



در این شماره می خوانید:

- اثر نوع فلاکس های فعال کننده سطحی (Activating Flux) در جوشکاری GTAW بر خواص مکانیکی فلز جوش فولاد ساده کربنی
- خوردگی اتصالات جوشکاری شده تیتانیوم و آلیاژهای آن
- جوشکاری غیر مشابه فولاد های ریختگی AISI310 و GOST 09G2S بدنه کوره بلند شماره ۲ ذوب آهن اصفهان به روش SMAW و بررسی ریز ساختار منطقه جوش
- فرآیند پوشش دهی ذوبی CermaCladTM

نشریه آموزشی، خبری و پژوهشی

جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب

ISSN 4555-2345

سال دوم شماره ۷ و ۸ - زمستان ۹۳ و بهار ۹۴

با مجوز رسمی از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی

معاونت امور مطبوعاتی و اطلاع رسانی

شماره ثبت: ۹۱/۳۲۴۵۵

صاحب امتیاز و مدیر مسئول:

مهندس رضا ایمانیان نجف آبادی

سردبیر: مهندس نرگس خاتون احمدی

مدیر اجرایی: مهندس ایمان معتمدی

گستره انتشار: بین المللی، نحوه انتشار: الکترونیک

عکس روی جلد:

مقایسه نتایج آزمایش ذرات مغناطیسی با آزمایش

مایع نافذ بر روی غلطک فولادی از جنس 1.7701

نشانی دفتر نشریه:

اصفهان - نجف آباد - کدپستی ۸۵۱۳۸۷۶۵۸۸

تلفن و نمابر: ۰۳۱-۴۲۶۳۹۱۲۰

پست الکترونیک: info@jwn.ir

هیئت تحریریه:

مهندس رضا ایمانیان نجف آبادی

مهندس نرگس خاتون احمدی

دکتر حامد ثابت

مهندس مژگان بهرامی

ایمان حاجیان نیا

مهندس دیاکو کرمی

یادآوری ها:

۱- نشریه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب از پیشنهادها و انتقادهای سازنده استقبال می کند.

۲- نقل و اقتباس از مطالب این نشریه با ذکر ماخذ آن و رعایت امانت بلامانع است.

۳- این نشریه از مقالات، نوشته ها، اظهار نظرها و دیدگاه های کارشناسان و صاحب نظران در مورد مسائل مربوط به جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب استقبال می کند و البته چاپ آنها منوط به موافقت مدیر مسئول، سردبیر و تأیید ویراستار خواهد بود.

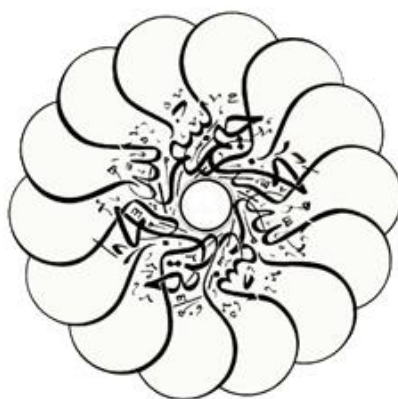
۴- نشریه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب در ویرایش، رد یا قبول و حک اصلاح مطالب آزاد است.

۵- چاپ هرگونه نوشتار به منزله تأیید محتوای آن و دیدگاه پدیدآورندگان آن توسط نشریه نمی باشد و مسئولیت محتوی و کلیه حقوق مادی و معنوی مقالات بر عهده نویسندگان و مترجمان است و هیچگونه مسوولیتی متوجه نشریه نیست.

۶- مسوولیت متن آگهی ها به عهده ارائه دهندگان آگهی ها می باشد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴	سرمقاله
۵	اثر نوع فلاکس های فعال کننده سطحی (Activating Flux) در جوشکاری GTAW بر خواص مکانیکی فلز جوش فولاد ساده کربنی
۱۶	خوردگی اتصالات جوشکاری شده تیتانیوم و آلیاژهای آن مژگان بهرامی
۲۲	جوشکاری غیر مشابه فولاد های ریختگی AISI310 و GOST 09G2S بدنه کوره بلند شماره ۲ ذوب آهن اصفهان به روش SMAW و بررسی ریز ساختار منطقه جوش
۳۱	فرآیند پوشش دهی ذوبی CermaClad TM
	دیاکو کرمی



سرمقاله

هر فرد در دامنه کاری خود به میزان محدودی نیرو و توان اجرایی دارد که با تفکر و تامل در محل و نحوه اعمال این نیرو و توان می تواند تغییرات بزرگی را ایجاد نماید. اگر چه کارگروهی و پیروی از خرد جمعی از نیازمندی های یک سیستم قائم به ذات است اما باید به یاد داشته باشیم مدیریت خلاق و متفکری که در یافتن نقطه اثر نیروها تبحر داشته باشد تاثیر غیر قابل اجتنابی در بهره وری کارگروهی دارد.

باید به یاد داشته باشیم که کارگروهی مانند جمع ریاضی است، با جمع شدن نگرش های مثبت و رو به جلو گروه قوی تر و با همگرایی تفکرات منفی و منفعل گروه ضعیف تر خواهد شد. اما یک عارضه نیز وجود دارد که می تواند گروه های مثبت را نیز بی فایده و گاه منفعل کند. **بی هدف و بی برنامه بودن**، انرژی های مثبت گروه را به هدر داده و بواسطه معیوب شدن سیستم، افراد مثبت گروه را بی اثر و گاه تخریب می کند.

اما ریشه اصلی عدم هدف گذاری قابل اندازه گیری و ارائه برنامه های مشخص دستیابی به این اهداف را شاید بتوان در ترس از شکست در دستیابی به اهداف و ایجاد فرایند و الگویی برای ارزیابی گروه دانست. زیرا پس از دوره زمانی مشخص گروه باید نسبت به میزان دستیابی به اهداف و تحقق برنامه ها گزارش ارائه نماید.

حال مباحث فوق را با عملکرد نهادهای علمی و تخصصی حوزه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب انطباق دهید تا به راحتی مهمترین معضل جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب را درک کنید.

رضا ایمانیان نجف آبادی

مدیر مسئول نشریه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب

اثر نوع فلاکس های فعال کننده سطحی (Activating Flux) در جوشکاری GTAW بر خواص مکانیکی فلز جوش فولاد ساده کربنی

دکتر حامد ثابت

استادیار گروه مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

چکیده

در تحقیق حاضر اثر فلاکس های فعال کننده سطحی بر شکل ظاهری- عمق نفوذ و خواص مکانیکی جوش فولادهای ساده کربنی کم کربن در فرآیند GTAW مورد بررسی قرار گرفته شده است، برای این منظور فلاکس هایی با ترکیبات مختلف به صورت خمیر تهیه و بر روی فولاد ST-37-2 به صورت یک لایه نازک کشیده شده است و عملیات جوشکاری با فرآیند GTAW اتوماتیک انجام گردیده است. سپس آزمونهای چشمی، رادیوگرافی، مکانیکی (کشش و ضربه)، متالوگرافی نوری و آنالیز شیمیایی بر روی نمونه ها انجام گردید. نتایج آزمونهای چشمی و متالوگرافی ماکروسکوپی فلاکس های مختلف مشخص نمودند که با افزودن فلاکس ها عمق نفوذ افزایش و شکل گرده جوش بهبود می یابد. همچنین نتایج آزمونهای رادیوگرافی نشان داده اند که افزایش بیش از حد ضخامت لایه فلاکس باعث ایجاد عیوب در منطقه جوش می گردد، از طرفی نتایج آزمونهای مکانیکی نمونه های بدون عیب نشان می دهند که استحکام کششی و میزان انرژی ضربه جوش های حاوی فلاکس از حالت بدون فلاکس بیشتر می باشد. بررسی های متالوگرافی نیز مشخص نموده اند که علت این افزایش خواص مکانیکی ناشی از ریزتر شدن دانه های منطقه جوش می باشد، نتایج آزمونهای آنالیز شیمیایی نیز تعیین نمودند که میزان اکسیژن محلول در جوش و ناخالصی های جوش (S و P) کاهش یافته اند.

کلمات کلیدی: فلاکس های فعال کننده سطحی، فولاد ساده کربنی، GTAW

مقدمه

جوشکاری GTAW یکی از فرآیندهای جوشکاری تحت پوشش گاز محافظ (آرگون یا هلیوم) می باشد که در آن از الکتروود تنگستن جهت برقراری قوس الکتریکی استفاده می گردد [۱]، از مزایای این فرآیند می توان به کیفیت بالای متالورژیکی جوش و همچنین خواص مکانیکی مناسب اتصال اشاره نمود [۲ و ۱]، در مقابل سرعت جوشکاری پایین، عمق نفوذ کم، و مهارت بالا برای عملیات جوشکاری جزء محدودیت های فرآیند به شمار می آیند [۳ و ۲]، در دهه ۱۹۶۰ میلادی انستیتو پاتن اکراین با ابداع فرآیند ATig^۱ ضمن برطرف کردن مشکل سرعت جوشکاری باعث بهبود عمق نفوذ جوش در فرآیند Tig گردید [۴ و ۵]، در این روش با استفاده از یک سری فلاکس های فعال کننده سطحی^۲ شرایطی در ستون قوس و منطقه جوش حاصل می گردد که بتوان قطعات ضخیم تری را با سرعت بالاتر جوشکاری نمود [۵]، علاوه بر این با استفاده از فلاکس های فعال کننده سطحی می توان مصرف گاز محافظ و میزان روشن بودن قوس را تا مقدار زیادی کاهش داد که بدین ترتیب با کاهش (هزینه) این پارامترها هزینه افزایش فلاکس جبران می گردد [۶]، در تحقیق حاضر اثر فلاکس های فعال کننده سطحی همچون ضخامت لایه فلاکس و ترکیب فلاکس بر شکل ظاهری- عمق نفوذ و خواص مکانیکی جوش فولادهای ساده کربنی کم کربن مورد بررسی قرار گرفته شده است.

روش تحقیق

جهت انجام آزمون از فولاد ST37-2 به ابعاد ۲۰۰×۷۰×۶mm استفاده گردید، برای این منظور تعداد مناسبی نمونه تهیه شد و سپس با عملیات سنگ زنی اکسیدهای سطحی به طور کامل زدوده شدند، لازم به ذکر است که بعد از عملیات سنگ زنی ضخامت ورق ها به ۵ میلی متر کاهش یافت.

در مرحله بعد فلاکس هایی با ترکیبات متفاوت مطابق با جدول ۱ تهیه گردیدند. برای این منظور پودر فلاکس های مذکور با دانه بندی ۱۲۰-۱۰۰ میکرون تهیه و بعد از انتخاب ترکیب مناسب، پودرها درون میکسری آزمایشگاهی به همراه مقدار مناسبی چسب سیلیکات سدیم به طور کامل مخلوط شدند و آزمون های مربوطه در ۲ مرحله انجام شد. در مرحله اول اثر ضخامت پوشش ها بر کیفیت جوش حاصل و در مرحله دوم اثر ترکیب پوشش ها بر خواص ظاهری و مکانیکی مورد بررسی قرار گرفته شد.

در مرحله اول ابتدا خمیر حاصل از فلاکس ها بر روی یک طرف از سطح ورق های فولادی به طور کامل کشیده شدند به نحوی که برای هر یک از ترکیبات فلاکس ۳ ضخامت ۱، ۲ و ۳ میلی متر (ضخامت فلاکس) مورد آزمایش قرار گرفته شد. علت انتخاب ضخامت یک میلی متر آن بود که قبلاً محققین [۵ و ۶] حداقل ضخامت مناسب برای فلاکس را یک میلی متر اعلام نموده بودند. سپس نمونه های مذکور در کوره عملیات حرارتی به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند تا رطوبت فلاکس ها زدوده شوند، سپس نمونه ها در داخل کوره تا دمای محیط خنک و در مرحله بعد تحت عملیات جوشکاری با شرایط یکسان قرار گرفتند. در جدول ۲ شرایط جوشکاری نمونه ها ارائه شده است.

^۱ - ATig= Active Tig

^۲ - Activating Flux

بعد از عملیات جوشکاری، کلیه نمونه‌ها در شرایط عادی تا دمای محیط خنک شدند و سپس سطح روبروی ورق های جوشکاری شده (طرف مقابل یا پشت) مجدداً مطابق با شرایط قبلی و متناسب با ضخامت لایه فلاکس طرف رویه پوشش فلاکس مالیده شد و بعد از خشک کردن در کوره و خنک شدن مجدداً تحت عملیات جوشکاری قرار گرفتند. در واقع جوشکاری به صورت تک پاس دو طرفه بر روی تمام نمونه ها انجام شد سپس آزمون رادیوگرافی از کلیه نمونه ها انجام گردید.

در مرحله دوم بر اساس نتایج مرحله اول آزمایش ضخامت لایه مناسب فلاکس که جوش بدون عیب حاصل نمود تعیین گردید و کلیه آزمایش های مرحله دوم بر اساس همین ضخامت لایه فلاکس انجام شد. در مرحله دوم آزمون ها به ۲ صورت انجام شد که عبارتند از:

۱- جوشکاری تک پاسه یک طرفه

۲- جوشکاری تک پاسه دو طرفه

در این مرحله نیز نحوه آماده سازی فلاکس های سطحی و شرایط جوشکاری مشابه با حالت قبل بود، بعد از انجام عملیات جوشکاری کلیه نمونه ها جوشکاری شده تک پاسه یک طرفه تحت آزمون های چشمی و ماکروگرافی نوری قرار گرفتند؛ و سپس به صورت عرضی در ۲ نقطه مختلف برش خورده و بعد از سنباده زنی و پولیش کردن با محلول آمونیم پرسولفات اچ شدند تا میزان عمق نفوذ و پهنای جوش ها تعیین گردد.

در ادامه نمونه های جوشکاری شده تک پاسه دو طرفه بعد از رادیوگرافی به کارگاه ماشینکاری منتقل گردیدند و نمونه های کشش و ضربه به صورت اندازه کوچک^۱ تهیه گردیدند، لازم به ذکر است که جهت دقت نتایج آزمون های کشش و ضربه از هر نمونه جوشکاری شده ۲ نمونه کشش و ۲ نمونه ضربه تهیه گردید که متوسط نتایج آنها به عنوان معیار خواص کششی و انرژی ضربه در نظر گرفته شد. همچنین در این مرحله نمونه‌هایی از قطعات جوشکاری شده تک پاس دو طرفه جهت بررسی متالوگرافی و آنالیز شیمیایی تهیه گردید.

آزمون متالوگرافی نوری با استفاده از میکروسکوپ نوری مجهز به سیستم Image Analysis در حالت بعد از اچ انجام شد. برای این منظور نمونه‌ها ابتدا تحت سنباده زنی و پولیش با محلول خمیر الماسه یک میکرون قرار گرفته و سپس با محلول نیتال ۲ درصد اچ و مورد بررسی میکروسکوپی قرار گرفتند. در این مرحله اندازه دانه‌های مناطق جوش قطعات مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته شد. همچنین آنالیز شیمیایی طی ۳ مرحله انجام شد، در مرحله اول مقدار اکسیژن محلول در جوش به کمک دستگاه آنالیز اکسیژن (مارک Horina EMGA-520) میزان گوگرد با کمک دستگاه سنجش گوگرد و مقدار فسفر نیز به روش XRF تعیین گردید.

نتایج و بحث

جدول ۳ نتایج آزمون رادیوگرافی نمونه های مختلف را نشان می‌دهد همانگونه که مشاهده می گردد با افزایش ضخامت لایه فلاکس ایجاد عیوب گازی و آخال ها در منطقه جوش افزایش می یابد، علت این امر ناشی از عدم تجزیه فلاکس و همچنین فعال شدن واکنش های فلاکس- مذاب و تشکیل آخال ها و گازها می‌باشد [۶ و ۵] بررسی جدول ۳ مشخص می نماید که کلیه نمونه ها در ضخامت یک میلی‌متر فلاکس فاقد عیوبی نظیر آخال ها و تخلخل می باشند.

¹ - Subsize

همچنین نمونه های جوشکاری شده با فلاکس نوع قلیایی در ضخامت فلاکس تا دو میلی متر نیز فاقد عیوب مذکور می باشند. در نتیجه فعال شدن عیوبی نظیر تخلخل و آخال ها بر اساس نوع درجه قلیائیت فلاکس متفاوت می باشد، فلاکس هایی با درجه قلیائیت اسیدی و خنثی در ضخامت یک میلی متر و کمتر باید مورد استفاده قرار گیرند ولی فلاکس هایی با درجه قلیائیت بالا (قلیایی) را می توان تا ضخامت دو میلی متر نیز مورد استفاده قرار داد. ولی به منظور یکسان بودن نتایج سایر آزمون ها ضخامت یک میلی متر فلاکس به عنوان معیار برای کلیه نمونه ها در نظر گرفته شد. لذا آزمون های مرحله دوم بر اساس ضخامت یک میلی متر بر روی کلیه نمونه ها انجام گردید.

جدول ۴ نتایج آزمون چشمی و متالوگرافی ماکروسکوپی نمونه های جوشکاری شده تک پاسه یک طرفه را نشان می دهد، همانگونه که مشخص است افزودن فلاکس ها، باعث افزایش نسبت عمق نفوذ به پهنای جوش می گردند. شکل ۱ عمق نفوذ جوش های مختلف را که با فلاکس های متفاوت جوشکاری شده اند را به صورت مقایسه ای نشان می دهد. علت افزایش عمق نفوذ جوش را می توان ناشی از تمرکز ستون قوس و باریکتر شدن آن در اثر استفاده از فلاکس های سطحی دانست [۷ و ۶]، همچنین علت کاهش پهنای جوش و همچنین تغییر در شکل گرده جوش را می توان ناشی از اثر فلاکس های فعال کننده سطحی بر مکانیزم حرکت مذاب بر طبق تئوری جابجایی Marangoni [۷] و همچنین تمرکز قوس دانست [۸-۶].

علاوه بر این بررسی جدول ۴ مشخص می نماید که بالاترین عمق نفوذ و کمترین پهنای جوش مربوط به فلاکس با کد A (فلاکس پایه SiO_2 از نوع اسیدی) می باشد. بررسی این جدول همچنین مشخص می نماید که عمق نفوذ فلاکس های نوع اسیدی از قلیایی و خنثی بالاتر بوده و فلاکس های خنثی نیز در مقایسه با فلاکس نوع قلیایی از عمق نفوذ بالاتری برخوردار هستند، ولی پهنای جوش فلاکس های نوع قلیایی (فلاکس با کد C) از نوع خنثی و نوع اسیدی (فلاکس با کد B) کمتر می باشد. علت نفوذ بالاتر فلاکس های نوع اسیدی را باید در تأثیرگذاری بیشتر SiO_2 بر ستون قوس دانست [۷]. در مقابل علت کمترین پهنای جوش فلاکس های نوع قلیایی (فلاکس با کد C) را باید در تغییر در نوع جریان سیال مذاب در حوضچه جوش دانست [۸]. همچنین با مقایسه تصاویر ارائه شده در جدول ۴ مشخص می گردد که فلاکس های نوع اسیدی شکل ظاهری مناسبتری نسبت به فلاکس های نوع قلیایی و خنثی دارند علت این امر را باید در نیروی کشش سطحی حاصل از نوع و ترکیب فلاکس ها دانست [۹-۸].

جدول ۵ نتایج آزمون های مکانیکی نمونه های مختلف که به صورت تک پاسه دو طرفه جوشکاری شده اند را نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می گردد جوش های حاوی فلاکس های فعال کننده سطحی از استحکام کششی، استحکام تسلیم، درصد ازدیاد طول نسبی و انرژی ضربه بالاتری نسبت به نمونه های بدون فلاکس برخوردار هستند. همانگونه که مشاهده می گردد استحکام کششی، استحکام تسلیم، درصد ازدیاد طول نسبی و انرژی ضربه مربوط به فلاکس های نوع قلیایی از نوع اسیدی و خنثی بالاتر است. بالاترین خواص مکانیکی مربوط به فلاکس با کد D (فلاکس پایه MgO از نوع قلیایی) می باشد به نحوی که استحکام کششی ۱۵ درصد، استحکام تسلیم ۷ درصد، درصد ازدیاد طول نسبی ۱۲ درصد و انرژی ضربه ۱۸ درصد نسبت به نمونه بدون فلاکس افزایش یافته است. شکل ۲ و ۳ نمودار ستونی خواص مکانیکی نمونه های مختلف را نشان می دهند. علت بهبود در خواص مکانیکی نمونه های مختلف را باید در دانه بندی و کاهش ناخالصی های موجود در جوش ها دانست.

جدول ۶ نتایج متالوگرافی نوری و آنالیز شیمیایی ناخالصی های درون جوش را برای نمونه های مختلف نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می گردد با افزودن فلاکس های فعال کننده سطحی دانه بندی منطقه جوش در مقایسه با نمونه بدون فلاکس کاهش یافته است. به نحوی که بیشترین کاهش در دانه بندی منطقه جوش مربوط به نمونه

جوشکاری شده با فلاکس کد D (فلاکس پایه MgO از نوع قلیایی) می باشد. علت کاهش اندازه دانه ها را می توان ناشی از اثر فلاکس ها بر مکانیزم حرکت مذاب در هنگام انجماد دانست [۷-۱۰]. شکل ۴ تصویر متالوگرافی نوری منطقه جوش نمونه شاهد و نمونه جوشکاری شده با فلاکس کد D را به صورت مقایسه ای نشان می دهد.

همچنین بررسی دقیق تر جدول ۶ مشخص می نماید که فلاکس های فعال کننده سطحی باعث کاهش میزان اکسیژن محلول و ناخالصی های فسفر و گوگرد در منطقه جوش گردیده اند. در این بین بیشترین کاهش در میزان اکسیژن محلول و میزان ناخالصی های فسفر و گوگرد مربوط به نمونه جوشکاری شده با فلاکس کد D بوده است. به نحوی که میزان اکسیژن محلول در این نمونه تا ۷۰ درصد و میزان گوگرد و فسفر تا ۳۰ درصد کاهش یافته است. این موضوع برای سایر فلاکس ها با درصدهای متفاوتی اتفاق افتاده است. لذا بهبود استحکام کششی و استحکام تسلیم جوش های حاوی فلاکس را می توان ناشی از کاهش اندازه دانه های جوش و کاهش میزان ناخالصی ها دانست [۹-۱۰]، در مقابل افزایش درصد ازدیاد طول نسبی و انرژی ضربه را می توان ناشی از کاهش میزان ناخالصی های جوش دانست [۱۰].

نتیجه گیری

در این تحقیق اثر ضخامت و ترکیب لایه فلاکس فعال کننده سطحی بر میزان عیوب درونی- شکل ظاهری، عمق نفوذ و خواص مکانیکی جوش فولاد ساده کربنی کم کربن با فرآیند Tig مورد بررسی قرار گرفته شد و نتایج ذیل حاصل گردید.

۱- با افزایش ضخامت لایه فلاکس عیوب تخلخل و آخال ها درون منطقه جوش ظاهر می گردد. مناسبترین ضخامت برای لایه فلاکس های فعال کننده سطحی بدون در نظر گرفتن نوع فلاکس ضخامت یک میلی متر می باشد.

۲- با استفاده از فلاکس های فعال کننده سطحی عمق نفوذ جوش افزایش و پهنای جوش کاهش می یابد در این بین فلاکس های نوع اسیدی (پایه SiO_2) بر نوع قلیایی و خنثی ارجحیت دارند.

۳- با استفاده از فلاکس های فعال کننده سطحی شکل ظاهری جوش بهتر می گردد در این بین فلاکس های نوع اسیدی بر نوع قلیایی و خنثی ارجحیت دارند.

۴- با استفاده از فلاکس های فعال کننده سطحی استحکام کششی- استحکام تسلیم- درصد ازدیاد طول نسبی و انرژی ضربه جوش افزایش می یابد در این بین فلاکس های نوع قلیایی بر نوع اسیدی و خنثی ارجحیت دارند.

مراجع

- 1) S. Lin, C. Cahng "General Introduction of A-Tig Welding Process" China Welding Transaction, 2006, Vol6- pp131-138.
- 2) Y.V.Kazakov, K.B.Koryagin "The Efficiency of Actiating Fluxes in Manual Argon- Arc Welding" Welding International 2002- Vol 16- No11- pp 886-889.
- 3) P.C.J.Anderson, R, Wiktorowicz "Improving Productivity with A-Tig Welding" Welding and Metal Fabrication- 1996- Vol 64- No 3- pp 108-109.
- 4) S.Leconte, S. Paillard, J.Saindrenan "Effect of Fluxes Containing Oxides on Tungstan Inert Gas Welding" Science and Technology of Welding and Joining, 2006- Vol 11- No 1- pp43-47.
- 5) B.E.Paton "New Method of Inert Gas Welding with Activator Flux" The Paton Welding Journal- 1999- Jan- pp 24-32.
- 6) B.E.Paton , V.N. Zamkov, V. Prilutsky, P.V.Provitsky "Contraction of The Welding Arc Caused by The Flux in Tig Process" The Paton Welding Journal- 2000- Jan- pp 20-26.

- 7) Y.L. Xu, Z.B.Dong, Y.H.Wei, C.L.Yang "Marangoni Convection and Weld Shape Variation in A-Tig Welding Process" Applied Fracture Mechanics- 2007- 48- pp 178-186.
- 8) L.Q. Ming , W.X.Hong, Z.Z.Da, J.Wu "Effect of Activating Flux on Arc Shape and Arc Voltage in Tig Welding" Transactions of Nonferrous Metals Society Of China- 2007- No 17- pp 486-490.
- 9) R. Zhang, D.Fan "Weldability of Activating Flux in A-Tig Welding For Mild Steel" China Welding Transaction- 2003- Vol 24- No 1- pp 85-87.
- 10) D.Fan, R.Zhang, Y.Gu, M, Ushio "Effect of Flux On A-Tig Welding of Mild Steel" Transaction of Join Weld Research Institute- 2001- Vol 30- No1- pp 35-40.

جدول ۱- فلاکس های مورد استفاده به همراه ترکیب حدودی آنها

کد فلاکس	پایه فلاکس	نوع فلاکس	ترکیب حدودی فلاکس
A	SiO ₂	اسیدی	SiO ₂ > ۵۰٪ TiO ₂ + CaO + MgO + Cr ₂ O ₃ < ۵۰٪
B	TiO ₂	اسیدی	TiO ₂ > ۵۰٪ SiO ₂ + CaO + MgO + Cr ₂ O ₃ < ۵۰٪
C	CaO	قلیایی	CaO > ۵۰٪ SiO ₂ + TiO ₂ + MgO + Cr ₂ O ₃ < ۵۰٪
D	MgO	قلیایی	MgO > ۵۰٪ SiO ₂ + TiO ₂ + CaO + Cr ₂ O ₃ < ۵۰٪
E	Cr ₂ O ₃	خنثی	Cr ₂ O ₃ > ۵۰٪ SiO ₂ + TiO ₂ + CaO + MgO < ۵۰٪

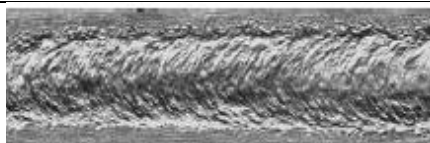
جدول ۲- شرایط جوشکاری نمونه های مختلف

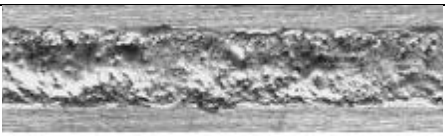
نوع فرآیند	اتوماتیک Tig
نوع جریان	DC
قطبیت جریان	DCSP
قطر الکترود	۲/۴ mm
نوع الکترود	تنگستن با ۲ درصد اکسید توریم
زاویه رأس نوک الکترود	۶۰°
مقدار شدت جریان	A1۰۰
طول قوس	۳ mm
نوع گاز محافظ	آرگون خالص (۹۹/۹)
نرخ دبی گاز	۱۰ lit/min
سرعت جوشکاری	۱۸۰ mm/min

جدول ۳- وضعیت عیوب در رادیوگرافی از منطقه جوش تک پاس دو طرفه بر حسب ضخامت و نوع فلاکس

کد فلاکس	پایه فلاکس	نوع فلاکس	وضعیت عیوب در رادیوگرافی		
			mm۱	mm۲	mm۳
A	SiO ₂	اسیدی	-	آخال	تخلخل + آخال
B	TiO ₂	اسیدی	-	تخلخل	تخلخل + آخال
C	CaO	قلیایی	-	-	تخلخل
D	MgO	قلیایی	-	-	تخلخل
E	Cr ₂ O ₃	خنثی	-	آخال	آخال

جدول ۴- نتایج آزمون چشمی و ماکروسکوپی نمونه های جوشکاری شده تک پاس یک طرفه بر حسب نوع فلاکس

کد فلاکس	پایه فلاکس	نوع فلاکس	عمق نفوذ (mm)	پهنای جوش (mm)	عمق نفوذ / پهنای جوش	شکل ظاهری جوش
نمونه شاهد (بدون فلاکس)	-	-	۲/۴	۶/۸	۰/۳۵	
A	SiO ₂	اسیدی	۵	۵/۱	۰/۹۸	
B	TiO ₂	اسیدی	۴/۵	۵/۸	۰/۷۷	
C	CaO	قلیایی	۲/۹	۵/۳	۰/۵۴	
D	MgO	قلیایی	۳/۲	۶/۱	۰/۵۲	

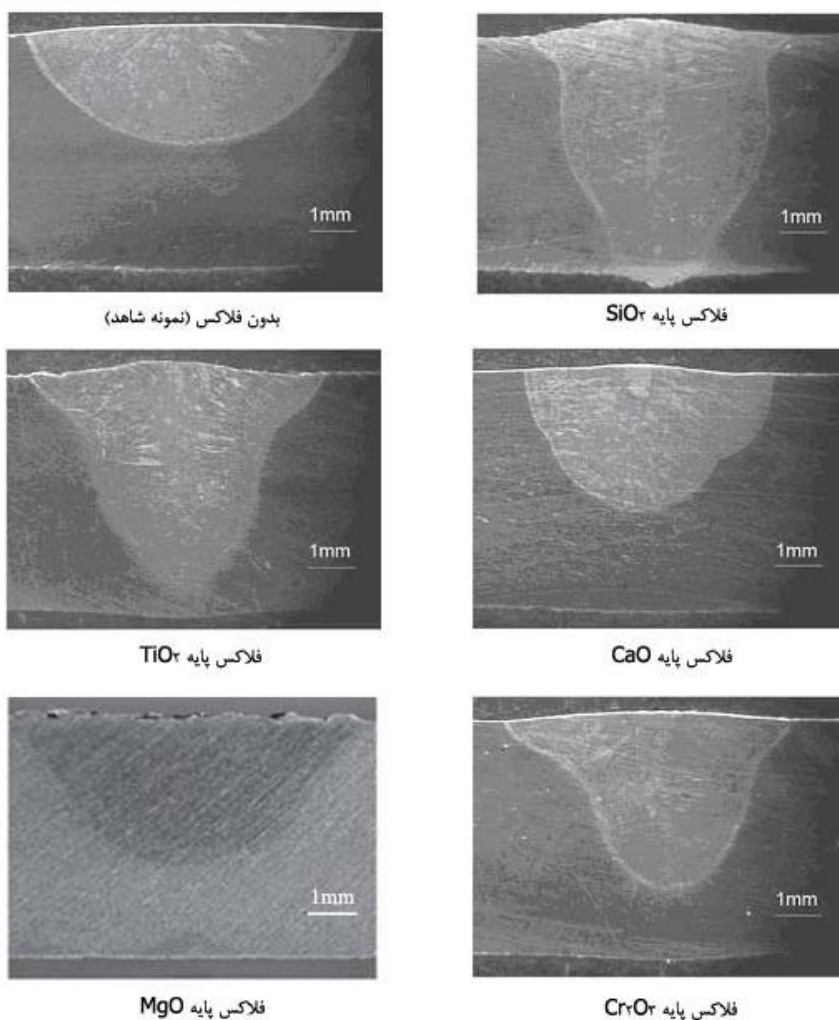
E	Cr ₂ O ₃	خشتی	۳/۵	۵/۴	۰/۶۴	
---	--------------------------------	------	-----	-----	------	--

جدول ۵- نتایج آزمون کشش و ضربه منطقه جوش در حالت تک پاس دو طرفه بر حسب نوع فلاکس

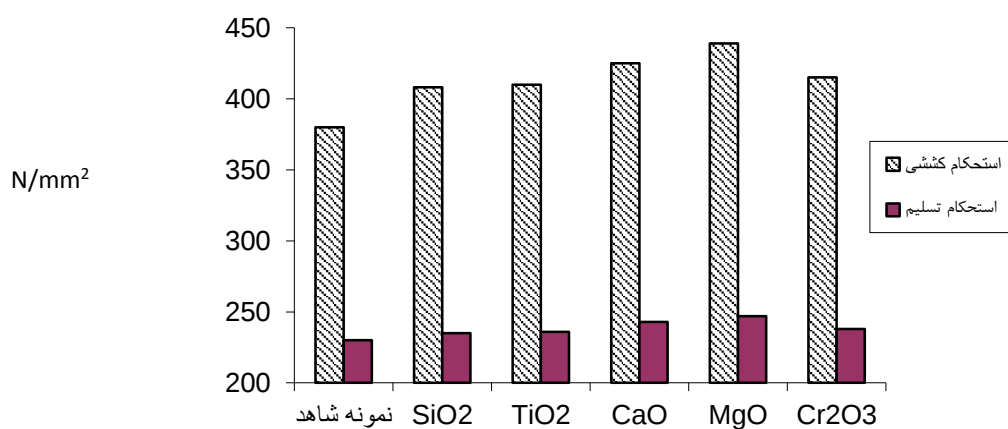
کد فلاکس	پایه فلاکس	نوع فلاکس	آزمون کشش			آزمون ضربه
			استحکام کششی N/mm ²	استحکام تسلیم N/mm ²	ازدیاد طول نسبی (درصد)	انرژی ضربه J
شاهد (بدون فلاکس)	-	-	۳۸۰	۲۳۰	۲۵	۲۷
A	SiO ₂	اسیدی	۴۰۸	۲۳۵	۲۶	۲۸
B	TiO ₂	اسیدی	۴۱۰	۲۳۶	۲۶	۲۸
C	CaO	قلیایی	۴۲۵	۲۴۳	۲۷	۳۰
D	MgO	قلیایی	۴۳۹	۲۴۷	۲۸	۳۲
E	Cr ₂ O ₃	خشتی	۴۱۵	۲۳۸	۲۶	۲۹

جدول ۶- نتایج آزمون متالوگرافی نوری و آنالیز شیمیایی منطقه جوش در حالت تک پاس دوطرفه بر حسب نوع فلاکس

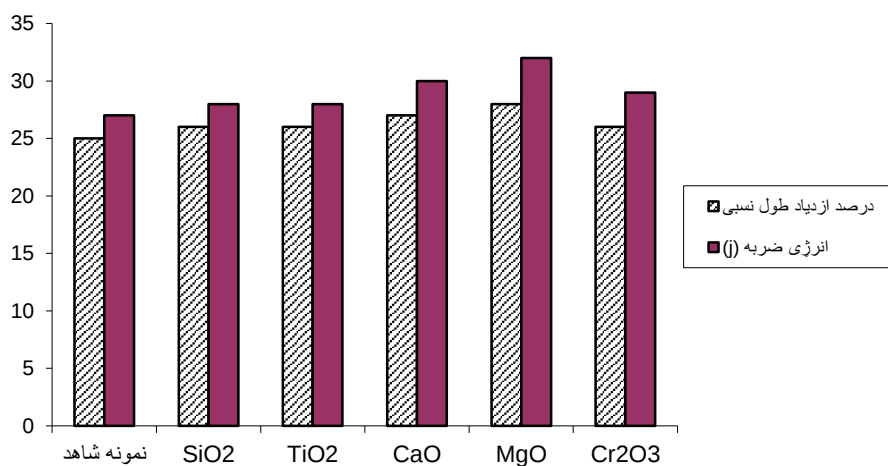
کد فلاکس	پایه فلاکس	نوع فلاکس	اندازه متوسط دانه ها (میکرون)	%O	%S	%P
شاهد (بدون فلاکس)	-	-	۹۵	۰/۰۸۸	۰/۰۳۴	۰/۰۲۲
A	SiO ₂	اسیدی	۸۰	۰/۰۷۶	۰/۰۳۱	۰/۰۲۰
B	TiO ₂	اسیدی	۶۵	۰/۰۶۹	۰/۰۲۸	۰/۰۱۸
C	CaO	قلیایی	۶۰	۰/۰۳۸	۰/۰۲۶	۰/۰۱۷
D	MgO	قلیایی	۵۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۱۶
E	Cr ₂ O ₃	خشتی	۶۰	۰/۰۶۶	۰/۰۲۸	۰/۰۱۷



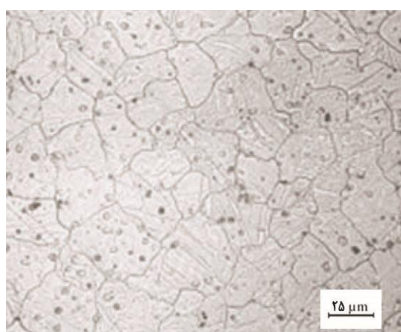
شکل ۱- عمق نفوذ جوش های مختلف بر حسب نوع فلاکس



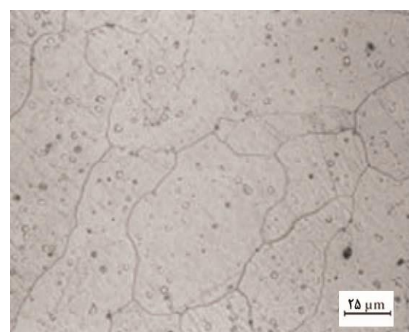
شکل ۲- مقایسه استحکام کششی و استحکام تسلیم جوش نمونه های مختلف بر حسب نوع فلاکس



شکل ۳- مقایسه درصد ازدیاد طول نسبی و انرژی ضربه جوش نمونه های مختلف بر حسب نوع فلاکس



ب



الف

شکل ۴- تصویر متالوگرافی نوری منطقه جوش نمونه های الف- شاهد (بدون فلاکس)، ب- فلاکس با کد D

بانک اطلاع رسانی بازرسی

جوش ، رنگ ، عایق و خوردگی

دوراستای ارتقاء سطح علمی علاقمندان صنعت بازرسی
فنی ایران تاسیس گردیده و امروزه عنوان پربازدیدترین
سایت خبری این حوزه از صنعت کشور شناخته می شود
و میزبان تعداد بیشماری از شما متخصصین میباشد.
افزایش روزافزون اعضاء و حامیان این پایگاه خبری
نشان از تاثیرگذاری آن دارد.
شما نیز می توانید با عضویت رایگان در این سایت از مزایای
پیوستن به جامعه بازرسان فنی ایران بهره مند گردید.



www.migmag.ir

❖ جدیدترین اخبار حوزه بازرسی

جوش و برش ، رنگ و پوشش ، عایق و خوردگی

هر روز در پست الکترونیک خود دریافت کنید

✓ عضویت رایگان (در پویاترین و پربازدیدترین سایت خبری بازرسی صنعتی)

✓ تازه های نشر

✓ مشاوره رایگان از کمیته مشاوران متخصص

Informative Bank of Welding, Paint, Insulation
& Corrosion Inspectionجهت تبلیغات موثر
با ما تماس بگیرید

:: بانک اطلاع رسانی بازرسی جوش ، رنگ ، عایق و خوردگی ::

فروش آنلاین کتب

نرم افزار ، استاندارد های تخصصی و تجهیزات بازرسی صنعتی

www.markazimarket.ir

WWW.MIGMAG.IR



info@migmag.ir همه در

تلفکس: ۰۸۶۱۲۲۱۸۶۷۹ بانک اطلاع رسانی بازرسی

همراه: ۰۹۳۸۸۶۴۷۰۰۳ جوش ، رنگ ، عایق و خوردگی

خوردگی اتصالات جوشکاری شده تیتانیوم و آلیاژهای آن

مژگان بهرامی

دانشجوی دکتری مهندسی مواد

مقدمه

آلیاژهای تیتانیوم در اوایل دهه ۱۹۵۰ جهت کاربردهای هوا-فضا که نیاز به نسبت استحکام به دانسیته بالا بود، توسعه یافتند. (تیتانیوم دارای چگالی ۴/۵ گرم بر سانتیمتر مکعب که تقریباً ۶۰ درصد چگالی آهن است، می باشد). اگرچه آلیاژهای تیتانیوم برای صنعت هوا-فضا حیاتی و ضروری می باشند اما مقاومت عالی این آلیاژها در بسیاری از محیط های شدیداً خورنده به ویژه محیط های اکسیدکننده و حاوی کلرید منجر به کاربردهای دیگری از آن ها به جز هوا-فضا شده است که از این کاربردها می توان استفاده در مخازن، مبدل های حرارتی یا تجهیزات راکتورها برای فرآیندهای شیمیایی و آب شیرین کن را نام برد.

این آلیاژها اغلب در کاربردهایی که نیاز به مقاومت به خوردگی است مورد توجه قرار گرفته اند. مقاومت به خوردگی عالی آلیاژهای تیتانیوم به علت تشکیل فیلم های اکسیدی محافظ بسیار پایدار، پیوسته، با چسبندگی زیاد بر سطح فلز است. چون فلز تیتانیوم بسیار واکنشگر است و تمایل بسیار شدیدی به واکنش با اکسیژن دارد این لایه اکسیدی به طور خود به خود زمانی که سطح تازه فلز در تماس با هوا و یا رطوبت قرار می گیرد تشکیل می شود. در حقیقت اگر این فیلم اکسیدی دچار آسیب شود چنانچه حتی مقدار کمی (در حد چند قسمت در میلیون) اکسیژن یا آب (رطوبت) در محیط حضور داشته باشد، می تواند خود را سریعاً ترمیم کند. با این وجود، شرایط بدون آب در غیاب اکسیژن ممکن است منجر به خوردگی تیتانیوم شود زیرا ممکن است فیلم اکسیدی محافظ در صورت آسیب مجدداً تشکیل نشود.

ترکیب و ضخامت لایه اکسیدی محافظ که بر روی آلیاژهای تیتانیوم تشکیل می شود بستگی به شرایط محیطی دارد. اگر چه این فیلم های اکسیدی که به طور طبیعی بر روی سطح تشکیل می شوند ضخامت کمتر از ۱۰ نانومتر (۱۰۰ آنگستروم) دارند و با چشم قابل رؤیت نیستند اما اکسید تیتانیوم (TiO_2) مقاومت شیمیایی بالایی دارد و توسط اجزای بسیار کمی مورد حمله قرار می گیرد. محلول هایی که باعث حمله به تیتانیوم می شوند شامل اسید کلریدریک (HCl)، اسید سولفوریک (H_2SO_4)، هیدروکسید سدیم (NaOH) و (اغلب) اسید هیدروفلوئوریک (HF) می باشد [۱].

ملاحظات جوشکاری

تیتانیوم تمایل شیمیایی شدیدی به اکسیژن دارد و لایه اکسیدی پایدار و چسبنده سریعاً بر سطح آن حتی در دمای اتاق تشکیل می شود. این رفتار منجر به غیرفعال شدن طبیعی می گردد که مقاومت به خوردگی بالایی را برای تیتانیوم فراهم می کند. تمایل شدید تیتانیوم به اکسیژن با افزایش دما افزایش می یابد و لایه اکسیدی ضخیم تر می شود. در دماهای بالاتر از ۵۰۰ درجه سانتیگراد (۹۳۰ درجه فارنهایت) مقاومت به اکسیداسیون سریعاً کاهش می یابد و فلز به شدت مستعد به تردی با اکسیژن، نیتروژن و هیدروژن که به صورت بین نشینی در تیتانیوم حل شده اند، می شود. بنابراین، ذوب، انجماد و سرد شدن حالت جامد مربوط به جوشکاری ذوبی باید به طور کامل در محیط خلأ یا گاز خنثی انجام شود. فرایندهای جوشکاری ذوبی که به طور وسیعی برای اتصالات تیتانیومی استفاده می شوند عبارتند از GTAW، PAW، EBW و LBW. در فرایندهای جوشکاری قوسی و لیزری، می توان با استفاده از گاز خنثی به طور موضعی از منطقه جوش حفاظت کرد.

در فرآیند جوشکاری با بیم الکترونی استفاده از یک ستون محافظ در محیط خلأ قوی حفاظت اتمسفری بهتری ایجاد می کند. علاوه بر حفاظت مناسب، تمیزی اجزای جوش داده شده (شامل فلزات پرکننده) برای جلوگیری از آلودگی نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

جوشکاری مقاطع با ضخامت کم تا متوسط را می توان با استفاده از همه فرآیندهای یاد شده انجام داد. فرآیند GTAW سهولت بیشتری برای کاربردهای دستی و اتوماتیک با حداقل سرمایه مالی ارائه می دهد. اگر حجم تولید بالا باشد، سرمایه مالی زیادی برای سیستم های LBW و EBW لازم است. برای ورق های تیتانیومی با ضخامت بیشتر از ۵ میلی متر (۰/۲ اینچ) استفاده از فرآیندهای با دانسیته انرژی بالا مؤثرتر می باشد. در حال حاضر در فضاپیماها از جوشکاری قوس پلاسما برای جوشکاری قطعات تا ضخامت ۱۵ میلی متر (۰/۶ اینچ) و EBW، که می تواند جوش های تک پاس در ورق های با ضخامت بیشتر از ۵۰ میلی متر (۲ اینچ) ایجاد کند، استفاده می شود. به علاوه ممکن است برای جوشکاری اشکال پیچیده به جوشکاری دستی یا استفاده از فیکسچرهای گران قیمت نیاز باشد. جوشکاری اتوماتیک قطعات بسیار بزرگ نیز ممکن است مشکل باشد به ویژه در فرآیند EBW تنش های پسماند در جوش های تیتانیومی می تواند باعث کاهش استحکام خستگی شده و اعوجاج می تواند منجر به ایجاد مشکلاتی در مجموعه نهایی و عملکرد سیستم شود. بنابراین استفاده از فرایندهای جوشکاری با دانسیته انرژی بالا جهت ایجاد جوش های با نفوذ کامل با یک پاس و بدون پرکننده بهتر از فرایندهای متداول جوشکاری قوسی با چند پاس می باشد.

چند پارامتر مهم جوشکاری در متالورژی جوشکاری آلیاژ تیتانیوم تأثیرگذار است. این پارامترها شامل اثرات ذوب و انجماد بر ریزساختار جوش، اثرات عملیات حرارتی پس از جوشکاری و روابط بین شکست و خواص ساختاری / مکانیکی می باشند [۲]. هر یک از این پارامترها در فصل "انتخاب و قابلیت جوشکاری آلیاژهای تیتانیوم تجاری" در جلد ۶ کتاب ASM Handbook تشریح شده است.

رفتار خوردگی جوش های تیتانیوم و آلیاژهای آن

در تیتانیوم غیرآلیاژی و بسیاری از آلیاژهای تیتانیوم، مناطق جوش مقاومت به خوردگی مشابه با فلز پایه دارند. به نظر می رسد که فرآیندهای دیگر ساخت (نظیر خمش یا ماشینکاری) نیز اثری بر مقاومت به خوردگی عمومی ندارند.

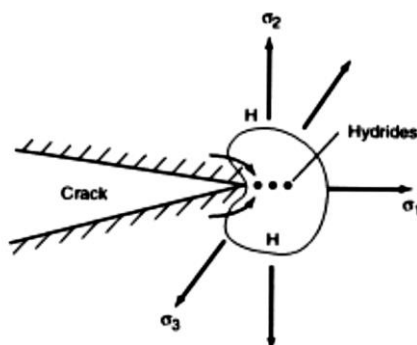
به طور کلی تیتانیوم غیرآلیاژی ریختگی یا جوشکاری شده و آلیاژهای $\alpha - \beta$ نظیر Ti-6Al-4V مقاومت به خوردگی مشابه با همین آلیاژها به صورت جوشکاری نشده و کار شده دارند. این آلیاژها حاوی مقدار بسیار کمی عناصر آلیاژی و فاز ثانویه می باشند. بنابراین، به طور کلی وقتی شرایط پاسیو نرمال برای فلز پایه وجود دارد جوش های تیتانیومی و مناطق HAZ مرتبط با آن دچار خوردگی نمی شوند. با این وجود، تحت شرایط مرزی یا فعال در سرعت خوردگی بالاتر از ۱۰۰ میکرومتر در سال، ممکن است جوش ها دچار حمله خوردگی تسریع شونده نسبت به فلز پایه شوند که بستگی به ترکیب شیمیایی آلیاژ دارد. افزایش مقدار ناخالصی ها (مثلاً آهن، گوگرد، اکسیژن) مرتبط با ریزساختار استحاله یافته β با دانه های درشت است که به نظر می رسد یک پارامتر تأثیرگذار باشد. داده های کمی در رابطه با مقاومت به خوردگی جوش های آلیاژ تیتانیوم و آلیاژهای ریختگی تیتانیوم به جز Ti-6Al-4V در دسترس است [۱].

تردی هیدروژنی

وقتی تیتانیوم در معرض هوا، رطوبت یا هیدروکربن ها در دماهای بالاتر از ۵۰۰ درجه سانتیگراد (۹۳۰ درجه فارنهایت) قرار می گیرد، مقدار اکسیژن، نیتروژن، کربن و هیدروژن به آسانی افزایش می یابد. اتم های کوچک عناصر بین نشینی به شکل تک اتمی وارد شبکه کریستالی می شوند و به مکان های بین نشینی مهاجرت می کنند (مکان های واقع شده بین اتم های تیتانیوم). حضور این عناصر بین نشینی از تغییر شکل پلاستیکی و افزایش استحکام جلوگیری می کند ولی انعطاف پذیری به طور جزئی کاهش می یابد. اگر مقدار ناخالصی ها از یک مقدار معین تجاوز کند، ممکن است ترک های ناشی از تنش های ایجاد شده طی جوشکاری به وجود آید.

هیدروژن علاوه بر اینکه می تواند در ترک دار شدن نقش داشته باشد همچنین می تواند باعث تردی هیدروژنی شود یا باعث ایجاد ترک های هیدروژنی به تأخیر افتاده شود. یک مکانیزم برای توجیه این موضوع رسوب هیدریدهای تیتانیوم در اطراف ترک ها است [۳]. اگر فرض شود که یک میکروترک در جوش موجود است می توان پیش بینی کرد که اتم های هیدروژن به نوک ترک، در جایی که تنش های سه بعدی مکانهای بین نشینی بزرگی در شبکه ایجاد می کنند، نفوذ می کنند. این مکان های بین نشینی بزرگ با اتم های هیدروژن سازگاری بیشتری دارند.

وقتی غلظت هیدروژن به حد بحرانی رسید، هیدریدهای تیتانیوم در بالای نوک ترک رسوب می کنند (شکل ۱). ممکن است هیدروژن به داخل ترک نیز نفوذ کند و گاز دو اتمی هیدروژن تشکیل شود که در نتیجه فشار در ترک و نیروی وارد شده بر نوک ترک افزایش می یابد. سرانجام هیدریدها دچار گسستگی می شوند که باعث پیشرفت ترک می گردد. با ایجاد گسستگی، هیدریدها مجدداً حل شده و هیدروژن به نوک ترک جدید نفوذ می کند و این کار مرتباً تکرار می شود. این سیکل ممکن است چندین بار تکرار شود که هر سیکل باعث پیشرفت کوچکی در ترک می شود.



شکل ۱- شماتیک چگونگی نفوذ اتمهای هیدروژن به نوک ترک و تشکیل هیدریدهای تیتانیوم

در اتصالات جوشکاری شده تیتانیوم [۱]

چون تردی هیدروژنی نیاز به نفوذ هیدروژن دارد، سرعت رشد ترک وابسته به دما و زمان است. ممکن است چند ساعت، چند روز یا چند ماه پس از جوشکاری گذشته و ترک قابل ملاحظه ای مشاهده نشود. مشکل تردی هیدروژنی را می توان با کاهش تماس جوش با هیدروژن (هیدروکربن یا رطوبت) برطرف کرد. غلظت های هیدروژن در محدوده ppm ۲۰۰ علت ایجاد ترک شناخته شده است هر چند حضور عناصر بین نشینی دیگر (مانند اکسیژن یا نیتروژن) نیز ممکن است این محدوده غلظتی هیدروژن مورد نیاز برای ایجاد ترک را کاهش دهد. گاز محافظ خنثی باید نقطه شبنم حداقل ۵۰- درجه سانتیگراد (۶۰- درجه فارنهایت) (۳۴ppm آب) داشته باشد. با توجه به این الزامات ممکن است آرگون جوشکاری یا گاز هلیوم (کلاس ۴/۵ با ۵۰ppm ناخالصی) مناسب نباشد. بنابراین، استفاده از عملیات حرارتی پس از جوشکاری مفید است زیرا باعث تنش زدایی شده و بنابراین نیروی محرکه برای رشد ترک را کاهش می دهد [۱]

References

- [1] J.R. Davis, Ed., *Corrosion of Weldments*, ASM International, 2006.
- [2] W.A. Baeslack III, D.W. Becker, and F.H. Froes, *Advances in Titanium Alloy Welding Metallurgy*, *J. Met.*, May 1984, p 46-58.
- [3] N. E. Paton and J.C. Williams, *The Effect of Hydrogen on Titanium and Its Alloys*, *Hydrogen in Metals*, American Society for Metals, 1974, p 409-431.



سامانه مرکز ملی تایید صلاحیت ایران راه اندازی شد

به گزارش مرکز ملی تایید صلاحیت ایران : در راستای الکترونیکی کردن فرآیندهای جاری ، این مرکز اقدام به راه اندازی سامانه تایید صلاحیت به نشانی <http://naci.isiri.org.ir> نموده است.

براساس این گزارش: تمامی متقاضیان تایید صلاحیت، از امروز ، **دوشنبه اول تیرماه**، می توانند درخواست های خود اعم از اعطا، تجدید، گسترش و کاهش دامنه فعالیت و یا ابطال گواهینامه را از طریق این سامانه ثبت و پیگیری نمایند. گفتنی است : کارشناسان مرکز ملی تایید صلاحیت با شماره تماس های ۰۲۱-۸۸۸۹۷۹۳۵-۶ یا ۰۲۱-۸۸۹۰۴۱۹۱ پاسخگوی سئوالات متقاضیان خواهند بود.

«کوچک ترین، سبک ترین و ارزان ترین دستگاه آلتراسونیک اروپایی»

شرکت صنعت مشاور اسپادان به عنوان نمایندگی رسمی شرکت NOVOTEST در ایران محصولات این شرکت با مشخصات زیر را با شرایط ویژه پرداختی جهت فروش (به تعداد محدود) عرضه می نماید.

دستگاه عیب یاب آلتراسونیک مینی مدل NOVOTEST UD2 301



www.sanatmoshaver.com

دستگاه عیب یاب آلتراسونیک مدل UD2 301 محصول شرکت NOVOTEST و ساخت کشور اوکراین بوده و از مزایای این دستگاه عیب یاب آلتراسونیک در مقایسه با محصولات دیگر شرکت ها می توان به طراحی منحصر به فرد آن اشاره نمود که بواسطه ابعاد کم و وزن بسیار سبک خود جهت بازرسی فراصوتی در مکان هایی با فضای محدود و یا بازرسی در نقاط مرتفع طراحی گردیده است. همچنین دارای صفحه نمایش رنگی با رزولوشن ۳۲۰*۴۸۰ می باشد. نمایشگر دستگاه قابلیت چرخش در چهار جهت را دارا بوده و این ویژگی امکان استفاده برای تمامی افراد راست دست و چپ دست در حالت افقی و یا در حالت عمودی دستگاه را آسان می نماید. این دستگاه به دلیل قدرت بالا، سبکی، ابعاد کم، صفحه نمایش رنگی و بدنه مقاوم به ضربه و آلودگی های محیطی بهترین گزینه برای متخصصین و بازرسان این رشته می باشد.

همچنین امکان استفاده جهت ضخامت سنجی از قطعات با ضخامت کم تا قطعات بزرگ ریخته گری را دارا است. مجهز به نحوه نمایش B-Scan به صورت رنگی و قابلیت رسم نمودار DAC و DGS می باشد. باتری آن از نوع باتری قلمی قابل شارژ (سه عدد) بوده که در صورت کارکرد زیاد دستگاه امکان تعویض باتری ها با هزینه بسیار کمتر از باتری های متداول دیگر دستگاه های عیب یاب مقدور می باشد.



www.sanatmoshaver.com

همچنین همراه با پکیج این دستگاه دو عدد پروب آلتراسونیک به انتخاب خریدار و بصورت رایگان ارائه می گردد. آموزش رایگان کار با دستگاه نیز در صورت درخواست قابل ارائه خواهد بود.

جهت کسب اطلاعات بیشتر و سفارش خرید می توانید با شماره زیر

تماس حاصل فرمایید:

031-36736716

www.sanatmoshaver.com

جوشکاری غیر مشابه فولاد های ریختگی AISI 310 و GOST 09G2S بدنه

کوره بلند شماره ۲ ذوب آهن اصفهان به روش SMAW

و بررسی ریز ساختار منطقه جوش

ایمان حاجیان نیا^۱، مرتضی شمعیان^۲، حامد ثابت^۳^۱ دانشجو دکترا، دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان^۲ استاد گروه مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه صنعتی اصفهان^۳ استادیار گروه مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

چکیده

در این تحقیق، ریزساختار جوش های غیرمشابه ورق های فولاد زنگ نزن آستنیتی AISI 310 به فولاد کم آلیاژ 09G2S با استفاده از روش جوشکاری قوسی با الکتروود دستی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از فلز پرکننده E309MoL استفاده شد. پس از جوشکاری، ریز ساختار مناطق مختلف هر اتصال شامل فلزات پایه و جوش، مناطق متأثر از حرارت (HAZ) و فصل مشترک ها با میکروسکوپ نوری بررسی شدند. انجماد فلز جوش E309MoL، به صورت فریت اولیه همراه با آستنیت، و با مورفولوژی فریت اسکلتی شکل صورت گرفت. در فصل مشترک فلزات پرکننده با فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۱۰ رشد رانشستی و در فصل مشترک فلزات پرکننده با فولاد کم آلیاژ یک منطقه باریک مشاهده شد. در منطقه HAZ هر دو فلز پایه، درشت شدن دانه ها رخ داد.

کلمات کلیدی: فولاد زنگ نزن آستنیتی AISI 310، فولاد کم آلیاژ 09G2S، ریزساختار، فصل مشترک.

i.hajiannia@ma.iut.ac.ir

مقدمه

فولادهای زنگ نزن گروهی از فولاد ها می باشند که حاوی ۱۰ تا ۱۲ درصد کرم در ساختار هستند، از میان این فولاد ها گروه ۳۰۰ با ساختار آستنیتی بیشترین کاربرد را دارا می باشند، در میان این گروه آلیاژ ۳۱۰ که حاوی ۲۵ درصد کرم و ۲۰ درصد نیکل می باشد و نسبت به دیگر آلیاژهای سری ۳۰۰ از مقاومت به خوردگی و اکسیداسیون بالاتری برخوردار است در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته است. این فولاد قابلیت حفظ استحکام در دمای بالا را دارا می باشد به طوری که در شرایط دمای ثابت تا ۱۱۵۰ درجه سانتیگراد و در شرایط دمای متناوب تا ۱۰۳۵ درجه سانتیگراد عملکرد مطلوبی خواهد داشت [۱]. بر این اساس این آلیاژ برای کاربرد هایی همچون کوره ها و سبد های عملیات حرارتی همچنین در صنایع هسته ای، نفت و گاز و پالایشگاه کاربرد فراوان دارد. مقاومت به اکسیداسیون در دمای بالا به خاطر میزان بالای کرم این فولاد است [۲]. وجود نیکل که عنصری آستنیت زا می باشد، باعث بالارفتن خواص مقاوم به حرارت این آلیاژ می شود [۳و۴]. فولاد کم آلیاژ 09G2S مقاومت بالا دسته ای دیگر از فولادها می باشند، از جمله موارد کاربرد این فولاد در بدنه کوره ها، اتصالات فلنجی سنگین و برای بال های تیر ورق پل ها می باشد. امروزه کاربرد اجتناب ناپذیر اتصالات غیرمشابه به دلیل ملاحظات اقتصادی و دست یابی به خواص مکانیکی مناسب تر و افزایش عملکرد در کاربردهای دمای بالا و افزایش مقاومت در برابر خوردگی برای بسیاری از آلیاژها گسترش یافته است، از جمله این اتصالات غیرمشابه می توان به اتصال فولادهای زنگ نزن به فولاد های کم آلیاژ اشاره نمود، در همین راستا گروهی از محققین، تحقیقات خود را بر روی جوشکاری غیرمشابه این آلیاژها متمرکز ساخته اند، از جمله بررسی خواص مکانیکی مخزن تولید بنزین برای یک واحد اصلاح کننده کاتالیزوری از جنس فولاد کم آلیاژ کربنی هیپوپرلیتی 09G2S حاوی مایع دارای هیدروژن در دمای بالا و تحت فشار توسط استاسیوک و همکاران [۵] انجام شد، در نتایج آنها مقداری فاز کاربید (سمنتیت) حین پیرسازی در دمای بالا در فولاد مشاهده شد. همچنین اشباع هیدروژن در دمای بالا باعث تشدید فرآیند تجزیه سمنتیت شد و مشاهده گردید هیچ بازیابی سمنتیتی حتی زمانی که ماده تا ۵۸۰ درجه سانتی گراد حرارت داده می شود رخ نمی دهد. در پژوهشی دیگر جورجویچ و همکاران [۶] فولاد 10Kh13G18D + 09G2S را مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد اندازه منطقه کرنش پلاستیک در طرف HAZ فولاد فریت و پرلیتی 09G2S بیشتر از HAZ فولاد آستنیتی 10Kh13G18D است، همچنین مقدار قابل توجهی از دیاد طول در قسمت HAZ فولاد آستنیتی در مقایسه با HAZ فولاد فریت و پرلیتی مشاهده شد. با توجه به مطالب یاد شده و با توجه به اینکه اتصال غیر مشابه فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۱۰ به فولاد کم آلیاژ 09G2S در صنایع همچون خودروسازی و بخصوص در صنعت تولید فولاد و در بدنه کوره بلند به عنوان کاور نسوز حرارتی نمونه بردار حرارتی (thermal probes) و نمونه بردار بالایی سطح مواد (above burden probe) که نقش آنالیز کننده گاز های خروجی و مواد اولیه را داشته و دمای کاری این اتصال می تواند تا بالای ۶۰۰ درجه سانتیگراد برسد و با عنایت به اینکه بدنه کوره از جنس فولاد کم آلیاژ 09G2S بوده و نیاز به اتصالی با فولاد نسوز و مقاوم در برابر حرارت و خوردگی همانند فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۱۰ می باشد، از اهمیت بالایی برخوردار است، همچنین با مطالعه منابع و مراجع مشخص شد، در زمینه اتصال ورق هایی بین این دو آلیاژ تحقیقات چندانی صورت نپذیرفته است. لذا تحقیق بر روی ریزساختار و خواص مکانیکی مناطق مختلف جوش و تعیین بهترین فلز پرکننده، با بهترین خواص مهندسی برای این اتصال غیرمشابه جهت حصول خواص مطلوب ضروری می باشد.

مواد و روش تحقیق

در این تحقیق از ورق هایی با ضخامت ۲۵ میلیمتر از جنس فولاد 09G2S و فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۱۰ و با ضخامت ۲۵ میلیمتر به صورت ریخته گری شده و در شرایط آنیل انحلالی به عنوان فلزات پایه استفاده شد. جنس ورق

های بدنه کوره بلند ذوب آهن اصفهان که از فولاد 09G2S و در استاندارد روسی (GOST) با مشخصه 09G2C شناخته می شود و از روسیه خریداری شده است می باشد. همچنین قطعه ریخته گری شده ای از جنس فولاد زنگ نزن ۳۱۰ که به حالت بیضی شکل و متصل به یک فلنج می باشد و در طبقه های فوقانی کوره بلند به آن متصل شده است، شکل ۱ تصویر قطعه فولاد زنگ نزن ۳۱۰ نمونه بردار بالایی سطح مواد را به بدنه کوره بلند را نشان می دهد. ترکیب شیمیایی فلزات پایه و فلز تمام جوش آنالیز شده به وسیله دستگاه کوانتومتری در جدول ۱ نشان داده شده است. جهت اتصال فلزات پایه از فلز پرکننده E309MoL استفاده شد. در تمامی موارد از الکتروود با قطر ۳/۲۵ میلیمتر جهت پاس ریشه و پاس های بعدی استفاده شد. جهت اتصال لب به لب با شیار V شکل مطابق شکل ۲ ورق ها آماده سازی شدند. نمونه فولاد زنگ نزن آستنییتی ۳۱۰ AISI بدون پیش گرم کردن و فولاد بدنه کوره با پیش گرم تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد طبق استاندارد ASME SEC.IX با توجه به ضخامت ورق انجام شد [۸]. سپس با استفاده از روش جوشکاری قوسی - الکتروود دستی جریان مستقیم قطب معکوس و در وضعیت تخت و در پنج پاس به طوری که یک پاس نفوذی و چهار پاس پرکننده بود جوشکاری شدند. جوشکاری با استفاده از دستگاه جوش گام الکتریک مدل Pars-EL 631 و با الکتروود آما AMA 1464 JB به قطر ۳/۲۵ میلی متر که به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۵۰ درجه سانتیگراد مجددا خشک شده بود انجام شد. همچنین دمای بین پاسی ۱۵۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد تا تنش های ناشی از انقباض و سرد شدن فلز جوش به حداقل مقدار ممکن برسد. حرارت ورودی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد [۲].

(۱)

$$H. I = \frac{\eta \cdot I \cdot V}{S} \text{ حرارت ورودی}$$

تکنیک جوشکاری پس دستی با زاویه الکتروود ۹۰ درجه نسبت به قطعه کار و زاویه حرکت ۱۰ درجه انتخاب شد همچنین با توجه به سیالیت حوضچه مذاب و سرعت دست جوشکار و مطالعه منابع مقدار پارامترهای شدت جریان و ولتاژ در هر پاس انتخاب گردید. حداقل طول قوس نیز حدود سه میلی متر در نظر گرفته شد. شدت جریان (I) در هر پاس حدود ۱۲۰ آمپر، ولتاژ (V) حدود ۲۵ ولت و سرعت جوشکاری (S) در حدود ۱/۳ میلی متر بر ثانیه و η بازده قوس ۰/۶ در نظر گرفته شد. با کنترل پارامترهای جوشکاری برای هر دو فلز جوش حرارت ورودی در حدود ۱/۲۱ کیلو ژول بر میلی متر بدست آمد. در پایان هر پاس سرباره رسوب کرده بر روی فلز جوش به وسیله سنگ زنی به طور کامل برداشته و پاس بعدی بر روی آن جوشکاری شد. برای بررسی ریزساختار فلزات پایه و جوش در پاس اول از متالوگرافی استفاده شد. بدین منظور دو نمونه از اتصال با ابعاد مناسب تهیه شد. سطوح مورد نظر توسط سنباده های کاربرد سیلیسیوم ۸۰ تا ۲۰۰۰ صاف شده و سپس توسط پودر آلومینای ۰/۳ μm پرداخت شدند. نمونه ها توسط محلول نایتال (محلول ۲٪ اسید نیتریک در الکل) جهت آشکار شدن ساختار فولاد 09G2S و برای آشکار شدن ریز ساختار فلز جوش فولاد زنگ نزن آستنییتی، محلول ماربل ($10\text{grCuSO}_4 + 50\text{cc HCl} + 50\text{cc H}_2\text{O}$) به مدت ۱۵ ثانیه استفاده شد. همچنین نمونه ها در محلول حاوی ۶۰ میلی لیتر آب و ۴۰ میلی لیتر اسید نیتریک و تحت ولتاژ ۵ ولت به مدت ۱۰ ثانیه الکترواچ شدند تا ریزساختار فلز جوش بهتر مشخص شود [۹]. ریزساختار مناطق مختلف قطعات جوشکاری شده با میکروسکوپ نوری Olympus مدل CK40M مورد بررسی قرار گرفتند. برای تعیین درصد فازهای فریت و آستنییت در فلز جوش به روش مغناطیسی، از دستگاه فریتوسکوپ Fischer مدل FMP30 طبق استاندارد ANSI/AWS A4.2M/A4.2:1997 استفاده شد.

نتایج و بحث

توجهات در مورد ساختار فلز جوش برای اتصالات غیرمشابه پیرامون اولین پاس جوش یا پاس ریشه می باشد و عمدتاً به دلیل آن است که اثرات رقیق سازی در این پاس، بیشترین مقدار را دارد. در بسیاری از موارد جوشکاری غیر مشابه (DMW) یک هدف بسیار مناسب در انتخاب فلز پرکننده، دستیابی با آستنیت پایدار با میزان کمی فریت در اولین پاس جوش می باشد. اگر این ریزساختار بدست آید، ترک خوردن انجمادی جوش بسیار غیر محتمل خواهد بود و فلز جوش به طور قابل ملاحظه ای انعطاف پذیر خواهد شد [۴]. استفاده از دیاگرام های ساختاری که بر اساس مقدار کرم معادل و نیکل معادل، تنظیم شده همواره مفید و مؤثر بوده است. همچنین از این دیاگرام های ساختاری می توان به مقدار فریت موجود در فولاد پی برد و به وسیله آن نوع انجماد را تعیین نمود. استحاله بین آستنیت و فریت اولیه بسیار مهم است زیرا، رابطه نزدیکی بین انجماد، ترکیب شیمیایی و حساسیت فولاد برای ترک برداشتن وجود دارد [۵]. در این تحقیق جهت پیش بینی ریز ساختار فلز جوش برای فلز پرکننده از نمودار شیفلر بهره برده شد. نمودار شیفلر جهت پیش بینی ریز ساختار فلز جوش های غیر مشابه عمدتاً از تقریب خوبی برخوردار می باشد. کرم معادل و نیکل معادل با استفاده از روابط اصلی شیفلر و از رابطه (۲) محاسبه شد [۶]. جدول ۲ مقادیر محاسبه شده برای کرم معادل و نیکل معادل را نشان می دهد.

$$Cr_{eq} = Cr + Mo + 1.5Si + 0.5Nb + 2Ti$$

رابطه (۲)

$$Ni_{eq} = Ni + 0.5Mn + 30C$$

در شکل ۳، در نمودار شیفلر، فولاد 09G2S (علامت مربع) به فولاد زنگ نزن 310 (علامت دایره) جوش شده است. فلز پرکننده E309MoL (علامت مثلثی)، استفاده شده است. ترکیب نهایی فلز جوش پاس اول، در طول خط رابط نقطه چین قرار می گیرد که این نقطه را به ترکیب فلز پرکننده متصل می کند. ۳۰ درصد فاصله از نقطه E309MoL به سمت فلز پایه، ترکیب فلز جوش تقریباً در مکانی است که خط رابط دوم، خط ایزوفریت حاوی حدود ۱۵ درصد فریت را قطع می کند. تحقیقات نشان داده که کنترل مقدار فریت فلز جوش، جهت جلوگیری از ترک خوردن در جوش چند پایه بسیار اهمیت دارد [۶]. جدول ۳ نتایج حاصل از فریت سنجی با استفاده از فریتوسکوپ برای فلز پرکننده استفاده شده در این تحقیق را نشان می دهد. نتایج حاصل از فریت سنجی برای پاس ریشه (اول) فلز پرکننده E309MoL حدود ۱۳/۷ درصد فریت را نشان داد، همان طور که مشخص است نتایج حاصل با نتایج بدست آمده از نمودار شیفلر در تطابق می باشد.

شکل ۴ الف تصویر میکروسکوپی نوری فلز پایه فولاد 09G2S را نشان می دهد. این فولاد دارای ریز ساختاری شامل پرلیت- فریت است. همان طور که مشخص است، ساختار شامل دانه های روشن فریت به همراه پرلیت به رنگ تیره می باشد. شکل ۴ ب تصویر میکروسکوپی نوری از فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۱۰ را نشان می دهد، زمینه کاملاً آستنیتی با دانه های هم محور مشخص است. در شکل ۵ ریزساختار فلز جوش حاصل از فلز پرکننده E309MoL مربوط به پاس اول نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود ساختار آستنیتی همراه با مقداری فریت دلتا (δ) بصورت اسکلتی است، انجماد در فلز جوش E309MoL از نوع FA می باشد [۶]. شکل ۶، فصل مشترک فلز پایه فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۱۰ و فلز جوش E309MoL را نشان می دهد. مورفولوژی فریت دلتا که به صورت اسکلتی انجماد یافته است به وضوح مشخص می باشد. فریت، در طول مرز دانه ها تشکیل شده است که به خاطر سرعت سرد شدن متوسط جوش و میزان کم Cr_{eq}/Ni_{eq} می باشد. فریت تشکیل شده در مرز دانه های HAZ، رشد دانه ها را محدود کرده و احتمال ترک خوردن ذوبی HAZ را کاهش می دهد [۷]. شکل ۷، فصل مشترک فلز پایه فولاد کم آلیاژ 09G2S و فلز جوش E309MoL را نشان می دهد، با توجه به شکل در HAZ فولاد کم آلیاژ، درشت شدن دانه ها به خوبی قابل مشاهده است، همان طور که مشخص شده، مرز ناحیه انتقال مرز ذوب ممکن است در یک فاصله بسیار کوتاه (حدود یک

میلیمتر) به طور چشمگیری تغییر کند. رشد این منطقه رشد صفحه ایی می باشد که به علت تغییر در ترکیب شیمیایی فولاد کم آلیاژ 09G2S با نسبت به فلز جوش E309MoL می باشد. بنابراین در طی جوشکاری، مهاجرت کربن از HAZ به ناحیه ذوب وجود خواهد داشت. در این شرایط یک ناحیه مارتنزیتی باریک در مرز ذوب به وجود خواهد آمد [۶]. همان طور که ملاحظه شد، برای جوشکاری غیرمشابه دو فولاد مورد بحث در این تحقیق از فلز پرکننده E309MoL، با رعایت پارامترهای جوشکاری که در بالا ارائه شد می توان اتصالی سالم با ریزساختار و خواص مطلوب بدست آورد. همچنین مشخص شد فلز جوش E309MoL ریزساختاری با انجماد به صورت فریت اولیه داشته و بعد از جوشکاری درشت شدن دانه ها نیز در HAZ هردو فلز پایه رخ داده است. در فصل مشترک فلز جوش با هر دو فلز پایه رشد صفحه ای نیز مشاهده شد. با مراجعه به مراجع مشخص شد فلز جوش E309MoL مقاومت بهتری به خوردگی حفره ای نسبت به فلز جوش 309L را دارا می باشد. بررسی ها نشان داد این بهبود در مقاومت به خوردگی حفره ای به خاطر وجود عنصرآلیاژی مولیبدن در ساختار فلز جوش E309MoL می باشد و برای کاربردهای دمای بالا انتخاب مناسب تری خواهد بود [۶]. در ساختار این فلز جوش ۲/۱ درصد مولیبدن وجود دارد که باعث بهبود استحکام در دمای بالا می گردد. پکنر و همکاران [۱۱] با افزودن ۲ درصد مولیبدن به آلیاژ $^{18}\text{Cr}-^{18}\text{Ni}$ منجر به افزایش ۴۰ درصدی استحکام کششی در دمای ۷۶۰ درجه سانتیگراد شدند. همان طور که بیان شد این فلز جوش هم از نظر بهبود استحکام کششی بهبود خواص در دمای بالا را نیز به همراه دارد. همچنین مولیبدن موجود در فلز جوش، یک عنصر تشویق کننده فریت است و حضور آن باعث تشکیل بیشتر فریت و پایداری آن در ریزساختار می شود. همچنین نتایج فریت سنجی و نمودار شفلر نشان داد فلز جوش E309MoL دارای حدود ۱۵ درصد فریت است که موجب شده فلز جوشی با انعطاف پذیری مناسب و عاری از ترکهای انجمادی به وجود آید [11]. در نهایت می توان نتیجه گرفت که برای اتصالات بین فلز پایه فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۱۰ و فولاد کم آلیاژ 09G2S، ماده ی پرکننده ی E309MoL ویژگی های بهینه ای را ارائه می دهد.

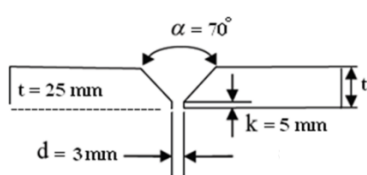
نتیجه گیری

- ۱- ریزساختار فلز جوش فولاد زنگ نزن آستنیتی E309MoL به صورت فریت اولیه همراه با آستنیت است و ساختار با مورفولوژی فریت اسکلتی بدست می آید.
- ۲- در فصل مشترک فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۱۰، با فلز پرکننده E309MoL، فریت تشکیل شده در طول مرز دانه های HAZ، رشد دانه ها را محدود کرد و احتمال ترک خوردن ذوبی HAZ را کاهش داد. همچنین در فصل مشترک فولاد کم آلیاژ 09G2S در طی جوشکاری یک ناحیه باریک در مرز به وجود آمد و درشت شدن دانه ها در منطقه متاثر از حرارت به مشاهده شد.
- ۳- برای فلز جوش E309MoL ساختاری در حدود ۱۳/۷ درصد فریت با استفاده از فریت سنجی بدست آمد که در تطابق با پیش بینی های حاصل از نمودار شفلر بود.

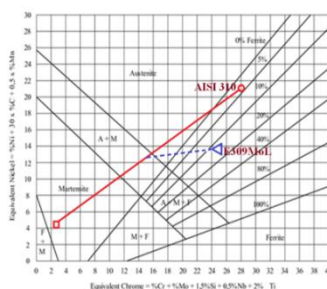
مراجع:

- [1] J.C. Lippold, D. Kotecki, " Welding Metallurgy and Weldability of Stainless Steels" , 2005, John Wiley and Sons", New Jersey.
- [2] I. Hajiannia, M. Shamanian, M. Kasiri, " Microstructure and Mechanical Properties of AISI 347 Stainless Steel/A335 Low Alloy Steel Dissimilar Joint Produced by Gas Tungsten Arc Welding", Journal of New Materials, 201۳, ۱۵۰ , pp. 566-573.

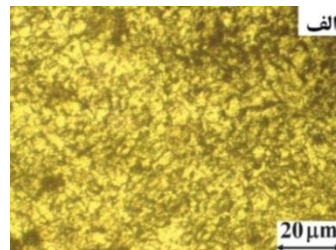
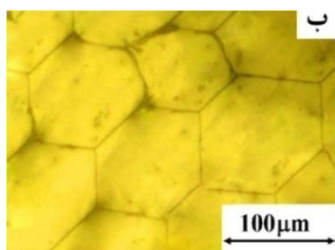
- [3] N. Arivazhagan, S. SurendraSingh, "Investigation on AISI 304 Austenitic Stainless Steel to AISI 4140 Low Alloy Steel Dissimilar Joints by Gas Tungsten Arc, Electron Beam and Friction Welding", Materials and Design, 2001, 32, pp. 3036-3050.
- [4] H. Naffakha, M. Shamaniana, F. Ashrafzadeh, "Dissimilar Welding of AISI 310 Austenitic Stainless Steel to Nickel-Based Alloy Inconel 657", Journal of Materials Processing Technology, 2008, 209, 3628-3639.
- [5] S. Z. Stasyuk, V. P. Terent'ev, A study of hydrogen effect on properties of low-alloy steel 09G2S and stability of carbide phases, Strength of Materials, 2007, 39, 5, pp 475-483.
- [6] A.I. Gedrovichs.A. Tkachenkoi.A. Galtsov, Evaluation Of Stress-Strain State Of Dissimilar Welded Joints From 10kh13g18d + 09g2s Steels, International Scientific-Technical and Production Journal, 2010, 7, pp 25-28.
- [7] H. ShahHosseini, M. Shamanian, A. Kermanpur, "Characterization of microstructures and mechanical properties of Inconel 617/310 stainless steel dissimilar welds", Materials Characterization, 2011, 62, pp.425-431.
- [8] ASME Sec IX, "Qualification Standard for Welding and Brazing Procedure", Article II, Welding Procedure Qualification, American Society of Mechanical Engineers, Edition: 2th, 2001.
- [9] ASM Handbook, Volume 9, "Metallography and Microstructures", ASM International, 2001, Materials Park, Ohio.
- [10] R. Dehmolaie, M. Shamanian, A. Kermanpour, "Microstructural characterization of dissimilar welds alloy 800 and HP heat – resistant steel", Materials Characterization, 2008, 59, pp.1447-54.
- [11] Peckner, D, Bernstein, I, M. Handbook of stainless steels, 1999, McGraw-hill, new York.



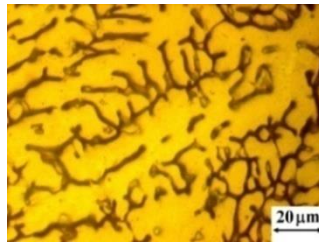
شکل ۱. فولاد زنگ نزن ۳۱۰ نمونه بردار بالایی سطح مواد به بدنه کوره بلند. شکل ۲. طرح اتصال مورد استفاده.



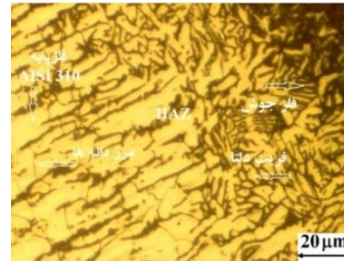
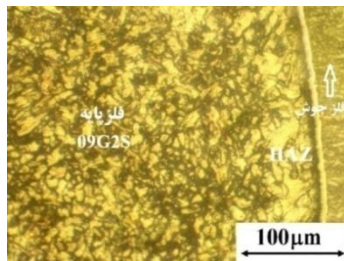
شکل ۳. نمودار شیفلر برای فلز پرکننده E309MoL.



شکل ۴. تصویر میکروسکوپ نوری ریزساختار فلز پایه، الف: فولاد 09G2S، ب: فولاد زنگ نزن ۳۱۰.



شکل ۵. تصویر میکروسکوپ نوری فلز جوش E309MoL



شکل ۶. فصل مشترک فولاد ۳۱۰ و E309MoL شکل ۷. فصل مشترک فولاد 09G2S و E309MoL.

جدول ۱. ترکیب شیمیایی مواد مورد استفاده بر اساس (درصد وزنی).

عنصر	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	Ti	Cu	Co	Fe
09G2S	۰/۱۱۵	۰/۳۱	۰/۰۱۸	-	۱/۶۱	۰/۶۰	-	۰/۰۳	-	بقیه
AISI 310	۰/۰۸۸	۲۴/۳۶	۱۹/۶۵	۰/۰۳	۲/۰۴	۱/۰	۰/۰۱۷	۰/۱۸	۰/۱۶	بقیه
E 309MoL	۰/۰۲۴	۲۱/۷	۱۲/۹	۲/۱	۰/۸۷	۰/۶۷	۰/۰۱۷	۰/۱	۰/۰۳	بقیه

جدول ۲. مقادیر محاسبه شده کروم و نیکل معادل فلزات پایه و پرکننده

نوع آلیاژ	Cr _{eq}	Ni _{eq}	Cr _{eq} /Ni _{eq}
AISI 310	۲۷/۸۶	۲۱/۰۵	۱/۳۲
09G2S	۲/۵۱	۴/۲۵	۰/۵۹
E309MoL	۲۴/۸	۱۳/۹	۱/۷۸

جدول ۳. تغییرات درصد آستنیت فلز جوش.

فلز جوش	درصد آستنیت	درصد خطا
E309MoL	۸۶/۳	۱

لیست دوره های صنعتی و مهندسی تیر و مرداد شرکت صنعت مشاور اسپادان

این تقویم مرتباً بروز می گردد. خواهشمند است جهت اطلاع از دوره های جدید تاریخ دار، به وبسایت مجموعه مراجعه نمایید.

ردیف	عنوان دوره	مدت	تاریخ برگزاری	مدرس دوره
۱	بازرسی با مایعات نافذ سطح ۱ و ۲ Liquid Penetrant Testing PT ASNT level I&II مطابق با کد SNT-TC-1A (2011)	۲۰ ساعت	۱۰ الی ۱۲ تیر ماه	مهندس آرش رفیعی (ID: 210186) Level III ASNT کارشناس سطح ۳ تست های غیرمخرب مدرس و بازرس فنی انجمن جوشکاری IWNT
۲	بازرسی سازه های فولادی AWS D1.1 مطابق با کد	۳ روز	۱۰ الی ۱۲ تیر ماه	مهندس آراین قندی کارشناس ارشد جوش، مدرس دانشگاه
۳	بازرسی چشمی جوش سطح ۱ و ۲ Visual & Optical Testing VT ASNT Level I&II مطابق با کد SNT-TC-1A (2011)	۵ روز	۱۵ الی ۱۹ تیر ماه	مهندس ایمان معتمدی Level II ASNT (VT-PT-MT-UT) مدیرعامل و سرپرست بازرسی فنی شرکت صنعت مشاور اسپادان
۴	بازرسی آلتراسونیک جوش سطح ۱ و ۲ Ultrasonic Testing UT ASNT level I&II مطابق با کد SNT-TC-1A (2011)	۹ روز	۲۰ الی ۲۶ تیر و ۱ الی ۲ مرداد	مهندس ایمان معتمدی Level II ASNT (VT-PT-MT-UT) مدیرعامل و سرپرست بازرسی فنی شرکت صنعت مشاور اسپادان
۵	کلید فولاد (شناسایی و انتخاب فولادها) Key to Steel	۸ ساعت	۹ مرداد	مهندس آراین قندی کارشناس ارشد جوش، مدرس دانشگاه
۶	نقشه خوانی صنعتی و آشنایی با تolerانس های ابعادی و هندسی	۱۶ ساعت	۱۵ و ۱۶ مرداد	مهندس صنعتگر
۷	بازرسی رادیوگرافی جوش سطح ۱ و ۲ و تفسیر فیلم های رادیوگرافی RTi ASNT Level I&II مطابق با کد SNT-TC-1A (2011)	۵ روز	۱۹ الی ۲۳ مرداد	مهندس علی دل روشن (ID: 182359) Level III ASNT (PT-MT-VT-RT) کارشناس سطح ۳ تست های غیرمخرب و رئیس بازرسی فنی شرکت پتروشیمی بوشهر
۸	تدوین دستورالعمل جوشکاری WPS/PQR/WQT	۳ روز	۲۸ الی ۳۰ مرداد	مهندس آراین قندی کارشناس ارشد جوش، مدرس دانشگاه

جهت رزرو، ثبت نام و اطلاع از شرایط تخفیف دوره های فوق و همچنین دریافت مشاوره رایگان می توانید به پایگاه اینترنتی شرکت صنعت مشاور به نشانی www.sanatomoshaver.com مراجعه و یا با شماره ۰۳۱-۳۶۷۳۶۷۱۶ تماس حاصل فرمایید.

جهت اطلاع از کلیه دوره های فنی و مهندسی شرکت صنعت مشاور لطفاً به وبسایت مجموعه مراجعه فرمایید

تلفن ثبت نام: ۰۳۱-۳۶۷۳۶۷۱۶

اصفهان، خ هزار جریب، مجتمع تجاری پردیس، ورودی ۷، واحد ۱

وب سایت مرجع بازرسی فنی و کنترل کیفیت



سایت مرجع بازرسی فنی و کنترل کیفیت فعالیت خود را از سال ۱۳۸۳ با نام وبلاگ مجله بازرسی فنی (inspection.blogfa.com) به قلم مهندس محمد رضازاده (فارغ التحصیل مهندسی بازرسی فنی دانشگاه صنعت نفت سال ۱۳۷۸) با ارائه متن ترجمه کامل راهنمای بازرسی چشمی جوش (AWS B1.11) آغاز نمود.

بعدها با توجه به محدودیت های موجود در وبلاگ، وب سایت بازرسان فنی با دامنه اختصاصی (www.inspector.ir) ایجاد گردید تا محلی برای تبادل اطلاعات و آموزش بازرسان فنی در قالب سفارشی باشد.

هم اکنون وب سایت مرجع بازرسی فنی و کنترل کیفیت با آدرس www.QCPage.com، با امکان مشاهده در تلفن های همراه در دسترس علاقمندان قرار گرفته است. این وب سایت با یکی از نرم افزارهای معتبر CMS توسط مدیریت وب سایت طراحی و بروزرسانی می شود. مطالب این وب سایت که حاصل زحمات مدیر آن و تعدادی از کارشناسان محترم بازرسی فنی است، کاملاً بطور اختصاصی برای این وب سایت تهیه می شود. اگرچه بعضی از وب سایت ها بدون ذکر نام وب سایت مرجع بازرسی فنی و کنترل کیفیت، اقدام به کپی غیرمنصفانه، بدون در نظر گرفتن زحمات تهیه مطالب می نمایند که در صورت مشاهده چنین مواردی پیگیری های لازم صورت می گیرد.

ثبت نام در سایت و خبرنامه آن رایگان می باشد.

برای استفاده از همه امکانات سایت همچون دانلود در وب سایت ثبت نام نمایید.

برای دریافت آخرین اخبار بازرسی فنی در گروه خبری سایت ثبت نام نمایید.



فرآیند پوشش دهی ذوبی CermaClad™

دیاکو کرمی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی جوشکاری

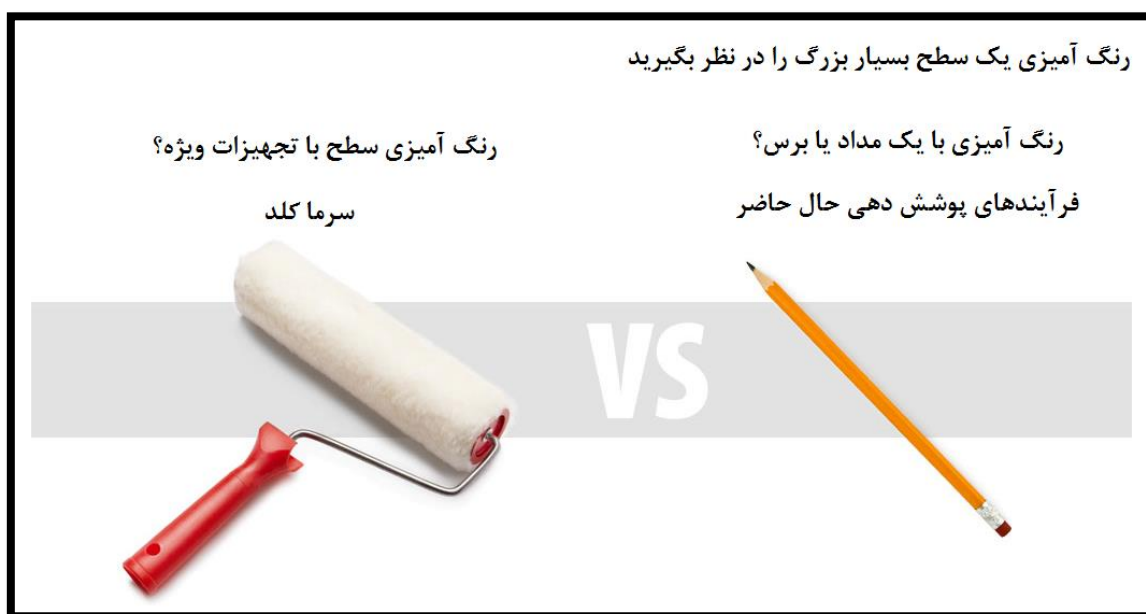
Deyako.Karami@gmail.com



۱- مقدمه

CermaClad™ یکی از فرآیندهای پوشش دهی/روکش کاری بسیار مناسب برای فلزات می باشد که از منبع حرارتی نوری با شدت فوق العاده بالا جهت ذوب موادهای مختلف مقاوم به خوردگی و سایش بصورت لایه های فلزی با ۴۰ برابر نرخ بازدهی بیشتر، خواص مکانیکی و متالورژیکی بهتر جهت فراهم نمودن طول عمر بیشتر سرویس دهی و در حدود ۲۰ درصد اقتصادی تر نسبت به تکنولوژی های حاضر از قبیل: پوشش دهی لیزری و سرباره الکتریکی و... می باشد. تکنولوژی سرما کلد از لامپ قوسی شدت بالا^۱ (HDIR) که توانایی ایجاد حرارت نقطه ای تا حدود دمای 1000000°C را دارد بهره می گیرد و می تواند عملیات ذوب، ترکیب و ایجاد پیوند متالورژیکی هرگونه مواد را بر روی موادهای دیگر که باید نسبت به خوردگی، سایش، فرسایش، حرارت و... محافظت شوند را فراهم می نماید. از این تکنولوژی می توان برای ایجاد یک لایه سطحی از موادهایی مانند: آلیاژهای پایه نیکل (625, 825, Monel)، فولادهای زنگ نزن، شیشه های فلزی، آلومینیوم-روی یا پلیمرها بر روی فولادهای ساده کربنی استفاده نمود. با این تکنولوژی شما می توانید تمام دنیا را با فولاد زنگ نزن رنگ آمیزی (پوشش دهی) نمایید، با هزینه ای رقابتی و قابل مقایسه با اپکسی ها و رنگ ها.

¹ - High Density Infrared Arc Lamp



شکل ۱ - مقایسه تکنولوژی سرما کلد با فرآیندهای حال حاضر

سرما کلد تنها تکنولوژی می باشد که می تواند تیتانیوم و دیگر فلزات غیر همجنس را با ضخامت 0.1 تا 15mm بر روی فولاد ذوب و ترکیب نماید. همچنین این تکنولوژی تنها فرآیندی است که هرگونه مواد مقاوم به خوردگی و سایش را با حداقل میزان رقت، حداقل میزان حفرات، و هرگونه آسیب به لایه پوششی ایجاد شده، لایه پوششی را با حداقل ضخامت $100\mu\text{m}$ رسوب می دهد. این موضوع عملاً توانایی ایجاد یک لایه نازک پوششی بر روی لایه های بیرونی و داخلی لوله ها و اجزاء هایشان را قادر می سازد، از اینرو می توان لوله های ساده کربنی را به لوله های آلیاژی تبدیل کرد. با توجه به نازک بودن لایه پوششی ایجاد شده در این فرآیند، تکنولوژی سرما کلد می تواند بصورت قابل توجهی هزینه های پوشش دهی را کاهش داده و در نتیجه می توان با اپکسی ها و رنگ ها در کاربردهایی از قبیل: پوشش دهی خطوط لوله انتقال، کشتی سازی، زیرساخت ها و... رقابت نماید، بصورت یک نتیجه کلی این تکنولوژی برای بسیاری از کاربردها مناسب بوده و پتانسیل توسعه را دارد. تکنولوژی سرما کلد یکی از روش های پوشش دهی است که بسیار سریعتر، ارزانتر و بهتر می باشد.

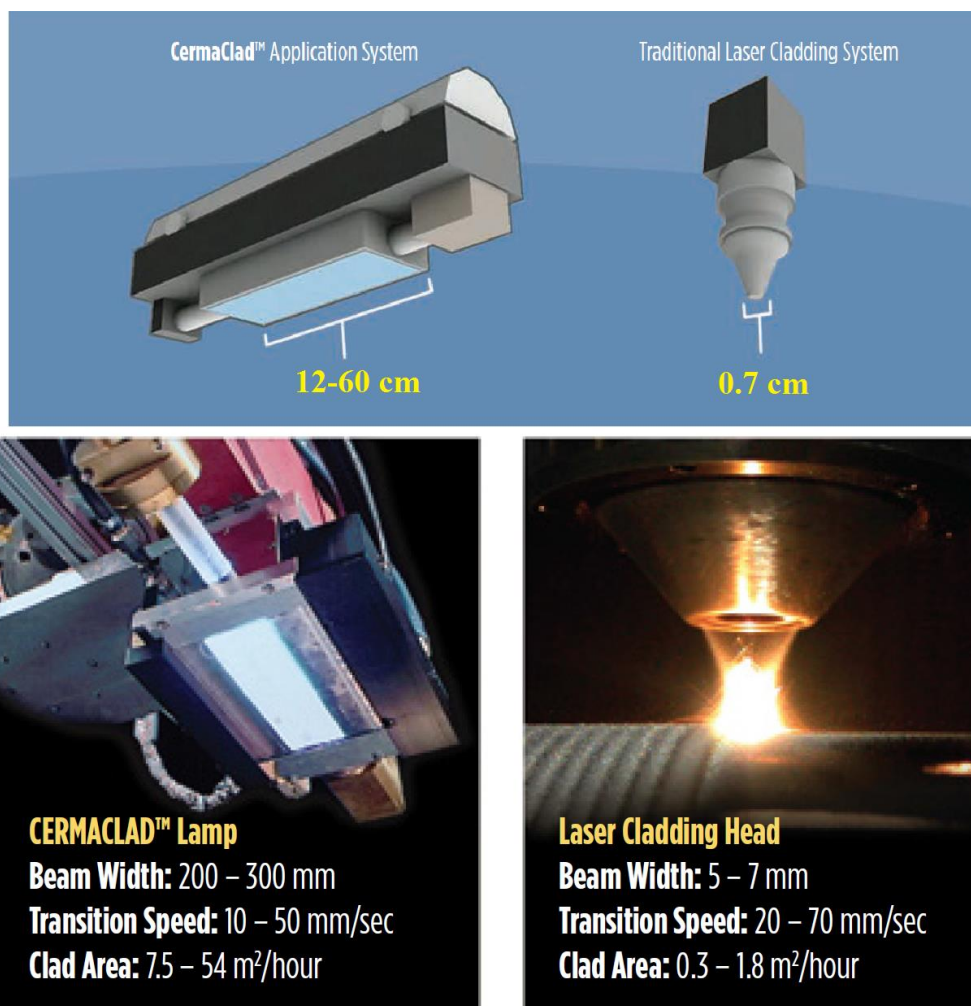
۲- سریعتر

امروزه پیشگیری از ایجاد خوردگی به جای تعمیر و نگهداری و عملیات های رنگ آمیزی بسیار کارآمدتر و بهتر می باشد، بنابراین با این تکنولوژی می توان سطح بالاتری از حفاظت در برابر محیط ها و شرایط خورنده را توسط آلیاژهای مقاوم به خوردگی^۱ (CRA) فراهم نمود.

فرآیند سرما کلد منطقه ای در حدود ۱۵ تا ۳۰ برابر بیشتر را در مقایسه با فرآیند پوشش دهی لیزر، پوشش خواهد داد. در روش پوشش دهی لیزر عرض هر لایه پوششی در حدود 0.7Cm می باشد، درحالی که در فرآیند سرما کلد عرض هر

¹ - Corrosion Resistant Alloy

لایه پوششی در حدود 12 تا 60 Cm است. به عنوان نمونه سیستم سرما کلد می تواند در سال طولی به میزان ۲۸ مایل لوله را در مقایسه با لیزر که در یک سال توانایی ۲ مایل را دارد، پوشش دهی نمود.



شکل ۲- مقایسه فرآیندهای پوشش دهی سرما کلد و لیزر

۳- ارزانتتر

سیستم سرما کلد از حرارت متمرکز شده پر انرژی استفاده می کند که دقیقاً میزان حرارت لازم برای ایجاد پیوند متالورژیکی بین لایه های پوششی و فلز پایه تامین می نماید. از طرف دیگر فرآیند پوشش دهی لیزر حرارت زیادی ایجاد می نماید که باعث ترکیب شدن لایه های پوششی و فلز پایه خواهد شد، از اینرو باید لایه پوششی ضخیم تری را رسوب داد.

حذف این مشکل باعث استفاده از لایه های پوششی با 50 الی 67 درصد نازکتر در مقایسه با فرآیند پوشش دهی لیزر می شود، در حالیکه عملکرد معادل و بهبود یافته تری را نسبت به فرآیندهای متداول پوشش دهی مورد استفاده حال حاضر دارد.

این موضوع باعث کاهش قابل ملاحظه هزینه های استفاده از موادهای گران مانند آلیاژهای 625 و 825 برای لایه های پوششی خواهد شد.

۳- بهتر بودن

از سیستم سرما کلد می توان برای افزایش عمر سرویس دهی سازه های بزرگ از قبیل: خطوط لوله، پل ها، کشتی ها، نیروگاه های شیمیایی و ... را توسط پوشش دهی آن ها با موادهای مقاوم به خوردگی استفاد کرد. این سیستم از رنگ های اپوکسی که استفاده عمده ای در صنعت دارند، بسیار بهتر و کاربردی تر می باشد. زمانیکه به پوشش دهی خطوط لوله نفت و گاز نیاز باشد، یکی از بهترین مزیت های این روش کاهش عملیات بعد از پوشش دهی مانند تمیزکاری و ... می باشد، که نتیجه این امر کاهش هزینه های اضافی خواهد بود. شرکت های مختلف به دنبال راه حل های مناسبی برای رفع خوردگی و سایش می باشند و به دلایل زیر از تکنولوژی های جدید استقبال می نمایند:

- بهبود موقعیت محصولات خود در بازار جهانی.
- محدود کردن هزینه های ضمانت نامه.
- مطابق بودن با قوانین زیست محیطی و درنهایت،
- نگران نبودن بابت ایجاد خرابی و در نتیجه از دست دادن موقعیت شغلی ناشی از ضریب بازدهی پایین.

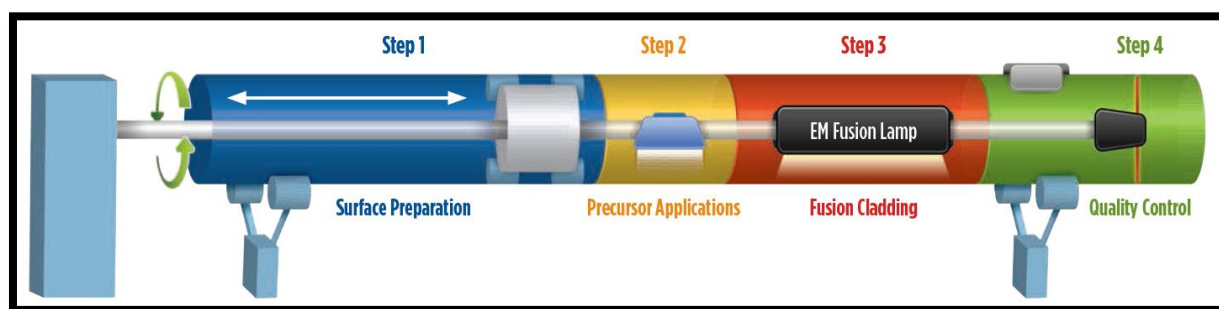


شکل ۳- مقایسه لایه پوششی ایجاد شده در دو فرآیند سرما کلد و لیزر

۴- مراحل انجام پوشش دهی داخلی لوله

به عنوان نمونه برای پوشش دهی سطح داخلی لوله باید طبق شکل ۴، چهار مرحله را انجام داد. این مراحل:

- ۱- آماده سازی سطح: بلاستینگ نرم سطح داخلی لوله.
- ۲- اعمال لایه پوششی: اعمال مواد پوششی مقاوم به خوردگی یا سایش بر روی سطح داخلی لوله.
- ۳- پوشش دهی ذوبی: لامپ قوسی شدت بالا سریعاً ذوب را تامین نموده و لایه پوششی و فلز پایه را ترکیب نموده و یک پیوند کاملاً متالورژیکی را ایجاد می کند.
- ۴- کنترل کیفیت: انجام آزمایش های غیرمخرب و هیدرواستاتیک.



شکل ۴ - مراحل انجام فرآیند پوشش دهی سرما کلد

۵- منابع و مراجع

- 1- High-Speed Large-Area Fusion Cladding, MP Materials Performance, Corrosion Innovation of the Year Award.

اطلاعیه



انجمن جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب ایران

موسسه مرجع علمی در زمینه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب در ایران



اولین سیستم آزمون، تأیید صلاحیت و

صدور گواهینامه سطح ۳ در ایران

بر پایه استاندارد IWNT S2.1

به منظور کسب اطلاعات بیشتر به پایگاه اینترنتی انجمن مراجعه فرمائید.

www.iwnt.com

WSTD
Welding Science & Technology Development
مؤسسه گسترش علم و فن جوش

مؤسسه گسترش علم و فن جوش (ثبت: ۹۱۳)

✓ انتخاب مواد ، مهندسی
سطح ، خوردگی

✓ ترمیم و بازسازی قطعات

✓ ارائه خدمات و مشاوره
در زمینه ایمنی و بهداشت

HEALTH	★	2
FLAMMABILITY		3
REACTIVITY		0
PERSONAL PROTECTION		H



مشخصات اعضای مؤسسه

ردیف	نام و نام خانوادگی	سمت	خلاصه سوابق
۱	رضا کلانتریان	مدیر عامل	کارشناسی ارشد مهندسی مواد - جوشکاری از دانشگاه صنعتی امیر کبیر مهندس و بازرسی بین المللی جوش از SLV آلمان مشاور صنایع و مدرس دوره های مهندسی بین المللی جوش
۲	امیر حسینی کلورزی	رئیس هیأت مدیره و مدیر آموزش	کارشناسی ارشد مهندسی مواد - شناسایی مواد از دانشگاه شیراز مهندس بین المللی جوش از SLV آلمان مشاور صنایع و مدرس دوره های مهندسی و بازرسی جوش
۳	محمد رضا سلطان محمدی	عضو هیأت مدیره و مدیر تکنولوژی جوش	کارشناسی ارشد مهندسی مواد - جوشکاری از دانشگاه تهران مهندس و بازرسی بین المللی جوش مشاور صنایع ، مدرس و ممتحن دوره های مهندسی بین المللی جوش
۴	محسن مستاجران	عضو هیأت مدیره و مدیر بازرسی	کارشناسی ارشد مهندسی مواد - خوردگی از دانشگاه صنعتی اصفهان سطح سه آزمونه های غیر مخرب از ASNT آمریکا مشاور صنایع و مدرس دوره های مهندسی و بازرسی جوش

تلفن: ۵۵۲۵۸۸۲ - ۰۶۱۱

فکس: ۵۵۲۴۸۵۰ - ۰۶۱۱

اهواز، پادادشهر، خیابان ۱۰،

مجتمع تجاری هیراد، طبقه ۳،

واحد ۱۵

www.wstd.ir info@std.ir

راهنمای پدیدآورندگان

نشریه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب از مقالات علمی و آثار تحقیقی یا ترجمه شده محققان، نویسندگان و کارشناسان و مقالات اجتماعی و انتقادی در دامنه موضوعات جوشکاری و آزمایش های غیرمخرب و فرایندهای وابسته به این موضوعات استقبال می نماید. نوشته ها و مقالات دریافتی پس از بررسی و تأیید هیات تحریریه، سردبیر و مدیر مسئول نشریه به چاپ خواهد رسید.

توصیه می شود قالب نگارش و تنظیم مقالات به ترتیب زیر باشد:

- ✓ صفحه مشخصات در بر دارنده عنوان مقاله یا مطلب، نام پدید آورنده (نویسنده-مؤلف-مترجم-گردآورنده) به فارسی و انگلیسی و فهرست عناوین فرعی مقاله و تعداد و عناوین پیوست ها یا ضامائم.
- ✓ چکیده مقاله، حاوی شرحی درباره کلیات موضوع مقاله، و کلید واژه ها
- ✓ مقدمه مقاله
- ✓ متن مقاله، شامل بخش ها و زیر بخش ها
- ✓ جمع بندی و نتیجه گیری
- ✓ پی نوشت، شامل توضیحات ارجاع شده و افزوده های خارج از متن
- ✓ فهرست کامل و دقیق منابع و مراجع
- ✓ تصاویر، جدول ها و نمودارها به صورت فایل تصویری JPG همراه با متن زیر نویس و جای دقیق هر یک از آنها در مقاله علاوه در متن اصلی به صورت مجزا نیز ارسال شود.
- ✓ متن اصلی که مقالات از آن ترجمه شده است.

یادآوری ها:

- ❖ مطالب و مقالات دریافتی بازگردانده نخواهد شد.
- ❖ نشریه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب از پیشنهادهای و انتقادهای سازنده استقبال می کند.
- ❖ نقل و اقتباس از مطالب این نشریه با ذکر ماخذ آن و رعایت امانت بلامانع است.
- ❖ این نشریه از مقالات، نوشته ها، اظهار نظرها و دیدگاه های کارشناسان و صاحب نظران در مورد مسائل مربوط به جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب استقبال می کند و البته چاپ آنها منوط به موافقت مدیر مسئول و سردبیر خواهد بود.
- ❖ نشریه جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب در ویرایش، رد یا قبول و حک اصلاح مطالب آزاد است.
- ❖ چاپ هرگونه نوشتار به منزله تایید محتوای آن و دیدگاه پدیدآورندگان آن توسط نشریه نمی باشد و مسئولیت محتوی و کلیه حقوق مادی و معنوی مقالات بر عهده نویسندگان و مترجمان است و هیچگونه مسئولیتی متوجه نشریه نیست.
- ❖ مسوولیت متن آگهی ها به عهده ارائه دهندگان آگهی ها می باشد.

تصویر
پدید
آورنده
اول

لطفا فرم زیر را تکمیل و به همراه مقاله ارسال فرمایید.

عنوان (فارسی):

Title(English):

چکیده مقاله

نام پدید آورنده (گان):

Name (English):

تحصیلات:

سازمان /سمت:

نشانی دقیق پستی:

کد پستی:

نمابر:

تلفن تماس:

تلفن همراه:

پست الکترونیک:

نحوه ارسال مطالب

روش اول: ارسال به پست الکترونیک: info@jwn.ir – jwniran@yahoo.com

روش دوم: ارسال مطالب بر روی لوح فشرده (DVD-CD) با پست پیشتاز به آدرس

اصفهان - نجف آباد - کد پستی ۸۵۱۳۸۷۶۵۸۸