



بررسی و تبیین روش جوشکاری قوس الکتریکی با گاز محافظ بر روی لایه روکش

فولاد زنگ نزن 316L

محمد موسی پور یحیی آبادی^۱

۱- دانشجوی دکتری مهندسی مواد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

چکیده:

در این تحقیق عملیات روکش دهی توسط فولاد زنگ نزن 316L با استفاده از فرآیند جوشکاری قوسی الکترو تنگستن و گاز محافظ (GTAW) انجام و مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از چهار سطح حرارت ورودی مختلف (574 /5J/MM - 673/J/MM - 743/ 5J/MM - 609 /J/MM) استفاده شده است. آزمایش متالوگرافی بر روی نمونه های تهیه شده به منظور ارزیابی ریز ساختاری انجام شد، برای بررسی خواص مکانیکی روکش ایجاد شده از آزمایش کششی برشی، آزمایش ضربه چارپی و آزمایش ریز سختی سنجی ویکرز استفاده شد. آزمایش مایعات نافذ و التراسونیک برای تعیین کیفیت جوش های داده شده و مشاهده عیوب سطحی و زیر سطحی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین میزان فریت، کربن و درصد رقت روکش تحلیل و بررسی شد و در نهایت نمونه های تهیه شده را از نظر هندسه گرده جوش مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به نتایج بدست آمده، مشاهده شد که با افزایش حرارت ورودی، درصد رقت و مقدار کربن افزایش یافته و میزان فریت کاهش می یابد، در نتیجه حساسیت به ترک گرم افزایش می یابد. بهترین خواص از نظر مقاومت به خوردگی و ترک گرم در حرارت ورودی حداقل (574/5/JMM/5) مشاهده گردید.

کلید واژه: جوشکاری - گاز محافظ - فولاد زنگ نزن 316L



مقدمه:

عملیات سطحی عبارتست از رسوب دادن یک ماده پرکننده بر سطح قطعه مورد نظر برای بدست آوردن خواص یا ابعاد مورد نظر. به طور معمول این عملیات به منظور افزایش عمر کاری قطعه یا جایگزینی فلزی بکار برده می شود که فرسوده یا خورده شده است. عملیات سطحی می تواند موجب افزایش مقاومت به خوردگی، مقاومت به سایش، چقرمگی، یا خواص ضد اصطکاکی در محل مورد نظر شود [1].

امروزه با توجه به مزایای زیادی که برای روکش دهی شناخته شده است، بسیاری از تولید کنندگان قطعات صنعتی برای دستیابی به خواص ویژه ای در سطح فلزات به سراغ روش های روکش دهی میروند. بسته به کاربردهای متفاوتی از قبیل افزایش مقاومت به خوردگی و مقاومت سایشی، در روش روکش دهی مزایای ویژه ای وجود دارد. دارد که از این میان می توان به این موارد اشاره کرد: 1- افزایش مقاومت به خوردگی و سایش در جایی که دقیقا نیاز است 2- امکان استفاده از آلیاژهای بسیار سخت و مقاوم در برابر سایش کاربرد آسان 3- امکان ایجاد استحکام سطحی و داکتیلیته داخلی بطور همزمان 4- اقتصادی بودن از جنبه الف) افزایش طول عمر قطعه. ب) کاهش تعمیرات و تعویض. ج) امکان تعمیر سطوح ساییده شده و پاره شده و استفاده مجدد از آن. د) امکان استفاده از مواد ارزانتر بعنوان زیرلایه. ه) در برخی موارد افزایش راندمان کاری [2]

روکش دهی سطحی برای افزایش مقاومت به سایش و خوردگی فلزات کاربرد زیادی دارد. مقاومت یک ماده در برابر خوردگی برای بسیاری از کاربردها از قبیل بعضی مخازن تحت فشار، ماشین های صنعتی و یا چرخ های وسایل حمل و نقل از اهمیت زیادی برخوردار است. مخازن تحت فشار از جنس فولاد کم کربن یا کم آلیاژ برای تأمین مقاومت به خوردگی و صرف هزینه کمتر به وسیله فولادهای زنگ نزن روکش داده می شوند. از آنجایی که در تمامی این قطعات بخشی از اتصالات توسط جوشکاری صورت می گیرد، بنابراین مطالعات مربوط به مقاومت به خوردگی در قطعاتی که جوشکاری شده اند، بخش وسیعی از مطالعات را به خود اختصاص داده است. در سالهای اخیر تلاشها و تحقیقات زیادی در خصوص توسعه و استفاده از فولادهای زنگ نزن آستنیتی انجام شده است. این فولادها عموما دارای داکتیلیتی و چقرمگی خوب بوده، مقاومت به خوردگی خوب در اکثر محیط ها و ازدیاد طول قابل توجهی در هنگام بارگذاری کششی از



خود نشان می‌دهند [3]. این پژوهش بر آن است تا جوشکاری قوس الکتریکی با گاز محافظ بر روی لایه روکش فولاد زنگ نزن 316L را مورد بررسی قرار دهد.

جوشکاری قوسی الکتروود تنگستن و گاز محافظ

جوشکاری قوسی الکتروود تنگستن و گاز محافظ یکی از اصلی‌ترین فرآیندهای جوشکاری قوس الکتریکی است که امروزه در صنایع مختلف برای اتصال اغلب فلزاتی که می‌شناسیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. جوشکاری به واسطه تنظیم بسیاری از پارامترها مانند نوع فرآیند جوشکاری، ولتاژ، شدت جریان، نوع جریان، سرعت، نوع گاز محافظ و غیره مشکل می‌باشد. به منظور توسعه فرآیندهای جوشکاری، باید پارامترهای عملیاتی فرآیند توسط طراحی آزمایشهای تجربی و تغییر این پارامترها به مقادیر مناسب خود برسند. حرارت ورودی جوشکاری، شدیداً روی ریزساختار منطقه متأثر از حرارت (HAZ)

¹ فولادها تأثیر می‌گذارد. به ویژه این که حرارت ورودی جوشکاری، رشد دانه در منطقه نزدیک خط ذوب را به مقدار زیادی افزایش می‌دهد. از طرفی ساختار دانه‌ها بر استحکام چقرمگی، انعطاف پذیری و مقاومت به خوردگی آلیاژها تأثیر می‌گذارند.

از این رو درک صحیح اثرات حرارت ورودی جوشکاری بر ریزساختار و خواص نمونه‌های جوشکاری شده اهمیت خود را نشان می‌دهد. و از آنجایی که جوش قوسی الکتروود تنگستن و گاز محافظ به عنوان یکی از اصلی‌ترین فرآیندهای روکش دهی شناخته شده است، صرف کردن زمان و هزینه برای انجام عملیات روکش دهی توسط فولادهای زنگ نزن آستنیتی بر روی فولادهای کربنی ضروری بنظر می‌رسد. خواص مکانیکی و مقاوت به خوردگی و کاربرد روکش ایجاد شده به شدت متأثر از ریزساختار فلز جوش می‌باشد [4].

فولاد زنگ نزن

فولاد زنگ نزن ۳۱۶ و نوع بهینه شده آن ۳۱۶L یک نوع فولاد از خانواده فولادهای آستنیتی هستند که به دلیل استحکام کششی مناسب در دمای بالا و استحکام خستگی - خزشی خوب با وجود چقرمگی مناسب کاربردهای

¹ -Heat Affected Zone



فراوانی در طراحی اجزای مورد استفاده در کاربردهای دما بالا مانند بویلرها و مبدل های حرارتی و رآکتورهای شیمیایی در صنایع دارند. از سویی دیگر فولادهای زنگ نزن آستنیتی به دلیل داشتن استحکام مکانیکی، قابلیت زیست سازگاری و خمش و شکل دهی مناسب به صورت گسترده در مواد کاشتنی ارتوپدی مورد استفاده قرار می گیرند که از جمله این مصارف می توان تولید کاسه های لگن را نام برد. برای کاربرد این آلیاژ، نیاز به اعمال فرآیندهای تولید نظیر تراشکاری، ورد کاری، ماشین کاری، فورج و جوشکاری می باشد و در این بین، اعمال فرآیندهای جوشکاری معمولا موجب کاهش خواص آلیاژ می شود، لذا این فرآیند از اهمیت ویژه ای برخوردار است. فولادهای زنگ نزن آستنیتی با استفاده از روش های متعدد ذوبی نظیر جوش کاری قوسی تنگستن (GTAW) جوشکاری قوسی یا فرآیندهای جوشکاری با پرتو لیزر و جوشکاری با پرتو الکترونی و نیز روشهای حالت جامد نظیر اصطکاکی اغتشاشی (FSW) و اصطکاکی (FW) جوش داده شده اند [۴] مشکلات ناشی از انجماد مانند ترک گرم، تخلخل، جدایش و رشد دانه که باعث افت خواص مکانیکی می شود نیز از دیگر مشکلات فرآیندهای ذوبی می باشد [5].

در تحقیقی که بر روی جوشکاری فولاد ۳۱۶^L ب انجام شده، مشخص شده است که با کاهش فشار فورج نهایی به دلیل کاهش ادغام نواحی خمیری در دو جزء جوش، اتصال بین دو قسمت به خوبی انجام نشده است اما با افزایش میزان فشار فورج، این نقص برطرف شده است. همچنین با افزایش میزان فاصله کوتاه شونده که ناشی از افزایش فشار فورج می باشد، به دلیل قرار گرفتن مدت زمانی کمتر فولاد در دماهای بالا، میزان فریت دلتا تولید شده نیز کاهش می یابد. با توجه به این مشکلات مطرح شده در مورد جوشکاری فولاد بررسی رفتار خوردگی با توجه به کاربردها ضروری به نظر میرسد [5].

در زمینه رفتار خوردگی منطقه جوش فولاد ۳۱۶^L با روش جوشکاری اطلاعات بسیار کمی در دسترس می باشد و عمدتاً تحقیقات انجام شده در این زمینه مربوط به ارزیابی رفتار خوردگی منطقه جوش در روشهای ذوبی است. در تحقیقی که روی رفتار خوردگی ناحیه جوش فولاد ۳۱۶^L به روش GTAW انجام گرفت مشخص گردید که ناحیه جوش به عنوان ناحیه کاتدی عمل میکند و جوشکاری اثرات مضر بر روی رفتار خوردگی و زیست سازگاری این فولاد میگردد اما انجام عملیات حرارتی انحلالی می تواند سبب بهبود رفتار خوردگی قطعات جوشکاری شده بشود. در تحقیق دیگری که بر روی رفتار خوردگی قطعات جوشکاری شده به روش ذوبی



GMAW بر فولادهای ۳۱۶^L و ۳۰۴ انجام گرفت، عنوان گردیده است که فولاد ۳۱۶^L مقاومت به خوردگی بین دانه ای بهتری را نسبت به فولاد ۳۰۴ از خود نشان می دهد. اما ناحیه HAZ در هر دو نمونه جوش داده شده دارای بحرانی ترین رفتار از لحاظ خوردگی می باشد که دلیل آن هم، تشکیل رسوبات کربید کرم بر روی مرزدانه ها می باشد. به انجام عملیات حرارتی بعد از جوشکاری مقاومت به خوردگی مرزدانه ای فولاد ۳۱۶^L به مقدار قابل توجهی افزایش می یابد [6].

فولادهای زنگ نزن شامل گروهی از فولادهای پرآلیاژ، بر پایه سیستم های Fe-Cr، Fe-Cr-C، Fe-Cr-Ni می باشند. این فولاد برای زنگ نزن بودن باید حاوی حداقل ۱۱-۱۰/۵ درصد وزنی کرم باشند. تعداد بسیار اندکی از فولادهای زنگ نزن هستند که دارای ترکیب شیمیایی بیشتر از ۳۰٪ کرم و کمتر از ۵۰٪ آهن باشند. این میزان کرم در حضور اکسیژن سبب تشکیل یک سطح غیرفعال اکسیدی اشباع از کرم میشود که از اکسیداسیون و خوردگی فلز زیری، در شرایط محیط و غیرخورنده جلوگیری میکند. از ویژگی های دیگر فولادهای زنگ نزن علاوه بر مقاومت به خوردگی میتوان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱- شکل پایی عالی

۲- چقرمگی زیاد در دمای اتاق و دمای پایین

۳- مقاومت خوب در برابر پوسته شدن

۴- اکسایش و خزش در دماهای بالا

سایر عناصر آلیاژی مانند نیکل، مولیبدن، مس، تیتانیم، آلومینیم، سیلیسیم، نیویم، نیتروژن، گوگرد و سلنیم نیز به این فولادها اضافه می شوند که نه تنها مقاومت به خوردگی را در بعضی مواقع افزایش میدهند بلکه باعث پایه داری فازهای دیگر شده و برخی از خواص مکانیکی را نیز بهتر می کنند. بطور مثال افزایش نیکل به فولادهای زنگ نزن، مقاومت به خوردگی در محیط های خنثی و یا اکسیدکننده ضعیف را بهبود می بخشد. همچنین مقدار کافی نیکل قابلیت انعطاف پذیری و شکل پذیری فولادها را افزایش می دهد چرا که امکان نگهداری فاز آستنیت



با شبکه فولادهایی با میزان کرم بیشتر، در شرایط محیط دچار زنگ زدگی میشوند. این موضوع ناشی از آن است که مقداری از کرم به صورت کاربید و یا ترکیبات دیگر در می آید و میزان کرم محلول در زمینه کاهش می یابد و به کمتر از حد مورد نیاز برای تشکیل پوسته محافظ اکسیدی پیوسته می رسد. مثال معمول این وضعیت آلیاژهای روکش کاری سخت، دارای ترکیب اسمی ۲۵٪ وزنی کرم و ۴٪ وزنی کربن می باشد که به علت تشکیل مقدار زیادی کاربیدهای کرم دچار زنگ زدگی می شوند [7].

فولادهای زنگ نزن دارای کاربردهای گستردهای از جمله استفاده در عملیات تولید انرژی شیمیایی، کاغذسازی، تاسیسات هسته ای و مبدل های حرارتی، ساخت بسیاری از محصولات تجری نظیر تجهیزات آشپزخانه و قطعات اتومبیل هستند. فولادهای زنگ نزن همچنین به دلیل خلوص و بهداشتی بودن به طور گسترده در کاربردهای پزشکی همچون کاشتنی های ارتوپدی یا استریل مانند فرآیندهای داروسازی، تولید لبنیات و صنایع غذایی مورد استفاده قرار می گیرند. آلیاژ ۳۱۶L یکی از فولادهای بسیار مهم در گروه فولادهای زنگ نزن می باشد. این فولاد دارای ۲٪ مولبدن میباشد که سبب به وجود آمدن مقاومت به خوردگی مناسب در برابر خوردگی های موضعی، به خصوص خوردگی حفره ای شده است. به دلیل میزان کربن پایین ساختار عاری از هرگونه آلودگی کاربید کرم در مرز دانه ها می باشد. این فولاد بعد از عملیات آنیل انحلالی (1150°C - 1050°C ، 2102°F - 1922°F) و سرد کردن در آب دارای ۳٪ فریت باقیمانده می باشد. این فولاد دارای مقاومت به خوردگی مناسبی در محیط های مرطوب، محلول های آلی و محلول های دمای پایین (330°C - 626°F) اسید سولفوریک رقیق و محلول های کلریدی و فلوئوریدی که دارای محدوده دمایی اتاق هستند می باشد.

به دلیل دارا بودن مقاومت به خوردگی مناسب در محلول های آبی و آلی گزینه مناسبی برای کاربرد به عنوان کاشتنی در بدن می باشد. از سویی دیگر به دلیل شکل پذیری بالا، قابلیت شکل دهی سرد خوب، استحکام کششی مناسب در دمای بالا و استحکام خستگی - خزشی خوب با وجود چقرمگی مناسب، این نوع فولاد کاربردهای گستردهای در صنایع دارد. جدول ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی این فولاد را نشان می دهد.

جدول 1- ترکیب شیمیایی فولاد زنگ نزن ۳۱۶L



| C | Si | Mn | P | S | Cr | Mo | Ni | Cu |
|---|-------|-----|-------|------|------|--------|----|-------|
| ۱ | ۱۴-۱۰ | ۲-۳ | ۱۸-۱۶ | ۰/۰۳ | ۰/۰۴ | ۲-۱/۲۵ | ۱ | ۰/۰۳≥ |

جدول ۲- حداقل خواص مکانیکی فولاد زنگ نزن کار شده ۳۱۶ در دمای محیط^L

| استحکام کششی | استحکام تسلیم | افزایش طول (%) | کاهش سطح مقطع (%) |
|----------------|----------------|----------------|-------------------|
| MPa ۴۸۰ ksi ۷۰ | MPa ۱۷۰ ksi ۲۵ | ۴۰ | ۵۰ |

همان طور که اشاره شده به دلیل کاربردهای فراوان فولاد ۳۱۶^L در صنعت انتخاب بهترین روش ساخت قطعات این نوع فولاد نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد به گونه ای که هم خواص مناسب آلیاژ مورد نظر را تغییر ندهد و هم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد. که این روش ها عبارتند از: تراشکاری، ورد کاری، ماشین کاری، فورج و جوشکاری. در این بین، اعمال فرآیندهای جوشکاری معمولاً موجب کاهش خواص آلیاژ می شود لذا این فرآیند از اهمیت ویژه ای برخوردار است [8].

فرآیندهای جوشکاری

فرآیندهای جوشکاری در این پژوهش به ۲ دسته کلی فرآیندهای ذوبی و جامد تقسیم می شوند که در ذیل به بررسی جوشکاری فولاد ۳۱۶^L با استفاده از این روش ها می پردازیم.

- جوشکاری ذوبی

به آن دسته از جوشکاری هایی گفته می شود که قطعه جوشکاری شده در حین فرآیند جوشکاری ذوب شده و سپس پس از جوشکاری دوباره منجمد می شود. فرآیندهایی ذوبی که محققان برای جوشکاری فولادهای آستنیتی استفاده کرده اند عبارتند از: SMAW GTAW یا فرآیندهای جوشکاری با پرتو لیزر و جوشکاری میکروپلازما.

- جوشکاری جامد



در این نوع جوشکاری حالت مذاب وجود ندارد و اتصال به وسیله عواملی مانند: اصطکاک، نیروهای هیدرولیکی، ضربه شدید و غیره به وجود می‌آید، که شامل فرآیندهای زیر می‌باشد:

✓ جوشکاری اصطکاکی¹ (FRW)

✓ جوشکاری نوردی² (ROW)

✓ جوشکاری سرد³ (CW)

✓ جوشکاری التراسونیک⁴ (USW)

✓ جوشکاری نفوذی⁵ (D FW)

✓ جوشکاری انفجار⁶ (EXW)

✓ و سایر فرایندهای دیگر [9].

¹ Friction Resistance Welding

² Rolling Welding

³ Cold Welding

⁴ Ultrasonic Welding

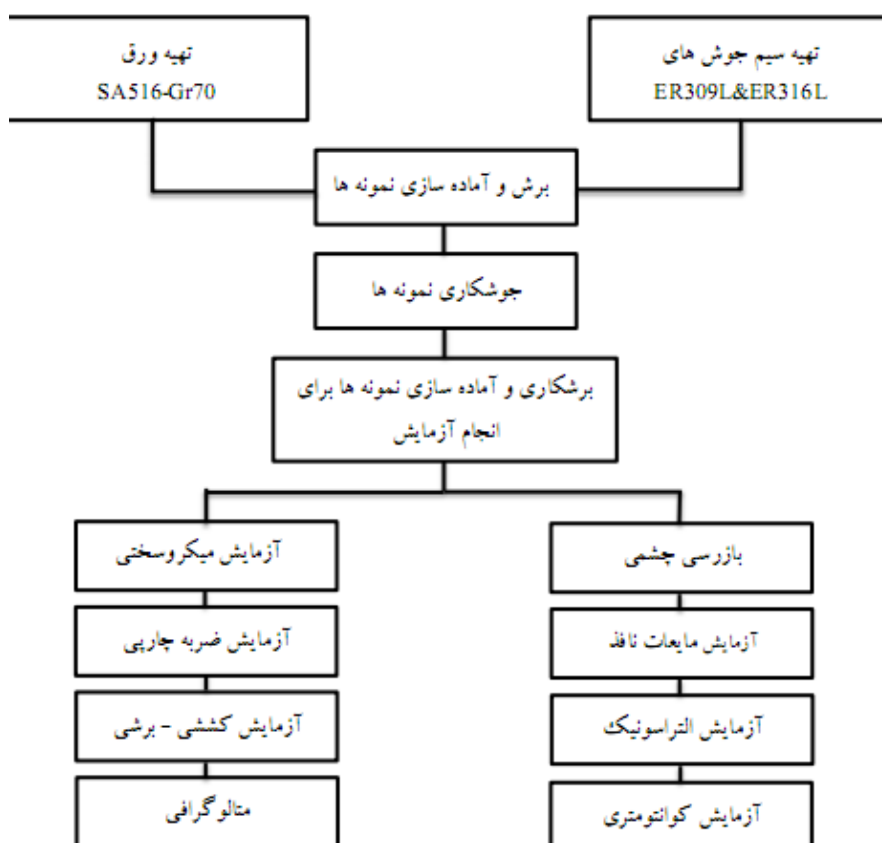
⁵ Diffusion Welding

⁶ - Explosion Welding



روش پژوهش

فلوچارت مراحل کار عملی در بررسی این پروژه نشان می‌دهد.

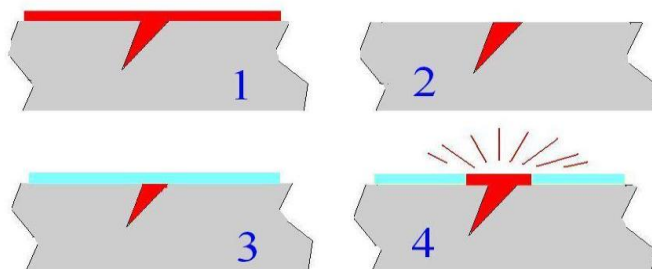


شکل 1- مراحل اجرای کار عملی و آزمایشات انجام شده



مراحل اجرای آزمایش

- در ابتدا با استفاده از برس سیمی سطح قطعه کار و لایه پوششی از هر گونه لایه اکسیدی باید پاک شود.
- سپس با استفاده از اسپری پاک کننده سطح قطعه کار از هر گونه چربی پاک شد. اسپری باید به صورت مستقیم بر روی قطعه کار اسپری شود و در نهایت با پارچه کاملاً تمیز و خشک گردیده شد.
- در این مرحله با کمک اسپری مایع نافذ بر روی سطح قطعه کار به طور کامل و یکنواخت پوشانده شد.
- به مدت ۳۰ دقیقه صبر کرده تا مایع نافذ در کوچکترین ترک های سطحی نفوذ کند. بعد از نفوذ کامل مایع نافذ، با استفاده از اسپری پاک کننده سطح قطعه کار را به طور کامل تمیز کرده، البته نباید اسپری پاک کننده به طور مستقیم بر روی قطعه کار پاشیده شود، زیرا باعث شسته شدن مایع نافذ درون ترک ها می شود. به همین دلیل از یک پارچه پشمی برای تمیز کردن قطعه کار استفاده کردیم.
- در این مرحله آشکار ساز به طور یکنواخت بر روی سطح روکش اسپری شد.
- سپس به مدت ۳۰ دقیقه صبر کرده تا مایع نافذ از درون کوچکترین ترکهای سطحی جذب آشکار ساز شود. در نهایت با بررسی سطح در صورت وجود خط های قرمز رنگ می توان به وجود ترک پی برد.





شکل ۲- مراحل انجام آزمایش مایع نافذ

تست ضربه چارپی^۱

مقدمه آزمایش

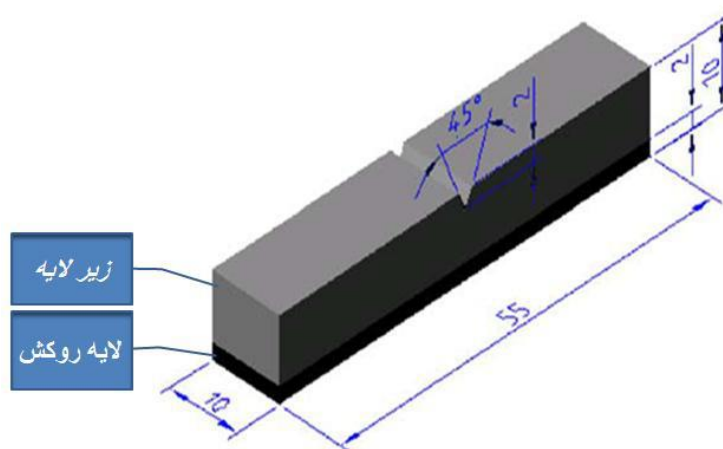
توجه به پدیده شکست، به خصوص شکست ترد^۲، از جمله شکست ترد در مخازن تحت فشار، خطوط لوله، پل ها و .. حایز اهمیت است. با اجرای این تست، مقاومت اجسام در برابر ضربه به منظور تعیین چقرمگی و استحکام ضربه ای و تعیین درجه حرارت تبدیل نرمی به تردی مشخص می گردد .

آماده سازی نمونه ها

ابتدا قطعات با دستگاه اره نواری برش زده شدند سپس کل نمونه ها ماشینکاری می شود ابعاد نمونه های تست چارپی با شکاف V شکل بر طبق استاندارد ASTM E23 مطابق شکل آماده شده اند .

^۱ Charpy Impact test

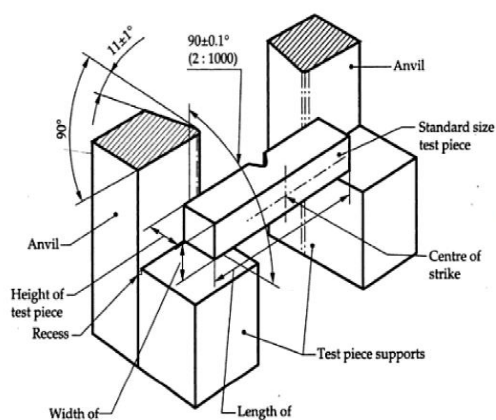
^۲- Brittle Fracture



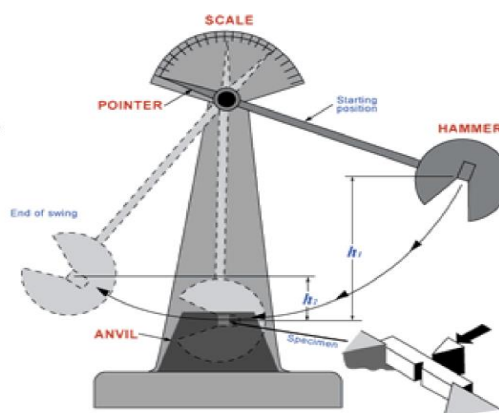
شکل 3- ابعاد نمونه تست ضربه چار پی.

دستورالعمل تست

ابتدا قبل از بستن نمونه می خواهیم انرژی تلف شده بر اثر اصطکاک را محاسبه کنیم برای این منظور بدون گذاشتن نمونه آزمایش در دستگاه پاندول را تا وضعیت ضامن بالا برده سپس پاندول را رها کرده و مقدار انرژی جذب شده در اثر اصطکاک هوا از روی عقربه اندازه گیری خوانده می شود این مقدار ۱ ژول اندازه گیری و در نظر گرفته شد. این تست در دو درجه حرارت 25°C و 0°C درجه سانتیگراد و توسط دستگاه تست چار پی مدل 300-Jinhaihu JB صورت پذیرفت. ابتدا نمونه را طوری روی سندان قرار داده که روی شیار، درست در وسط سندان و پشت شیار به طرف چکش قرار گیرد. برای این کار می توان لبه چکش را به شکاف نمونه مماس کرد. پاندول را تا وضعیت ضامن دار بالا برده و عقربه را بر روی حداکثر مقدار شاخص انرژی (300j) تنظیم نموده، سپس نمونه را به دقت بر روی تکیه گاهها و در مقابل سندانها قرار می دهیم. سپس پاندول را رها کرده و بعد از چرخش کامل چکش ضامن را فشار می دهیم. انرژی جذب شده را مستقیماً از دستگاه اندازه گیری خوانده می شود.



(ب)

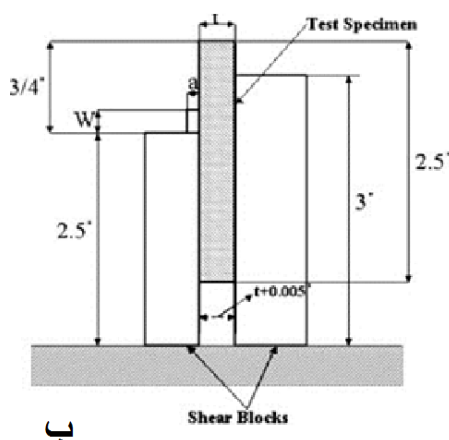


(الف)

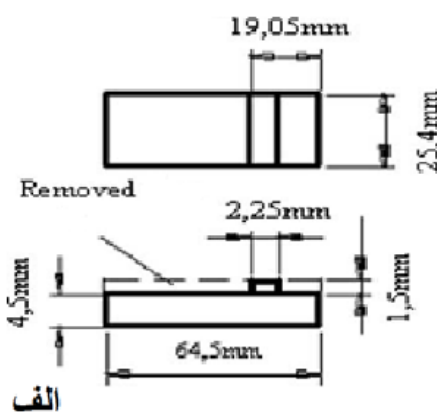
شکل 4- (الف) شماتیک کامل دستگاه تست ضربه چار پی (ب) نحوه قرار گیری نمونه در داخل دستگاه.

تست کششی

برشی به منظور تعیین خواص مکانیکی و میزان استحکام چسبندگی لایه روکش به زیر لایه، تست کششی برشی بر روی نمونه ها که بر اساس استاندارد ASTM A264 آماده شده اند، انجام شد. اگر چه در اغلب موارد تست کششی برشی اطلاعات مورد نیاز را ارایه می کند، یکی دیگر از آزمون های معمول تست خمش و اندازه گیری استحکام خمشی در کشش است که این تست اغلب برای روکش دهی آلومینیم استفاده می شود [10]



ب



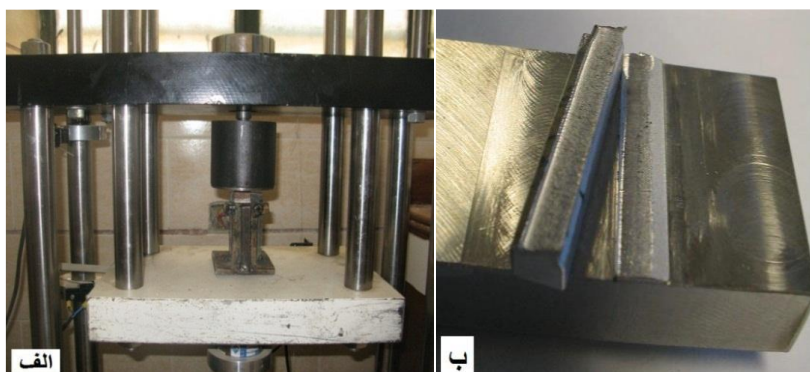
الف

شکل 5- (الف) ابعاد نمونه تست کششی برشی (ب) نمونه در داخل بلوک های برشی و آماده جهت اعمال نیرو.



مراحل انجام تست

- روکش دهی فولاد زنگ نزن 309L و 316L بر روی ورق زیر لایه SA516 توسط جوشکاری قوسی الکتروود تنگستن و گاز محافظ.
- آماده سازی نمونه های روکش داده شده جهت انجام تست به ابعاد استاندارد
- تهیه بلوک های برشی به ابعاد مورد نظر از جنس چدن نشکن جهت انجام تست .
- قرار دادن نمونه ها در بین بلوک های برشی سپس اعمال نیروی فشاری بر روی نمونه مورد آزمایش تا قسمت زائده در اثر تنش کششی و برشی دچار گسیختگی گردد.
- پس از پایان آزمایش نمودار نیرو به تغییر طول برای هر نمونه رسم گردید.



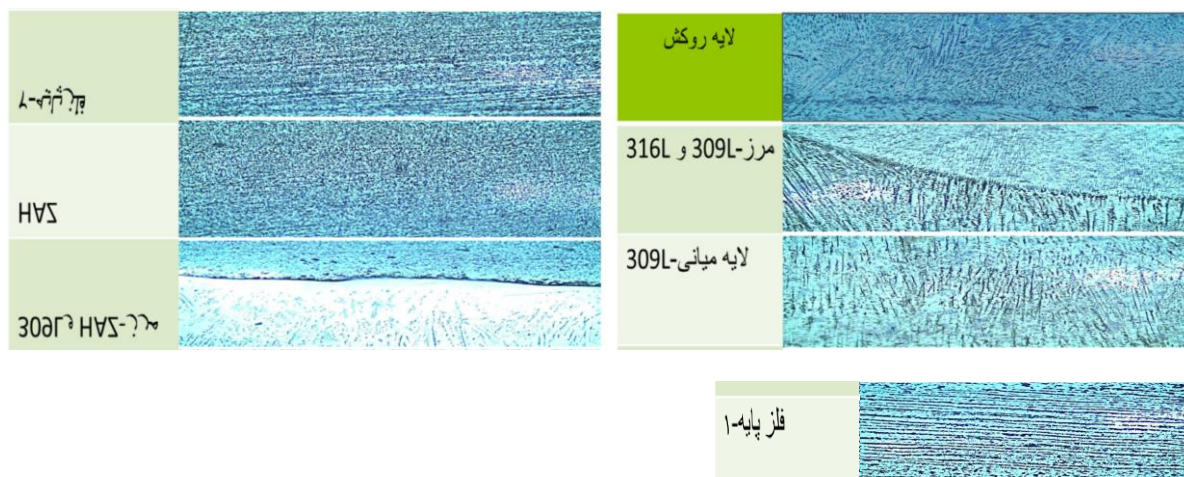
شکل 6- (الف) نمونه در داخل بلوک برشی و اعمال نیروی فشاری (ب) نمونه بعد از تست به همراه زائده جدا شده

بررسی ریز ساختار از فلز پایه به سمت فلز جوش

ورق زیر لایه دارای ساختار ورقه ای پرلیت و فریت می باشد. این ساختار کشیده شده در اثر عملیات نوردکاری در حین تولید ورق می باشد. با حرکت از فلز پایه به سمت مرز جوش بعلت قرار گرفتن در درجه حرارت های بالا ساختار فلز پایه تغییر می کند و ساختار ورقه ای به سمت هم محور شدن می رود .



این ساختار، مخلوطی از دانه های اصلی فلز پایه و دانه های ریز می باشد. با نزدیک شدن به مرز ذوب (منطقه HAZ) به دلیل گرم شدن کوتاه مدت و سرد شدن سریع، دارای ساختار فریتی و پرلیتی دانه ریز می باشد. در منطقه ای کوچک در فاصله بسیار نزدیک به مرز جوش (حداصل HAZ و 309L) منطقه جزئی ذوب شده PMZ¹ وجود دارد. سپس ساختار لایه میانی 309L مشاهده می شود که شامل زمینه روشن می باشد. در مرز بین 309L و 316L رشد اپی تکسیال مشاهده می شود. و در آخر، لایه رویین روکش 316L مشاهده می شود. ریز ساختار با رسیدن به سطح ریزدانه تر می شود، زیرا در مجاورت با هوا سرعت سرمایش افزایش یافته و کاهش اندازه دانه در سطح روکش را شاهد هستیم.



شکل 7- زیر ساخت از زیر لایه تا روکش

¹ -Partially Melted Zone



نتیجه گیری

از پژوهش زیر این نتایج به دست آمد:

- افزایش حرارت ورودی، عمق نفوذ لایه های روکش و درجه رقت را افزایش میدهد. بنابراین میزان مهاجرت کربن و آهن از زیر لایه به سمت لایه روکش بیشتر می شود. بنابراین میزان مقاومت به خوردگی کاهش می یابد. زیرا امکان ترکیب کربن با کرم و تشکیل کاربید کرم بیشتر است.
- با افزایش حرارت ورودی مقدار فریت لایه روکش کاهش می یابد در نتیجه حساسیت به ترک های گرم بیشتر می شود.
- آزمون ضربه نشان می دهد که شکست نرم در تمام نمونه ها رخ داده است. میزان چقرمگی لایه روکش فولاد زنگ نزن به مراتب از زیر لایه فولادی بالاتر است. با افزایش حرارت ورودی مقاومت به ضربه نیز افزایش می یابد.
- ساختار فلز جوش و منطقه HAZ با افزایش حرارت ورودی درشت دانه تر شده و مقاومت کششی برشی کاهش می یابد.
- افزایش حرارت ورودی باعث افزایش مدت زمان ماندن در بالای درجه حرارت تبلور مجدد می شود، در نتیجه وسعت و اندازه منطقه HAZ افزایش یافته و ساختار این منطقه درشت دانه تر می شود. در نتیجه درشت دانگی شیب افزایش سختی از زیر لایه به سمت HAZ کاهش می یابد. اما در لایه روپین روکش به علت سریعتر سرد شدن در مجاورت با هوا دارای دندریت های ریز تری می باشد در نتیجه سختی این ناحیه بالاتر می رود، این افزایش سختی با افزایش حرارت ورودی کاهش می یابد.
- با افزایش حرارت ورودی هندسه جوش دارای ظاهر بهتر و یکنواخت تری می باشد. با افزایش حرارت ورودی ارتفاع گرده جوش کاهش یافته و پهنای گرده جوش افزایش می یابد.
- هر میزان عنصر کرم در لایه روکش بیشتر باشد، امکان وقوع خوردگی کمتر خواهد بود. زیرا افزایش درصد کرم باعث افزایش پایداری لایه روپین محافظ می باشد. بنابراین می توان انتظار داشت که با کاهش حرارت ورودی مقاومت به خوردگی افزایش می یابد.



منابع و مآخذ:

[1] وطن آراء، مسعود، محمدرضا وطن آراء، و میثم حق شناس. ۱۳۸۴. جوشکاری با قوس و الکتروود تنگستن تحت گاز محافظ. تهران: مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران.

[2] Yao, X.X., and R. sandstr. 1999. Applicability of life prediction methods to the low cycle fatigue of braze clad AlMn0.1 Mg0.5alloys. Department of Mechanical Engineering. vol 21, pp1003-1006.

[3] Lin, Y.C., and S.W.Wang. 2003. Wear behavior of ceramic powder cladding on an S50C steel surface. National Taiwan University of Science and Technology, vol 36, pp1-9.

[4] Lippold, J., and J. kotecki. 2005. welding metallurgy and weldability of stainless steels. New Jersey: Published by John Wiley & Sons Inc., Hoboken.

[5] Gao, J., and R. G. Thompson. 1996. Real Time-temperature Models for Monte Carlo Simulations of Normal Grain Growth. Acta Metall., 44: p. 4565.

[6] Stokes, J. 2008. the theory and application of the hvof thermal spray prpcess. Dublin City University.

[7] Kannan ,T., and N. Muruganb. 2006. Effect of flux cored arc welding process paramerers on duplex stanless steel clad quality. Department of Mechanical Engineering. vol176, pp 230-239.

[8] Liane, S. 1998. practical Hand book of cladding technology.. Canada: Casti.

[9] Kaykoulu, M. 2005. Hard surfacing techniquell".manufacturing technology, pp 120-125.

[10] Kutsuna, X. G., and Z. Yamada. 2006. Comparison between diode laser and TIG cladding of Co-based alloys on the SUS403 stainless steel. Surface & Coating Technology, 201: No. 3-4