

بسمه تعالی

(آموزش جوش کاری سخت سطحی ، "Hard face welding")



تهیه و تنظیم : کارگاه بازیافت تنگستن کارباید به مدیریت محمدرضا طباطبایی <https://tungstenconcentrate.ir>

نوع جوش کاری : جوش کاری سخت سطحی با استفاده از الکتروود دستی پوشش دار (SMAW) و الکتروودهای لوله ای (تیوپی) پر شده از پودر سوپر آلیاژ تنگستن - کروم - کبالت و

هشدار: این آموزش برای جوش کاران حرفه ای که دوره های مقدماتی جوش کاری را سپری نموده و در این حرفه دارای تجربه و مهارت هستند ارایه میشود. لذا رعایت کلیه موارد ایمنی و به عهده خود جوش کار میباشد و در مورد آنها در این مبحث توضیحاتی ارایه نمیشود. فرضیات این واحد در مورد خواننده این جزوه، داشتن مدارک فنی و حرفه ای مرتبط با جوش کاری است. الکتروودهای تو پودری طراحی و تولید شده در این واحد، شامل هیچ نوع استاندارد و مقررات صنعتی غربی، شرقی و آسیایی فعلی نشده و دستورالعمل استفاده از آن در هیچ کتابچه یا دفترچه راهنمای فنی و صنعتی، قابل یافت نبوده و جهت فراگیری جوش کاری به این روش جدید، تنها منبع در اختیار شما، همین جزوه است.

در عکس زیر یک قطعه فولادی با قابلیت جوش کاری در ابعاد $80*50*12$ میلیمتر مشاهده میشود. میخواهیم یک طرف آن را در مقابل سایش مقاوم کنیم.



ابتدا سطح مورد نظر را به خوبی با استفاده از ابزار سایشی مناسب، اکسید زدایی و صیقلی می کنیم.



مسیر جوش کاری سخت، عمود بر امتداد محور سایش، به انتخاب خود جوش کار روی قطعه مشخص شده و لوله حاوی پودر در امتداد مسیر جوش کاری قرار میگیرد.



برای لوله ی تو پودری با قطر 6 میلیمتر، سیم جوش معمولی نمره 3.2 و جریان 160 آمپری DC اینورترتور مورد نیاز است. لازم به توضیح است که حداکثر جریان مورد استفاده برای الکتروود 3.2، 130 آمپر ارایه شده ولی در این نوع جوش کاری حرارت بیشتری برای ذوب کردن الکتروود تو پودری مورد نیاز است. لذا جریان 160 آمپری مورد استفاده است. جوش کاری از نیم سانتی متری مقابل لوله (دایره قرمز) بر روی سطح قطعه کار شروع میشود و زمانی که حوضچه مذاب شکل گرفت، جوش کاری به طرف جلوی لوله حرکت میکند. مسیر این حرکت به صورت زیگزاگ (چپ و راست) بوده تا دمای محل قوس بتواند خود لوله و محتویات داخل آن را ذوب و به داخل حوضچه مذاب بکشاند و آن را به خوبی در خود حل نماید. این انحلال در دمای 1600 درجه بر روی سطح قطعه کار صورت میگیرد. دقت شود که جوش کاری همیشه روی قطعه کار انجام میشود و هرگز نباید روی لوله تو پودری جوش کاری انجام شود. با افزایش مقدار انحلال محتویات لوله داخل حوضچه مذاب، دمای ذوب افزایش یافته و ممکن است حوضچه منجمد و سفت شود. در این وضعیت لوله مقداری به عقب کشیده میشود که بهتر است جوش کار از دو دست خود در فرایند جوش کاری استفاده کرده و به جای ماسک از کلاه ماسک جوش کاری استفاده کند.



بعد از اتمام یک مسیر، مسیر دیگری به موازات مسیر قبلی، با فاصله تعیین شده توسط خود جوش کار، مشخص و به همان طریق قبلی جوش کاری انجام میشود. این خطوط میتوانند در کنار هم یا با فاصله مشخص از یکدیگر باشند. بهتر است اینبار در جهت عکس مسیر قبلی جوش کاری انجام شود. جهت سهولت کار، در این حالت قطعه کار 180 درجه چرخیده یا جوش کار مکان استقرار خود را مقابل قطعه کار تغییر میدهد.



بعد از اینکه جوش کاری سخت به اتمام رسید محل جوش کاری با ابزار مناسب تمیز میشود. اینک نوبت جوش کاری با الکتروود معمولی است. این جوش کاری مابین خطوط جوش کاری سخت فاصله دار یا پر کردن مناطق خالی انجام میشود. این جوش کاری نقش تقویت، حمایت و نگهداری مناطق جوش کاری شده با جوش سخت را دارد. همچنین اصلاح مناطقی که به دلایلی جوش کاری در آنها به طور کامل انجام نشده و مناطق خالی در آن قرار گرفته است. این کار باعث افزایش چقرمگی میشود و محل جوش را در مقابل انواع تنش و ضربه محافظت می کند. لازم به توضیح است که جوش کاران حرفه ای، مسلماً قادر به انجام جوش های تمیز، مرتب و یکنواخت هستند.



در نهایت لایه ای سخت و ضد سایش در سطح قطعه مورد نظر تشکیل میشود که درصد انحلال آلیاژ و سختی به صورت تصادفی، پراکنده و غیر یک نواخت، هم در سطح و هم در عمق توزیع شده است. این پوشش های مقاوم در مقابل سایش در

صنایع مربوط به معدن، حفاری، راه سازی و عملیات عمرانی کاربرد دارد. یعنی هر جا مواد سخت همچون خاک، سنگ و ماسه (اکسید فلزات با ساختار کریستالی غیر آمورف) با سطح ابزار آلات و قطعات فولادی ماشین ها تماس و سایش دارد، میتوان برای افزایش عمر و پایین آوردن خسارت و استهلاک از این نوع پوشش استفاده کرد. همچنین ترمیم محورها و قطعات صنعتی که به علت سایش شدید تغییر ابعاد پیدا کرده و دچار خوردگی شده اند. البته این نوع فلزات میبایست قابلیت جوش کاری داشته باشند.



طبق تست و آزمونهای انجام شده، سختی مناطق جوش سخت 21 الی 58 راکول HRC است. از سه محل به صورت تصادفی 10 تست سختی به عمل آمده است.

مجتمع آزمایشگاهی سهند تبریز			گزارش نتایج آزمون							
نام مشتری : کارگاه بازیافت تکستن کاراباد	آدرس : تبریز	شماره گزارش: A								
نام نمونه : خط جوش	تاریخ دریافت نمونه: 1400/01/14	تاریخ صدور نتایج: 1400/01/14								
درخواست:	نوع آزمون: سختی سنجی	شماره استاندارد آزمون: ISIRI 7810								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>sample</th> <th>Hardness (HRC)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>خط جوش</td> <td>21~58</td> </tr> </tbody> </table>			No.	sample	Hardness (HRC)	1	خط جوش	21~58	<p>آزمایش کننده:</p>  <p>تایید کننده:</p> 	
No.	sample	Hardness (HRC)								
1	خط جوش	21~58								
شرایط محیطی: دما: 23°C رطوبت: 35%										
<p>این گزارش بدون مهر آزمایشگاه صادر کننده فاقد اعتبار می باشد. نمونه برداری توسط مشتری انجام شده و آزمایشگاه مسئولیتی در مورد نتایج نام نمونه با نتایج ارائه شده ندارد. شانی: تبریز، شهرک فن آوری خودرو - روبروی ساختمان مرکزی، طبقه 3-2، تلفن: 041-3325331، WWW.TSSAHAND.COM</p>										



این مناطق به واسطه داشتن عناصر کربن - تنگستن - کروم - کبالت و آهن ذوب شده، سخت شده اند ولی به واسطه داشتن تنگستن و کبالت ضد سایش شده و به واسطه داشتن کروم ضد فرسایش شده اند. سختی در تمام مناطق جوش یکسان توزیع نمیشود و علت آن تغییر در مقدار انحلال آلیاژ در آهن مذاب است و این خود برای افزایش چقرمگی ایده آل است. احتمال خیلی زیادی دارد تا سختی در بعضی مناطق به HRC 70 نیز برسد. دلیل انتخاب این روش در این است که با افزایش سختی یک فلز یا آلیاژ، چقرمگی آن کاهش یافته و مقاومت آن در مقابل ضربه کاهش می یابد. ولی ما در این نوع جوش کاری دو منطقه نرم و سخت را در کنار هم داریم. یعنی منطقه سخت در مقابل سایش از خود استقامت نشان خواهد داد و منطقه نرم در مقابل ضربه از منطقه سخت حمایت و پشتیبانی خواهد کرد. در تستهای کارگاهی با سوهان و ارّه آهن بر موفق به براده برداری و برش خط جوش نشدیم و با مرغوب ترین مته HSS موفق به سوراخ کاری آن نشدیم. در هنگام تمیز کردن سر باره جوش، آسیب جدی به قلم فولادی بتن کن و سنبه درست شده از مته وارد شد در حالی که هیچ اثری از آسیب بر روی مسیر جوش رویت نشد.



در عملیات سنگ زنی، مناطق جوش کاری شده به طور کامل خواص فولادهای آلیاژی سخت، مخصوصاً فولاد HSS را از خود نشان دادند. یعنی مقاوم در مقابل سایش با پرتاب جرقه های کم نور و پراکنده و کم. در هنگام سنگ زنی، تغییر رنگ به دلیل حرارت بالا در مناطق جوش خورده بیشتر است و دلیل آن مقاومت بیشتر این مناطق در مقابل سایش و ایجاد حرارت بیشتر و بالا رفتن دما نسبت به مناطق جوش نخورده و نرم تر است. با سنگ زنی و اچ کردن مقطع جوش، چسبندگی کامل جوش (محل ذوب شده) با قطعه کار، همچنین تغییر ترکیبات حوضچه جوش کاملاً رویت و مشخص گردید.



در عکس فوق سه منطقه نقره ای (آهن غیر آلیاژی)، خاکستری (فولاد آلیاژی)، تیره (فولاد پر آلیاژ) مشخص است که به همین صورت، سختی توزیع و پراکنده شده است.

مطالب تکمیلی برای علاقمندان :



آموزش این نوع جوش کاری جدید و فناوری استفاده از الکترودهای کمکی یا تغذیه ای یا پر کن و یا الکترودهای پوزتیو یا آند (+) جوش کاری الکتریکی مبتنی بر قوس، توسط این واحد به صورت کاملا مجانی و رایگان در اختیار شما قرار میگیرد. این تکنولوژی توسط این واحد ابداع و توسط خود این واحد افشا میشود تا توسعه یافته و در آینده قابلیت ثبت اختراع و حمایت قانونی نداشته باشد. این فناوری برای جوش کاری سخت سطحی برای ایجاد هارد متال ضد سایش در سطوح فلزی کاربرد دارد. البته فناوری تولید سوپر آلیاژ مورد نیاز و استفاده شده و همچنین روش ساخت این نوع الکترودها، هرگز افشا نشده و فعلا به صورت محرمانه در انحصار این واحد است. در تست های اولیه جوشهای سخت همچنین با خاصیت ضد فرسایش و ضد سایش ایجاد شد. یکی از آلیاژهای چند تایی تنگستن تولید شده توسط این واحد به انتخاب خودمان مورد خردایش و غربال گری قرار میگیرد.



سپس به آن 10% افزودنی اضافه، مخلوط و همگن سازی میشود. بعدا داخل لوله فولادی کم فشار با قطر 6 میلیمتر میشود. سپس دو طرف لوله پرچ و مسدود میشود. این لوله پر شده در مسیر جوش کاری یا دست چپ جوش کار قرار میگیرد. سپس به فاصله 5 میلیمتری جلوی لوله و سطح قطعه کار، جوش کاری با الکترودهای دستی پوشش دار (SMAW) انجام میشود. لازم به توضیح است که جریان الکتریکی بیشتر از جریان استاندارد الکترودها است. مسلما قوس ایجاد شده نه تنها خود الکترودها و محل جوش را ذوب می کند بلکه لوله فولادی و محتویات داخل آن را سریعاً ذوب کرده و به دلیل به وجود آمدن میدان الکترو مغناطیسی در محل، ذرات ذوب شده با سرعت به حوضچه مذاب جذب یا کشیده شده و درون آهن مذاب حل میشوند. برای الکترودها 3.2 جریان 160 آمپر اینورتر مورد نیاز است. با تنظیم ارتفاع الکترودها معمولی (فاصله نوک آن با قطعه کار، طول قوس) حرارت و تمرکز آن قابل تنظیم است.



(جرم سیاه رنگ سر باره جوش و منطقه نقره ای رنگ محل خروج مذاب سوپر آلیاژ آمیخته شده با جداره لوله الکتروود به داخل حوضچه مذاب است)

چون عملیات جوش کاری سریع به پیش میرود، محل جوش کاری قبلی سریعاً خنک شده و عملیات حرارتی با سرد شدن در هوا انجام میشود. در واقع محل جوش اصطلاحاً خشکه هوایی شده و به نوع فولادهای تند بر یا HSS تبدیل میشود. در هر نوبت جوش کاری دمای قطعه کار میبایست تا 200 درجه پایین بیاید تا محل جوش بعدی بتواند سریعاً خنک و عملیات حرارتی تکمیل شود.

منطق این نوع جوش کاری از اینجا سرچشمه میگردد که در کارخانجات فولاد سازی، ضایعات آهن معمولی یا آهن اسفنجی به همراه فرو تنگستن - فرو کروم - فرو کبالت و به مقادیر لازم وارد کوره های قوس الکتریکی شده و بعد از ایجاد قوس الکتریکی مابین الکترودهای گرافیتی و مواد داخل کوره، استخری از فولاد مذاب با آلیاژ مد نظر شکل گرفته سپس این مذاب ریخته گری شده و تحت عملیات آهنگری و حرارتی قرار میگردد. سیستم جوش مبتنی بر قوس نیز اینچنین عمل میکند و وظیفه این الکتروود کمکی، داخل کردن عناصری همچون تنگستن - کروم و کبالت و به محل جوش است. مضافاً اینکه دیگر نیازی به ریخته گری، عملیات آهنگری و حرارتی ندارد. و مسلماً کیفیت فولاد تولید شده در کارخانجات فولاد سازی بهتر از محل جوش کاری خواهد بود ولی این نوع جوش کاری نسبت به هزینه و سرعت عمل، از کیفیت مناسب و مقبولی برخوردار خواهد بود. این الکتروود و سیستم جوش کاری را نباید با جوش کاری قوس الکتریکی تو پودری (FCAW) یا (FCA) اشتباه گرفت و الکتروود هایی مشابه با این نوع الکتروود در بازارهای بین المللی وجود دارد که از فولاد ضد زنگ در ساخت آن استفاده میشود و از خودشان به عنوان الکتروود اصلی در جوش کاری استفاده میشود و یا از تورچ اکسی استیل در لحیم آنها بهره برداری میشود. از معایب آنها میتوان به قیمت بالا و هزینه بر بودن استفاده از آنها اشاره کرد و در زمان استفاده از تورچ اکسی استیل اکسیداسیون محل جوش اجتناب ناپذیر خواهد بود. در صورت استفاده از سیستم جوش کاری TIG تامین هزینه گاز آرگون نیز گران تمام خواهد شد.

این الکتروودها ابتدا توسط غربی ها از لوله آلیاژ نیکلی پر شده از ذرات تنگستن کارباید درشت ساخته شدند و توسط نازل اکسی استیلن ذوب و به سطح قطعه کار لحیم شدند و نیکل همانند چسب یا نگهدارنده، ذرات درشت را در کنار هم به سطح قطعه کار می چسباند و سطح قطعه همانند کاغذ سنباده عمل می کند و اصطلاحاً ضد سایش میشود. چون سطح قطعه خودش خاصیت سایندگی دارد. بعدها چینی ها برای ارزان تمام شدن هزینه تولید، از تنگستن کارباید شکسته و لوله فولادی ضد زنگ استفاده کردند که به نوعی جنس تقلبی، بی کیفیت و ارزان قیمت خواهد بود که میبایست حتماً توسط تورچ TIG و گاز آرگون استفاده شوند. اما در روش آموزش داده شده در این جزوه برای اولین بار سعی کردیم به نوعی آلیاژ سازی در کارخانجات فولاد سازی را در مقیاس کوچک شبیه سازی کنیم. ولی چون در این فرایند عملیات آهنگری انجام نمیشود مسلماً کیفیت محل جوش پایین تر از ابزار آلات ساخته شده از فولاد تند بر است. در این نوع جوش کاری:

1 - درصد انحلال آلیاژ در مذاب، قطر هر دو الکتروود، توسط جوش کار قابل تنظیم و انتخاب خواهد بود. در نتیجه سختی و چقرمگی محل جوش قابل تغییر و تنظیم خواهد شد.

2- با توجه به افزایش جرم محل جوش تا چند برابر آلیاژ مورد استفاده داخل لوله، قیمت و هزینه نهایی جوش کاری تا چند درصد بهای الکتروودهای لوله ای قابل کاهش بوده و همینک ارزان ترین و به صرفه ترین شیوه برای جوش کاری سختی سطحی در صنعت است.

معایب:

- 1- جوش کار میبایست صنعت گر و کارگر ماهر و با تجربه و آزموده ای باشد. جوش کارهای تازه وارد و آماتور به سختی از عهده کار بر می آیند.
- 2- کار در سطوح شیب دار سخت تر از سطوح افقی و تراز است.

ولی باید در نظر گرفت ما در صنعت هیچ سیستم ایده آل و بدون نقص و ایرادی نداریم بلکه سیستمها در مقایسه با سیستم های دیگر مزایا و معایبی برای خود دارند که کاربرد شان را در محدوده مشخصی معین و نسبت به سیستم های دیگر ارجح میکند.

مطالب تکمیلی:



با توجه به تجربیات بدست آمده کارگاهی برای 8 سانتی متر جوش کاری سخت سطحی، 8 سانتی متر الکترو لوله ای (تیوپی) و یک عدد سیم جوش نمره 3.2 مورد نیاز است. وزن کل سیم جوش معمولی با روکش فلاکس 30 گرم، وزن مفتول داخل آن 22 گرم، وزن 8 سانتی متر الکترو لوله ای 11.2 گرم، پودر سوپر آلیاژ داخل آن 3.61 گرم میباشد. در واقع برای 8 سانتی متر جوش کاری 32.83 گرم جرم مصرف شده که از این جرم 3.61 گرم متعلق به جرم سوپر آلیاژ حل شده است. در واقع با 11 درصد انحلال سوپر آلیاژ در حوضچه مذاب، این سختی و خواص مکانیکی حاصل شده که این مقدار در الکترودها با بالاترین استانداردهای بین المللی به 30 درصد میرسد که به یقین سختی و چقرمگی به مراتب پایین تری خواهند داشت. در واقع مصرف عناصر آلیاژی در این سیستم یک سوم سیستم های رایج و استاندارد شده فعلی در جهان صنعت است. در این نوع جوش کاری به ازاء هر کیلوگرم الکترو لوله ای، 2.68 کیلوگرم الکترو لوله معمولی ارزان قیمت مصرف میشود که قیمت الکترو لوله پایه از جمع مبلغ بهای هر دو تقسیم بر 3.68 بدست می آید که نسبت به قیمت الکترودهای ساخت داخل و وارداتی بسیار رقابتی و مرقوم به صرفه و ارزان است. در صورت جوش کاری با الکترو لوله معمولی مابین خطوط جوش کاری سخت سطحی، بهای الکترو لوله پایه از این نیز پایین تر خواهد آمد.

تجربیات قبلی ما حاکی از این است که با استفاده از پودر فلزات تنگستن - کروم - کبالت و ... نمیتوان اینچنین محصولی با این کیفیت مد نظر را ساخت. مشکل اول انحلال تنگستن است که این انحلال در دمای 1600 درجه بسیار مشکل و زمان بر است این واحد در دمای 2900 درجه طی مدت 4 ثانیه موفق به انحلال آن در کروم و کبالت شده است. مشکل بعدی دانه بندی ریز پودر کبالت در بازار است که باعث اکسیداسیون سریع آن میشود. فقط با استفاده از پودر فلزات با دانه بندی درشت با دمای ذوب زیر 1900 درجه میتوان محصولی مشابه ساخت که مسلماً اولاً مواد اولیه وارداتی و گران تمام میشود دوماً خواص ضد سایشی مناسبی حاصل نمیشود. اما سوپر آلیاژ تنگستن کروم کبالت و تولید شده در این واحد در دمای مابین 1600 و 2000 درجه طی مدت 8 ثانیه در مذاب آهن انحلال پیدا می کند و خواصی همچون ضد سایش، ضد فرسایش، سخت و چقرمه از خود نشان میدهد.

ممکن است با بررسی تصاویر مربوط به جوش کاری های انجام شده توسط ما، چنین به نظر برسد که این نوع عملیات جوش کاری، فنی یا اصولی نبوده و تر و تمیز نمی باشد. لازم به توضیح است که ما در رشته جوش کاری مهارت نداشته و دلیل ظاهر نه چندان خوب آنها، نداشتن تجربه جوش کاری است. ولی به هر حال در عمل، کارایی داشته و صد البته جوش کاران حرفه با استفاده از این روش، موفق به انجام جوش کاری های بی عیب و بی نقص میشوند و این خود میتواند زمینه اشتغال و فعالیت آنها در واحد های صنعتی را فراهم و عملی کند و صاحبان صنایع در نهایت مجبور به استخدام آنها میشوند.

با انحلال تنها 5 درصد از این سوپر آلیاژ در فولاد مذاب نیز میتوان به نتایج مطلوبی دست یافت و تنظیم مقدار آن در تخصص جوش کاران ماهر و ورزیده است. در آینده نزدیک با استفاده از عملیات سنگ زنی و پولیش و اچ کردن (اسید کاری) مسیر و

خط جوش، در مورد پراکندگی سختی و مقادیر مختلف انحلال سوپر آلیاژ در مناطق مختلف تحقیقاتی انجام و نتیجه را گزارش خواهیم کرد. همچنین تصاویر میکروسکوپ متالورژی مربوط به ساختار کریستالی.

توجه: با توجه به افشای کامل مطالب فوق در این جزوه آموزشی، هر نوع اقدام به تنظیم و ارایه اظهارنامه ثبت اختراع و درخواست حمایت قانونی از این نوع فناوری جوش کاری، مردود و فاقد وجهه قانونی میباشد. و لازم به توضیح است در صورت ثبت و شمول حمایت قانونی، هیچ راه کار عملی، مفید و موثری در رابطه با حفاظت از حقوق قانونی ثبت کننده وجود نخواهد داشت. علت آن اینکه خرید پودر و مواد اولیه مورد نیاز و ساخت الکترودهای لوله ای (نیوپی) توسط خود کارگاه های جوش کاری مقدور و ممکن میباشد و لزومی به پرداخت هزینه امتیاز از بابت حقوق قانونی ناشی از ثبت اختراع وجود نخواهد داشت. در نتیجه درخواست ثبت اختراع در موارد مشابه نیز، کاری بیهوده و بیفایده است. **مخصوصاً باج گیری پتنت** (اختراع، patent)

>> این اصطلاح که نخستین بار در سال ۱۹۹۹ میلادی، از سوی «پیتر دتکین»، وکیل حقوقی شرکت اینتل مطرح گردید، به شرکت هایی اطلاق می شود که بدون وارد شدن به فرآیند توسعه و تجاری سازی فناوری و یا تولید محصول پتنت شده (عدم بهره برداری از اختراع)، از حقوق انحصاری پتنت برای درآمد زایی (عمدتاً از طریق شکایات و دعاوی نقض پتنت) استفاده می کنند. آنها ثبت اختراعاتی که ممکن است در آینده ارزشمند شوند را تحت تملک خود درآورده و منتظر می مانند تا یک شرکت فن آور، در یکی از محصولات و یا طی فرآیندهای تولیدی خود، اقدام به نقض آن نماید. در این زمان، باجگیر پتنت به سراغ شرکت فن آور رفته و با متهم نمودن وی به نقض پتنت و ایجاد خسارت (که اغلب با ثبت شکایات حقوقی در دادگاه های قضایی همراه است)، این شرکت را وادار به پرداخت مبالغی تحت عنوان غرامت می کند <<

با آرزوی موفقیت و کام یابی

محمد رضا طباطبایی مورخه 1400/1/22