودر ریزتر باشد همانقدر سطح گرده صافتر و صیقلی‌تر خواهد شد

بشرح زیر دانه بندی پودر بستگی به ضخامت قطعه انتخاب می‌گردد .

۱ - دانه بندی درشت تا ۵ میلی متر ضخامت کار .

۲ - دانه بندی متوسط تا ۱۵ میلی متر ضخامت کار .

۳ - دانه بندی ریز برای بیش از ۳۵ میلی متر ضخامت قطعه کار قابل استفاده می‌باشد .

هدایت روند جوشکاری وابسته به نحوه ریزش پودر نیز می‌باشد. مقدار پهنای ریزش پودر می‌تواند بر سه نوع باشد :

۱ - نتیجه ریزش پودر با ارتفاع زیاد برابر است با گرده‌ای خشن و خروج بد گاز و از دست دادن مقداری از پودر .

۲ - در نتیجه ریزش کم پودر و شکست الکتریکی قوس به صورت جرقه به چشم اپراتور آسیب خواهد زد ، همچنین ریزش جرقه و وجود حفره در گرده خواهد شد .

۳ - ریزش پودر مناسب ، البته زمانی که ریزش رو به افزایش است باید جلوگیری گردد و همچنین با کم شدن ریزش پودر و پیدا شدن جرقه قوس بلافاصله ریزش را باید بیشتر نماییم .

به طور کلی ریزش پودر باید در هر شرایط زیاد باشد ، به ویژه زمانی که شلاکه به جلو حرکت می‌کند و حوضچه بزرگ می شود . در نهایت ، زاویه ریزش مواد همیشه باید بیش از 45° درجه باشد . البته در هنگام جوشکاری روشهای مخصوص باید به میزان پودر لازم دقت نمود .

میزان پودر لازم در جوشکاری زیرپودری وابسته به اتصال لب به لب بیشتر خواهد بود . هم‌چنین زمانی که فاصله نوک نازل سیم از روی قطعه زیاد شود میزان پودر نیز افزایش خواهد یافت . به طور کلی و با در نظر گرفتن تکنیک و مسائل اقتصادی جوشکاری زیرپودری و در نتیجه تحقیق و بررسی بالا رفتن میزان مصرف پودر اقتصادی نمی‌باشد ، یعنی هزینه جوشکاری اولا"گران و ثانیا" پودر زیاد باعث عدم خروج گاز خواهد شد. پس فقط زمانی زیاد بودن پودر ضروری می شود که با سیالیت زیاد شلاکه مواجه باشیم ، در غیر اینصورت ریزش مقدار کم پودر در حد دیگر پارامترها مناسب‌تر خواهد بود .

دلیل مسائل فوق داشتن فاکتورهای زیر می‌باشد ، و باید برای مصرف یک کیلوگرم سیم جوش در مقابل ۱/۵ تا ۲/۵ کیلو پودر بیشتر نباید مصرف شود . روند گردش ریزش پودر و جمع‌آوری مازاد آن برای استفاده مجدد باید به شکل سالم و در نظافت آن دقت کافی به عمل آید و می‌توان بدون هرگونه ترسی از شلاکه ، که دقت در جداسازی آن گردیده به میزان ۲۰ ٪ درصد پس از آسیاب کردن پودر نو از همان خانواده به صورت صحیح مخلوط استفاده گردد و از این طریق جوشکاری را کمی اقتصادی نمود . در چهار صفحه ضمیمه عیوبی که امکان دارد در روند جوشکاری پیش آید و راه حل اجمالی آن آورده شده ، مواردی مثل آمپر ، ولت ، سرعت جوشکاری ، قطر سیم جوش ، تنظیم میزان پودر و غیره ، اشکالاتی که ممکن است پیش بیاید جمع آوری تا در موقع بروز اشکال با یک نگاه راه حل را پیدا نماید . (۱)

درموقع‌انتخاب‌پودرباید‌به خصوصیات مختلف‌پودردقت‌کافی‌داشته‌باشیم‌این‌خصوصیات شامل:

۱- امکان کاربردپودرباجریانهای مختلف (مستقیم‌وبامتناوب) ۲ - میزان‌بارگذاری‌آمپر(هرچه‌بیشتربهتر)

۳- مقاوم‌بودن درمقابل‌ایجادحفره‌درگرده‌جوش (داشتن رطوبت) ۴- امکان جوشکاری درحالت سربی (گلویی)

اشکالات احتمالی در جوشکاری زیرپودری و راه برطرف نمودن آنها .

۱ - گرده پهن گردیده اما نفوذ خوب می‌باشد .

۲ - گرده جوش بسیار پهن گردیده اما نفوذ نداریم .

۳ - گرده جوش باریک با ارتفاع زیاد در ضمن کناره های آن لبه دارد .

۴ - گرده جوش باریک گردیده و نفوذ نداریم .

۵- گرده جوش کلفت با ارتفاع زیاد و اغلب کناره گرده پیوند خوبی ندارد (مثل سر رفتن شیر)

۶ - گرده به طور کامل درز را پر نکرده ، اما نفوذ خوب می‌باشد و درزهای لب به لب گرده به طور کامل در وسط درز قرار نگرفته و در هر دو طرف گرده گودی کم ولی پهن بجا می‌ماند (خالی ماندن بغل گرده) و در گرده های گلویی در ورق جلو این مورد مشاهده خواهد شد .

۷ - درز جوش به طور کامل پر نگردیده ، یعنی گرده گود و با نفوذ کم است .

۸ - سطح گرده ناصاف ، غیر منظم یا مثل تیغ ماهی شده ، پهنای گرده نامنظم یعنی دارای ابعاد مختلف می‌باشد .

۹ - درز جوش هنگام جوشکاری بریده می شود .[۱]

۵- امکان جوشکاری روی قطعاتی‌که دارای مقدارزنگ زدگی‌یاآستری‌می‌باشند ۶- محدوده سرعت حرکت جوشکاری(سانتی‌متردردقیقه) ۷- نمای ظاهری گرده(صیقلی‌وصافی) ۸- امکان جداشدن راحت شلاکه‌ازروی‌گرده‌جوش (بدون‌استفاده‌اززور) ۹- امکان‌استفاده‌پودردرجوشکاری های چندپاسه (Tandem) ۱۰-امکان‌استفاده‌پودردرجوشکاری قرینه(پشت وروی‌کار) ۱۱- مقاومت خوب‌پودردرمقابل‌ایجادترک درگرده جوش ۱۲-انتقال خصوصیات چفرمگی‌به‌گرده‌جوش ۱۳- عدم‌جذب رطوبت درطول‌مدت‌انبارداری البته‌بایدتوجه شودکه همه خصوصیات خوب‌ذکرشده‌بالارانمی‌توان دریک‌پودرداشته‌باشیم .

۱۰ - در درزهای فرم لب به لب و جناغی گرده دارای نفوذ خوب می‌باشد اما در کنار بعضی از قسمتها پاس ریشه باز شده است ،گرده هر دو قسمت درز را نتوانسته به طور کامل پر نماید (در درز جناغی دو طرفه این مسئله با پوشش ندادن هر دو طرف روبرو خواهد بود) .

۱۱ - درز جوش فرم لب به لب دارای نفوذ خوب نیست .

۱۲ - شلاکه سریعتر به جلو حرکت می‌نماید ، یا قوس الکتریکی به سختی از پودر عبور می‌نماید .

۱۳ - وجود حفره در سطح گرده و ریزش جرقه در اطراف گرده .

۱۴ - در گرده های مدور : مرکز گرده تیز گردیده و در کنار گرده گودی کم عمق ولی پهن ایجاد می شود .

۱۵ - در گرده های مدور : کم ارتفاع و باریک و اغلب در کناره های گرده برجستگی به وجود می‌آید .

۱۶ - عمق نفوذ کم می‌باشد .

۱۷ - سطح مقطع گرده گلابی شکل شده ، به این معنی که باریک و با نفوذ زیاد جوش شده ، قسمت قابل دید گرده اغلب باریک است و برآمدگی زیاد دارد (بعد از خنک شدن در طول گرده خطر ترک وجود دارد) .

۱۸ - ایجاد ترک و اشکالات اتصالی

۱۹ - در گرده گاز ، حفره و سرباره باقی مانده است .

راه حل برطرف نمودن اشکالات پیش آمده :

۱ - ولت زیاد بوده ، اما آمپر مناسب می‌باشد .

۲ - ولت زیاد بوده ، اما آمپر کم می‌باشد .

۳ - ولت کم بوده و سرعت جوشکاری زیاد می‌باشد .

۴ - ولت و آمپر هر دو کم می‌باشد .

۵ - آمپر زیاد ، ولت کم ، سرعت کم ، سیم جوش ضخیم ، گاهی اوقات همچنین با سطح مقطع کوچک و در نتیجه همبندی بد قطعه یا ایجاد تنش کششی .

۶ - سرعت جوشکاری زیاد می‌باشد ، سیم جوش باریک ، گاهی اوقات همچنین بزرگ بودن دهانه درز و یا همبندی بد قطعه یاکشش ، همچنین پدید آمدن شکاف در درز یا بد قرار گرفتن زیرسری ، در درزهای گلویی دقیق قرار نگرفتن و هدایت نادرست دستگاه مثل پایین و در مرکز قرار ندادن سیم جوش .

۷ - آمپر کم ، سرعت جوشکاری زیاد ، و ولت کم می‌باشد .

۸ - سرعت نامنظم و اغلب زیاد ، زیادی یاکمبود ریزش پودر جوش ، نادرست بودن اتصال بدنه ، اثر دمش قوس ، ناهماهنگ بودن سطح مقطع درز ، فاصله زیاد درز ، ضخیم بودن سیم جوش ، فاصله سیم آزاد زیاد است ، اغلب کم و نابرابر بودن ولت به علت واکنش تکان های مداوم تایمر (وایر فیدرس) ، (اشکال تایمر برابر است با عیوب طول قوس مختلف و ناهماهنگی در تناسب ذوب) زیاد بودن حجم پودر با در نظر گرفتن پارامترهای موجود جوشکاری (ابتدا به گرمای مطلوب نخواهیم رسید و حالت خمیری پیدا خواهد شد ، به طوری که سطح گرده براق نخواهد بود زیرا فلز در روی گرده به طور سریع منجمد خواهد شد ، گرده‌هایی که به دلیل تأثیر قوس الکتریکی به طرف عقب روی مسیر آمده و منحرف می شود .

۹ - زیادی آمپر ، مناسب نبودن درز آماده شده (زاویه پخ زیاد است ، پیشانی درز کوتاه است) یا همبندی صحیح نیست (فاصله لبه های درز زیاد است) و سرعت جوشکاری کم است .

۱۰ - سیم جوش به طور کامل در مرکز قرار نگرفته است (در صورتی که بقیه نکات جوشکاری صحیح باشد) .

۱۱ - آمپر کم می‌باشد ، با توجه به آمپر ، ولت نیز کم می‌باشد .

۱۲ - بدلیل ریزش بد پودر، داشتن زیادی ارتفاع پودر، کمبود مقدار ریزش پودر.

۱۳ - تمیز نبودن سیم جوش ، و لبه های درز جوش (قطعه) مثل وجود زنگ ،

سوختگی و غیره ، سالم نبودن فولاد و مواد جوش (مثل وجود بیش از حد فسفر و گوگرد) ، زیاد بودن سرعت جوشکاری ، زیادی ارتفاع پودر جوشکاری ، ریزش مقدار کم پودر .

۱۴ - بی دقتی در نحوه انبار کردن مواد ، سیم جوش کجی زیاد دارد .

۱۵ - سیم جوش بسیار پایین تنظیم شده است .

۱۶ - کم بودن آمپر ، مقدار بارگذاری سیم جوش زیاد است ، فاصله سیم آزاد زیاد است ، قطر سیم نسبت به آمپر تنظیمی زیاد است ، مناسب نبودن فرم درز (زاویه پخ کم و ارتفاع پیشانی زیاد است) یا همبندی .

۱۷ - زیاد بودن آمپر ، کم بودن ولت (توجه پهنای گرده باید معمولا" ۱/۴ تا ۱/۲ برابر نفوذ باشد ، در صورتی که اندازه داده شده رعایت نگردد خطر ترک می‌رود ، پهنای گرده به طور معمول باید مابین ۱/۲۵ تا ۲/۵ برابر ضخامت ورق باقی بماند .

۱۸ - گرده با سطح مقطع بد می‌باشد (مثال حوضچه ذوب در زیر درز بزرگ می‌باشد یا بی‌ارزش بودن تناسب پهنا به ارتفاع گرده) دلایل موادی ، کم بودن پیش گرما، درست نبودن طریقه خنک کردن در درزهای گلویی و لب رویهم برآمدگی زیاد گرده یا به سبب درست نبودن فاصله درز ، اثر دمش قوس .

۱۹ - کثیف بودن سیم جوش و یا لبه های درز ، (مثل زنگ زدگی و یا سوختگی) یا رطوبت پودر ، تمیز نبودن پودر ، متناسب نبودن آلیاژ فولاد (مثل زیادی فسفر و گوگرد) زیادی یا کم بودن پودر ، کم بودن آمپر یا زیاد بودن سرعت جوشکاری ، دیر خنک شدن گرده هم‌چنین ریز بودن دانه بندی پودر از حد مجاز ، بارگذاری بیش از حد سیم جوش ، زیادی فاصله سیم آزاد ، جوشکاری بد پاس ریشه با دست به عنوان زیرسری ، نفوذ کم در جوشکاری جناغی دوطرفه ، اجرای جوش بدون پاس اول ، در اجرای پاس های زیاد و قرار نگرفتن صحیح گرده‌ها نسبت به یکدیگر .

اجرای روش جوشکاری زیرپودری:

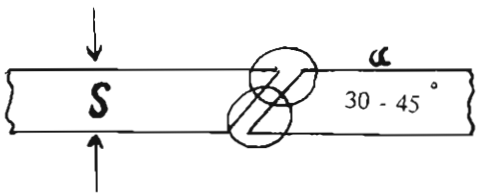
فرم درز اتصال قطعات در جوشکاری زیرپودری قبل از هر چیز بـه ضـخامت قطعه و نحوه اجرای جوش بستگی دارد .

تـوضیح : مـعمولا" از طـرف شـرکتهای سازنده دسـتگاه‌های جـوش زیـرپودری جدولهایی که نشان دهنده میزان آمپر ، ولت و سرعت جوشکاری و هم‌چنین فرم درز با توجه به ضخامت قطعات و باصرفه‌ترین نوع اتصال و ساختار پاس می‌باشد همراه دستگاه به خریدار می‌دهند .

در این راهنماها استفاده از پارامترهای مختلف با احتساب میزان مصرف سیم و پودر نیز آورده شده است . اما برای شروع هر نوع کار استفاده از نمونه ، مطابق قطعه اصلی برای آزمایش پارامترهای فوق کار درستی می‌باشد . به طور کلی از نظر برتری تکنیک جوشکاری ، اقتصادی و از لحاظ مرغوبیت درز مورد اطمینان است روش جوشکاری زیرپودری بهترین نوع جوشکاری می‌باشد .

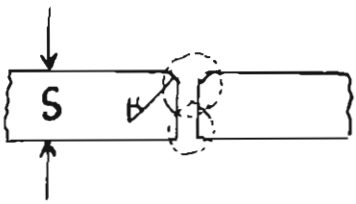
در این راهنماها به جز آماده سازی لبه های درز جوش ، تجهیزاتی که می‌توان به دستگاه جوش اضافه نمود تا به بهتر استفاده نمودن از آن کمک نماید و نیز استفاده از ابزارهایی که با بکارگیری آنها می‌توان لبه قطعات را صحیح‌تر پخ زد آورده شده است . جوشکاری که به واسطه زیادی آمپر و عمق زیاد نفوذش نحوه درز جوش را معین می‌کند ، درزیکه دارای زاویه کم ،کوچک و به خصوص پیشانی بزرگ است به این معنی که اگر ارتفاع درز را ثابت نگاه داریم این روش مصرف سیم جوش را بسیار کم می‌کند و سرعت جوشکاری زیرپودری را بهتر می‌توانیم افزایش دهیم . با توجه به مطالبی که قبلا" اشاره گردید جوشکاری زیرپودری را می‌توان به سه حالت اجرا نمود ، البته جوشکاری زیرپودری را بهتر است همیشه در حالت تخت انجام داد .

(شکل ۱۹) نمونه ۲



اتصال سربه سر I

نمونه ۱

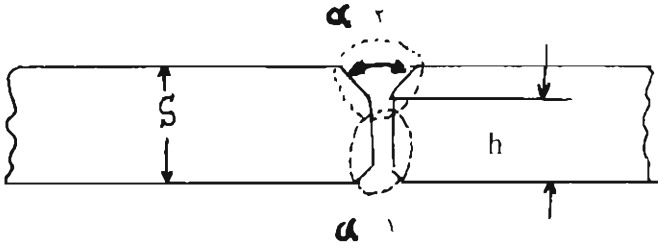


اتصال سربه سر I

جدول شماره ۵ : فرم درز و پارامترهای مختلف در جوشکاری

ضخامت قطعه S=mm	تعداد لایه	مقدار جریان A	مقدار ولت V	سرعت حرکت جوشکاری Cm/min	ملاحظات
۶	۱	۴۰۰	۳۲	۷۰	قطرسیم جوش ϕ ۴ mm
	۲	۵۵۰	۳۴	۷۰	
۱۰	۱	۵۰۰	۳۳	۶۸	قطرسیم جوش ϕ ۵ mm
	۲	۷۰۰	۳۵	۵۸	
۹/۵	۱	۸۸۰	۳۱	۱۱۰	قطرسیم جوش ϕ ۳ mm
	۲	۱۰۲۰	۳۱	۱۱۰	بازیرسری مسی

روش جوشکاری Tandem فاصله دوسره ۱۶ - ۹ mm



(شکل ۲۰) نمونه ۳ اتصال سر به سر نوع درز جناغی یکطرفه.با پیشانی بلند

ضخامت‌قطعه S = mm	تعداد لایه	مقدار جریان A	مقدار ولت V	سرعت‌حرکت جوشکاری Cm / mm	ملاحظات
۱۶	۱	۷۰۰	۳۳	۵۵	سیم‌جوش ϕ ۶ mm $a = 90^\circ$ h = ۱۰ mm
	۲	۱۰۰۰	۳۵	۴۱	
۳۰	۱	۸۰۰	۳۴	۴۶	سیم جوش ϕ ۷ mm $a = 70^\circ$ h = ۸۴ mm
	۲	۱۳۵۰	۳۶	۲۶	

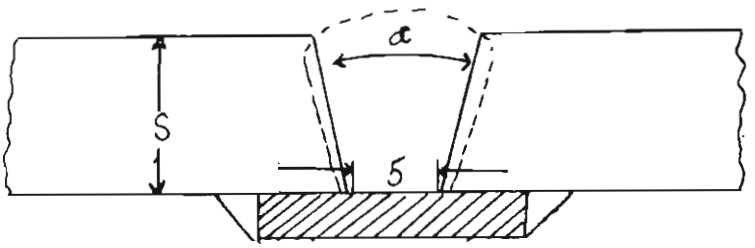
حالت هایی راکه می‌توان جوشکاری را اجرا نمود ، لب به لب، لب‌روی هم و سپری (گلویی) و درز نیم جناغی دو طرفه بر روی سطح صاف (K) و جوشکاری سوراخ گیری می‌باشد . به جز جوشکاری فرمهای گلویی ، نیم جناغی دوطرفه و لب رویهم در حالت تخت با استفاده از امکانات و ادوات مخصوص در حالت عمودی نیز می‌توان جوشکاری زیر پودری را اجرا نمود .

هنگام جوشکاری اتصال لب به لب چنانچه قطعه را کمی شیب مخالف سمت حرکت جوشکاری بدهیم بهتر است . برای مثال : در هنگام جوشکاری روی ورقهای نازک باید از سرعت زیاد استفاده گردد در این صورت درز جوش به طور کامل پر خواهد شد . تا زمانی که ورق سر پایینی باشد ، در این حالت درز جوش به طور کامل پر نخواهد شد ، هم‌چنین امکان خطر به جلو رفتن ذوب و قرار گرفتن سرباره در زیر حوضچه وجود دارد .

عمق خوب ذوب در جوشکاری زیرپودری این امکان را می‌دهد که در جوشکاری درزی که به قسمت پشت آن بسهولت نمی‌توان دسترسی یافت ، بدون انجام کارهای آماده سازی از پشت قطعه (گوجینگ) بدون هر اشکالی پس از جوشکاری از پشت درز می‌توان اطمینان کامل از سلامت پیوند در حد عکسبرداری X و Gama اطمینان کامل داشته باشیم . (چنانچه امکان دسترسی به ریشه درز از یک طرف نداشته باشیم ، می‌توانیم با استفاده از روش زیرپودری دستی و یا با استفاده از الکترودهای دارای عمق نفوذ خوب (TF) جوشکاری را از پشت قطعه تصحیح نماییم .

آماده سازی لبه قطعات (پخ زنی) را می‌توان با استفاده از وسایلی مثل قیچی ، برش آکسی استیلن و یا دستگاه پخ زن مکانیکی انجام داد ، اما مثل بقیه موارد در جوشکاری های خودکار درز و کناره‌های آن باید به طور کامل تمیز و از نظر همبندی و یکنواختی صحیح باشد در صورتی که رعایت مسائل فوق انجام شود می‌توان به یک جوشکاری کامل ، پیوسته ، متناسب با ضخامت قطعه و فرم درز بدون اینکه محلی خالی بماند سطحی صاف و صیقلی داشته باشیم ، در چنین مواردی امکان بریده شدن درز وجود نخواهد داشت و کار با موفقیت به پایان خواهد رسید .

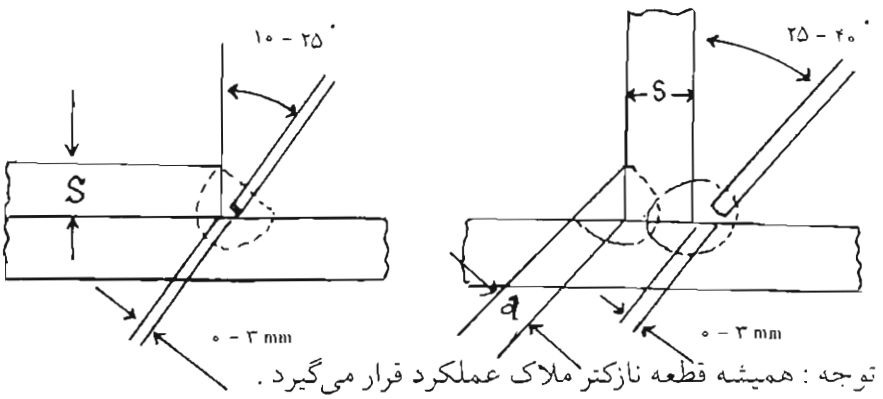
نمونه ۴ اتصال سربه سر نوع درز جناغی یکطرفه به‌لاوه زیرسری (شکل ۲۱)



جدول شماره ۶ – ادامه پارامترهای لازم برای اتصالات مختلف

ضخامت قطعه S = mm	تعداد لایه	مقدار آمپر A	مقدار ولت V	سرعت حرکت جوشکاری Cm / mm	ملاحظات
۱۰	۱	۱۰۰۰	۳۲	۵۰	قطر سیم جوش ϕ ۶ mm $\alpha = 0^\circ$ تسمه فلزی ۶ × ۲۲ mm
۱۶	۱	۱۲۰۰	۳۴	۲۸	قطر سیم جوش ϕ ۶ mm $\alpha = 15^\circ$ تسمه فلزی ۱۰×۳۰ mm

(شکل ۲۲) اتصال سپری جوش در حالت تخت h اتصال لب رویهم جوش در حالت تخت h



توجه : همیشه قطعه نازکتر ملاک عملکرد قرار می‌گیرد .

ضخامت قطعه S = mm	تعداد لایه	مقدار آمپر A	مقدار ولت V	سرعت حرکت جوشکاری Cm / mm	ملاحظات
۱۶	۱	۷۲۵	۲۳	۴۶	قطر سیم جوش ϕ ۶ mm
	۲	۸۵۰	۳۵	۴۱	a = ۶ mm
۱۲/۵	۱	۱۰۸۰	۳۰	۱۰۰	قطر سیم جوش ϕ ۶ mm
	۲	۱۱۸۰	۲۸	۱۰۰	a = ۶/۵ mm

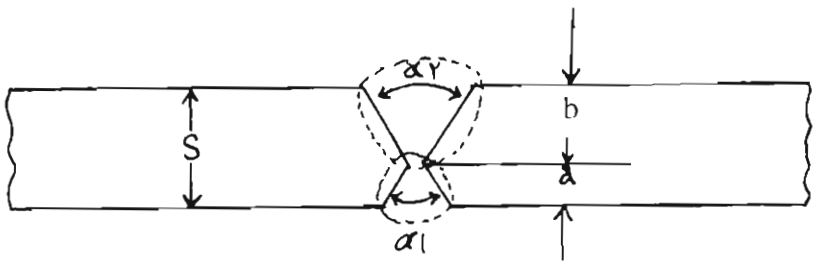
درصورتی که از روش Tandem استفاده شود ϕ ۴ - ۵ mm
این پارامترها رعایت گردد . Cm / min ۴۵ - V ۲۸ - A 500

قبل از همبندی قطعات باید همانطورکه در بالا در قسمت پودر جوشکاری ذکر گردید در محل جوشکاری حتی در صورتی که از زیرسری مسی استفاده گردد از هر طرف درز حدود ۲۵ میلی‌متر لبه قطعات باید در حد صیقلی جلا داشته باشد . به این معنی که از هرگونه زنگ ، رنگ ، سوختگی ، روغن و غیره به دور باشد . باید دقت داشت که خشک بودن قطعه مسئله مهمی می‌باشد که باید به آن توجه لازم مبذول شود . این پاکیزگی که تا این اندازه به آن پافشاری می‌گردد ، به دلیل جلوگیری از بوجود آمدن هرگونه حفره و باقی ماندن ناخالصی ها درگرده می‌باشد و کمک زیادی به بهبود سرعت جوشکاری خواهد نمود . برای مثال می‌توان از امکاناتی چون تمیزکاری با استفاده از مشعل‌های مخصوص و گرمای شعله ، سندبالاست ، سنگ‌کاری ، برس فلزی ماشینی و با مواد شستشو دهنده اسیدی بهره گرفت . در تصاویر شماره‌های ۱ تا ۱۱ تعدادی از درزها و همبندی قطعات و پارامترهای لازم آورده شده ، با توجه به تصاویر فوق مطالب زیر به طورکامل آورده شده است .

الف - درز لب به لب جوش یا سر به سر (I)

اتصال لب به لب (I) نمونه شماره یک صفحه ۴۱ در هنگام جوشکاری با روش زیرپودری UP زمانی که از دو طرف جوش می شود حداکثر تا ۱۶ میلی‌متر ضخامت قابل اجرا می‌باشد . آماده سازی لبه های هر دو قطعه آسان و ارزان است ، ایجاد پخ کوچک زمانی که (Y) قطعه از ۱۰ میلی‌متر تجاوز نماید لازم است ، ایجاد پخ کوچک نه تنها برای ازدیاد عمق نفوذ ، بلکه از افزایش ارتفاع سطح گرده جلوگیری به عمل می‌آورد . هم‌چنین زمانی که از روش خودکار استفاده می شود کمک بزرگی برای هدایت روش و قرار دادن سیم جوش در مرکز درز در طول عملیات جوشکاری می‌باشد .

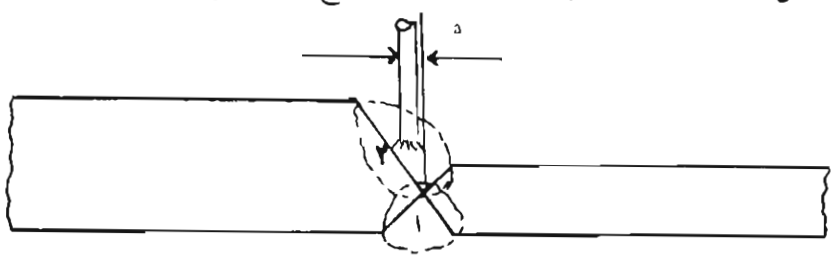
اتصال سربه سر نوع درز جناغی دوطرفه نمونه ۷ (شکل ۲۳)



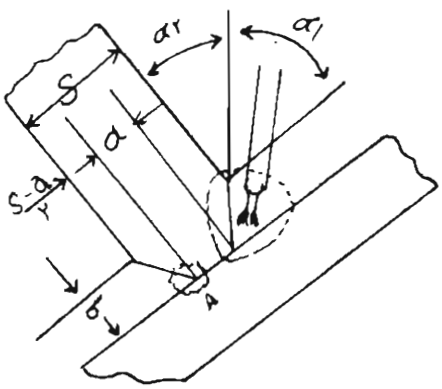
«جدول شماره ۷ - پارامترهای مختلف برای اتصالات مختلف »

ملاحظات	سرعت جوشکاری cm./min	اختلاف سطح V	شدت جریان A	اندازه ارتفاع درز b mm	a mm	زاویه پخ α°	تعداد پاس	ضخامت قطعه s=mm
قطرسیم جوش Ø 6mm	۲۸	۳۶-۳۸	۱۲۵۰	۱۶	۹	۵۰°	۱	۲۵
قطرسیم جوش Ø 7mm	۲۳	۳۸-۴۰	۱۵۰۰	۱۲	۲۳	۴۵°	۱	۳۵

(شکل ۲۴) اتصال لب به لب با اختلاف ضخامت نوع درز جناغی دوطرفه (نمونه ۸)



(شکل ۲۵) اتصال سپری جوش در حالت وانی نوع درز (نمونه ۹)



(جدول شماره ۸)

ضخامت قطعه s=mm	تعداد پاس	زاویه پخ		اندازه ریشه درز a mm	b mm	شدت جریان A	اختلاف سطح V	سرعت جوشکاری cm/min	ملاحظات
		α۲	α۱						
۳۰	۱	۲۵	۶۵	۱۲	۱۹	۱۱۰۰	۳۰	۱۷	قطر سیم جوش Ø 6mm
	۲					۱۱۵۰	۳۰	۱۷	

در این نوع بهتر است دو قطعه بدون فاصله درکنار هم قرارگیرند . ایجاد فاصله بین دو قطعه به ویژه زمانی که شما دارای پهنای مختلفی هستید کار را مشکل خواهد ساخت (به دلیل ایجاد تنش چون با این کار حجم مواد وگرمای وارده زیادتر خواهد شد) . و در غیر این صورت باعث می شود که درز اتصال بریده شده و مواد ذوب و پودر به خارج ریخته شود .

جوشکاری از پشت قطعه باید با آمپر بیشتر انجام گیرد تا به یک جوش کامل و مطمئن برسیم و مواد مذاب شده پاس اول با مواد مذاب شده پاس مقابل (دوم) در وسط ضخامت قطعه بهترین حالت ممزوج شدن را پیدا خواهد نمود . برای کنترل

این مسئله بهترین راه مشاهده اثر سرخی که از پشت قطعه به هنگام جوشکاری می‌توان دید است . (معمولا" در اجرا با گذاردن یک آینه در روی زمین امکان دیدن اثر سرخی را می‌توان به خوبی فراهم نمود) . هنگامی که فاصله دو قطعه استثنایی باشد می‌توان با خلجوش زدن یک زیرسری به ویژه برای جلوگیری از ریختن پودر به زمین انجام و سپس جوشکاری صورت پذیرد ، البته باید دقت گردد برای جوشکاری پاس مقابل بعد از برداشتن زیرسری درز جوش ابتدا از هرگونه آلودگی تمیز و سپس جوشکاری انجام شود .

چنانچه درز جوش (I) فقط از یک طرف قابل دسترسی باشد ، می‌توان با داشتن فاصله زیاد و گذاردن یک زیرسری از جنس مس و یا یک زیرسری فلزی تسمه نمونه (شکل ۲۱) شماره ۴ صفحه ۴۴ عمل جوشکاری جرا گردد .

پاس یک جوشکاری درز لب به لب را می‌توان ابتدا به وسیله جوش قوس الکتریکی و کاربرد الکترودهای مناسب این کار مثل الکترود گروه E ۶۰۱۰ با روکش سلولزی انجام و سپس پاس تکمیلی و نهایی را با روش زیرپودری انجام داد . باید دقت شود برای این کار حدود ۵ میلی‌متر با زاویه ° ۶۰ درجه لبه های قطعه پخ زنی گردد . یک فاصله ۱ تا ۳ میلی‌متر به دلیل نفوذ خوب جوش الکترود دستی مورد نیاز است . در موقع جوشکاری قطعه با ضخامت ۱۰ میلی‌متر می‌توان از پارامترهای زیر استفاده شود .

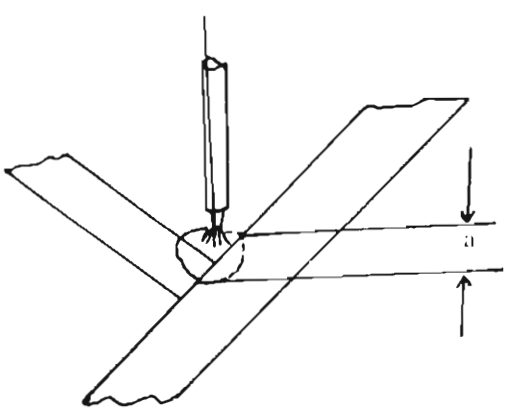
قطر سیم جوش ۴ تا ۵ میلی‌متر ، آمپر مصرفی ۶۵۰ تا ۷۰۰ آمپر ، ولت ۳۲ با سرعت حرکت ۶۰ سانتی متر در دقیقه . اگر نوع درز جوش مطابق نمونه شماره ۲ در تصویر صفحه ۴۱ باشد چنانچه زاویه سیم جوش را به هنگام جوشکاری صحیح انتخاب نکنیم و آمپر انتخابی در حد کافی زیاد نباشد به جوش سالم نخواهیم رسید.

زمانی که بخواهیم قطعات ضخیم را جوشکاری نماییم می‌توانیم از تصاویر و پارامترهای داده شده در صفحات ۴۱ تا ۵۱ استفاده نماییم و باید به موقعیت قطعه، ضخامت ، محل جوشکاری و روش بکارگیری جوشکاری (تک پاس ، دو پاس و یا

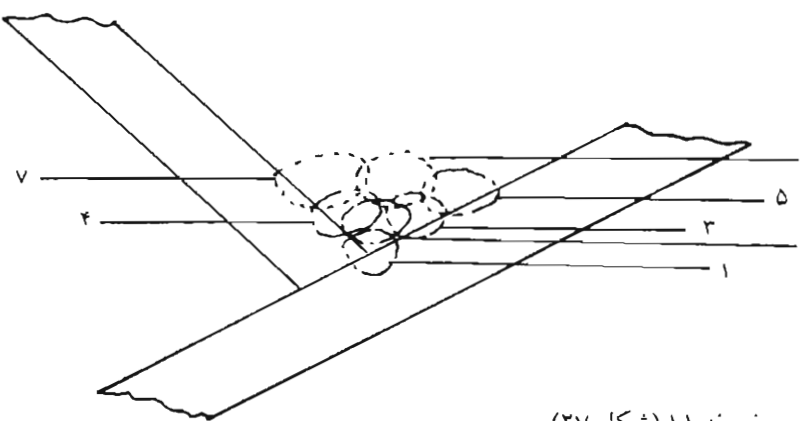
پاسهای متعدد) توجه شود . از فرم‌های مختلف درز همچون V جناغی یک طرفه - X جناغی دو طرفه و یا U لاله‌ای یک طرفه برای آماده سازی درز می‌توان استفاده نمود . به طور کلی و عمومی اگر گفته باشیم ، در جوشکاری زیرپودری UP تا ۲۲ میلی‌متر ضخامت از درز جناغی یک طرفه و تا حدود ۵۰ میلی‌متر از جناغی دو طرفه مساوی و یا غیر مساوی X و با توجه به اینکه از هر سمت فقط با یک پاس می‌توان جوشکاری را تکمیل نمود . قطعات بیش از ۵۰ میلی‌متر از فرمهای X جناغی دو طرفه حال با چند پاس و یا به وسیله دستگاه دو سره (Tandem) به نتیجه مطلوب خواهیم رسید .

در ورقهای خیلی ضخیم می‌توان از فرم لاله‌ای دو طرفه U نیز بهره گرفت و چنانچه امکان دسترسی به پشت قطعه نباشد می‌توان از فرم لاله‌ای یکطرفه U و بکارگیری دستگاه‌های دوسره ، با پاسهای متعدد به نتیجه مطلوب رسید . یکی از مهمترین مسائلی که در هدایت روان جوشکاری زیرپودری روی فرم درز V و X باید توجه شود ابتدا زاویه پخ و سپس ارتفاع درز می‌باشد و هر یک از آنها در انتخاب میزان پارامترهای جوش مثل ضخامت قطعه ، فرم درز ، آمپر مصرفی در سرعت جوشکاری تأثیر گذار می‌باشند .

نمونه ۱۰ اتصال سپری جوش در حالت وانی (شکل ۲۶)



ضخامت گرده‌جوش a = mm	تعداد پاس	شدت جریان A	اختلاف سطح V	سرعت جوشکاری Cm / mm	ملاحظات
۱۰	۱	۱۱۰۰	۳۵	۳۲	قطرسیم‌جوش ϕ ۶ mm
۱۶	۱	۱۶۰۰	۴۲	۱۸	قطرسیم‌جوش ϕ ۶ mm



نمونه ۱۱ (شکل ۲۷)

زاویه پخ در جوشکاری زیر پودری UP:

میزان زاویه انتخابی لبه قطعات در جوش زیرپودری به طور معمول کمتر از مقداری است که در روش الکترود با قوس باز دستی به کار گرفته می شود و در این مقدار مابین ° ۱۵ تا ° ۶۰ درجه می‌باشد . یک زاویه باز برابر است با عمق ذوب زیاد ، همچنین با این کار میزان مصرف سیم جوش و اعوجاج قطعه بیشتر می شود ، از این رو برای رسیدن به عمق ذوب خوب باصرفه‌ترین کار این است که با زیاد کردن آمپر به خواسته خود نائل آییم . هنگام جوشکاری زیرپودری زمانی که درز قطعه با فرم

جناغی یک طرفه و جناغی دوطرفه است زاویه و میزان ارتفاع پیشانی وظایف مختلفی را به عهده دارند (نمونه شماره ۳ (شکل ۲۰) صفحه ۴۳) .

اولین نقش ارتفاع پیشانی در جلوگیری از بریده شدن درز در مقابل قدرت می‌باشد . همچنین نباید این ارتفاع بیش از اندازه لازم بزرگ باشد ، زیرا اختلاف ها در تولید برای مثال جابجایی در تنظیم سطح دو قطعه نسبت به یکدیگر تأثیر خودش را زیادتر خواهد نمود و همیشه از وجود چنین اختلافی در سطح قطعه ممانعت می‌گردد . در صورتی که ارتفاع پیشانی لبه قطعه کمتر از مقدار تنظیمی آمپر باشد درز توسط حرارت جوشکاری بریده خواهد شد .

به طور عمومی در جوشکاری زیرپودری درز V جناغی یک طرفه هر چقدر ارتفاع پیشانی درز جوش زیادتر باشد به همان اندازه اطمینان از بریده نشدن درز در حین جوشکاری بیشتر می شود ، و برعکس امکان نفوذ کم جوش وجود دارد و هر چقدر این ارتفاع کم باشد در نتیجه نفوذ خوب خواهیم داشت و از طرفی خطر بریده شدن درز در صورتی که از زیرسری استفاده نشود وجود خواهد داشت .

یک پیشانی با ارتفاع زیاد در فرم X جناغی دو طرفه قبل از هر چیز مشکل عبور ذوب و اختلاط گرده‌ها در مرکز درز جناغی دو طرفه را به وجود می‌آورد . روی عمق نفوذ و ارتفاع گرده جوش مقدار فاصله دو لبه درز از یکدیگر به طور یقین تأثیر مؤثری خواهد داشت . باستثناء جوشکاری های معینی همچون درزی که با دو روش قوس دستی و زیرپودری انجام می‌گردد ، باید فاصله دو قطعه در حد امکان یکنواخت باقی بماند ، در صورتی که ما می‌دانیم در تولیدات بسیاری از این فاصله‌ها یکنواخت نمی‌ماند . در چنین موقعی باید روند جوشکاری در بعضی اوقات نسبت به اختلافی که در درز وجود دارد از آمپر و سرعت حرکت مختلف استفاده گردد تا بتوان بریده شدن و یا نفوذ کم ذوب را از میان برداشت .

زمانی که جوشکاری زیرپودری روی درز جناغی یک طرفه انجام می شود ، برای جلوگیری از بریده شدن درز باید از پیشانی با ارتفاع مناسب استفاده شود

(نمونه شماره ۳) و سپس از پشت جوشکاری تکمیل گردد و یا از شکل ۲۰ نمونه شماره ۲ یعنی درزی که دو ورق به صورت مورب با زاویه ۳۰° تا ۴۵° درجه روی هم قرار دارند جوشکاری خودکار خوبی را می‌توان اجرا نمود ، فقط از ارتفاع زیاد گرده جوش در این نوع درز که به طور معمول به وجود می‌آید باید جلوگیری گردد . برای درزهای جناغی یک طرفه می‌توان از زیرسری مناسب به خاطر جلوگیری از بیرون ریختن پودر استفاده نمود (شکل شماره ۲۱) صفحه ۴۴ باید برای جلوگیری از خطرات حفره و یا باقی ماندن ناخواسته ها در گرده ابتدا زیرسری باید خوب از زیر به قطعه اصلی چسبیده و دوم آنکه سطح آن باید خوب صاف و جلای فلزی داشته باشد . در بعضی مواقع می‌توان از زیرسری هایی از جنس مس که در میان خود فرورفتگی (نک) دارند و در داخل آن پودر جوش مناسب ریخته و زیر درز قرار می‌دهند استفاده نمود . هم‌چنین از مس هایی که در خود حفره‌هایی دارند که در داخل این حفره‌ها آب جریان دارد و از این راه باعث می شود زیرسری زودتر خنک شود و خطر چسبیدن به جوش کمتر گردد می‌توان استفاده نمود .

اتصال فرم ایکس (جناغی دوطرفه در جوشکاری زیرپودری به طور معمول بدون استفاده از زیرسری اجرا می شود ، اما در بعضی موارد که ضخامت قطعه کم می‌باشد از زیرسری پودری می‌توان استفاده نمود . این نوع درزها یا از جناغی دوطرفه برابر و یا نابرابر تشکیل می شوند (X) که به طور معمول درز داخل $\frac{1}{3}$ ارتفاع قطعه و در خارج $\frac{2}{3}$ ضخامت را خواهند داشت . به همین دلیل ابتدا قسمت کوچکتر با آمپر کمتر جوشکاری می شود ، زیرا در این صورت امکان بریده شدن درز وجود ندارد و سپس قسمت مقابل (از پشت) و قسمت بزرگتر با استفاده از آمپر زیادتر جوشکاری می شود و با این کار می‌توان به یک جوشکاری مطمئن که پاس ها در مرکز به شکل صحیح با یکدیگر ممزوج گشته‌اند نائل آمد . در تصویر شماره ۲۳ صفحه ۴۷ نشان دهنده هماهنگی جوشکاری با قوس دستی و زیرپودری در یک درز که ارتفاع پخ آنها متفاوت است می‌باشد . در تصویر شماره ۲۲ اتصالی را

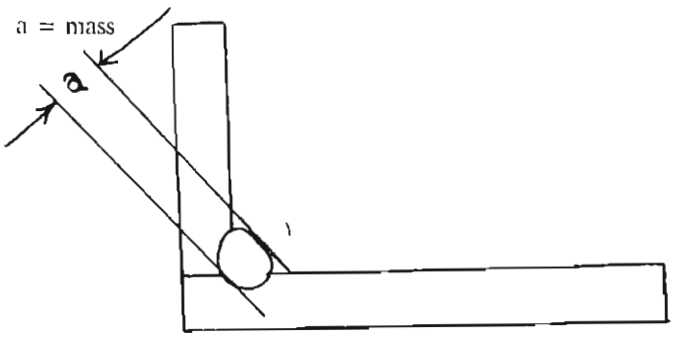
متشکل از دو قطعه که دارای ضخامت نابرابر می‌باشند نشان می‌دهد .
ب - جوشکاری زیرپودری در درز سپری (گلویی و درز فرم لب روی هم می‌تواند قابل تفکیک باشد از این نظر که آیا در حالت تخت (شکل شماره ۲۲ نمونه ۵ و ۶) است یا در حالت وانی (شکل شماره ۲۵ نمونه ۹) می‌باشد .

در چنین اتصالات به طور قانونی محل اتصال باید بدون هرگونه فاصله مابین دو قطعه باشد ، تا از خطر ترک جلوگیری گردد . به جز آن قطعاتی که قرار است به صورت سپری به یکدیگر جوشکاری زیرپودری گردند باید به طور قطعی بدون هرگونه سطح زنگ زده و رطوبت باشند تا از بوجود آمدن حفره در گرده جلوگیری شود . جوشکاری زیرپودری در اتصال سپری در حالت معمولی در هنگام جوشکاری این حالت می‌توان در صورت برابری ضخامت و مقایسه با قطعه‌ای که لب به لب جوشکاری می شود می‌تواند آمپر برابر اما ولت کمتر و نیز سرعت جوشکاری کمتر استفاده شود در صورتی که اتصال سپری همزمان از دوطرف و با یک میزان پارامتر جوشکاری گردد ، بهتر می‌توان به عمق ذوب و ممزوج دو گرده دست یافت . چنانچه از یک قدرت زیاد مثل جوشکاری اتصالی شکل شماره ۲۶ (K) دست یافت . به طور معمول می‌توان قطعات خیلی ضخیم را با ایجاد اتصال سپری با آماده سازی لبه جوشکاری نمود زیرا این فرم به دلیل نحوه قرارگرفتن آن بسیار آسان و با صرفه است .

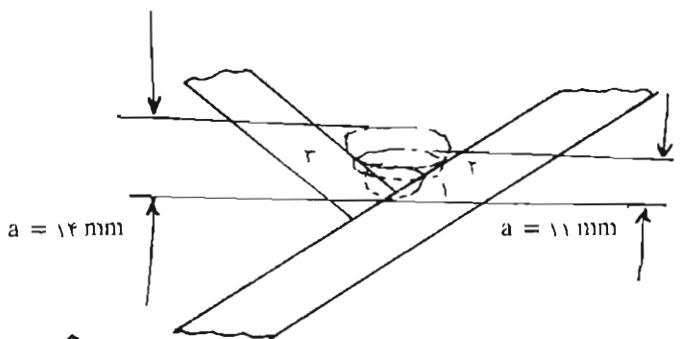
در این فرم می‌توان از آمپر کمتری استفاده نمود و تا ارتفاع گرده برابر ۶ در یک پاس و از آن به بالا با به کارگیری لایه های بعدی (چند پاسه) موفق گردید . در مقایسه حالت وانی با حالت تخت ، حالت دوم بهتر است . زیرا در اتصال سپری حالت تخت می‌توان دو طرف قطعه را همزمان با هم جوشکاری نمود و آنچه از نظر اقتصادی و تکنیک اهمیت دارد عدم وجود اعوجاج در قطعه است که در حالت تخت از دو طرف وجود نخواهد داشت .

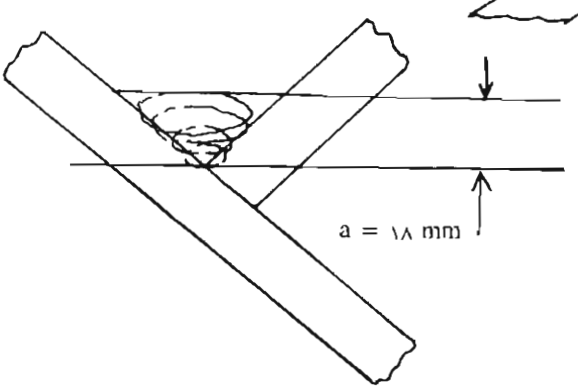
مسیر حرکت جوشکاری در اتصال سپری تأثیر با اهمیتی در فرم ظاهری گرده جوش دارد . زاویه قرارگرفتن سیم جوش نسبت به درز به ویژه سرعت زیاد جوشکاری در روی ورقهای نازک بستگی دارد به ضخامت قطعه با اختلاف حدود ۴۰ درجه نسبت به خط عمود ، (ورق عمودی) که باید رعایت گردد . سیم جوش را نباید به صورت دقیق در گوشه (کنج) اتصال دو قطعه قرار داد ، بلکه باید حدود $\frac{1}{4}$ تا $\frac{1}{2}$ ضخامت سیم جوش از کنج فاصله گرفته و روی کف قرارگیرد . در غیرابنصورت با اشکال بغل خوردگی روبرو خواهیم شد ، به این معنی که در زیر گرده قطعه را برش خواهد داد (قطعه عمودی) .

گرده‌های ضخیم را می‌توان در جوشکاری قطعات سپری در حالت تخت اجرا نمود ، با سیم جوش قطر ۵ میلی‌متر ، آمپر ۷۰۰ ولتی حدود ۲۹ تا ۳۵ می‌توان جوشکاری نمود . ساختار پاس ها مشابه دیگر روشهای جوشکاری با استفاده از قوس الکتریکی ، ابتدا باید پاس پایین و به ترتیب پاس های بالا اجرا می‌گردد ، البته باید زاویه سیم جوش نسبت به ورق کف همیشه ۶۰ درجه را داشته باشد . سرعت جوشکاری از پایین به بالا یعنی از ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر در دقیقه Cm / min در حین کار افزایش خواهد یافت . در حین اجرای جوشکاری و بنای پاس ها در روی هر کدام فاصله نوک سیم جوش نسبت به ورق پیشانی باید یکنواخت نگاه‌داری گردد . تعداد پاس ها بر پایه ضخامت گرده (a = mass) است . به این صورت که دو پاس اول a = ۱۱ میلی‌متر - ۳ پاس ۱۴ میلی‌متر - ۴ پاس ۱۸ میلی متر - ۵ پاس ۲۰ میلی‌متر و غیره است .



(شکل ۲۸)





(شکل ۲۹)

جوشکاری فرم اتصال سپری با ضخامت برابر دو قطعه و هدایت سیم در حالت کاملاً عمود (عکس شماره ۱۰) جوشکاری سپری با برابری و کنج در حالت تخت و سیم جوش نسبت به کنج در حالت ۹۰° درجه انجام می‌گیرد . در صورتی که در ضخامت ورقها اختلاف وجود داشته باشد باید در ورق ضخیم‌تر نفوذ بیشتری نسبت به ورق نازکتر ایجاد نمود .

در چنین اتصالی به دلایل خاصی از سیم جوش قطر mm ۶ استفاده می شود . و این بستگی به محل جوش دارد ، در صورت کم عرض بودن گرده در این فرم پاسها روی هم خواهند بود و چنانچه قرار باشد تعداد پاسها زیاد باشد ، در پاسهای بعدی لایه ها در کنار هم باید چیده شود و بسته به محل پاس نازل هدایت سیم باید در مرکز اجرای پاس قرارگیرد (عکس شماره ۱۱) به طور معمول جوشکاری در حالت وانی W دارای یک گرده صاف تخت و صیقلی می‌باشد . چنانچه سطح گرده در این حالت بیش از حد برآمدگی داشته باشد ، جداسازی شلاکه با مشکل انجام خواهد شد . برای این کار باید از ولت بیشتر استفاده شود و در مقابل آمپر و سرعت حرکت باید کمتر شود . البته استفاده از یک پودر با دانه بندی ریز بی‌تأثیر نخواهد بود .

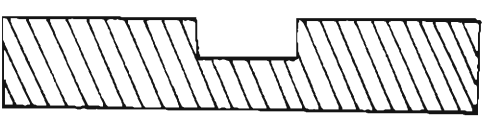
ج - چنانچه اتصال از نوع سپری و حالت جوش وانی (W (K باشد ، مقررات جوش در حالت سپری بدون آماده سازی لبه ها (عکس ۱۰) می‌تواند اجرا گردد . در ضمن می‌توان از اتصال های ۱۲ تا ۱۴ (شکل ۳۲) در جوشکاری زیرپودری به عنوان جوشکاری حفره‌ای و کنجی استفاده نمود . صفحه ۶۰

قطعاتی که به منظور استفاده در جوشکاری زیرپودری آماده می‌گردد ، باید عاری از هرگونه پلیسه و ناصافی در لبه ها باشد . این کار نه تنها بخاطر مرغوبیت و یکنواختی عمق نفوذ است ، بلکه با توجه به این مسئله سطح گرده صاف و در اجرای روند جوشکاری و سرعت بخشیدن به آن کمک مؤثری خواهد نمود . در هر صورت برای اجرای صحیح جوشکاری زیرپودری باید دقت لازم برای تمیزی قطعات قبل از جوشکاری به عمل آورد . (برای همبندی قطعات قبل از جوشکاری می‌توان قطعات را به ویژه در سری سازی با توجه به مزیت های ثابت شده از جیکس و فیکسچر استفاده مؤثر گردد) .

قطعات در بعضی از موارد احتیاج به خالجوش زنی دارند که بستگی به موارد مختلفی دارد . خال جوش زنی را می‌توان به وسیله دست و با روشهای دیگر قوس الکتریکی انجام داد . اما در بعضی از مواقع در قطعات بسیار مهم و طویل می‌توان از

خود روش زیرپودری برای این کار بهره گرفت . در هر صورت در هنگام تنظیم و خال جوش زنی قطعات از بوجود آمدن فواصل ناهمگون باید به طور جدی جلوگیری گردد . در غیر اینصورت هنگام جوشکاری ، محلهای باز به دلیل داشتن قدرت ذوب زیاد بریده خواهند شد . خوشبختانه می‌توان در روی یک قطعه که جوشکاری زیرپودری انجام گردیده فلز جوش را با دیگر روشها (قوس الکتریکی) ادغام نمود . مثلاً" در یک درز جوش (عکس شماره ۷) قسمت زیرکه حجم کمتری از مواد اضافی را در خود جای می‌دهد ، بدون اینکه قطعه را بچرخانیم به صورت سقفی با الکترود روپوش دار و یا روش میگ و ماگ Mig , Mag ابتدا جوش داد و سپس قسمت بزرگتر که احتیاج به حجم مواد بیشتری دارد ، با استفاده از روش زیربودری کار را تکمیل نمود . فقط باید توجه داشت که مواد اضافی مورد مصرف در هر دو پاس روش هماهنگی لازم را با قطعه کار و با یکدیگر داشته باشند .

به دلیل داشتن قدرت ذوب زیاد در جوشکاری زیرپودری در موارد مختلف ، به واسطه فرم گرده و زیادی آمپر و یا در نتیجه یکنواخت نبودن شکاف درز در سرتاسر دو قطعه و به دلیل آماده سازی بد آن امکان برش خوردن درز وجود دارد و برای جلوگیری از این مسئله می‌توان از زیرسری مسی که مناسب اندازه قطعه باشد و با ایجاد نک به ابعاد ۱۲ × ۱/۵ میلی‌متر و قرار دادن آن در زیر قسمت شیار درز کمک مؤثری در جلوگیری از ریزش مواد به خارج خواهد نمود .



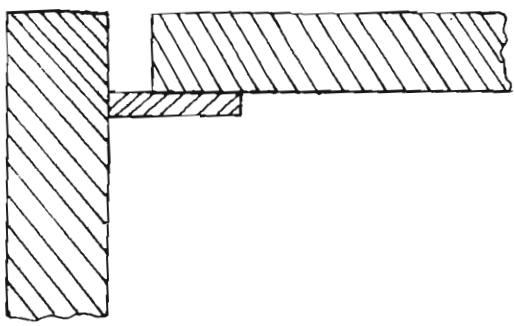
(شکل ۳۰)

هم‌چنین به دلیل خواص خوب انتقال حرارت در مس کمک می‌نماید که حرارت از منطقه جوش به آرامی و یکنواخت دور گردد هم‌چنین در جلوگیری از ایجاد تنش کششی و فشاری مفید است . در ضمن می‌توان به جای زیرسری مسی از زیرسری حاوی پودرجوش استفاده نمود و با وسایل مخصوص به زیر درز به صورت موقت نصب کرد . به طور مثال در اتصال ایکس (جناغی دو طرفه) می‌توان قسمت نیم جناغ زیر را با پودر پر نمود و وسیله‌ای هم برای نگهداری پودر در زیر درز قرار داد . در هر صورت پودر باید در زیر درز به شکل یکنواخت و با فشار لازم جای بگیرد تا بتوان در مقابل ریزش پودر و مواد مذاب از قسمت بالا مقاومت نماید همچنین می‌توان از زیرسری فلزی (همجنس مواد پایه) به صورت تسمه فلزی در قسمت زیر درز و سر تا سر قطعه جوش قرار داد و به طور معمول در هنگام جوشکاری این تسمه به قطعه اصلی متصل خواهد شد . نمونه شماره ۴ صفحه ۴۴

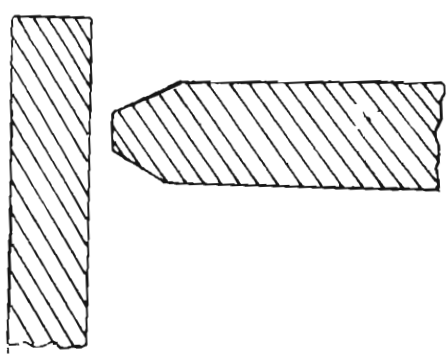
برای اینکه از فرورفتگی گرده در ابتدا و انتهای درز و از این طریق پدید آمدن ترک در گرده جوش جلوگیری گردد ، می‌توان از قطعات ضایعاتی با ضخامت خود قطعه در طول و عرض ۲۰۰ × ۱۵۰ میلی‌متر استفاده و به ابتدا و انتهای درز جوش به طور موقت جوش گردد و پس از پایان کار می‌توان آنها را جدا نمود (البته به وسیله مشعل برش یا سنگ برش نه به وسیله ضربات چکش سنگین به دلیل بوجود آمدن ترک) .

(شکل ۳۱)

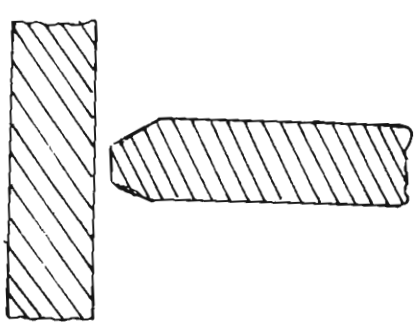
نمونه ۱۲ (شکل ۳۲)



نمونه ۱۳ (شکل ۳۲)



نمونه ۱۴ (شکل ۳۲)



کابل جوشکاری (کابل مثبت)

در جوشکاری زیرپودری به دلیل کاربرد آمپر A زیاد ، باید از کابل های جوشکاری دارای سطح مقطع مناسب و طول کوتاه استفاده شود و از نظر عایق بودن کامل باشد .

مقدار افت القایی ولت در کابل باید در حد امکان پایین باشد ، یعنی سیم های درون پوشش کابل با فشار زیاد به هم چسبیده باشد . کابل های مزبور نباید به هم گره خورده باشند و یا دور اجسام فلزی پیچیده و یا آویزان شده باشند .
(به دلیل ایجاد حوضه مغناطیسی و تداخل این حالت با حالت مشابه در سیم پیچ دستگاه جوش)

کابل اتصال بدنه (کابل منفی)

کابل اتصال بدنه باید به طور کاملی به شکل صحیح و محکم در محلی تمیز و عاری از هرگونه زنگ ، رنگ و دیگر موانعی که امکان دارد جلوی عبور جریان را ضعیف و یا به طور موقت قطع نماید و هم‌چنین به نزدیکترین فاصله به محل جوش نصب گردند . ضعیف شدن عبور جریان از اتصال بدنه باعث می شود در کابل مقاومت ایجاد نماید و از این طریق افت ولتاژ خواهیم داشت و قبل از هر چیز نوسان در ولت که باعث ناآرامی در جوشکاری و در نتیجه گرده‌ای زبر ، باریک و متفاوت از نظر پهنا خواهیم داشت . بهترین راه برای جلوگیری از مشکلات فوق این است که ، قبل از بستن اتصال بدنه ، محل آن را به وسیله سنگ سنباده به جلای فلزی رساند و گیره مزبور را محکم به قطعه بست . روی قطعاتی که در حال چرخش جوشکاری می شوند باید اتصال بدنه از نوع مخصوص که با جنس کربنی و گردان می‌باشد استفاده گردد تا کابل پیچیده نشود و در داخل خود اتصال کوتاه به وجود نیاورد .

هم‌چنین به دلیل وجود اثر دمش در قوس جریان مستقیم (DC) که در بعضی مواقع در روش دوسره Tandem در جریان متناوب (AC) وارد می شود ، باید توجه کافی به عمل آید زیرا وجود دمش قوس باعث بوجود آمدن جوشکاری ناآرام و ظاهر بدگرده و هم‌چنین پیوند سرد و وجود حفره درگرده خواهد شد . با انتخاب محل خوب اتصال بدنه (نزدیکترین فاصله به محل سره جوش) می‌توان در مقابل اثرات دمش قوس مقابله کرد و یا با زیاد کردن تعداد کابل اتصال بدنه و گذاردن هریک در قسمتی از قطعه با این پدیده مبارزه نمود . برای مثال (قرار دادن اتصال بدنه به مس زیرسری) و یا جابجایی آن در طول جوشکاری در قطعه .

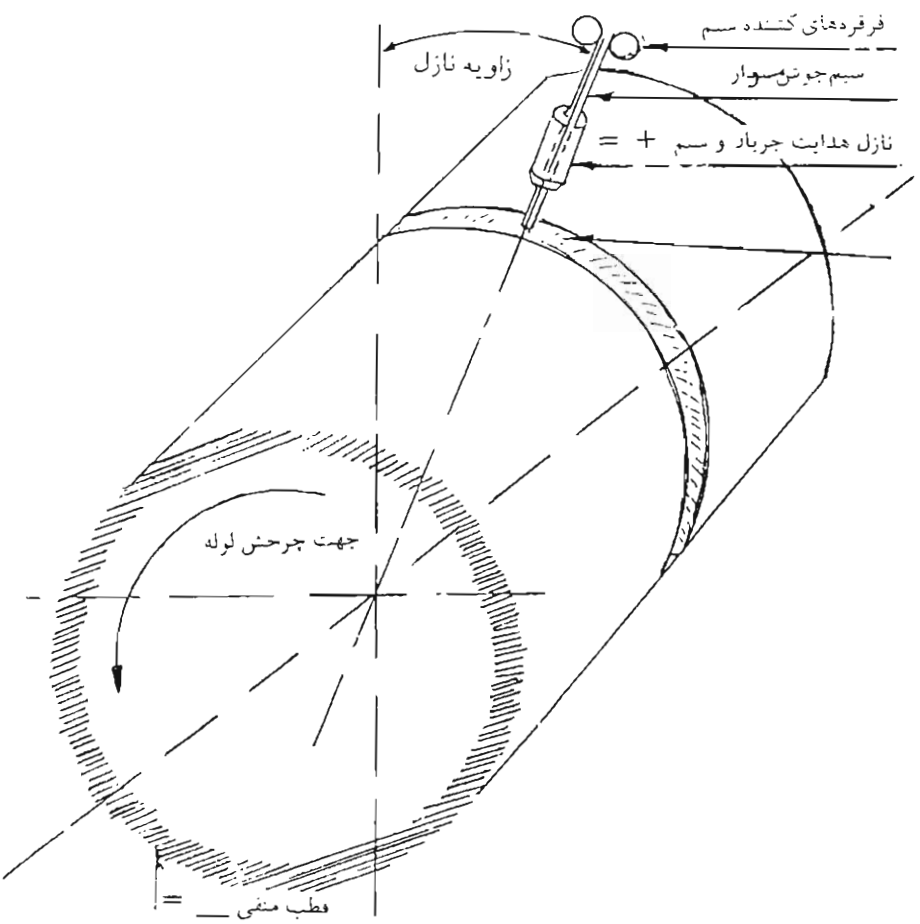
در ادامه ازکارهایی که برای آماده سازی قطعه برای جوشکاری زیرپودری به جز مواردی که در قبل نوشته شد هم‌چنین دادن پیش گرما به قطعه جهت خشک نمودن محل جوش و از این طریق رسیدن به جوش بدون حفره و تقلیل خطر بوجود آمدن ترک می‌باشد .

گرمای زیاد از ^{c} ۱۰۰ تا ^{c} ۳۰۰ درجه سانتیگراد بستگی به آنالیز شیمیایی روی قطعاتی که مقدار مخصوص کربن و کرم دارند باید دقت شود . در اینجا ضخامت قطعه و میزان حرارت محیط ملاک می‌باشد . در هنگام جوشکاری روی مجموعه ها باید به این مسئله دقت شود ، که باد و بارندگی می‌تواند به جوش آسیب برساند .

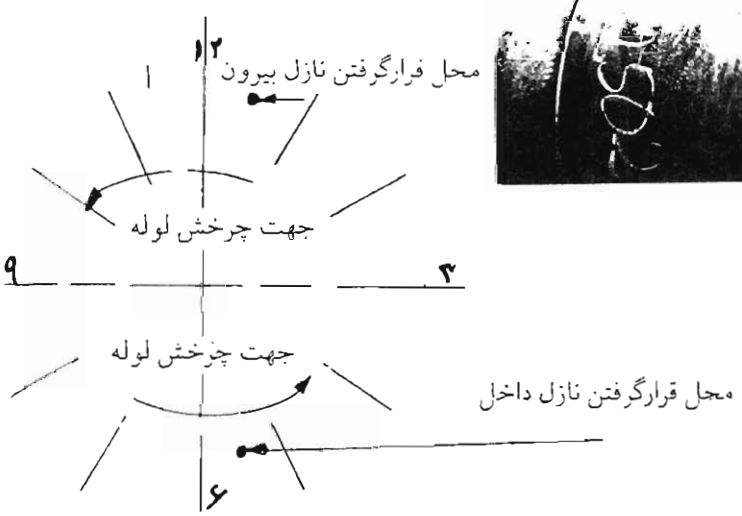
حالا برای شروع جوشکاری ابتدا لازم است که سره جوش را روی محل شروع تنظیم نماییم . در جوشکاری اتصال لب به لب باید سیم جوش به صورت عمود در مرکز درز قرارگیرد ، به جز آن در درزهای جناغی یک طرفه V به دلیل داشتن عمق زیاد درز و وجود کناره‌های آن امکان بالا رفتن حجم ذوب و عدم ذوب ریشه درز وجود دارد . چنانچه سیم جوش در مرکز قطعه که اتصال X جناغی دوطرفه داشته باشیم قرار نگیرد به دلیل ذوب بغل درز و ریختن آن به داخل گودی شیار درز عدم پیوند در ریشه به وجود خواهد آمد . فقط در موقع جوشکاری درزهایی که بین دو قطعه اختلاف ضخامت هست استثناء وجود دارد ، مثل (نمونه شماره ۸ صفحه ۴۷)

نوک سیم جوش خارج از مرکز درز و مقداری متمایل به روی قطعه ضخیم‌تر باید هدایت شود .

جوشکاری درزهای مدور : در موقع جوشکاری درزهای مدور (مخازن و غلطکها) که نسبت ضخامت به کوچکترین قطر خارجی ۲۵ به ۱ می‌باشد باید سعی شود در حد امکان از مقدار داده شده پایین تر نیامد و روی چنین قطعات جوشکاری برای هر قطر یک حداکثر آمپر وجود دارد ، باید تنظیمات برای مسیر جوشکاری هماهنگی ، دقت و مراقبت کافی به عمل آید .



(شکل ۳۳) نحوه قرارگرفتن کله‌گی دستگاه‌جوش در داخل و یا خارج لوله در موقع جوشکاری


۱۲
۱
محل قرارگرفتن نازل بیرون
جهت چرخش لوله
۹
۳
جهت چرخش لوله
محل قرارگرفتن نازل داخل
۶

(شکل ۳۵)

در جوشکاری قطعات مدور محل قرار گرفتن نوک سیم جوش (سره) به طور قانونی عمود بر محل نگاه‌داری شده در محلی خارج از نقطه ساعت ۱۲ یعنی چنانچه گردش در جهت عقربه های ساعت باشد محل سیم جوش در موقعیت ساعت ۱۱ تا ۱۱/۵ باید باشد و اگر جهت چرخش عکس باشد موقعیت قرارگرفتن سیم جوش باید روی ساعت ۱۲/۵ تا ۱ باشد .

با این نوع قرار گرفتن مقداری نیروی برگشت برای ذوب وجود دارد و امکان حرکت ذوب به سمت جلو از بین می‌رود . حال چنانچه سیم جوش در مرکز یعنی موقعیت ساعت ۱۲ قرار گیرد باعث می شود در گرده حاضله در مرکز خود برآمدگی و در طرفین فرورفتگی داشته باشیم . چنانچه موقعیت سیم جوش به طرف عقب در جهت گردش قرار گیرد فرم گرده تخت و با برآمدگی در طرفین مواجه خواهیم شد .

چنانچه قرار باشد در داخل قطعه مدور جوشکاری گردد باید در صورت حرکت لوله در جهت عقربه های ساعت سیم جوش داخل باید در موقعیت ساعت ۶/۵ تا ۷ قرارگیرد و در صورت برعکس بودن چرخش در موقعیت ساعت ۵ تا ۵/۵ باشد .

فاصله نوک خروجی سیم جوش از نازل تا سطح کار ، در صورتی که قطر سیم جوش ۲ میلی‌متر باشد ۱۰ برابر قطر سیم و چنانچه سیم جوش ۸ میلی‌متر قطر داشته باشد فاصله ۸ برابر قطر سیم مناسب است . همانطور که در قبل اشاره شد ، نباید فاصله نازل بیش از اندازه باشد و با زیاد شدن فاصله نازل (سیم آزاد) تصویر شماره ۲۰ صفحه ۴۲ ریزش پودر هم زیاد می شود و در نتیجه روند حرکت جوشکاری ناآرام و پهنای گرده ناهماهنگ و سطح گرده زبر خواهد شد . مقدار ریزش پودر در حین جوشکاری به ویژه درزهایی که باریک و گودی کم دارند به دقت بیشتری نیاز دارند .

روند جوشکاری در ابتدای شروع:

بعد از ریختن پودر در محل و با روشن نمودن دستگاه (روی مقدار سیمی که از نازل بیرون می‌باشد) بوسیله جرقه زن کار آغاز می‌گردد . برای بهتر شروع شدن کار می‌توان از یک تکه سیم جوش تمیز یا قرصهای مخصوص این کار که به طور معمول از الیاف فلزی می‌باشد (سیم نرم ظرفشویی) و یا داشتن قسمت فرکانس زیاد (HF) همزمان با فشار دادن و یا چرخاندن کلید فرمان ، جرقه زن اولیه ، آمپر و ولت لازم ، حرکت خروج سیم و در بعضی مواقع حرکت گاری که نازل جوش بر روی آن قرار دارد و ریزش پودر که قبلاً" باز شده ، همه عوامل دست به دست هم داده و با هم شروع به فعالیت (مشغول انجام وظایف خودشان) می‌نمایند .

حال با داشتن سرعت حرکت منظم کله‌گی جوش و در بعضی مواقع قطعه کار ، گرده جوش تشکیل می‌گردد ، البته با داشتن مقدار لازم فاصله آزاد سیم جوش و ریزش یکنواخت پودر در حین حرکت و با کنترل شلاکه تشکیل شده و نظارت دقیق به فرم گرده جوش و با تنظیم بسیار دقیق آمپر ، ولت و سرعت حرکت جوشکاری ، می‌توان کار را ادامه داد .

در اینجا سیم جوش بدون پوششی که به طور معمول از نظر سرعت تغذیه به آمپر دستگاه سری متصل می‌باشد ، میزان و سرعت خروج خود را با میزان آمپر تنظیم می‌نماید (هر چه آمپر بیشتر شود مساوی است با ازدیاد سرعت خروج سیم از نازل و وارد شدن آن به حوضچه ذوب) به طور معمول سیم جوش که روی قرقره مخصوص پیچیده شده از طریق قرقره‌های کشنده و قرقره‌های صاف کننده به لوله هدایت و از نازل که به این لوله وصل است عبور می‌نماید و بعد از گذشتن از پودر جوش که قبلاً" به منظور خشک شدن در کوره مخصوص گرم گردیده وارد حوضچه می‌گردد . و در مقابل عوامل جوی که برای حوضچه زیان دارد حفاظت می‌نماید و آن مقدار زیادی از پودر که باقی می‌ماند توسط مکنده مخصوص و یا جاروبهای فلزی نرم از روی شلاکه پاک و دوباره برای مصرف به داخل مخزن پودر دستگاه

برگردانده می شود . فقط باید دقت داشت که در این انتقال پودر آسیب نبیند (کثیف و یا رطوبت) و اما شلاکه تشکیل یافته نباید با زور از روی گرده جوش کنده شود ، باید این فرصت را به آن داد که پس از خنک شدن خود جدا گردد .

زیرا برداشتن شلاکه قبل از سرد شدن گرده امکان پیدایش ترک در گرده می شود وجود شلاکه در روی گرده جوش کمک می‌نماید که گرده جوش به آرامی خنک شود . مسئله دیگر اینکه در صورتی که جوش دارای حوضچه بزرگ (حرارت زیاد) باشد مقدار تنش موجود در گرده جوش بیشتر شده و باعث اعوجاج در قطعه خواهد شد .

مسائلی که در ایجاد ترک در اثر بوجود آمدن تنش مؤثر می‌باشد فاکتورهای مختلفی است ، مثل : ناهماهنگی مابین آنالیز سیم جوش و قطعه مورد جوش ، ضخامت قطعه ، فرم درز جوش ، و نوع گرده در داخل درز ، و مهمتر از همه اجرای روند جوش و به ویژه فرم حوضچه ذوب می‌باشد .

جوشکاری قطعات ضخیم:

همانگونه که در بخش متالورژی جوش آمد ، اگر چنانچه ناهماهنگی در مواد نداشته باشیم همیشه به دلیل وجود خطر ترک در ورقهای ضخیم می‌توان با استفاده از درز ایکس (جناغی دو طرفه) و جوشکاری قرینه (یک پاس از رو و یک پاس از پشت) امکان پدید آمدن ترک در تنش موجود را از بین برد ، البته این خطر به طور معمول در مرکز گرده پدید می‌آید و می‌توان با انتخاب پارامترهای صحیح جوشکاری مثل ولت مناسب و سرعت حرکت زیاد که باعث فعالیت حوضچه می‌شود در نتیجه این اجازه را نمی‌دهند که گودی حوضچه بیشتر از پهنای آن گردد .

از ضخامت معینی به بالا می‌توان جوشکاری را افزود ، در اکثر روش های متداول جوشکاری زیرپودری نباید هر بار از نظر ارتفاع بیشتر از نصف گودی درز ایکس شود ، البته این پیشنهاد قابل توصیه نیست و باید یک چنین درزها در قطعات

ضخیم هر سمت در ۲ تا ۳ پاس پر شود ، زیرا همانطور که در قبل گفته شد حجم زیاد گرده جوش باعث بوجود آمدن ترک های طولی در حاشیه های گرده خواهند شد که در عکس برداری با اشعه ایکس قابل رویت نخواهد بود .

برای جوشکاری قطعات ضخیم در حین اجرای روش زیرپودری ، روشی که در آلمان بوجود آمد یعنی جوشکاری به وسیله دوسره Tandem و نوع بعدی که در آمریکا بوجود آمد و زیاد هم به کار گرفته می شود جوشکاری در پاسهای متعدد می‌باشد .

جوشکاری بوسیله دستگاه دوسره (دو نازل Tandem):

این روش این امکان را می‌دهد که سطح مقطع گرده در یک پاس بسیار بزرگ باشد ، با اطمینان از عدم پیدایش ترک و هم‌چنین قیمت تمام شده جوشکاری را به وضوح پایین می‌آورد ، از روشی که بعدا" در مورد آن صحبت خواهیم کرد (جوش در پاسهای متعدد) . در این روش همزمان دو سیم جوش برعکس روشهای دیگر به صورت پشت سرهم در یک فاصله مشخص وارد درز جوش می شوند ، این حوضچه ذوب بر عکس روش تک سیم اغلب دارای حجم زیاد و با بارگذاری زیاد سیم جوشها (زیاد نمودن آمپر) باعث می شود به دلیل داشتن نفوذ زیاد در مقابل جوش و در نتیجه عمق ذوب مقدار معینی از درز را پر می‌نماید ، و بلافاصله ذوب سخت می شود و الکترود بعدی که با کمی آمپر بیشتر بارگذاری گردیده برای حصول به ایجاد پهنا در گرده با توجه به اینکه ولت بیشتری هم نسبت به سیم شماره یک دارد عمل می‌نماید . نحوه و روند انجماد حوضچه مخصوص به خود را خواهد داشت در حالیکه درز را پر می‌نماید ، محل فعلی خود را تغییر می‌دهد و جوشکاری به جلو هدایت می شود .

برای موفقیت در اجرای روش فاصله سیم جوش ها از یکدیگر تأثیر زیادی در کار دارد . این فاصله متأثر از ضخامت قطعه ، قطر سیم جوش ها ، آمپر مصرفی ،

ولت و سرعت جوشکاری می‌باشد . چنانچه فاصله سیم جوش ها از یکدیگر کم باشد ، در حالیکه ذوب اولین سیم فرصت منجمد شدن را پیدا نکرده سیم دوم ذوب و باعث بالا رفتن حجم مواد می شود . چنانچه از روش فوق استفاده شود با انجماد سریع مواد زیاد روبرو خواهیم شد ، مثل زمانی که بخواهیم از سیم جوش بسیار ضخیم در روی قطعه ضخیم جوشکاری نماییم به دلیل عدم مرغوبیت در یک چنین جوشکاری باید از بوجود آمدن این حالت خودداری نماییم . (فاصله بسیار کم دو سیم جوش مناسب نیست) و حال چنانچه فاصله دو سیم جوش از یکدیگر زیاد باشد ، ابتدا فاصله زمانی خنک شدن سیم جوش اول زیاد می شود در اینجاست که ترک در اثر ایجاد تنش به وجود خواهد آمد . با داشتن مطالب حاضر در موقع اجرای روش دو سیمه Tandem به طور معمول در موقع اجرای جوشکاری زیرپودری در مرکز گرده بلورهای متشکله مواد نامساعد و تا حدی تحت مراقبت مخصوص قرار خواهند داشت ، به جز آن خطر بوجود آمدن ترک در گرده‌ای که بسیار حجیم هم است بسیار کم می‌باشد .

همچنین مشابه جوشکاری روش الکترود دستی به صورت لایه های متعدد معمولی که به نام جوشکاری چند پاسه نامیده می شود از روش زیرپودری می‌توان فرم چند پاسه را با داشتن برتری های زیاد اقتصادی و تکنیکی و نبودن هرگونه اشکالی اجرا نمود . بعلاوه با وجود دلایل خاص مواد و تکنیک جوشکاری بدون هرگونه بغل خوردگی هرچند مجبور باشیم با حوضچه کوچک کار را انجام دهیم هیچ‌گونه مشکلی نخواهیم داشت .

با این روش قبل از هر چیز می‌توان جوشکاری پوششی و جوشکاری پیوندی روی قطعات ضخیم را به نحو خوبی انجام داد . هم‌چنین این امکان را می‌دهد که روی قطعات مدور ضخیم با قطرهای کم با تناسب قطر به ضخامت ۵۰ به ۱ نیز کاربرد داشته باشد ، فقط باید دقت داشت روی قطعات مدور اجرای جوشکاری با ایجاد گرده ضخیم با یک پاس امکان ندارد و در صورت نیاز باید این کار را در چند

پاس انجام داد . فرم درز جوش های مخصوص چند پاسه معمولا" جناغی یک طرفه V جناغی دوطرفه X و یا لاله‌ای یک طرفه U و یا دوطرفه $\overset{U}{\underset{U}{}}$ و البته در فرم لاله‌ای می‌توان با داشتن پهنای ۱۲ تا ۱۵ میلی متر و زاویه ۱۰° تا ۲۰° درجه شیب جوشکاری را انجام داد . (در کشور آمریکا بوسیله روش مخصوص زیرپودری می‌توانند درزهای باریک با وجود زاویه پخ ۲° تا ۵° درجه جوشکاری را انجام دهند) در ردیف جوشکاری هایی که زاویه پخ کم دارند می‌توان از فاصله های متفاوت نیز برخوردار باشند ، وجود پهنای کم با زاویه کوچک مساوی است با مصرف کم سیم و پودر در صورتی که جدا شدن شلاکه را کمی مشکل می‌سازد ، در صورتی که باز بودن درز و زاویه آن مصرف سیم و پودر را افزایش می‌دهد ولی این امکان را می‌دهد که از آمپر و ولت بیشتر که عمق نفوذ خوبی هم می‌دهد می‌توان استفاده نمود . البته روش آخر برای فولادهایی که دارای کربن زیاد و آلیاژی می‌باشند مناسب نمی‌باشد ، هر چند در درز باز شلاکه بهتر از زمانی که درز بسته‌تر است جدا می شود . یکی دیگر از مزایای شکاف با زاویه کم این است که می‌توان تعداد زیادی گرده در روی هم انباشته و نیاز به جوشکاری در حاشیه شکاف نیست . در هنگام جوشکاری چند پاسه باید پودر جوش و دانه بندی آن هم‌چنین سیم جوش هماهنگی لازم را با هم داشته باشند و باید توجه داشت که مقدار نگاه داری سیلیسیوم به ویژه در پاس های آخر در حد امکان زیر ۰/۶ ٪ باقی بماند ، تا از ایجاد ترک و در نتیجه کم شدن چقرمگی جلوگیری شود .

باید دقت داشت مقدار مصرف (ریزش) پودر در چنین درزها به ویژه گرده‌های پایین بسیار کم می‌باشد ، در حدی که فقط قوس را بپوشاند . بخاطر اینکه بتوان در چنین شکافی به راحتی جوشکاری را هدایت نماییم احتیاج به ادوات مخصوص ، مثل لوله نگاه دارنده نازل و قیف مخصوص ریختن پودر و حتی مکنده پودر را اضافی نماییم و برای اینکه در کناره‌های درز فاصله‌ای ایجاد نشود باید بتوان نازل را تا حد لازم به کنج درز رساند و بدون بوجود آمدن عدم ذوب در کناره‌ها جوشکاری

را اجرا نمود .

دادن پیش گرما چیزی در حدود $^{\circ}C$ ۲۰۰ درجه سانتیگراد کمک مؤثری در جلوگیری از ترک در عمق درز خواهد نمود ، هرچند این گرما در قطعات بسیار ضخیم جداسازی شلاکه را از روی گرده کمی مشکل می‌سازد .

حد جدانشینی در فولاد (قابل رویت به وسیله آزمایش اچ) می‌تواند در گرده‌های نازک به ایجاد ترک منتهی گردد . سیم جوش در جوشکاری پاس های متعدد به طور معمول از ۴ تا ۸ میلی متر قطر انتخاب می‌گردد ، در نتیجه انتخاب سیم جوش ضخیم قوس به طور معمول ناآرام می‌باشد و باید از سرعت جوشکاری زیاد استفاده نمود . هنگام جوشکاری پاس های متعدد در قطعات مدوز محل جوش ، یعنی سیم جوش بستگی به قطر قطعه با روش پیشرو - حدود ۵۰ تا ۱۵۰ میلی متر از بالاترین نقطه باید فاصله داشته باشد و از این طریق حوضچه تا قبل از وارد شدن به سرازیری منجمد می شود و امکان جلوتر حرکت کردن را نخواهد داشت . مقدار آمپر ، ولت و سرعت حرکت جوشکاری در هنگام جوشکاری چند پاسه باید خیلی دقیق تنظیم گردد و می‌توان در حین جوشکاری تغییراتی در حد لزوم انجام داد . برای مثال چنانچه مشاهده شد در حال بریدن درز می‌باشد ، البته به دلیل زیاد بودن آمپر و یا کم بودن سرعت حرکت ، می‌توان آمپر را کم کرد و یا سرعت حرکت را زیاد نمود ، با این کار از خرابی درز جلوگیری گردیده و می‌توان درز را از مواد اضافی پر نمود .

اگر چنانچه درز جوش در محلی تنگ گردید باید بلافاصله مقداری سرعت را زیاد نمود تا از به وجود آمدن برآمدگی زیاد در داخل درز جلوگیری شود . میزان آمپر در گرده‌های مدور ولت و سرعت حرکت جوشکاری باید به طور عمومی همیشه ۱۰ ٪ کمتر از زمانی باشد که جوشکاری مستقیم می‌نماییم .

هنگام جوشکاری چند پاسه با آمپری حدود ۶۰۰ تا ۸۵۰ آمپر کار می شود و در زمان اجرای پاس آخر حتی می‌توان تا ۹۰۰ آمپر شدت جریان را بالا برد . به دلیل

عمق زیاد نفوذ و امکان هدایت ناخالصی ها از طرفین به عمق گرده به هر شکل باید جلوگیری شود ، مجاز می‌باشیم آمپر مصرفی را در پاس های زیرین کم و هر چه بطرف بالا می‌رویم آنرا بالا ببریم اما برای جلوگیری از بوجود آمدن اشکالات در پیوند استثناء پاس اول را تا آنجا که فرم‌بندی قطعه اجازه می‌دهد باید با آمپر زیاد جوشکاری نماییم .

هم‌چنین ولت در حد ۳۰ تا ۳۲ و در پاس نهایی ۴۰ انتخاب گردد و بر عکس آمپر در پاس های زیرین باید کمتر از پاس های رو انتخاب گردد تا از بوجود آمدن اشکالاتی که در بالا اشاره شد جلوگیری گردد . سرعت جوشکاری در روش چند پاسه به طور معمول باید ۲۰ تا ۳۵ سانتی‌متر در دقیقه Cm / min باشد و هر چه به طرف پاس های بالا می‌رویم باید این سرعت را زیاد کنیم . یعنی تا ۵۰ و حتی ۶۰ سانتی‌متر در دقیقه می‌توان بکار گرفت .

در یک جمع‌بندی می‌توان گفت که در هنگام هدایت روش چند پاسه باید هر یک از گرده‌ها را با صحیح‌ترین مقطع سطح گرده بوجود آورد ، یعنی صحیح‌ترین تناسب بین پهنا و ارتفاع گرده وجود داشته باشد و این مسئله فقط بخاطر خطراتی است که می‌تواند برای بوجود آمدن ترک ایجاد شود . گرده خیلی باریک و خیلی پهن یعنی خیلی کوتاه و کلفت دارای خطر ترک می‌باشند .

ضخامت گرده از ۸ تا ۱۰ میلی‌متر گرده‌ای بزرگ نمی‌باشد ، و می‌توان همیشه نیروهای وارده کشش درونی بدون خطر ترک باقی بماند و گرده‌ای با این ابعاد برای جوشکاری چند پاسه مناسب می‌باشد . تک تک گرده‌ها باید با ارتفاع کم یعنی ارتفاع بلند نداشته باشد ، در غیر اینصورت وقتی پاس ها در کنار هم قرار می‌گیرند مابین آنها خطوط گودی نمایان خواهد شد ، زیرا می‌تواند در این فرورفتگی‌ها پودر جوش یا سرباره باقی بماند و باعث بوجود آمدن ناخالصی ها در گرده شود ، یعنی در پاس بعدی خوب ذوب نشود .

گرده‌ها می‌توانند تا زمانی که پهنای شکاف درز پر نشده ادامه پیدا نمایند و ردیف گرده‌های بعدی تا پر شدن کامل ارتفاع درز می‌توانند ادامه یابند . البته در صورت حساس بودن قطعه می‌توان گرده‌ها را به خاطر جلوگیری از ترک برداشتن یک گرده در سمت راست درز و یکی را در سمت چپ درز اجرا نمود و پس از رسیدن هر دو به مرکز به وسیله یک پاس پهن با ارتفاع کم آنها را به یکدیگر اتصال داد و در نهایت پاس آخر گرده‌ها را به شکلی تنظیم نمود که با قرار دادن دو پاس در کنار هم کار را به پایان رساند .

از طریق انتخاب یکی از درزها و روشهای جوشکاری مناسب می‌توان کار به طور کامل اقتصادی باشد و هماهنگی بین روش چند پاسه ، تک پاسه و استفاده از روش قوس الکتریکی دستی به عمل آید ، برای مثال : مشابه شماره ۱۱ صفحه ۲۳ در جوشکاری طولی با انتخاب درز ایکس X که غیر هم مرکز و با زاویه ° ۵۰ درجه و قطعه کاری با ضخامت حدود ۱۲ تا ۱۵ میلی‌متر در سمت درز داخل قبل از استفاده از روش زیرپودری که می‌خواهیم از قدرت زیاد استفاده نماییم ، می‌توانیم با روش الکترود دستی و الکترود با پوشش بازی E ۷۰۱۸ که این نوع الکترود اطمینان خوبی از نظر ترک در ورقهای ضخیم دارد ابتدا دو پاس جوشکاری نماییم ، و اول سمتی که عمق کمتری دارد و سپس سمت بزرگتر را می‌توانیم با استفاده از روش زیرپودری با پارامترهای زیر : (سیم جوش قطر ۶ میلی‌متر ، آمپر از ۱۳۰۰ تا ۱۵۰۰ ، ولت ۳۸ تا ۴۰ و سرعت حرکت ۲۶ تا ۳۰ Cm / min) جوشکاری نماییم . چنانچه مرکز قطعه با اجرای ۲ پاس با الکترود دستی جوشکاری گردد در هنگام اجرای جوشکاری با روش زیرپودری هیچ‌گونه مشکلی از نظر بریده شدن درز پیش نخواهد آمد .

در ضمن سرخی حرارت که از پشت کار قابل ملاحظه می‌باشد ، نشانگر سلامت پیوند خوب جوش زیرپودری با الکترود دستی می‌باشد . حال اگر قسمت هایی از درز احتیاج به ترمیم داشته باشد می‌توانیم با استفاده از روش زیرپودری دستی که

در گذشته به آن اشاره شد کار را ترمیم نماییم .

جوشکاری مخازن :

لبه قطعات مدور را می‌توان با زاویه ° ۵۰ پخ زد ، هم‌چنین می‌توان این‌گونه قطعات را با هماهنگی روش دستی و زیرپودری ماشینی جوش داد . استفاده از زاویه ° ۵۰ در لبه های قطعات هم برای روشن زیر پودری و هم برای روش الکترود دستی مناسب می‌باشد .

به طور معمول ماشینهایی که مخصوص پخ زنی می‌باشند با ابزارها و قلم‌های موجود خود همیشه ابزار با زاویه ° ۵۰ درجه را نیز به همراه دارند که می‌توان برای هر دو روش به راحتی استفاده نمود و نیاز به تغییر زاویه ابزار برای جوش دستی و جوش زیرپودری نیست .

روش چند پاسه :

تقدم در روش چند پاسه به این صورت است که می‌توان آن را روی قطعات ضخیم ، انتخاب ترتیب چیدن پاسها و در هر قطر از قطعه مدور به طور عملی به اجرا گذاشت . امکانات دیگر از جمله نائل آمدن به دانه بندی ریز کریستالی درگرده و نیز روش چند پاسه تأثیرات حرارتی با ارزش را می‌تواند در تک تک گرده پدید آورد . هم‌چنین روش چند پاسه مرغوبیت مناسبی در مقابل عدم به وجود آمدن ترک دارد . ایجاد بغل خوردگی های کوچک در هنگام استفاده از این روش به ویژه زمانی که جوشکاری پوششی روی فولادهایی که دارای آلیاژ مرغوب و بخصوص آن دسته‌ای که ایجاد تنش فشاری از داخل مجاز نمی‌باشد (انقباض) و قطعاتی که دارای کربن زیاد می‌باشند و در مقابل ترک حساس هستند به طور کامل مناسب می‌باشد . اما معایب این روش بجز مصرف زیاد سیم و پودر داشتن سرعت کم و خسته کننده در هدایت روش به عنوان زمان اضافی محاسبه می شود .

مسئله دیگر دور کردن شلاکه از روی گرده می‌باشد که می‌توان از قلم‌های خودکار بادی برای این منظور استفاده نمود و با پاکیزه نمودن خوب گرده‌ها از به وجود آمدن عیوب باقی ماندن مواد اضافی در گرده جوش جلوگیری خواهد شد .

جوشکاری پوششی با استفاده از روش زیرپودری همانطور که در مطالب گذشته به آن اشاره شد ، مشابه جوشکاری چند پاسه می‌باشد . به دلیل ناهماهنگی سطحی که روی آن جوشکاری انجام می شود ، باید امکاناتی فراهم گردد که از ریزش ذوب و پودر به دلیل گردان بودن قطعه جلوگیری گردد و در حد امکان به صورت تخت جوشکاری انجام پذیرد .

از طرف دیگر به دلیل چرخش قطعه و تکانهای (پوزشنر) دستگاه گردش دهنده قطعات مدور ، رعایت مقدار ریزش پودر ، محل قرار گرفتن حوضچه مذاب یعنی در محلی از قطعه مدور انجام گردد که از ریزش پودر به عقب و جلو قطعه چرخنده ممانعت به عمل آید و می‌توان از الیاف فلزی نرم برای این منظور استفاده نمود . البته باید جوشکاری در حد امکان در سطح افقی صورت پذیرد .

از روش جوش زیرپودری در اجرای جوشکاری پوششی به طور معمول هم روی قطعات نو و هم فرسوده برای ازدیاد ضخامت و یا بالا بردن سختی سطح استفاده می شود . مزایای این روش اقتصادی و عملی بودن آن است . خودکار کردن این روش نیز وجود دارد (یعنی می‌توان تا ۱۵ کیلوگرم مواد جوش در ساعت روی قطعه اضافه نمود) و با آموزش به افراد روش را هدایت نمود .

مواد انتقال یافته به دلیل محافظت خوب و ایجاد کمترین بغل خوردگی از نظر متالوژیکی سالم و در نتیجه مرغوبیت بالایی را خواهیم داشت . قسمت هایی از گرده که روی هم سوار می شوند می‌توانند تا ۵۰ ٪ گرده قبل باشد ، با تنظیم گام حرکت افقی نازل می‌توان به اندازه فوق فرم و جهت داد ، یعنی انتخاب میزان روی هم آمدن گرده جدید بر روی گرده قدیم به وسیله گام دنده های مارپیچ پیش دنده (ساپورت) دستگاه قابل تنظیم است و می‌توان با رعایت پارامترهای لازم و سرعت

حرکت افقی ، گرده‌ها را بدون آنکه فرورفتگی در بین آنها بوجود آید اجرا نمود تا سطح بوجود آمده به طور کامل صاف و یکنواخت باشد . این کار کمک می‌نماید عملیات بعدی مثل تراشکاری و سنگ زنی غلطک زمانش پایین بیاید .

به طور معمول جوشکاری پوششی را با آمپر و سرعت حرکت کم انجام می‌دهند تا بخاطر داشتن حوضچه ذوب با عمق کم ، عرض حوضچه نیز کم باشد .

آمپر ، نوع جریان و انتخاب قطب برای سیم جوش و سرعت جوشکاری ، هم‌چنین هماهنگی مابین سیم و پودر ، و نیز نحوه اجرای جوشکاری پوششی و آنالیز قطعه اصلی و میزان گرمادهی به قطعه (به میزان اختلاط کربن تا ۳۵۰° سانتی‌گراد) قبل و بعد به منظور نرمال کردن و جلوگیری از ایجاد ترک جوشکاری زیرپودری روی قطعاتی که مقاوم در مقابل زنگ زدگی ، خوردگی اسیدی و مقاوم به گرما می‌باشند بستگی دارد ، زیرا باید در روند جوشکاری تغییرات شیمیایی مابین پودر جوش و فلز جوش (آن دسته‌ای که کرم از حوضچه مذاب در شلاکه و سیلیسیوم و منگنز از شلاکه به فلز جوش انتقال می‌یابد) لازم می شود . بخاطر خطر ترک برداشتن فلز جوش هم‌چنین تغییرات در خصوصیات مواد از این طریق باید جلوگیری گردد . برای این نوع جوشکاری پیشنهاد می‌گردد : پیش‌گرما دادن قطعه ، استفاده از آمپر کم (حدود ۸۰ ٪ میزانی که بخواهیم روی قطعات کربنی کار کنیم) هم‌چنین از ولت کم و سرعت زیاد حرکت غیر از آن ، پودری که مقدار کمتری سیلیسیوم و منگنز ، هم‌چنین مقدار زیادتری مواد بازی دارند باید استفاده کرد .

جوشکاری زیر پودری روی قطعات دارای نیکل و آلیاژ نیکل:

این جوشکاری معروف به پر مصرف‌ترین مقدار پودر جوش می‌باشد - برای داشتن معیار مصرف مثل میزان مصرف بین بازترین زاویه درز جوش و بسته‌ترین آن روی قطعات فولادی معمولی می‌باشد .

جوشکاری از نظر سرعت در روی این آلیاژ کمی بیشتر است .

جوشکاری روی مس و آلیاژهای آن :

با تحقیقاتی که صورت گرفته تا ضخامت ۱۲ میلی‌متر ، و از سیم‌جوش هایی که قابلیت بارگذاری زیاد آمپر را دارند استفاده می شود و با جریان مستقیم DC + مثبت اجرا می‌گردد .

مسائل اقتصادی جوشکاری زیرپودری :

اول اینکه می‌توان با جریان ها و سرعت زیاد استفاده نمود ، دوم میزان مصرف سیم جوش پایین است و هم چنین به دلیل زاویه بسته در قطعه داشتن عمق زیاد در این روش خود مفید است .

حال چنانچه در مقام مقایسه با دیگر روشها قرار دهیم می‌توان روی ورقهای ضخیم از آمپر زیاد بهره گرفت و ورقهای نازک را با سرعت زیاد می‌توان جوشکاری نمود .

مأخذ :

۱ - SCHWEISSTECHNIK ERICH SUDASCH

۲ - UNTERPULVERSCHWEISSUNG Dr . Ing . HAUCK

۳ - تجربیات شخصی مترجم مربی و متخصص انواع روشهای جوشکاری از انستیتوی (SLV) آلمان سال ۱۹۷۵ میلادی

ضمیمه

جدول نحوه انتخاب سیم جوش و پودر برای جوشکاری زیرپودری

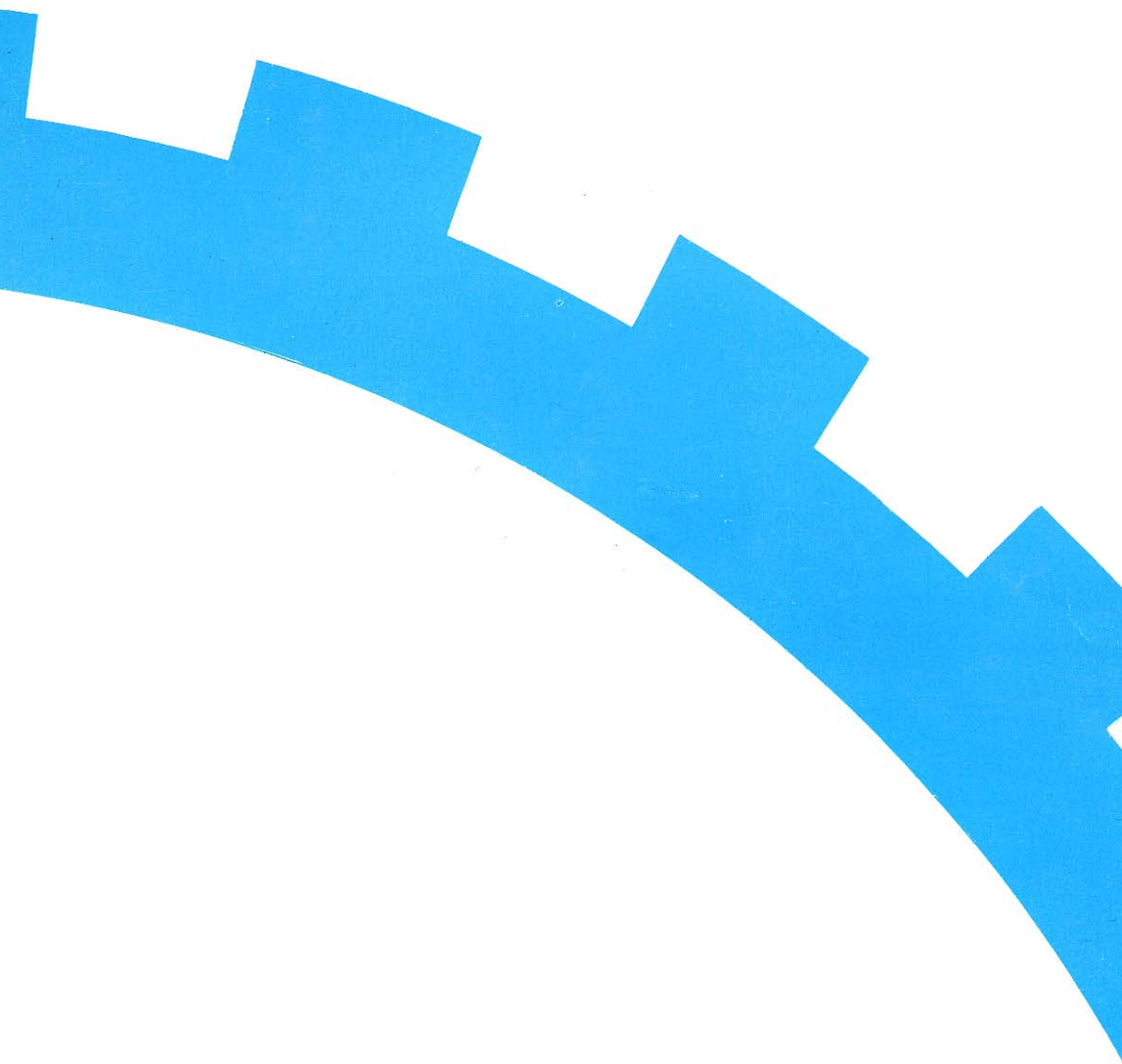
جمع آوری شده مطابق هماهنگی انها و مناسب هر یک با نوع مواد مصرفی پایه
این اطلاعات از شرکت لینده Linde می باشد.
● برای جوشکاری زیرپودری به منظور پوشش دادن پودرهای ترجیحا همیشه از سیم جوشهای مخصوص جوشکاری اتمالی استفاده می گردد.
سیم جوشهای مخصوص جوش پوششی با علامت شناسایی ۱۵،۵۰ مشخص می گردد.
انها برپایه آنالیز شیمیایی خود با پودرهایی که با هم مناسب همخوانی دارند بکار گرفته می شوند.
●● این اطلاعات تنها به عنوان پیشنهاد و تذکر آورده شده.
●●● ابداعات برای روش جوشکاری زیرپودری همیشه ادامه دارد و در فاصله زمانی که اختراع و اکتشاف جدیدی پدید آمده، معمولاً کارها را آسانتر می سازند.
مثلا انواع پودرهای بازی و سیم جوشهایی که مناسب این پودر می باشند مثل... بوجود آوردن سیم جوشهایی که هم برای جوشکاری اتصالی وهم برای جوشکاری پوششی مناسب است و در این جدول با شماره ۲۰ مشخص گردیده. به طورقطعی در آینده پدیده های جدیدتری نیز به بازار عرضه خواهد شد

آنالیز — علامت شناسایی
2% Mn, 1% Cr, 0/5% Mo — 104/ Mo Cr
محدوده کاربرد عمومی مخصوص جوشکاری روی ضعفها — 13 Cr Mo 44
مخصوص جوشکاری پوششی — WA8 0% Cr
مخصوص جوشکاری پوششی و سخت کردن سطح — W 4 0 8/9% Cr
16/8/6 18% Cr, 8% Ni, 6% Mn

مخصوص جوشکاری پوششی روی فولادهای دارای سختی زیاد

● سیم جوش مخصوص جوشکاری اتصالی روش زیرپودری UP

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵
علامت های پودر	(آلی) UM 201	(فلوراید آلکالی) UM 301	(سیلیس) UM 501	UM 901	UM 801
ترکیبات شیمیایی و درصد تقریبی	Si 02 5/00 Al 202 4/0 CaO 8/00 CaF2 6/0 MgO 10/00 MnO - FeO 0/5 Fe 202 -	45/0 20/0 42/0 30 10/0 - 1/0 -	8/0 1/0 22/0 6/0 10/0 7/0 1/8 -	33/0 20/0 7/0 5/0 2/0 28/0 2/0 -	34/0 - 5/0 4/0 0/5 68/0 - 3/0
توضیحات	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
ردیف	۱	۲	۳	۴	۵
علامت شناسایی سیم جوش علامت توصیه شده	درصد تقریبی سیم جوش % C	Mn	Si	Mo	P	S	ردیف
EBrta 00 Unsubmd 00 UM 00 301	N°	0/8 - 0/3 1/2 - 0/7	0/3 - 0/1	—	0/3	0/3	۱
EBrta 0 Unsubmd 0 FM 0 100 Lava B0	N°	0/9 - 0/3 1/3 - 0/8	0/3 - 0/1	—	0/3	0/3	۲
EBrta I Unsubmd I UM I 101 Lava EI	N°	1/2 - 0/3 1/4 - 0/8	0/3 - 0/1	—	0/3	0/3	۳
EBrta II Mo Unsubmd II UM II 102 Lava EII	N°	1/2 - 0/3 1/4 - 0/8	0/3 - 0/1	—	0/3	0/3	۴
EBrta II Mo Unsubmd II Mo UM II 102 Mo Lava EII Mo	N° M	1/2 - 0/3 1/4 - 0/8	0/3 - 0/1	—	0/3	0/3	۵
EBrta III Unsubmd III UM III 103 Lava EIII	N°	1/2 - 0/3 1/4 - 0/8	0/3 - 0/1	—	0/3	0/3	۶
EBrta III Mo Unsubmd III Mo UM III Mo 103 Mo	N° M	1/2 - 0/3 1/4 - 0/8	0/3 - 0/1	—	0/3	0/3	۷



انتشارات مدیریت پژوهش