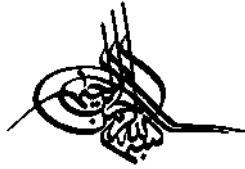


بوشکاری

فصلنامه انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب ایران
شماره ۱۰۸- پاییز ۱۴۰۲



مقام دوم بخش عکاسی نهمین مسابقه گرافیک و عکاسی صنعت جوش و بازرسی
جناب آقای مهندس رضا ایمانیان نجف آبادی



- 1 همراستاسازی دو سر خطوط لوله، نوید تدبیری رودی - سید مجید مجتوبی
- 4 تاثیر حرارت ورودی بر سیکل های حرارتی و ریزساختار اتصالات جوش فولاد HSLA-100 به روش جوشکاری قوس الکترود دستی، مهدی اصل تقی پور - رضا دهملابی - سید رضا علوی زارع
- 10 آیا الزامات اجرایی جوشکاری تولیدی برای پژوهش های جوشکاری نیز کاربرد دارند؟، مهندس عبدالوهاب ادب آوازه
- 15 راهنمای جامعی برای اجزای مکانیکی نوار نقاله و بازرسی آن ها، محمد شهباز
- 27 تشریح الزامات استاندارد ISO 45001 - قسمت نهم، مهندس افشین خیام
- 32 تاثیر ارتعاش الکترومغناطیس بر ریزساختار و خواص مکانیکی فلز جوش در اتصالات سوپر آلیاژ اینکولوی 825 به روش GTAW، علی پورجعفر - دکتر رضا دهملابی
- 39 تاثیر پارامترهای فرایند جوشکاری قوس الکتریکی بر روی جوش های فلزی همجنس و غیر همجنس (قسمت پایانی)، مهندس کاظم بابایی
- 41 اثر ترکیب شیمیایی فلز پرکننده بر خواص ریزساختاری و خوردگی ناحیه اتصال فولاد زنگ نزن AISI 316، صادق ورمزیار - مسعود عطاپور
- 46 بررسی تاثیر عملیات پسگرم بر ریز ساختار و مقاومت به خوردگی اتصال 2024 جوشکاری شده به روش P-TIG، محمد خردفلاح - حامد ثابت - بنفشه کاربخش زاوری

انجمن جوشکاری و آزمایش های غیرمخرب ایران
موسسه مرجع ملی در زمینه تکنولوژی جوشکاری و
آزمایش های غیرمخرب در جمهوری اسلامی ایران

مدیر مسئول: مهندس عبدالوهاب ادب آوازه

زیر نظر شورای نویسندگان

مسئول اجرایی: کمیته انتشارات

مدیر اجرایی و گرافیک: دکتر نازیلا ادب آوازه

نشانی دبیرخانه انجمن:

اصفهان - خیابان شمس آبادی - ساختمان شمس -
طبقه 4- واحد 413

تلفن: 03132240325 فاکس: 03132231765

پست الکترونیک:

[Email: info@iwnt.com](mailto:info@iwnt.com)

فصلنامه جوشکاری نشریه ای در زمینه موضوعات و
مسائل مرتبط با جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب
است.

فصلنامه در ویرایش مقالات رسیده آزاد است

نقل نوشته ها با ذکر ماخذ بلامانع است.

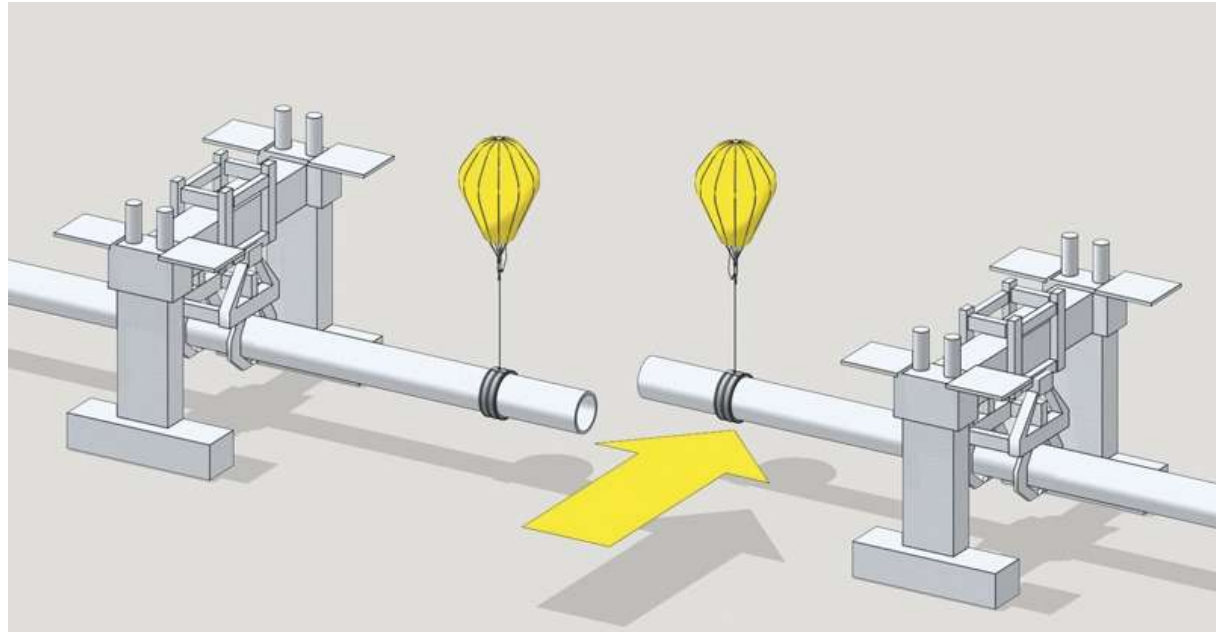
جوشکاری

انجمن جوشکاری و آزمایش های غیرمخرب ایران
شماره 108 - پاییز 1402



مقام دوم بخش مکانیک نوین، مسابقه کرافتکد و مکانیک صنعت جوش و بازرسی
جذاب، آقای مهندس رضا ایمانپور، نخب آزدی





همراستاسازی دو سر خطوط لوله

نوید تدبیری رودی - سید مجید مجتبی

مطرح خواهد شد.

مقدمه

روش حاضر برای جوشکاری لوله در خطوط لوله
چه برای تعمیرات لازم باشد که قطعه لوله‌ای در خط لوله جوشکاری گردد و چه برای اتصال نهایی در خطوط لوله‌ای در حال احداث، ماهیت کار و مشکلاتی که در این زمینه وجود دارند حدوداً یکسانند. عمده اشکال موجود عبارت است از عدم همراستایی دو سر لوله‌ای که قرار است لوله‌ی جدید بسین آنها جوشکاری گردد. این عدم همراستایی دلایل متعددی دارد. مثلاً در احداث خطوط جدید اینکه دو سر دو سکشن متفاوت دقیقاً همراستا باشند کاری بسیار سخت و تقریباً ناممکن است. در تعمیرات خطوط موجود هم مسائلی مانند رانش و نشست زمین و تنش‌هایی که از زمان ساخت در خط لوله موجود بوده‌اند باعث می‌شود که دو سر خط لوله پس از برش به اصطلاح از همدیگر فرار کنند و هم تغییر مکان زاویه‌ای و هم تغییر

خطوط لوله انتقال گاز نقش شریان‌های حیاتی انرژی را در مملکت ما بازی می‌کنند. با کمک این شریان‌های انرژی است که مصارف خانگی و صنعتی گاز تأمین می‌شود. انتقال پایدار و پاک گاز یکی از اهداف مهم شرکت انتقال گاز ایران می‌باشد. در این راستا سه منطقه‌ی انتقال گاز در کشور وظیفه‌ی نگهداری، بهبود، بهره‌برداری، تعمیرات و توسعه‌ی خطوط فشار قوی انتقال گاز را بعهده دارند. با توجه به گستردگی این خطوط استفاده از تکنولوژی‌های جدید و روش‌هایی بروز و کارآمد برای انتقال پایدار گاز اساسی می‌باشد. همه ساله طی یک برنامه‌ی مدون، این خطوط پیگرانی هوشمند می‌شوند تا در صورتی که سیستم‌های حفاظتی خطوط در مقابل خوردگی به خوبی عمل نکرده باشند و یا دچار فرسودگی شده باشند عیوب احتمالی خط تشخیص داده شود و بتوان با اقدامات اصلاحی مناسب آنها را تعمیر نمود.

مکان جابجایی نسبت به همدیگر پیدا کنند. در حال حاضر برای فائق آمدن به مشکل ناهمراستایی، به دانش و بیشتر تجربه‌ی افرادی تحت عنوان کمک‌جوشکار تکیه می‌شود. کمک‌جوشکارهای خط لوله که عمدتاً بصورت تجربی کار را پیش می‌برند با استفاده از یک سری ابزار ابتدایی از جمله نخ و شاقول و متر نواری به اندازه‌گیری فاصله‌ی بین دو سر بریده شده‌ی خط می‌پردازند. طبیعی است که این اندازه‌گیری‌ها کاملاً تقریبی بوده و دارای خطاهای فراوانی می‌باشد.

از طرفی گاهی حفاری‌های بدون مجوز و از روی سهل‌انگاری انجام می‌شود که باعث آسیب مکانیکی به خطوط می‌گردد. با توجه به مسائل زیست محیطی برای تعمیرات خطوط بایستی به روش‌های تعمیراتی بدون انتشار گاز روی آورد. اما گاهی آسیب وارده به خط لوله به گونه‌ای است که بریدن قسمتی از لوله و جایگزین کردن آن با لوله‌ی سالم اجتناب ناپذیر است. علاوه بر این مورد، در زمان ساخت خط لوله‌ی جدید زمانی که قسمت‌ها یا سکشن‌های مختلف خط تست هیدروستاتیک می‌گردند، برای اتصال نهایی سکشن‌های مختلف به همدیگر بایستی یک قطعه لوله بین آنها جوشکاری گردد. در مقاله‌ی حاضر شرایطی که تا کنون جهت انجام این جوشکاری نهایی وجود داشته است توصیف می‌شود عیوب آن مطرح شده و به بحث گذاشته می‌شود. سپس طرح پیشنهادی خلاقانه‌ای که برای انجام بهتر این مهم در منطقه‌ی چهار انتقال گاز مطرح شده است و دستگاهی که ساخت آن پیشنهاد شده است مورد بحث قرار می‌گیرد. در پایان پیشنهاداتی برای ادامه‌ی فرایند و راهکارهایی برای آینده

در زمان تعمیرات با توجه به اینکه خط از قبل گاز دار بوده است پس از تخلیه‌ی گاز برش اولیه با دستگاه کلدکاتر انجام می‌شود که ایجاد جرقه نماید. با توجه به اینکه این برش معمولاً در شرایطی انجام می‌شود که خط تحت تنش می‌باشد، معمولاً سطح مقطع عمود و صافی بدست نمی‌آید. لذا پس از برش داخل دو سر لوله را گل پلاگ می‌کنند و پس از گاز سنجی و اطمینان از عدم وجود گاز دو سر را با دستگاه پخ زنی، پخ می‌زنند. اگر دو سر لوله در این مرحله

کاملاً همراستا باشند با توجه به عمودی بودن سطح مقطع دو لوله می توان طول مناسبی از لوله‌ی جدید را بین آنها جوشکاری کرد. اما همانطور که قبلاً گفته شد این دو سر ناهمراستایی داشته و لذا اندازه گیری طول لوله‌ی جدید را مشکل می کند. کمک جوشکارها در این شرایط، کاری که می کنند این است که اندازه گیری فاصله‌ی بین دو سر برش خورده را در چهار نقطه از سطح مقطع انجام می دهند و اگر مثلاً فاصله‌ی بالا تا بالای دو سر بیشتر از فاصله‌ی پایین تا پایین باشد اقدام به سنگ زنی قسمت پایین سطح مقطع دو سر لوله می کنند و همچنین روی دو سر لوله و لوله‌ی جدیدی که قرار است بین آنها جوشکاری شود علامت گذاری می کنند که مقاطعی که قرار است به همدیگر جوشکاری شوند نظیر به نظیر روبروی هم قرار گیرند.

نتیجه‌ی این کار این است که سطح مقطع لوله‌ها و بالنتیجه شکل جوش حلقوی نهایی از حالت عمودی و استاندارد خود خارج شود. در استانداردهای مربوط به جوشکاری خطوط لوله ۳ درجه مایتر مجاز می باشد که کمک جوشکارها معمولاً از این فرجه هم استفاده می کنند هر چند که اگر جوش مایتر نباشد از استحکام و کیفیت بالاتری برخوردار خواهد بود. از جمله کارهای دیگری که کمک جوشکارها انجام می دهند این است که چندین مرحله لوله‌ی جدید را بین دو سر لوله پایین می آورند و هر کجا که لوله‌ی جدید به خط گیر می کند اقدام به سنگ زنی می کنند و این طبیعی است که این همه سعی و خطا زمان زیادی را به خود اختصاص دهد. زمانی که با توجه به قطعی گاز هر ثانیه‌ی آن ارزشمند است. یکی دیگر از اشکالاتی که طولانی شدن فرایند تعمیر به همراه دارد این است که با توجه به تغییر دما در طول شبانه روز با توجه به انبساط و انقباض لوله‌ها فاصله‌ی بین آنها تغییر می کند و لوله‌ای که مثلاً ظهر برش خورده است که بین دو سر لوله جوشکاری گردد غروب یا شب طول آن کوتاه شده و باعث می شود گپ استاندارد جوشکاری بهم بخورد. گاهی مشاهده شده است که برای اینکه قطعه لوله‌ی جدید بین دو سر لوله جای بگیرد دو سر لوله‌ی موجود را توسط جرتقیل بالا می آورند. قطعه لوله‌ی جدید را از بالا وارد فضای بین دو سر خط لوله می کنند، اقدام به جوشکاری پاس اول قسمت پایین لوله می کنند و بعد در نهایت دو سر خط لوله را پایین می آورند تا گپ قسمت بالایی بین لوله‌ی جدید و خط لوله‌ی موجود کم شده و بتوانند جوشکاری پاس یک قسمت بالایی خط را هم انجام دهند. طبیعی است که این فرایند می تواند باعث ایجاد ترک در پاس یک قسمت پایین لوله و کاهش کیفیت جوش گردد. ولو این ترک‌ها توسط پاس دو یا پاس داغ حذف گردند. در این شرایط طول میانگینی که کمک جوشکار از لوله‌ی جدید برش می زند کاملاً وابسته به تجربه‌ی وی بوده و اصلاً عدد دقیقی نمی باشد.

پیشنهاد مقاله‌ی حاضر

از توضیحات مشروح فوق می توان به این نتیجه رسید که در صورتی که دو سر لوله پس از برش با همدیگر همراستا شوند تقریباً همه‌ی مشکلات مطرح شده در بند فوق برطرف خواهد شد. اگر دو سر برش خورده‌ی خط که با دستگاه پخ زنی دارای سطوح مقطع کاملاً عمودی

می باشند همراستای همدیگر باشند فاصله‌ی بین آنها نه تنها در چهار نقطه بلکه بین تمام نقاط نظیر به نظیر یکسان و یک عدد ثابت خواهد بود. لذا می توان با اطمینان و بدون میانگین گیری و بدون تکیه بر تجربه‌ی کمک جوشکار طول قطعه لوله‌ی جدید را با احتساب دو گپ جوشکاری در دو طرف برش زد. از طرفی هر چهار سطحی که قرار است جوشکاری شوند کاملاً عمودی بوده و جوش بسیار باکیفیت و خوبی تحویل ما خواهد داد. در این زمینه پیشنهادی در منطقه‌ی چهار عملیات انتقال گاز مطرح شد. کلیت طرح پیشنهادی این است که دو تجهیز شبیه کلمپ‌های خارجی استفاده شوند در جوشکاری خطوط لوله‌ی انتقال گاز در دو سر لوله‌ی موجود نصب گردند که یکی از آنها شامل فرستنده‌ی لیزر باشد و دیگری دارای صفحه‌ای باشد که لیزر فرستاده شده را دریافت نماید. طبیعی است برای اینکه بخواهیم از همراستایی دو سر لوله‌ها اطمینان حاصل کنیم نیاز است تا حداقل ۳ لیزر نوری فرستاده شود. سیبل مقابل دارای دو ایر متحدمرکز می باشد که موقعیت سه لیزر فرستاده شده از تجهیز روبرویی را نشان می دهد.

بدیهی است زمانی دو لوله همراستا هستند که سه لیزر افتاده بر سیبل، یک مثلث متساوی الاضلاع به مرکزیت مرکز لوله تشکیل دهند. اگر این مثلث متساوی الاضلاع در مرکز تشکیل نشده باشد نشان از جابجایی انتقالی دو سر نسبت به هم می باشد. همچنین اگر مثلث تولید شده متساوی الاضلاع نباشد نشان از ناهمراستایی زاویه‌ای بین دو سر لوله می باشد. که معمولاً در ابتدای کار مثلث تولید شده نه در مرکز خط است و نه متساوی الاضلاع. اکنون تنها کاری که بایستی انجام شود این است که با استفاده از جرتقیل، سایدبوم، جکهای دستی مکانیکی و یا سایر ابزارها که در دسترس می باشد دو سر را نسبت به هم همراستا نماییم که این کار به وسیله‌ی فیدبکی که از لیزرها می گیریم براحتی انجام می شود. در زمینه‌ی ساخت این دستگاه قراردادی بین منطقه‌ی چهار عملیات انتقال گاز و شرکت فنی و مهندسی هورتاش بسته شده است.

پیشنهاداتی برای آینده

همانگونه که در بند بالا توضیح داده شد برای همراستاسازی دو سر خط لوله بر مبنای آنچه از روی لیزرها مشاهده می شود از ابزارها و تجهیزات خط لوله همچون جرتقیل و سایدبوم و جک دستی و بیل مکانیکی و ... استفاده می شود. بدیهی است که حمل این ماشین آلات و تجهیزات به مسیر خط لوله هزینه‌های زیادی را به فرایند تعمیرات تحمیل می کند. مرحله‌ی بعدی انجام کار که مراحل نهایی تصویب خود در منطقه‌ی چهار عملیات انتقال گاز را می گذراند عبارت است از دو عدد تجهیز U شکل که به اندازه‌ی ابعاد کانال خط لوله ساخته می شوند و از دو طرف و همچنین پایین در داخل U به جک‌های هیدرولیکی مجهز می باشند. این سه جک هیدرولیکی به پایین و دو طرف طوقه‌ای متصل می شوند که لوله‌ی بریده شده را در مرکز U در بر گرفته است.

فیدبک حاصل از لیزرهای نوری به این جک‌های هیدرولیک داده می شوند و این جک‌ها وظیفه‌ی همراستاسازی را انجام می دهند. برای طراحی این جک‌ها خوشبختانه مبنای طراحی خوبی در

در دسترس می‌باشد. و آن عبارت است از اینکه قطعه لوله‌ی برش خورده قبلاً نیروهای بین دو سر لوله را بدون تغییر شکل دادن تحمل می‌کرده است.

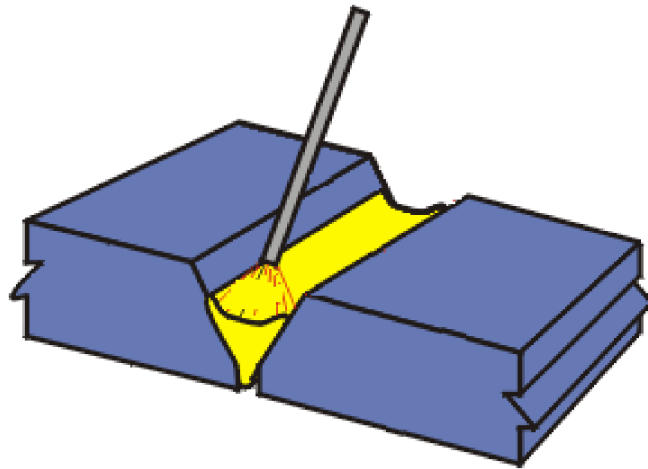
لذا می‌توان با یک ضریب اطمینان، حداکثر نیروی اعمالی این جک‌ها را نیرویی قرار داد که برای تغییر شکل دادن قطعه لوله‌ی بریده شده نیاز است. همین دو تجهیز ساده ما را از آن همه ماشین‌آلات سنگین جهت همراستاسازی بی‌نیاز می‌کند. شایان ذکر است که این قطعات U شکل برای استقرار و فیکس شدن داخل کانال نیاز به جک‌های بیرونی (بین تجهیز و دیواره و کف کانال) خواهند داشت.

تقدیر و تشکر

جا دارد نویسنده از حمایت‌ها، راهنمایی‌ها، انگیزه‌دهی و نگاه مثبت مدیریت محترم منطقه‌ی چهار عملیات انتقال گاز آقای مهندس علوی شهری تقدیر و تشکر ویژه نماید. همچنین راهنمایی‌های علمی و پشتیبان‌ها و حمایت‌های آقای مهندس مجتبی‌وی، ریاست محترم امور بازرسی فنی منطقه‌ی چهار عملیات انتقال گاز قابل تقدیر و قدردانی است. مدیر عامل و مهندسین محترم شرکت فنی و مهندسی هورتاش با دیدگاه علمی و مهندسی بالارزش خود نقش بسزایی در پیشبرد این طرح داشته‌اند.

پی‌نوشت

منطقه‌ی چهار عملیات انتقال گاز



تأثیر حرارت ورودی بر سیکل های حرارتی و ریزساختار اتصالات جوش فولاد HSLA-100 به روش جوشکاری قوس الکترو دستی

مهدی اصل تقی پور^۱، رضا دهملابی^۲، سید رضا علوی زارع^۳

چکیده

در این پژوهش، تأثیر حرارت ورودی های مختلف بر سیکل های حرارتی در ناحیه متأثر از حرارت و همچنین ریزساختار اتصالات جوش فولاد کم آلیاژ استحکام بالای HSLA-100 بررسی شد. به منظور انجام اتصال از فرایند جوشکاری قوس الکترو دستی با استفاده از الکتروود E 12018 با سه حرارت ورودی متفاوت استفاده شد. جهت بررسی سیکل های حرارتی در منطقه متأثر از حرارت از روش کاشت ترموکوپل در مجاورت ناحیه جوش و به فاصله مرکز تا مرکز ۲ میلی متر استفاده گردید. بررسی ها نشان داد با افزایش حرارت ورودی، ارتفاع پیک های حرارتی در کناره جوش و زمان ماندگاری آن ها در دمای بالا افزایش یافت. همچنین بررسی های میکروساختاری نشان داد که ریزساختار غالب فلز جوش در هر سه حرارت ورودی، فریت سوزنی است که علاوه بر فریت سوزنی، فریت چندوجهی و شبه چندوجهی و جزایر آستنیت/مارتنزیت نیز در ساختار به چشم میخورد.

کلمات کلیدی: فولاد HSLA-100، فریت سوزنی، فریت چندوجهی، جزایر مارتنزیت/آستنیت (M/A)، سیکل های حرارتی.

مقدمه

فولادهای کم آلیاژ استحکام بالای حاوی مس تحت عنوان فولادهای HSLA برای اولین بار توسط نیروی دریایی ایالات متحده آمریکا توسعه پیدا کرد و در بدنه مخازن و تجهیزات ادوات دریایی مورد استفاده قرار گرفت. از معایب این فولادها جوش پذیری پایین به دلیل کربن معادل بالا می باشد. به منظور کمینه کردن هزینه های تولید، فولادهایی با قابلیت جوشکاری بهتر توسعه پیدا نمود که تحت عنوان فولادهای کم آلیاژ استحکام بالا حاوی مس (HSLA) شناخته شدند. اساس طراحی و توسعه فولادهای جدید، کاهش میزان کربن و در نتیجه بهبود چقرمگی و قابلیت جوشکاری بود. در این فولادها فرایند استحکام دهی از طریق ایجاد ساختار مارتنزیت تمپر شده به همراه دانسیته بالایی از نایجابی ها و رسوبات مس در زمینه صورت می گیرد. هدف از توسعه این فولادها، بدست آوردن ترکیبی مناسب و همزمان از استحکام و چقرمگی است. ریزدانگی، تنها مکانیزمی است که استحکام و چقرمگی را به طور همزمان بهبود

می بخشد. ایجاد ریزدانگی در این فولادها، با استفاده از فرایند ترمومکانیکال امکان پذیر است. علاوه بر استحکام و چقرمگی، جوش پذیری، شکل پذیری، مقاومت در برابر ترک خوردگی هیدروژنی (تردی هیدروژنی)، خوردگی تنششی و همچنین، مقاومت در برابر خستگی از دیگر الزامات طراحی فولادهای HSLA است [۱-۶].

فولادهای HSLA، در ساخت تجهیزات و سازه های بزرگ مهندسی مانند خطوط انتقال نفت و گاز و صنایع نظامی به ویژه نیروی دریایی، به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرند. فولاد HSLA-100، به واسطه بهره مندی از ترکیب شیمیایی مناسب، از حداقل استحکام تسلیم ۶۹۰ مگاپاسکال و چقرمگی مناسب در دمای پایین (۸۱ ژول در دمای ۸۵- درجه سانتی گراد) برخوردار است. این فولاد، در ادامه روند توسعه فولادهای HSLA حاوی مس از قبیل ASTM A710 و HSLA-80 و به عنوان جایگزینی برای فولاد HY-100 طراحی گردید. جوش پذیری مناسب و عدم نیاز به پیش گرم، موجب استفاده

از آن در ساخت سازه‌های بزرگ و کاهش هزینه‌های تولید گردیده است [۷]. پژوهش‌های زیادی در مورد ریزساختار و تاثیر پارامترهای جوشکاری بر ریزساختار فولاد **HSLA-100** انجام گرفته است. در پژوهشی پراساد و دوودی [۸]، به بررسی تاثیر پارامترهای فرایند قوس زیرپودری بر ریزساختار و چقرمگی اتصالات جوش پرداختند. براساس نتایج، با افزایش حرارت ورودی، اندازه دانه در ناحیه متأثر از حرارت و فلز جوش افزایش یافت. به علاوه، میزان چقرمگی فلزات جوش نیز با افزایش حرارت ورودی بیشتر گردید. بیدختی و همکاران [۹] نشان دادند که افزایش فریت سوزنی در ساختار فلز جوش حاصل از فرایند جوشکاری قوس زیرپودری، سبب افزایش مقاومت در برابر خوردگی تنشی و ترک خوردگی هیدروژنی می‌شود که علت آن، سختی کمتر فاز فریت در مقایسه با فازهای سخت تر مانند بینیت و **M/A** است. ویانو و همکاران [۱۰]، در پژوهش خود بر روی فولاد **HSLA-80** و با استفاده از فرایند قوس زیرپودری به این نتیجه رسیدند که افزایش حرارت ورودی، موجب کاهش مقدار فریت سوزنی تشکیل شده و افزایش ابعاد آنها در ناحیه جوش می‌شود. افزایش حرارت ورودی سبب گسترش عرض ناحیه متأثر از حرارت نیز گردید.

اسپانوس و همکاران [۱۱]، ارتباط میان بیشینه دمای اعمال شده در ناحیه متأثر از حرارت حین جوشکاری و تغییر حرارت ورودی و تاثیر آن بر اندازه دانه آستنیت اولیه در ناحیه متأثر از حرارت فولاد **HSLA-100** را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج به دست آمده، اندازه دانه آستنیت در ناحیه متأثر از حرارت، با افزایش حرارت ورودی افزایش یافت. دانگ و همکاران [۷]، تاثیر حرارت ورودی فرایند قوس تنگستن تحت حفاظت گاز بر ریزساختار و خواص مکانیکی ناحیه متأثر از حرارت فولاد **HSLA** را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که ریزساختار ناحیه متأثر از حرارت عمدتاً شامل مارتنزیت بود که با افزایش حرارت ورودی، ریزساختار به بینیت تغییر یافت و سختی آن ناحیه نیز کاهش پیدا کرد. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر حرارت‌های ورودی مختلف بر ریزساختار فلز جوش فولاد **HSLA-100** و تاثیر حرارت‌های ورودی مختلف بر سیکل‌های حرارتی در منطقه متأثر از حرارت است.

مواد و روش تحقیق

در این پژوهش، از ورق فولاد **HSLA-100** در شرایط نورد ترمومکانیکال و با ضخامت ۱۸ میلی‌متر استفاده شد. شرایط عملیات حرارتی انجام گرفته بر روی این ورق شامل آستنیت‌سازی در دمای ۹۵۰ درجه سانتیگراد و تمپر در دمای ۷۰۰ درجه سانتیگراد بود. با برش از ورق اولیه، قطعات مورد نیاز برای جوشکاری با ابعاد $۱۲۰ \times ۹۰ \times ۵۰$ میلی‌متر آماده شد. جهت پرمودن درز اتصال، از

الکتروود **E12018** استفاده شد. ترکیب شیمیایی فلز پایه و الکتروود در جدول (۱) آمده است.

طرح اتصال نمونه‌ها به صورت جناغی یک طرفه، با زاویه شیار ۷۰ درجه و با ارتفاع ریشه ۱ میلی‌متر آماده شد. جوشکاری با روش قوس الکتروود دستی (**SMAW**)، در سه پاس و سه حرارت ورودی مختلف مطابق با جدول (۲) انجام شد. بر اساس شدت جریان جوشکاری، سرعت جوشکاری و ولتاژ دستگاه و با استفاده از رابطه (۱)، حرارت ورودی محاسبه گردید:

$$H.I = \eta \frac{V.I}{1000S} \quad (1)$$

در این رابطه، **V** ولتاژ، **I** شدت جریان، **S** سرعت جوشکاری و η نیز بازده روش جوشکاری است که در این روش ۰٫۸، در نظر گرفته می‌شود. برای انجام متالوگرافی، به ترتیب از کاغذ سمباده‌هایی از جنس کاربید سیلیسیم از شماره‌های ۶۰ تا ۲۰۰۰ و پودر آلومینا با اندازه ذرات ۱ میکرون استفاده شد. همچنین برای بررسی‌های ریزساختاری فلز جوش و نواحی اطراف آن از میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی روبشی (**SEM**) استفاده شد.

برای بررسی ریزساختاری، سطح نمونه‌ها پس از طی مراحل آماده‌سازی، در محلول نایتال ۲٪ حکاکی گردید. در این پژوهش برای ثبت سیکل‌های حرارتی در منطقه متأثر از حرارت از روش کاشت ترموکوپل استفاده شد.

برای این کار، تعداد ۸ عدد ترموکوپل که فاصله مرکز آن‌ها از هم ۲ میلی‌متر بود در کناره ریشه جوش قرار گرفت و با استفاده از دستگاه **Data logger** دمای لحظه‌ای ترموکوپل‌ها اندازه‌گیری و ثبت گردید. شکل (۱) تصویر شماتیکی از کاشت ترموکوپل در این پژوهش را نشان می‌دهد. برای ثبت این دماها دستگاه بر روی حالت ثبت ۲۰ دما در ثانیه تنظیم شد و سپس داده‌های ثبت شده با استفاده از نرم افزار **Excel** به صورت نمودار رسم شد.

نتایج و بحث

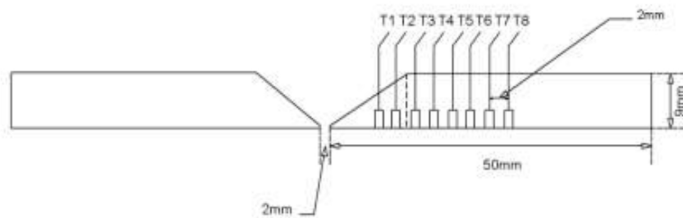
- ریزساختار فلز پایه

شکل (۲)، تصویر ریزساختاری که به وسیله میکروسکوپ نوری و الکترونی از فلز پایه فولاد **HSLA-100** گرفته شده است را نشان می‌دهد.

بر اساس فرایند تولید فولاد مورد استفاده در این پژوهش و با استفاده از نمودار سرد شدن پیوسته فولاد **HSLA-100** و همچنین به کمک مقادیر سختی بدست آمده برای فلز پایه (۳۴۱ ویکرز) مشخص شد که ریزساختار غالب فلز پایه شامل مارتنزیت لایه ای (**LM**) تمپر شده به همراه بینیت دانه ای است. تصویر **SEM** فلز پایه نیز، جزئیات بیشتری از ریزساختار را نشان می‌دهد (شکل ۲-ب).

جدول ۱- ترکیب شیمیایی فلزات پایه و پرکننده بر حسب درصد وزنی

| عنصر/ ماده | C | Mn | P | S | Si | Cr | Mo | Ni | Cu | Nb |
|------------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| HSLA-100 | ۰٫۰۵ | ۰٫۷۸ | ۰٫۰۰۷ | ۰٫۰۰۳ | ۰٫۲۸ | ۰٫۶۲ | ۰٫۵۸ | ۳٫۴۷ | ۱٫۵۴ | ۰٫۰۴ |
| E 12018M | ۰٫۰۶۳ | ۱٫۵ | <۰٫۰۲ | <۰٫۰۲ | ۰٫۳۵ | ۰٫۷ | ۰٫۴۷ | ۲٫۳ | - | - |



شکل ۱- تصویر شماتیک از نحوه قرارگیری رشته‌های ترموکوپل در نمونه جوشکاری

جدول ۲- پارامترهای جوشکاری

| میانگین حرارت ورودی (kJ/mm) | میانگین سرعت جوشکاری (mm/s) | ولتاژ (V) | شدت جریان (A) | نمونه |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------|---------------|-------|
| ۱,۲۶ | ۱,۷۱ | ۳۰ | ۹۰ | ۱ |
| ۱,۳۶ | ۱,۸۵ | ۳۰ | ۱۰۵ | ۲ |
| ۱,۴۹ | ۱,۹۳ | ۳۰ | ۱۲۰ | ۳ |

می‌پذیرد [۱۲، ۱۳]. تشکیل فریت سوزنی سبب می‌شود که ظاهر کلی ریزساختار به شکل سبد بافته تبدیل شود. علاوه بر فریت سوزنی، جزایر M/A نیز درون ریزساختار تشکیل می‌شود. علت تشکیل جزایر M/A آن است که حین تشکیل فریت سوزنی، کربن به درون آستنیت باقیمانده حین استحاله پس زده می‌شود. فاز آستنیت باقیمانده، میان لایه‌های فریت سوزنی قرار می‌گیرد. سپس، ضمن سرد شدن تا دمای محیط، فاز آستنیت، به مارتنزیت پرکربن یا ترکیب M/A تبدیل می‌شود. لذا افزایش حرارت ورودی، با کاهش کسر حجمی فریت سوزنی، مکان‌های تجمع آستنیت میان لایه‌های فریت را کاهش می‌دهد که نتیجه آن، کاهش کسر حجمی فاز M/A است [۱۲، ۱۳].

ریزساختار فصل مشترک

شکل (۴) تصویر ریزساختار فصل مشترک فلز جوش و منطقه متأثر از حرارت را نشان می‌دهد. در همه تصاویر ریزساختاری، دانه‌ها از سمت فلز پایه به درون فلز جوش رشد یافته‌اند که به این پدیده رشد همبافته گفته می‌شود. رشد همبافته زمانی اتفاق می‌افتد که اختلاف زیادی در ترکیب شیمیایی فلز جوش و فلز پایه وجود نداشته باشد. همچنین رشد دانه در منطقه متأثر از حرارت با افزایش حرارت ورودی مشهود است که این رشد می‌تواند به حل شدن رسوبات کربونیتربیدی و از بین رفتن تاثیر قفل کنندگی مرز دانه‌ها بوسیله این رسوبات برگردد.

بررسی سیکل‌های حرارتی ناشی از حرارت ورودی

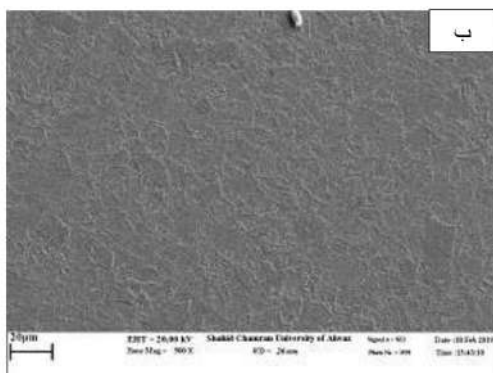
جوشکاری

تغییر پارامترهای جوشکاری به‌ویژه شدت جریان جوشکاری، باعث بوجود آمدن تغییرات زیادی در سیکل‌های حرارتی بوجود آمده در کناره جوش در حین جوشکاری می‌شود که این تغییرات در سیکل‌های حرارتی می‌تواند موجب تغییرات زیادی در ریزساختار و خواص فلز جوش و منطقه متأثر از حرارت گردد. افزایش شدت جریان جوشکاری باعث افزایش حرارت ورودی به حوضچه مذاب و

ریزساختار فلز جوش

در شکل (۳) ریزساختار فلز جوش در سه حرارت ورودی مختلف مشخص شده است. ریزساختار بوجود آمده در این سه حرارت ورودی، ریزساختاری است که غالب آن را فریت سوزنی تشکیل می‌دهد. علاوه بر فریت سوزنی، فریت چندوجهی و فریت شبه چندوجهی و جزایر M/A نیز در ریزساختار دیده می‌شود. با توجه به تصاویر، با افزایش حرارت ورودی، به دلیل کاهش سرعت سرد شدن فلز جوش، کسر حجمی فریت سوزنی در فلز جوش کاهش یافته و کسر حجمی فریت چندوجهی و شبه چندوجهی افزایش یافته است. دلیل این تغییر به کاهش سرعت سرد شدن و در نتیجه افزایش زمان برای تشکیل فریت‌های چندوجهی و شبه چندوجهی در مقابل فریت سوزنی بر می‌گردد. استحاله آستنیت به فریت چندوجهی در محدوده دمایی بالاتری نسبت به فریت سوزنی اتفاق افتاده و با جوانه زنی و رشد فریت چندوجهی از مرز دانه‌های آستنیت اولیه انجام می‌گیرد. رشد این فاز توسط نفوذ اتم‌های حل شونده در امتداد مرز دانه‌ها انجام می‌شود تا تعادل در فصل مشترک فریت/آستنیت حاصل گردد. در دماهای پایین‌تر، دانه‌های فریت، شکل منظم چندوجهی خود را از دست داده و مرزهای آن به شکل تیغه‌ای و ناهموار تبدیل می‌شود. این ریزساختار با شکل نامنظم، به فریت شبه چندوجهی موسوم است. برخلاف فریت مرز دانه‌های که ساختار کریستالی مشخصی ندارد، فریت چندوجهی و شبه چندوجهی از ساختار بلوری خاصی برخوردار هستند.

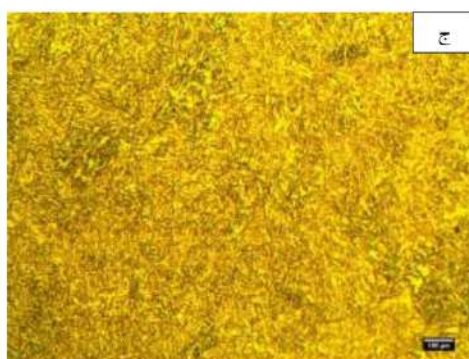
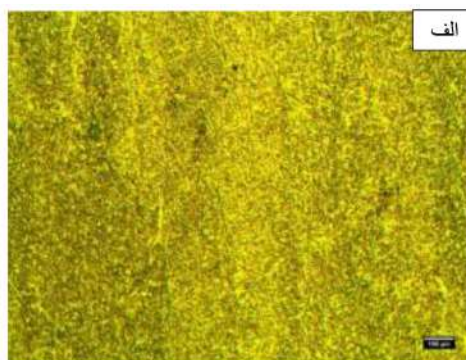
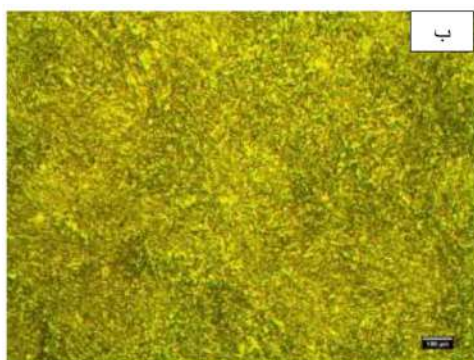
در ادامه، ضمن سرمایش تا دماهای پایین‌تر، ریزساختار فریت سوزنی تشکیل می‌گردد. تشکیل فریت سوزنی برخلاف فریت چندوجهی و شبه چندوجهی، منحصراً درون دانه‌های آستنیت انجام می‌گیرد. فریت سوزنی می‌تواند به صورت غیرهمگن بر روی آخال‌ها جوانه زنی و رشد نماید. آخال‌ها به علت دارا بودن عناصر مختلف مانند منگنز، تیتانیوم و آلومینیوم، سبب کاهش مقدار آنها در زمینه آستنیتی مجاور می‌شود. لذا به دلیل بیشتر بودن میزان این عناصر در آخال، سد انرژی جهت جوانه زنی بر روی آنها نسبت به زمینه کاهش می‌یابد و جوانه زنی بر روی آنها نسبت به زمینه راحت‌تر صورت



الف - تصویر میکروسکوپ نوری ب - تصویر SEM



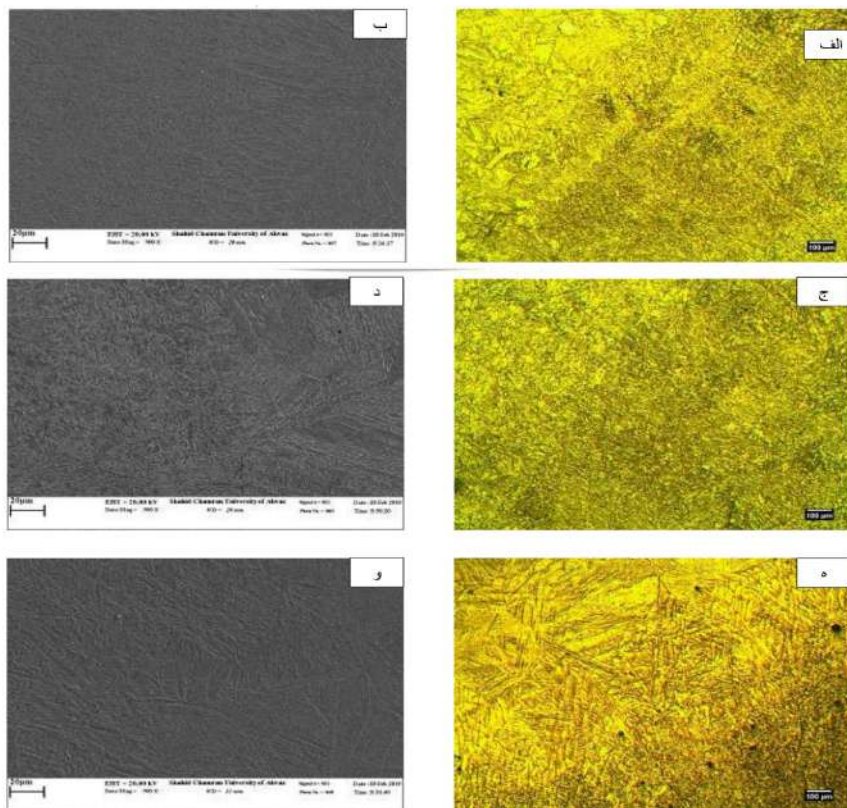
شکل ۲- تصویر ریزساختار فولاد پایه HSLA-100



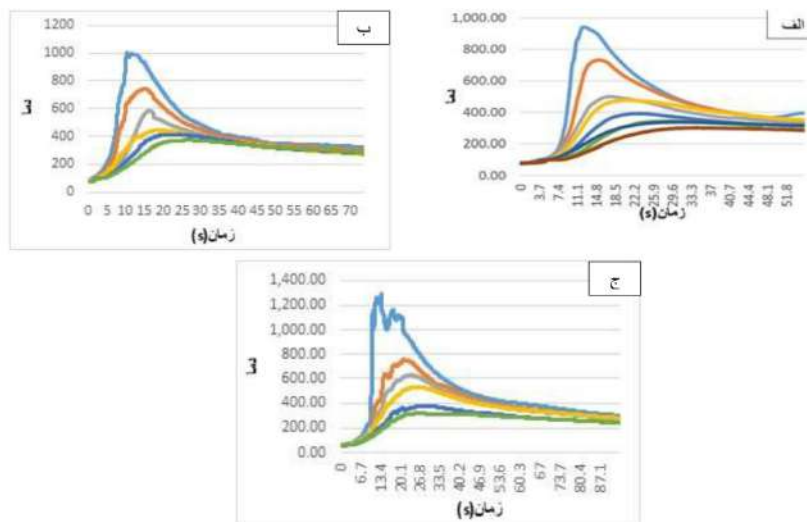
شکل ۳- ریزساختار فلز جوش در حرارت ورودی های الف- ۱۰۲۶ ب- ۱،۳۶ ج- ۱،۴۹ کیلوژول بر میلی متر

نواحی اطراف آن می شود که این افزایش در حرارت ورودی باعث گسترش ناحیه متأثر از حرارت می گردد. شکل (۵)، نمودار دما بر حسب زمان را برای ترموکوپل ها در حرارت ورودی های مختلف نشان می دهد. با توجه به شکل ها مشخص است که با افزایش حرارت ورودی، بیشینه دمای بوجود آمده در منطقه متأثر از حرارت افزایش یافته است. به نحوی که بیشینه دمای ۹۴۲ و ۱۰۰۶ و ۱۲۸۴ درجه سانتی گراد در حرارت ورودی های ۱،۲۶ و ۱،۳۶ و ۱،۴۹ کیلوژول بر میلی متر بوسیله ترموکوپل ها ثبت شده اند. همانطور که گفته شد، با افزایش حرارت ورودی، بیشینه دمای ثبت شده توسط هریک از

ترموکوپل ها در ناحیه متأثر از حرارت افزایش می یابد. علاوه بر آن، افزایش حرارت ورودی، باعث افزایش دمای ثبت شده توسط ترموکوپل ها در فواصل دور تر از مرز ذوب می شود. از طرفی دیگر، با افزایش حرارت ورودی، زمان قرارگیری در دمای بالا بیشتر می گردد. قرار گرفتن به مدت بیشتر در دمای بالا، به طور مشخص در دماهای بالاتر از دمای AC3 علاوه بر آستنیت شدن کامل، منجر به رشد بیشتر دانه ها می شود. افزایش حرارت ورودی بر گسترش ناحیه متأثر از حرارت نیز موثر است. افزایش حرارت ورودی، سبب گردید که مدت قرارگیری در دمای بالا افزایش یابد و به همین



شکل ۴- تصویر ریزساختار مرز جوش در حرارت ورودی الف و ب- ۱۲۶، ج و د- ۱۰۸ و ه و - ۱۴۹ کیلوژول بر میلی متر



شکل ۵- سیکل های حرارتی مربوط به حرارت ورودی الف- ۱۲۶، ب- ۱۰۸، ج- ۱۴۹ کیلوژول بر میلی متر

نتایج

بررسی های ریزساختاری نشان داد فلز جوش در همه حرارت های ورودی شامل فریت سوزنی، فریت چندوجهی و فریت شبه چندوجهی

علت، علاوه بر رشد اندازه دانه، توزیع حرارت ورودی در اطراف فلز جوش نیز بیشتر شود. به دنبال ایجاد چنین شرایطی، عرض ناحیه متأثر از حرارت نیز گسترش می یابد.

And performance, 7, 1998, pp. 247-257.

6-S.K.Dhua, D.Mukerjee, D.S.Sarma, Effect of cooling Rate on the as-quenched microstructure and mechanical properties of HSLA-100 steel plates, Metallurgical and Material Transactions A, 34, 2003, pp. 2493-2504

7-H.Dong, X.Hao, D.Deng, Effect of welding heat input on microstructure and mechanical properties of HSLA steel joint, Journal of metallography, microstructure and analysis, 3, 2014, pp.138-146.

8-K.Prasad, D.K.Dwivedi, Some investigations on microstructure and mechanical properties of submerged arc welded HSLA steel joint, international Journal of advanced manufacturing technology, 36, 2008, pp. 475-483

9-B. Beidokhti. A.H. Koukabi, A. Dolati, Influences of titanium and manganese on high strength low alloy SAW weld metal properties, Materials characterization, 60, 2009, pp.225-233.

10-D.M.Viano, N.U.Ahmed, G.O.Schumann, Influence of heat input and travel speed on microstructure and mechanical properties of double tandem submerged arc high strength low alloy steel weldments, Science and technology of welding and joining, 5, 2000, pp. 26-34.

11-G.Spanos, D.W.Moon, R.W.Fonda, E.S.K.Menon, A.G.Fox, Microstructural, compositional, and microhardness variations across a gas-metal arc weldment made with an ultralow-carbon consumable metallurgical and materials transactions A, 32, 2001, pp. 3043-3054.

12-S.S.Ghasemi Banadkouki, D.P.Dunne, Formation of ferritic products during continuous cooling of a Cu-bearing HSLA steel, ISIJ international, 46, 2006, pp.759-768.

13-M.Dias Fuentes, I.Gutierrez, Analysis of different acicular ferrite microstructures generated in a medium-carbon molubdenum steel, Materials science and engineering, 363, 2003, pp. 316-324

پی نوشت

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مواد، دانشگاه شهید چمران اهواز

2- استادیار، مهندسی مواد، دانشگاه شهید چمران اهواز

3- استادیار، مهندسی مواد، دانشگاه شهید چمران اهواز

به همراه فاز ثانویه M/A بود که این فاز میان دانه‌های فریت سوزنی تشکیل گردید.

- با بررسی‌های ریزساختاری مشخص شد با افزایش حرارت ورودی افزایش یافت و در مقابل کسر حجمی فریت سوزنی کاهش یافت.

- بررسی‌های ریزساختاری مرز جوش نشان داد در همه حرارت‌های ورودی، ساختاری کاملاً پیوسته و بدون ترک در مرز جوش بوجود می‌آید و همچنین به دلیل نزدیک بودن ترکیب شیمیایی فلز جوش و فلز پایه در همه نمونه‌ها رشد همبافته دیده شد.

- بررسی سیکل‌های حرارتی ثبت شده توسط ترموکوپل‌ها نشان داد با افزایش حرارت ورودی، بیشینه دمایی در پیک‌ها افزایش یافته و همچنین زمان ماندگاری در دماهای بالا نیز افزایش می‌یابد.

منابع

1-S.J.Mikalac, M.G.Vassilaros, " Processing, Microstructure and Properties of Microalloyed and other Modern High Strngth Low alloy steels", Proc. Int. Conf. Pittsburgh, June3-6,1997, p.331/343

2-S.Das, A.Ghosh, S.Chatterjee, P.Ramachandra Rao, Evolution of microstructure in an ultra-low carbon Cu-bearing HSLA forging, Scandinavian journal of metallurgy processes and materials engineering, 31, 2002, pp.272-280.

3-S.K.Dhua, D.Mukerjee, D.S.Sarma, Influence of tempering on the microstrusture and mechanical properties of HSLA-100 steel plates, Metallurgical and Material Transactions A, 32, 2001, pp. 2259-2270

4-S.Panwar, D.B.Goel, O.P.Pandey, K.Satya Prasar, Effect of microalloying on aging of a Cu-bearing HSLA-100 (GPT) steel Bulletin of Materials Science, 21, 2006, pp.281-292

5-M.Mujahid, A.K.Lis, C.I.Garcia, A.J.Deardo, HSLA-100 steel: influence of aging heat treatment on microstructure and properties, Materials engineering



آیا الزامات اجرایی جوشکاری تولیدی برای پژوهش های جوشکاری نیز کاربرد دارند؟

مهندس عبدالوهاب ادب آوازه^۱

عبارتند از:

- آنالیز شیمیایی
 - بالابودن ضخامت
 - بالا بودن خواص فیزیکی
 - درجه ممانعت قطعات متصل شونده
- آنالیز شیمیایی فولاد را می توان با درصد کربن یا معادل کربن ارائه کرد. هرچه درصد کربن یا معادل کربن بالاتر باشد، نیاز به پیش گرمایش بیشتر است.

(1)
$$CE = C + \frac{Mn}{16} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

ASME Section IX دسته بندی فلزات را با توجه به ترکیب شیمیایی، جوش پذیری و خواص مکانیکی با P-No ارائه کرده است.



شکل ۱- پیش گرمایش سرلوله ها قبل از جوشکاری از داخل لوله و کنترل دمای پیش گرمایش از بیرون لوله (برای خط لوله)

مقدمه

جوشکاری یک عامل مهم در اقتصاد امروزی بحساب می آید. واژه کیفیت در ساخت و تولید راه بدون استاندارد نمی توان تجزیه و تحلیل کرد. معیار پذیرش استانداردهای کاربردی، مشکل گشا و راهنمای تصمیم گیری در صنعت است. نظام کیفیت در جوشکاری، نسبت به رشته های دیگر کاری، با برنامه و منسجم تر است.

جوشکاری ساخت و تولید، با WPS، PQR، WQT، بازرسی، کنترل کیفیت، ITP، QC PLAN، NDT و... برنامه ریزی شده است. در کدها و استانداردهای کاربردی برای ساخت دیگ های بخار، مخازن تحت فشار، مبدل های حرارتی، مخازن ذخیره، لوله کشی های صنعتی و غیره، الزاماتی ارائه شده است که در انجام جوشکاری های ساخت، نصب، بازسازی و تعمیرات متناسب با نوع تجهیز و رشته کاری مربوطه باید رعایت شوند. هدف از این نوشته، آن است که آیا الزامات اجرایی جوشکاری تولیدی برای پژوهش های جوشکاری نیز کاربرد دارد یا می توان از انجام بعضی از این الزامات، صرف نظر نمود؟

دسته بندی الزامات برای شاخه های مختلف صنعت، متفاوت است از این رو فقط پنج عامل پیش گرمایش، عملیات حرارتی پس از جوشکاری، پخت الکترودهای روکش قلیایی، جوشکاری چند پاسی یا تک پاسی و دمای آزمایش ضربه در اینجا یادآوری می شود. امیدوارم اساتید فن و پژوهشگران رشته جوشکاری به این پرسش ها، پاسخ دهند تا بتوان جمع بندی و نتیجه گیری از نظرات را به صنایع ذیربط ارائه نمود.

پیش گرمایش

عوامل عمده تعیین کننده نیاز به پیش گرمایش قبل از جوشکاری

جدول ۱- دمای پیش گرمایش

| دمای پیش گرمایش (درجه سلسیوس) | دمای پیش گرمایش (درجه سلسیوس) | استحکام کششی KSI | ضخامت میلیمتر | عنصر | Group-NO. | P-No. |
|--|----------------------------------|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|-------|
| ۱۰ | ۷۹ | _____ | بیشتر از ۲۵ | کربن بیش از 0/30 درصد | 1,2,3 | 1 |
| ۱۰ | ۷۹ | بیش از ۷۰ | بیشتر از ۱۶ | _____ | 1,2,3 | 3 |
| ۱۴۹ | ۲۰۴ | بیش از ۶۰ | بیشتر از ۱۳ | کروم بیش از 6 درصد | 1 | 5A,5B |
| جوشکاری فولاد زنگ نزن آستنیتی، نیاز به پیش گرمایش ندارد. | | | | | | 8 |

- هر چه ضخامت فلز بیشتر باشد، نیاز به پیش گرمایش برای جوشکاری بیشتر است.
- هر چه استحکام کششی فولاد بالاتر باشد، نیاز به پیش گرمایش بیشتری برای جوشکاری دارد.
- هر چه برای اعضای متصل شوند، هنگام جوشکاری ممانعت ایجاد شود یا از آزادی انبساط و انقباض آن ها هنگام جوشکاری جلوگیری شود، نیاز به پیش گرمایش بیشتر است.
به عنوان مثال، جدول شماره یک برای این عوامل تعیین کننده دمای پیش گرمایش ارائه شده است:



شکل ۲- عملیات حرارتی تنش زدایی مخزن ساخته شده در داخل کوره

در جدول (۲)، حداقل دمای عملیات حرارتی و ضخامتی که بیشتر از آن نیاز به عملیات حرارتی دارد، ارائه شده است.

جدول ۲- ضخامت نیازمند به عملیات حرارتی.

| حداقل دمای عملیات حرارتی (درجه سلسیوس) | ضخامت بیشتر از (mm) | Group-no. | P-NO. |
|--|------------------------|-----------|--------|
| 595 | 32 | 1,2,3 | 1 |
| 595 | 16 | 1,2,3 | 3 |
| 650 | هر ضخامت | 1,2 | 4 |
| 675 | هر ضخامت | 1 | 5A+B+C |
| 595 | 16 | 1 | 9A+B |
| 595 | 16 | 1 | 10A |
| 595 | هر ضخامت | 1 | 10B |
| 540 | 32 | 1 | 10C |

همانطور که در جدول (۲) ملاحظه می شود، فولادهای با جنس متفاوت، ضخامت نیازمند عملیات حرارتی آن ها، متفاوت است. در جدول های **ASME-VIII UCS-56-1 to 11**، علاوه بر

AWSD1.1، نه تنها به موضوع پیش گرمایش برای جوشکاری مواد مختلف پرداخته است، بلکه کاهش بیش از ۱۵ درجه سلسیوس از دمای معین شده را، برای جوشکاری نمونه **PQR** تغییر اساسی دانسته است.

ASME-IX نیز برای جوشکاری نمونه **PQR** کاهش بیش از 55 درجه سلسیوس از دمای معین شده را، متغیر اساسی (**Essential Variable**) در نظر گرفته است.

متغیرهای اساسی، متغیرهایی هستند که بر خواص مکانیکی جوش تأثیری گذارند و در صورت تغییر نیاز به تأیید صلاحیت مجدد **WPS** دارند.

در صورتی که برای جوشکاری فلز پایه نیاز به پیش گرمایش داشته باشد، برای جوشکاری نمونه **PQR** انجام پیش گرمایش الزامی است. اما اگر برای جوشکاری نمونه آزمون تأیید صلاحیت جوشکار فلز پایه نیاز به پیش گرمایش داشته باشد، می توان پیش گرمایش را حذف نمود.

علاوه بر عوامل نامبرده شده برای لزوم پیش گرمایش، برای جوشکاری قطعات ضخیم، کربن بالا، استحکام بالا بمنظور حذف احتمال ترک هیدروژنی، پیش گرمایش بسیار مفید است.

آیا برای پژوهش وقتی فلزات از جنس های مختلف به منظور تاثیر پارامترهای گوناگون در جوشکاری تحت بررسی قرار می گیرند، پیش گرمایش قابل صرف نظر هست یا خیر؟

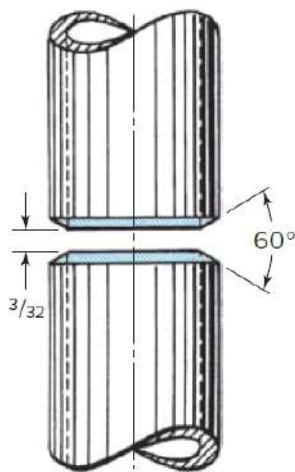
عملیات حرارتی پس از جوشکاری

هنگام جوشکاری برای ساخت قطعات، تنش های پسماند در قطعات جوش داده شده، باقی می ماند. برای آنکه از حداکثر پتانسیل و توانایی فلز مورد استفاده در ساخت تجهیز (به ویژه ظروف تحت فشار) استفاده شود، بعد از ساخت و قبل از شروع به بهره برداری، در مواردی لازم است با انجام عملیات حرارتی پس از جوشکاری

خوب رادیوگرافی و مقاومت خوب ضربه ای ارائه می دهند و برای مواردی که پیدایش ترک هیدروژنی، احتمال دارد، پخت و خشک نگهداشتن آن ها بسیار مفید است.

آیا برای کارهای پژوهشی، صرف نظر کردن از پخت الکتروود روکش قلیایی مجاز است؟

جوشکاری چند پاسی یا تک پاسی
جوشکاری قطعات ضخیم (ورق یا لوله) معمولاً در چند پاس (گذر) انجام می شود.
جوشکاری شیاری سازه های فولادی (اسکلت فلزی) متناسب با ضخامت ورق بصورت یکطرفه یا دو طرفه انجام می شود.
در صورتی که جوشکاری با الکتروود روکش دار انجام شود، برای اسکلت فلزی معمولاً یک نوع الکتروود برای جوشکاری تمام پاس ها انتخاب می شود (مثل E6013 یا E7018 یا E7024 یا E7027) اما قطر الکتروود متناسب با شیاری، می تواند متفاوت باشد.
برای جوشکاری لوله های فولاد کربنی، چون جوشکاری فقط از بیرون لوله مجاز است، برای جوشکاری پاس ریشه معمولاً از الکتروود روکش سلولزی پر نفوذ مثل E6010 استفاده می شود.
جوشکاری بقیه پاس ها با الکتروود روکش قلیایی (مثل E7018) انجام می شود بنابراین اگر هم ضخامت کم داشته باشد، جوشکاری آن در یک پاس معمول نیست.



شکل ۴- جوشکاری پاس ریشه با الکتروود سلولزی پر نفوذ و جوشکاری بقیه پاس ها با الکتروود دارای استحکام کششی یکسان (فقط از بیرون) انجام می شود.

حتی برای لوله کشی گاز خانگی که لوله ها ضخامت کم دارند، جوشکاری در یک پاس قابل قبول نیست.
جوشکاری خط لوله معمولاً در چند پاس انجام می شود (پاس ریشه، پاس گرم، پاس پرکن، پاس نما).
برای جوشکاری روکشی (Overlay Welding) برای مقاومت به خوردگی، بهتر است لایه زیر از یک فلز پرکننده و جوش روکشی

شرایط الزامی عملیات حرارتی، شرایط معاف بودن از عملیات حرارتی نیز ارائه شده است.

اصولاً برای فولاد زنگ نزن آستینیتی (P-No.8)، بخاطر حساس شدن و احتمال تشکیل کاربید کروم، عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) توصیه نمی شود. در صورتی که عامل الزام به عملیات حرارتی، سیال در تماس (برای لوله یا مخزن) باشد، معافیت از عملیات حرارتی مورد قبول نیست و به این الزام، Service requirement می گویند که معافیت عملیات حرارتی ندارد.
چنانچه برای تهیه نمونه PQR نیاز به عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) باشد، انجام عملیات حرارتی، متغیر اساسی محسوب می شود و انجام آن الزامی است.
اما اگر عملیات حرارتی برای آزمون تایید صلاحیت جوشکار باشد، از انجام آن می توان صرف نظر نمود.

آیا برای موارد پژوهشی وقتی برای بررسی تاثیر پارامترهای گوناگون در جوشکاری نیاز به عملیات حرارتی می باشد، می توان از انجام عملیات حرارتی صرف نظر نمود؟

پخت الکتروودهای روکش قلیایی

الکتروودهای روکش قلیایی که به الکتروودهای کم هیدروژن معروفند، میزان رطوبت مجاز در روکش آن ها، محدودیت دارد و از این رو لازم است که در بسته بندی های درزبندی شده (روکش پلاستیکی، پلاستیکی یا فلزی) نگهداری و قبل از جوشکاری در Oven پخت و خشک شوند. پخت این الکتروودها معمولاً در دمای ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه بمدت یک تا دو ساعت انجام می شود (در هر صورت توصیه کارخانه سازنده الکتروود، رجوع است).



شکل ۳- جوشکار از الکتروودهای پخت شده در Oven مستقیماً استفاده می کند یا مقداری از الکتروودهای پخت شده را داخل گرمکن می گذارد و از آن استفاده می کند.

این الکتروودها در صورت رعایت این موضوع، جوش های با کیفیت

جدول ۳- فرم متداول برای درج نتایج آزمایش ضربه، که در آن درج دمای آزمایش ضربه الزامی است.

Toughness Tests (QW-170)

| Specimen No. | Notch Location | Specimen Size | Test Temperature | Toughness Values | | | Drop Weight Break (Y/N) |
|--------------|----------------|---------------|------------------|------------------|---------|------------------|-------------------------|
| | | | | ft-lb or J | % Shear | Mils (in.) or mm | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

انجام آزمایش کشش و آزمایش خمش در دمای نرمال آزمایشگاه، قابل قبول است، اما برای آزمایش ضربه، حتما باید دمای واقعی نمونه هنگام انجام آزمایش درج شود.

نتایج آزمایش ضربه که بدون درج دمای آزمایش ارائه شود، قابل مقایسه با ارقام ارائه شده در معیارهای پذیرش کدها و استانداردها نبوده و مورد تایید نیست.

تاکید بر دمای آزمایش ضربه برای قطعات آهنگری از جنس فولاد کربنی و کم آلیاژ **ASTMA765** برای مخازن تحت فشار که در آن انجام آزمایش چقرمگی الزامی است در جدول (۴) ملاحظه می شود.

تفاوت مقدار مقاومت ضربه ای با دماهای مختلف برای قطعات آهنگری از جنس فولاد کربنی و کم آلیاژ **ASTMA508** برای مخازن تحت فشار از نوع آب داده و برگشت شده (**Quenched and Tempered**) در جدول (۵) ارایه شده است.

آیا برای کارهای پژوهشی مربوط به این مواد، می توان از انجام آزمایش ضربه صرف نظر نمود یا نتیجه آزمایش ضربه را بدون درج دمای آزمایش پذیرفت؟

محافظت از فلز پر کننده دیگر باشد (جمعا جوشکاری در دو پاس متداول تر است).

برای جوشکاری روکشی بمنظور افزایش سختی نیز معمولا از دو فلز پر کننده استفاده می شود (یعنی جوشکاری سخت کاری سطحی نیز در یک پاس انجام نمی شود).

برای موارد ترمیمی جزئی قطعات ضخیم که ضخامت لایه جوش کم است نیز برای اجتناب از تنش زدایی کل قطعه، علاوه بر جوش ترمیمی، لایه تمپری نیز روی جوش ترمیمی جوش داده می شود و سپس با سنگ زنی سطح محل ترمیم شده را به سطح مناسب می رسانند (یعنی جوشکاری **Temper bead** نیز در یک پاس انجام نمی شود).

آیا برای کارهای پژوهشی، اکتفا به جوشکاری در یک پاس، مجاز است؟

دمای آزمایش ضربه

فولادهایی که برای ساخت سازه یا تجهیزات با کاربری های دینامیکی یا برای بهره برداری در دمای زیر صفر استفاده می شوند، لازم است چقرمگی یا مقاومت ضربه ای آن ها در هنگام آزمایش نمونه های **PQR** بررسی شود.

جدول ۴- الزامات ضربه چارپی با شکاف V شکل (ASTM-A765)

TABLE 3 Charpy V-Notch Impact Requirements

| | Grade I | Grade II | Grade III | Grade IV | Grade V (Classes 1 and 2) |
|---|-----------|-----------|-------------|----------------------|------------------------------|
| Minimum average value of set of three specimens, ft-lbf (J) | 13 [18] | 15 [20] | 15 [20] | 26 [35] ^A | 15 [20] |
| Minimum value of one specimen, ft-lbf (J) | 10 [14] | 12 [16] | 12 [16] | 20 [27] ^A | 12 [16] |
| Test temperature of, ^B °F [°C] | -20 [-30] | -50 [-45] | -150 [-100] | -20 [-30] | -75 [-60] |

^A Mandatory conformance to the values listed is a matter of agreement between the purchaser and the manufacturer. The energy values above are shown for information as to guarantees that are generally available.

^B Actual test temperature should be established at time of order. If no temperature is specified, tests will be made at test temperatures shown in this table.

جدول ۵- الزامات آزمایش چارپی (ASTM-A508)

TABLE 3 Charpy Impact Requirements

| | Grades 1 and 1a at +40 °F [4.4 °C] | Grades 2 Class 1 and 3 Class 1 at +40 °F [4.4 °C] | Grades 2 Class 2 and 3 Class 2 at +70 °F [21 °C] | Grades 4N (all classes) and 5 (all classes) at -20 °F [-29 °C] | Grade 22, Class 3 and Grades 3V and 3VCb at 0 °F [-18 °C] | Grade 6 Classes 1, 2, 3, and 4 at -75 °F [-59 °C] | Grade 22 Classes 4, 5, 6, and 7 at -75 °F [-60 °C] |
|--|--|--|---|--|--|---|--|
| Minimum average value of set of three specimens, ft-lbf [J] ^A | 15 [20] | 30 [41] | 35 [48] | 35 [48] | 40 [54] | 20 [27] | 40 [55] |
| Minimum value of one specimen, ft-lbf [J] | 10 [14] | 25 [34] | 30 [41] | 30 [41] | 35 [50] | 15 [20] | 35 [50] |

^A Not more than one specimen from a set may be below this value.

Fusing Qualifications
-ASME B31.3:2022-Process Piping
-AWS D1.1:2020- Structural Welding Code- Steel
پی نوشت
1-انجمن جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب ایران

منابع
**-ASME Section II:2023- Materials , Part A Ferrous
Material Specification**
-ASME Section IX:2023-Welding, Brazing and



راهنمای جامعی برای اجزای مکانیکی نوار نقاله و بازرسی آن‌ها

محمد شهباز

مقدمه

نوار نقاله به‌عنوان یک جزء حیاتی در بسیاری از صنایع، حرکت موثر مواد را فراهم می‌کند. برای اطمینان از عملکرد ایمن و قابل اعتماد یک نوار نقاله، بسیار مهم است که اجزای مکانیکی آن و انواع آنها و عملکردهای مربوطه را درک کنیم. در این مقاله، به بررسی اجزای مکانیکی گوناگون یک نوار نقاله، انواع آنها و توضیحات دقیق عملکردهای آنها می‌پردازیم. همچنین، اهمیت استفاده از استانداردهای صنعتی در حفظ عملکرد و ایمنی بهینه را برجسته می‌کنیم.

- **تسمه نقاله های PVC (پلی وینیل کلراید):** این نوع تسمه نقاله ها از PVC ساخته شده‌اند و برای انتقال مواد خشک و غیرخورنده مناسب هستند. آنها مقاومت خوبی در برابر روغن، چربی و حرارت دارند. از جمله کاربردهای آنها می‌توان به انتقال محصولات صنایع غذایی، فرآوری چوب و صنایع پلاستیکی اشاره کرد.

- **تسمه نقاله های لاستیکی:** تسمه نقاله های لاستیکی از مواد مانند EPDM (آسپیدوم)، نیوپرن و نیتریل ساخته می‌شوند. آنها مقاومت بالا در برابر روغن، حرارت و آب دارند. از جمله کاربردهای آنها می‌توان به صنایع معدنی، شیمیایی، کشاورزی و سیمان اشاره کرد.

- **تسمه نقاله های PU (پلی یورتان):** این نوع تسمه نقاله ها از پلی یورتان ساخته شده‌اند و مقاومت بسیار بالا در برابر سایش و ضربه دارند. آنها مناسب برای انتقال مواد سنگین و تیز گوشته مانند سنگ‌های خرد شده، مواد غذایی سنگین و لوازم خودرویی هستند.

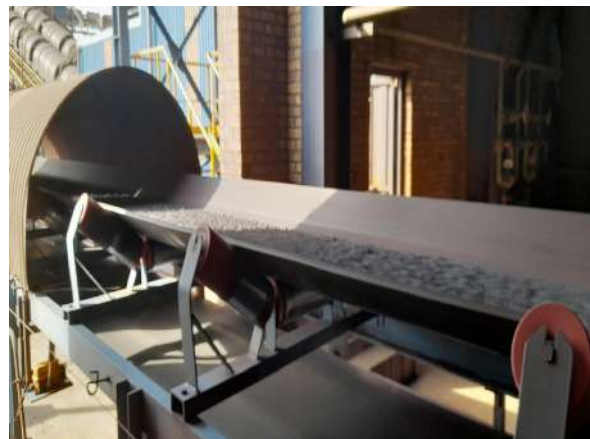
- **تسمه نقاله های نایلون:** این نوع تسمه نقاله ها از نایلون مقاوم ساخته شده‌اند و مناسب برای انتقال مواد گرانبروی، پلاستیک، فلزات و مواد شیمیایی است. آنها مقاومت بالا در برابر سایش و حرارت دارند.

- **تسمه نقاله های فلزی:** تسمه نقاله های فلزی از جمله تسمه نقاله‌های فولادی و آلومینیومی هستند. آنها برای انتقال مواد سنگین، قطعات فلزی و مواد با دمای بالا استفاده می‌شوند. این نوع نوارها مقاومت بسیار بالا در برابر سایش و حرارت دارند. در کاربردهای صنعتی، تسمه نقاله ها در صنایع مختلف استفاده می‌شوند، از جمله:

- صنایع معدنی: برای انتقال سنگ‌های خرد شده، زغال سنگ، مواد معدنی و مواد اولیه استفاده می‌شوند.

- صنعت سیمان: برای انتقال مواد خام، سیمان، آهک و آدیت استفاده می‌شوند.

- صنایع غذایی: در انتقال محصولات غذایی نظیر دانه‌ها، آرد، شکر، سبزیجات و محصولات بسته بندی شده استفاده می‌شوند.



- تسمه نقاله

تسمه نقاله یکی از اجزای اصلی سیستم نوار نقاله است که برای انتقال مواد به صورت پیوسته و مداوم استفاده می‌شود. تسمه نقاله از مواد متنوعی ساخته می‌شود و نوع مورد استفاده بستگی به نوع موادی دارد که باید منتقل شوند و شرایط کاربری است.

- صنایع شیمیایی: برای انتقال مواد شیمیایی، پتروشیمی، رنگ‌ها و مواد اولیه صنایع شیمیایی استفاده می‌شوند.
- صنعت خودروسازی: در خطوط تولید خودرو برای انتقال قطعات خودرو استفاده می‌شوند.
تسمه نقاله‌ها با توجه به نوع مواد منتقل شونده و شرایط کاربری متنوعی دارند و هر یک به خوبی برای کاربردهای خاص خود مناسب هستند.

درام‌ها

درام‌ها نقش مهمی در حرکت نوار و تضمین عملکرد صحیح آن ایفا می‌کنند. انواع مختلفی از درام‌ها وجود دارد، از جمله درام‌های پیشرو، درام‌های ابتدا، درام‌های ته، درام‌های انحنا، درام‌های افتادگی و درام‌های تنظیم کشش. درام پیشرو نیرویی را به نوار منتقل می‌کند، در حالی که درام ابتدا مواد را دریافت می‌کند. درام انتها در سمت مخالف پشتیبانی می‌کند، درام‌های انحنا در تغییر جهت نوار به کمک می‌آیند، درام‌های افتادگی کشش نوار را افزایش می‌دهند و درام‌های تنظیم کشش تنش نوار را در سیستم نگهداری می‌کنند.



درام‌ها بخش‌های اساسی از نوارهای نقاله هستند که برای تغییر جهت نوار و ایجاد تنش، حرکت مواد را فراهم می‌کنند. این درام‌ها از انواع مختلفی تشکیل شده‌اند که هر یک برای کاربردهای خاص طراحی شده‌اند. در زیر به بررسی انواع مختلف درام‌ها و کاربردهای آنها می‌پردازیم:

- **درام‌های محرک:** درام‌های محرک مسئول انتقال قدرت به نوار و محرک کردن حرکت آن هستند. این درام‌ها معمولاً به قطر بزرگتری برخوردار هستند تا سطح تماس نوار با آن افزایش یابد و انتقال قدرت بهینه را فراهم کند. درام‌های محرک به طور معمول در صنایعی مانند معدن، تولید و کشاورزی استفاده می‌شوند.

- **درام‌های رهگیر:** درام‌های رهگیر برای افزایش زاویه تماس نوار با درام‌های محرک استفاده می‌شوند و در ایجاد مقاومت و جلوگیری از لغزش مؤثر هستند. این درام‌ها معمولاً در نزدیکی درام‌های محرک نصب می‌شوند و به حفظ تنش و ردیابی نوار کمک می‌کنند. درام‌های رهگیر در کاربردهایی که حفظ قدرت چسبندگی نوار بسیار

حائز اهمیت است مانند نوارهای مورد استفاده در محل‌های مورد نیاز برقراری شیب یا در سیستم‌های بار سنگین استفاده می‌شوند.

- **درام‌های بازگشتی:** درام‌های بازگشتی در سمت مخالف درام‌های محرک قرار دارند و مسئول راهنمایی نوار برگشتی هستند. آنها برای حمایت از سمت خالی و بازگشتی نوار طراحی شده‌اند و همچنین در صحت ردیابی نوار نقش دارند. درام‌های بازگشتی در صنایعی که نوار در یک حلقه پیوسته عمل می‌کند مانند کارخانه‌های بازیافت و سیستم‌های حمل و نقل بارهای مسافری استفاده می‌شوند.

- **درام‌های دم (Tail Pulleys):** درام‌های دم در انتهای نوار قرار دارند و حمایت از بخش خالی نوار را بر عهده دارند. آنها به حفظ تنش و جلوگیری از شل شدن نوار کمک می‌کنند. درام‌های دم معمولاً با سیستم‌های تنظیم و حفظ تنش مجهز می‌شوند تا تنش مناسب در نوار را تنظیم و حفظ کنند.

- **درام‌های خمشی (Bend Pulleys):** درام‌های خمشی برای تغییر جهت نوار در اطراف انحناها یا پیچیدگی‌های سیستم نقاله استفاده می‌شوند. آنها به حداقل رساندن تنش خمشی در نوار و اطمینان از حرکت صاف بدون اصطکاک زیاد کمک می‌کنند. درام‌های خمشی در کاربردهایی که سیستم نقاله نیاز به تغییر جهت دارد مانند سیستم‌های حمل و نقل بارهای مسافری فرودگاه یا امکانات مرتبط با پیکربندی بسته‌بندی پستی استفاده می‌شوند.

- **درام‌های بالابرنده (Wing Pulleys):** درام‌های بالابرنده دارای بالاهای یا برجک‌هایی در کناره‌ها هستند که در ردیابی بهتر نوار کمک می‌کنند. آنها به ویژه در کاربردهایی که نوار به طور مداوم به سمت جانبی حرکت می‌کند یا از درام‌ها خارج می‌شود بسیار مفید هستند. درام‌های بالابرنده به طور معمول در سیستم‌های حمل و نقل مواد گسترده و نوارهای وسیع استفاده می‌شوند.

- **درام‌های مغناطیسی (Magnetic Pulleys):** درام‌های مغناطیسی با قرار دادن مغناطیس‌ها در پوسته آن‌ها طراحی شده‌اند که مواد مغناطیسی را از مواد منتقل شونده جدا می‌کنند. آنها در صنایعی که با مواد قابل بازیافت مانند کارخانه‌های خرده فلزی یا تسهیلات مدیریت پسماند سخت و پنجره کاری مرتبط هستند استفاده می‌شوند. هر نوع درام‌های مذکور برای انجام یک عملکرد خاص طراحی شده است و به بهره‌وری و قابلیت اطمینان سامانه نقاله کمک می‌کنند. انتخاب درام‌های مناسب بستگی به عواملی مانند نوع مواد منتقل شونده، نیاز به تنش نوار، پیکربندی نقاله و شرایط محیطی که سیستم در آن عمل می‌کند دارد. معیارهای مرتبط با درام‌ها و نوارهای نقاله به منظور اطمینان از کیفیت و عملکرد صحیح آن‌ها وجود دارد. برخی از معیارهای معتبر در این زمینه عبارتند از:

- **استاندارد CEMA:** این استاندارد، که توسط انجمن سازندگان تجهیزات نقاله تهیه شده است، دستورالعمل‌ها و مشخصات فنی را برای طراحی و ساخت درام‌ها و نوارهای نقاله فراهم می‌کند. استاندارد CEMA شامل اصول و روش‌های محاسبه، انتخاب مواد و ساختارهای استاندارد است.

- **استاندارد ISO 1536:** این استاندارد برای درام‌های نوارهای نقاله از جنس فولادی کاربرد تنگ‌ترین مورد استفاده قرار می‌گیرد. این استاندارد شامل الزامات فنی و مشخصات ماده اولیه، طراحی، ساخت

و آزمایش درام ها است.

- استاندارد DIN 22112: این استاندارد برای درام ها و ماشین آلات نوارهای نقاله از جنس فولادی کششی مورد استفاده قرار می گیرد. این استاندارد شامل الزامات عمومی، مشخصات ماده اولیه، طراحی، ساخت و آزمایش درام ها است.

- استاندارد ANSI/CEMAB105.1: این استاندارد به منظور تعیین مشخصات و الزامات فنی برای درام های نوارهای نقاله استفاده می شود. این استاندارد شامل روش های تست و آزمون درام ها، مشخصات مواد اولیه، طراحی و ساخت درام ها می باشد. موارد فوق تنها برخی از معیارهای استاندارد در زمینه درام ها و نوارهای نقاله هستند. با توجه به نیاز خاص پروژه و صنعت مربوطه، معیارهای دیگری نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. مهم است که در هنگام طراحی، ساخت و نصب درام ها و نوارهای نقاله، استانداردهای معتبر را رعایت کرده و مواد با کیفیت و استاندارد را استفاده نمایید.

غلطک ها: غلطک ها یا ستون غلطکی هستند که نوار را پشتیبانی و هدایت می کنند و اصطلاحاً از اصطلاحات فنی به جا استفاده می شود. انواع مختلفی از غلطک ها وجود دارد، شامل غلطک های تراوشی، غلطک های بازگشتی، غلطک های ضربه گیر، غلطک های خودتراز، غلطک های تمرین و غلطک های گذر. غلطک های تراوشی به صورت استراتژیک برای ایجاد شکل تراوشی قرار داده می شوند و در پشتیبانی و جلوگیری از ریزش مواد موثر هستند. غلطک های بازگشتی از طرف بازگشتی نوار پشتیبانی می کنند. غلطک های ضربه گیر شوک بارگیری مواد را جذب می کنند. غلطک های خودتراز به طور خودکار اصلاح خطاهای نوار را انجام می دهند. غلطک های تمرین در حفظ خط مستقیم بوجود آمده در نوار کمک می کنند و غلطک های گذر در ایجاد گذرهای صاف بین بخش های مختلف نوار نقاله کمک می کنند.



ایدلرها، اجزای مکانیکی است که در سیستم های مختلف برای حمایت و هدایت نوار نقاله یا سایر قطعات متحرک استفاده می شوند. آنها در کمینه کردن اصطکاک، فراهم کردن تنش مناسب و تضمین عملکرد صاف مؤثر هستند. ایدلرها در صنایعی مانند معدن، تولید،

کشاورزی و حمل و نقل به طور معمول استفاده می شوند.

- Troughing Idlers: ایدلرهای گردنده به منظور حمایت و شکل دهی به نوار نقاله به صورت یک شیار V شکل طراحی شده اند. این تنظیمات به کمک جابجایی بار و هدایت آن در طول نوار نقاله کمک می کنند. ایدلرهای گردنده به طور معمول در صنایع معدنی، ساخت و ساز و فراوری سنگ و مواد معدنی استفاده می شوند. آنها پایداری به نوار می دهند، از ریخته شدن مواد جلوگیری می کنند و حمل و نقل مواد را به صورت کارآمد تسهیل می کنند.

- Return Idlers: ایدلرهای برگشتی در زیر نوار نقاله قرار می گیرند و وظیفه حمایت از نوار و حفظ تنش مناسب را بر عهده دارند. آنها به حفظ تسطیح نوار برمی گردند و عملکرد صحیح نوار را تضمین می کنند. ایدلرهای برگشتی در تکمیل حلقه نوار مهم هستند و در سیستم های نقاله به صورت گسترده ای استفاده می شوند تا جریان پیوسته نوار را فراهم کنند.

- Impact Idlers: ایدلرهای ضربه به منظور جذب ضربه مواد سقوطی بر روی نوار نقاله طراحی شده اند. آنها دارای دیسک های لاستیکی یا فومی هستند که به کاهش نیروی ضربه و حفاظت نوار از آسیب کمک می کنند. ایدلرهای ضربه به طور معمول در نقاط بارگیری، نقاط انتقال و سیستم های غذاپرووری استفاده می شوند که با بارهای سنگین یا مواد تیز مواجه می شوند. آنها نوار را از آسیب حفظ می کنند و خطر شکستن نوار یا ساییدگی زودرس آن را کاهش می دهند.

- Self-Aligning Idlers: ایدلرهای خود تنظیم دارای مکانیزم های درامشی یا میله های هستند که اجازه می دهند به طور خودکار تنظیم شوند و تنظیم صحیح نوار را حفظ کنند. آنها به جلوگیری از انحراف نوار و آسیب پتانسیلی به سیستم نوار کمک می کنند. ایدلرهای خود تنظیم به طور معمول در برنامه هایی استفاده می شوند که احتمال انحراف نوار وجود دارد، مانند سیستم های نقاله بلند یا کسانی که به بارهای متغیر یا شرایط محیطی تحت فشار هستند. با اطمینان از تنظیم مناسب نوار، به طول عمر نوار کمک می کنند و توقف به دلیل مشکلات ردیابی نوار را کاهش می دهند.

- Training Idlers: ایدلرهای آموزشی برای ردیابی نوار و حفظ تنظیم صحیح نوار استفاده می شوند. آنها قابل تنظیم هستند و می توانند به جهت اعمال نیروهای اصلاحی بر روی نوار قرار گیرند تا در صورت انحراف یا مشکل ردیابی به مرکز برگردانده شوند. ایدلرهای آموزشی به خصوص در برنامه هایی استفاده می شوند که نوار به سمت جانبی منحرف می شود، باعث بهبود عملکرد کلی سیستم می شوند و ریزش مواد را بهینه می کنند.

- Transition Idlers: ایدلرهای گذر در تسهیل گذر نوار نقاله از یک عرض به عرض دیگر نقش دارند. آنها در مواردی استفاده می شوند که عرض نوار از پروفیل باریک به پروفیل عریض یا بالعکس تغییر می کند. ایدلرهای گذر به حفظ تنظیم نوار کمک می کنند، خطر ریزش مواد یا آسیب نوار را کاهش می دهند و جابجایی صاف و کارآمد مواد را تضمین می کنند. آنها به طور معمول در نقاط انتقال بین بخش های مختلف نوار نقاله یا در محل عبور نوار از تجهیزات با

عرض‌های متغیر استفاده می‌شوند. این انواع ایدلرها در بسیاری از صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- **صنایع معدن و استخراج:** در صنعت معدن و استخراج، ایدلرها برای حمل و نقل مواد جمع‌آوری شده مانند زغال سنگ، ماده معدنی، ماسه، شن و سنگ خردشده از نقاط استخراج به مناطق پردازش یا تسهیلات حمل و نقل استفاده می‌شوند.

- **ساخت و ساز و مصالح ساختمانی:** محل‌های ساخت و ساز و کارخانجات فرآیندگری مصالح ساختمانی از سیستم‌های نقاله با ایدلرها برای مدیریت موادی مانند ماسه، شن، سنگ خردشده و ضایعات ساختمانی استفاده می‌کنند. ایدلرها در جابجایی کارآمد این مواد برای پروژه‌های ساختمانی یا پردازش بیشتر کمک می‌کنند.

- **تولید و تولید صنعتی:** در واحدهای تولید صنعتی، سیستم‌های نقاله با ایدلرها برای حمل و نقل کالاها یا قطعات در امتداد خطوط تولید استفاده می‌شوند. این سیستم‌ها به جابجایی موثر کالاها، بسته‌بندی و انتقال محصولات کمک می‌کنند.

- **کشاورزی:** بخش کشاورزی از سیستم‌های نقاله با ایدلرها برای انجام وظایفی مانند حمل و نقل غلات، پردازش خوراک دام و حمل و نقل مواد فله‌ای استفاده می‌کند. ایدلرها نقش مهمی در جابجایی بهینه کالاهای کشاورزی در داخل مزارع، انبارهای ذخیره غلات یا کارخانجات خوراک دام دارند.

- **انبارداری و توزیع:** ایدلرها در عملکرد صاف و بهینه سیستم‌های نقاله در انبارها و مراکز توزیع نقش مهمی دارند. آنها به حمل و نقل کالاها، بسته‌ها یا پالت‌ها از یک نقطه به نقطه دیگر کمک می‌کنند و به تسهیل پردازش سفارش، عملیات لجستیک و توزیع تجارت الکترونیکی کمک می‌کنند.

بطور کلی، ایدلرها به عنوان اجزای ضروری سیستم‌های نقاله نقش مهمی در جابجایی کارآمد، قابل اعتماد و ایمن مواد در صنایع مختلف دارند. آنها به افزایش بهره‌وری، کاهش دستکاری دستی و بهبود عملکرد کلی سیستم کمک می‌کنند.

قاب یا ساختار

قاب یا ساختار اساسی یک نوار نقاله را شکل می‌دهد و پایداری و پشتیبانی آن را فراهم می‌کند. انواع رایجی از قاب‌ها شامل قاب‌های کانالی، قاب‌های تراز، قاب‌های مونوریل، قاب‌های توری و قاب‌های لوله‌ای است. قاب‌های کانالی برای بارهای سبک مناسب هستند، در حالی که قاب‌های تراز مقاومت بیشتری و دسترسی‌های طولانی‌تر را فراهم می‌کنند. قاب‌های مونوریل برای سیستم‌های نوار نقاله بالادستی مناسب هستند، قاب‌های توری سبک و در برخی کاربردهای خاص استفاده می‌شوند و قاب‌های لوله‌ای برای موارد سنگین کاربرد دارند.

سیستم محرک

سیستم محرک مسئول انتقال قدرت به نوار نقاله می‌باشد. این سیستم شامل موتورها، گیربکس‌ها و اتصالات می‌شود. سیستم‌های محرک الکتریکی به خاطر کارایی و قابلیت کنترل بالاشان، به طور گسترده در استفاده قرار می‌گیرند. سیستم‌های محرک هیدرولیکی

برای کاربردهای سنگین یا با توان بالا مناسب هستند، در حالی که سیستم‌های محرک پنوماتیکی در صنایع خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم‌های محرک گیربکس-موتور از ترکیب موتورها و گیربکس‌ها به منظور فشرده‌بودن و کارایی بهتر عملکرد استفاده می‌کنند. در سیستم محرک نوار نقاله، موتور به عنوان منبع قدرت عمل می‌کند و حرکت چرخشی مورد نیاز برای حرکت نوار را تولید می‌کند. موتورهای الکتریکی به دلیل کارایی، قابلیت کنترل و گستردگی استفاده، به طور معمول در سیستم‌های نوار نقاله استفاده می‌شوند. این موتورها انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند و با حرکت نوار، مواد را در طول نوار نقاله جابجا می‌کنند.

گیربکسها به عنوان اجزای اساسی سیستم محرک عمل می‌کنند و توان ضرب و کاهش سرعت را فراهم می‌کنند. آنها مسئول تطبیق سرعت چرخشی موتور با سرعت مطلوب نوار نقاله هستند. گیربکسها شامل یک مجموعه از دنده‌ها هستند که قدرت را از موتور به پولی یا غلتک محرک نوار نقاله منتقل می‌کنند. با تنظیم نسبت دنده، سرعت و گشتاور نوار نقاله قابل کنترل است و با توجه به کاربردهای خاص می‌توان آنها را تنظیم کرد. اتصالات برای اتصال شافت موتور و شافت ورودی گیربکس استفاده می‌شوند و انتقال قدرت قابل اعتماد و کارایی بهینه را فراهم می‌کنند. آنها ترازشکنی را برای هرگونه عدم تطابق بین موتور و گیربکس جبران می‌کنند و ضربه و لرزش را جذب می‌کنند. اتصالات در انواع مختلفی ارائه می‌شوند از جمله اتصالات انعطاف‌پذیر، اتصالات سفت و اتصالات سیال، هر کدام با سطوح مختلف انعطاف‌پذیری، انتقال گشتاور و خاصیت جذب لرزش همراه هستند. انتخاب اجزای مناسب سیستم محرک بر اساس نیازهای خاص سیستم نوار نقاله، مانند ظرفیت باربری، سرعت نوار و شرایط عملیاتی بسیار مهم است. علاوه بر این، نگهداری و بازرسی منظم برای اطمینان از عملکرد بهینه و عمر مفید سیستم محرک ضروری است. با انتخاب اجزای قابل اعتماد و با کیفیت بالا، صنایع می‌توانند کارایی و قابلیت اعتماد سیستم‌های نوار نقاله خود را به حداکثر رسانده و باعث افزایش بهره‌وری و کاهش زمان غیرفعالیت شوند.

سیستم محکم کننده

سیستم محکم کننده در نوار نقاله برای حفظ تنش مناسب نوار برای جلوگیری از لغزش و اطمینان از عملکرد بهینه بسیار اهمیت دارد. انواع مختلف سیستم‌های محکم کننده عبارتند از:

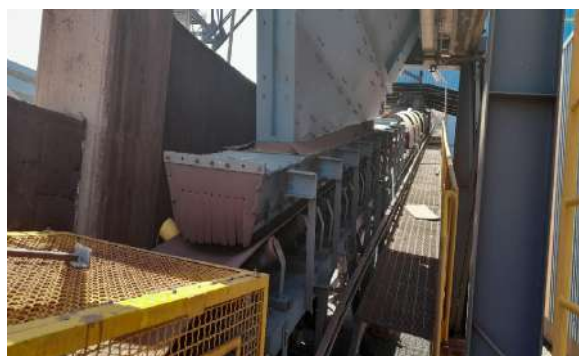
- **سیستم محکم کننده با وزن گرانشی:** در این نوع سیستم، تنش نوار با استفاده از وزنه‌های معادل کنترل می‌شود. وزنه‌های معادل بر روی پره‌های معلق قرار می‌گیرند و به نوار فشار می‌آورند. با تغییر مقدار وزنه‌ها، تنش نوار تنظیم می‌شود.

- **سیستم محکم کننده پیچی:** در این نوع سیستم، پیچ‌های قابل تنظیم برای تنظیم تنش نوار استفاده می‌شوند. با درآماندن پیچ‌ها به سمت راست یا چپ، تنش نوار تنظیم می‌شود.

- **سیستم محکم کننده هیدرولیک:** در این نوع سیستم، استفاده از سیلندرهای هیدرولیک برای کنترل تنش نوار صورت می‌گیرد. با اعمال فشار هیدرولیک به سیلندرها، تنش نوار تنظیم می‌شود. این نوع سیستم معمولاً در نوار نقاله‌های بزرگ و با بار سنگین استفاده

می شود.

Sealing System، استانداردهای مربوطه در نظر گرفته می شوند. استانداردهای **ANSI/CEMA** و **ISO 5049** جزء استانداردهایی هستند که دستورالعمل ها و معیارهای لازم برای طراحی و نصب این سیستم ها را در نظر می گیرند.



تجهیزات ایمنی

تجهیزات ایمنی نقش حیاتی در حفاظت از کارگران و جلوگیری از وقوع حوادث دارند. در زیر تجهیزات ایمنی متداول در نوار نقاله آورده شده است:

- **سوئیچ های توقف اضطراری**: سوئیچ های توقف اضطراری عملکرد توقف فوری را در شرایط اضطراری فراهم می کنند. آنها در نقاط مختلف نوار نقاله قرار داده می شوند تا اپراتورها بتوانند در صورت لزوم عملکرد توقف فوری را فعال کنند.

- **کابل های کششی**: کابل های کششی در نقاط مختلف روی نوار نقاله قرار دارند و امکان توقف اضطراری دستی را فراهم می کنند. با کشیدن کابل، عملکرد توقف اضطراری فعال می شود و نوار نقاله به توقف می رسد.

- **تشخیص ناهم تراز نوار**: دستگاه های تشخیص ناهم تراز نوار موقعیت نوار را نظارت می کنند و در صورت هرگونه انحراف از تراز معمولی، هشدارها را فعال می کنند یا سیستم را متوقف می کنند تا از وقوع مشکلات و حوادث جلوگیری شود.

- **تشخیص پارگی نوار**: دستگاه های تشخیص پارگی نوار برای شناسایی هرگونه آسیب یا پارگی در نوار نقاله طراحی شده اند. آنها از حسگرها برای تشخیص شرایط غیرطبیعی نوار استفاده می کنند و هشدارها را فعال می کنند یا سیستم را متوقف می کنند تا از آسیب بیشتر نوار جلوگیری شود و ایمنی کارگران تأمین شود.

- **حسگرهای سرعت**: حسگرهای سرعت برای نظارت بر سرعت نوار نقاله استفاده می شوند. آنها اطلاعات بلادرنگی در مورد سرعت نوار را ارائه می دهند و امکان اطمینان از اینکه نوار نقاله با سرعت ایمن و بهینه کار می کند را فراهم می کنند.

- **حفاظت های ایمنی**: حفاظت های ایمنی حاجب ها یا قفل هایی هستند که در اطراف قطعات متحرک و نقاط خطرناک نوار نقاله نصب می شوند. آنها برای جلوگیری از دسترسی به قطعات متحرک، نقاط فشاری و موارد خطرناک دیگر، ایمنی کارگران را تضمین می کنند. درک صحیح از اجزای مکانیکی نوار نقاله، انواع آنها و عملکردهایشان



- **سیستم محکم کننده خودکار**: در این نوع سیستم، سنسورها و مکانیزم های کنترل به منظور پیگیری و تنظیم خودکار تنش نوار استفاده می شوند. این سیستم ها قادرند به طور پیوسته تنش نوار را نظارت کرده و تنظیمات لازم را برای بهره‌وری بیشتر نوار انجام دهند. معیارهای مرتبط با ساختار و جزئیات اجزای سیستم محکم کننده ممکن است در استانداردهای مختلف صنعتی و نوار نقاله مشخص شده باشند، از جمله استانداردهای **ANSI/CEMA** و **ISO 5048**. این استانداردها حاکمیت و ضوابطی را برای طراحی و اجرای سیستم محکم کننده در نظر گرفته‌اند تا بهره‌وری و ایمنی نوار نقاله را تضمین کنند

Skirting and Sealing System

نقش حیاتی در جلوگیری از پاشش مواد، انتشار گرد و غبار و آلودگی دارند. در ادامه به بررسی بیشتری از اجزای این سیستم ها می پردازیم:

- **Skirtboards**: از لاستیک یا پلی یورتان ساخته می شوند و در امتداد لبه های نوار قرار می گیرند تا مواد را درون نوار نگه دارند. **Skirtboards** باید از جنسهایی ساخته شوند که مقاومت مناسبی در برابر سایش و فشار داشته باشند.

- **Wear Liners**: به منظور حفاظت از **Skirtboards** در برابر سایش استفاده می شوند. این لاینرها معمولاً از مواد مقاوم در برابر سایش مانند لاستیک و پلی یورتان ساخته می شوند و در نقاطی که فرسودگی قابل توجهی رخ می دهد، قرار می گیرند.

- **Side Seals**: بین **Skirtboards** و **conveyor structure** نصب می شوند تا درز سفتی بین آنها ایجاد کنند. این **Side Seals** از لاستیک یا مواد مانند پلی یورتان ساخته می شوند و جلوی رها شدن مواد از بین **Skirtboards** و **conveyor structure** را می گیرند.

- **Bottom Seals**: در نقطه تخلیه نوار نقاله قرار می گیرند و جلوی نفوذ مواد از زیر نوار را می گیرند. این **Bottom Seals** ها به منظور جلوگیری از نشتی مواد در نقطه تخلیه مورد استفاده قرار می گیرند.

- **Dust Seals**: برای کاهش فرار گرد و غبار و ایجاد درزی بین نوار و **conveyor structure** استفاده می شوند. این **Dust Seals** ها معمولاً از لاستیک یا نوارهای موی سوزنی ساخته می شوند و با ایجاد درزی بین نوار و **conveyor structure**، خروج گرد و غبار را کاهش می دهند. در طراحی و اجرای سیستم های **Skirting and**

برای تضمین عملکرد ایمن و کارآمد سیستم بسیار حائز اهمیت است. رعایت استانداردهای صنعتی مرتبط مانند **ISO** و **CEMA** عملکرد، قابلیت اطمینان و ایمنی کارکنان را تقویت می کند.

انتخاب نوع مناسب نوار نقاله در صنایع مختلف مانند مواد خام، محصولات غذایی، مواد شیمیایی و سایر صنایع بسیار حائز اهمیت است. به عنوان مثال، نوارهای **PVC** برای مواد خام یا محصولات غیر غذایی مناسب هستند، نوارهای فلزی برای حمل مواد سنگین و نوارهای لاستیکی برای حمل مواد نرم و قابل انعطاف مورد استفاده قرار می گیرند.

همچنین، انتخاب صحیح پولی ها برای نوار نقاله نقش مهمی در عملکرد و عمر مفید سیستم دارد. پولی های ساخته شده از موادی مانند فولاد، آلومینیوم و پلاستیک براساس نوع مواد حمل شده و شرایط عملیاتی مناسب انتخاب می شوند. علاوه بر اجزای مکانیکی اصلی، استفاده از سیستم های **tracking** و **tensioning**، سیستم های آب بندی و تجهیزات ایمنی برای بهبود عملکرد و ایمنی سیستم بسیار حائز اهمیت است. سیستم های **tracking** و **tensioning** به حفظ کشش مناسب نوار برای جلوگیری از لغزش و تضمین عملکرد صحیح کمک می کنند.

سیستم های آب بندی نشت مواد، انتشار گرد و غبار و آلودگی را جلوگیری می کنند. تجهیزات ایمنی مانند سوئیچ های توقف اضطراری، کابل های کشش، دکتورهای عدم تطابق نوار و حسگرهای سرعت برای حفاظت از کارکنان و جلوگیری از وقوع حوادث به کار می روند.

در نهایت، رعایت استانداردهای مرتبط با طراحی و ساخت اجزای مکانیکی در سیستم نوار نقاله بسیار حائز اهمیت است. استانداردهایی مانند **ISO 5048** و **CEMA** توصیه می شوند و در طراحی، ساخت و نگهداری سیستم نوار نقاله باید به آنها کاملاً پایبندی شود. با انتخاب اجزا مناسب، استفاده از مواد با کیفیت بالا و انجام بازرسی ها و نگهداری های منظم و دقیق، می توان عملکرد بهینه و پایدار سیستم نوار نقاله را به دست آورد که منجر به افزایش بهره وری و صرفه جویی در هزینه ها می شود.

بازرسی حین ساخت اجزا مختلف

هنگام ساخت درام های نوار نقاله، بازرسی های مختلفی انجام می شود تا کیفیت و مطابقت آن ها با استانداردهای مربوطه تضمین شود. بازرسی های زیر به طور معمول در این فرایند استفاده می شوند:

- **بازرسی مواد:** مواد استفاده شده برای ساخت درام ها جهت اطمینان از تطابق با نیازهای مشخص شده بررسی می شوند. این بررسی شامل بررسی ترکیب مواد، خواص مکانیکی و هر گونه گواهی نامه یا استانداردهای مربوطه مانند استانداردهای **ASTM** یا **ISO** می شود.

- **بازرسی جوش:** اگر در فرایند ساخت درام ها از جوشکاری استفاده شود، بازرسی جوشکاری صورت می پذیرد تا کیفیت اتصال جوش بررسی شود. این شامل بازرسی نفوذ، اتصال جوش و کلیت ساختاری جوش است. استانداردهایی مانند **AWS D1.1** ممکن است برای معیارهای بررسی جوشکاری مورد استفاده قرار گیرند.

- **کنترل ابعاد:** کنترل ابعاد بسیار حائز اهمیت است تا اطمینان حاصل شود که درام ها با مشخصات مورد نیاز مطابقت دارند. این بازرسی شامل اندازه گیری ابعاد، تطابق با تolerانسها و ویژگی های هندسی است تا مطابقت با نقشه های طراحی یا استانداردهای مربوطه تأیید شود.

- **آزمون غیر مخرب:** روش های آزمون غیر مخرب مانند آزمون فراصوتی، آزمون ذرات مغناطیسی یا آزمون نفوذ رنگی ممکن است برای تشخیص هر گونه نقص یا عیب پتانسیلی در درام ها بدون تخریب مورد استفاده قرار گیرند.

- **Run Out Test:** آزمون **Run Out** چرخاندن درام و اندازه گیری هر گونه انحراف شعاعی یا محوری، هم مرکزی درام را اندازه گیری می کند. این کار باعث می شود درام ها بدون ارتعاش های زیادی به خوبی چرخانده شوند. حداکثر تolerانس یا محدودیت های خاصی برای **Run Out** در مشخصات مشتری تعریف میشوند.

- **Surface Roughness Test:** زبری سطح درام بازرسی می شود تا اطمینان حاصل شود که مطابقت با معیارهای صافی مورد نیاز داشته باشد. استانداردهایی مانند **ISO 4287** پارامترهای ارزیابی ساختار سطح را مشخص می کنند، از جمله **Ra** (زبری متوسط) یا **Rz** (عمق زبری متوسط).

- **لاستیک کاری روی سطح درام:** در صورتی که درام ها دارای پوشش یا روکش لاستیکی باشند، پس از انجام آن بازرسی برای اطمینان از چسبندگی مناسب، ضخامت یکنواخت، عدم وجود عیوب و مطابقت با استانداردها یا مشخصات مربوطه انجام خواهد شد.

- **بازرسی رنگ:** برای درام هایی که نیاز به پوشش رنگی دارند، بازرسی رنگ و کاربرد آن انجام می شود. این شامل بازرسی آماده سازی سطح مناسب، پوشش یکنواخت رنگ، چسبندگی و عدم وجود هر گونه عیب سطحی است. استانداردهایی مانند **SSPC** یا **ISO 12944** ممکن است راهنمایی هایی برای بازرسی رنگ فراهم



رولیک

- بازرسی مواد

♦ بررسی کنید که مصالح مورد استفاده برای ساخت و ساز آیدلر با استانداردهای مشخص شده و الزامات مشتری مطابقت دارد. این شامل بررسی گواهی های مواد، مانند تجزیه و تحلیل ترکیب

شیمیایی و آزمایش‌های خواص مکانیکی، برای اطمینان از مطابقت با مشخصات مورد نیاز است.

♦ بررسی‌های چشمی را برای اطمینان از عاری بودن مواد از عیوب، مانند ترک‌ها، آخال‌ها یا بی‌نظمی‌های سطحی انجام دهید.

♦ برای تعیین مشخصات مواد و معیارهای پذیرش به استانداردهای مواد مربوطه مانند **ASTM** یا **ISO** مراجعه کنید.

بازرسی ابعادی

- با استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری کالیبره شده مانند کولیس، میکرومتر یا دستگاه‌های اندازه‌گیری لیزری، ابعاد بحرانی آیدلر را اندازه‌گیری کنید.

- ابعاد اندازه‌گیری شده را با تلورانس‌های مشخص شده با استانداردهای قابل اجرا، دستورالعمل‌های صنعت و الزامات مشتری مقایسه کنید.

- اطمینان حاصل کنید که ابعادی مانند قطر غلتک، طول، قطر شفت و ابعاد کلی در محدوده قابل قبول باشد.

- برای راهنمایی در مورد تلورانس‌های ابعادی و معیارهای پذیرش به استانداردهایی مانند **CEMA Standard 502-2019** یا **ASME B107.11-2004** مراجعه کنید.

تست مقاومت دورانی

- غلتک‌های هرزگرد را بچرخانید و گشتاور مورد نیاز برای چرخش را با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری گشتاور مدرج اندازه‌گیری کنید.

- گشتاور اندازه‌گیری شده را با محدودیت‌های قابل قبول بر اساس استانداردهای صنعت، مانند **CEMA** یا الزامات مشتری مقایسه کنید.

- از چرخش صاف و بدون مقاومت یا اتصال بیش از حد اطمینان حاصل کنید که می‌تواند بر عملکرد **idler** تأثیر بگذارد.

- برای اطمینان از ثبات در سرتاسر دسته تولید، آزمایش را برای چند **idler** تکرار کنید.

تست عملکرد بلبرینگ

- بررسی کنید که یاتاقان‌های مورد استفاده در هرزگردها از نوع، اندازه و کیفیت مناسب و مطابق با استانداردهای مربوطه مانند **ABMA 11-2011** باشند.

- آزمایش‌های ظرفیت بار و سرعت دورانی بر روی بلبرینگ‌ها را انجام دهید تا مطمئن شوید که الزامات مشخص شده را برآورده می‌کنند.

- روغن کاری مناسب، عملکرد روان و عدم وجود صدا یا لرزش غیرعادی در حین چرخش بلبرینگ را بررسی کنید.

- اطمینان حاصل کنید که یاتاقان‌ها می‌توانند بارها و شرایط عملیاتی پیش‌بینی شده را تحمل کنند.

آزمایش رانوت شعاعی و محوری

- **Runout** شعاعی و محوری غلتک‌های هرزگرد را با استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری دقیق، مانند ساعت اندیکاتور یا سیستم‌های تراز لیزری اندازه‌گیری کنید.

- مقادیر **Runout** اندازه‌گیری شده را با محدودیت‌های قابل قبول مشخص شده با استانداردهای قابل اجرا، دستورالعمل‌های صنعت و الزامات مشتری مقایسه کنید.

- برای جلوگیری از مشکلات ردیابی تسمه و حفظ عملکرد روان، اطمینان حاصل کنید که درایوها حداقل انحراف را در تراز شعاعی و محوری نشان می‌دهند.

- بررسی کنید که تلورانس‌های مورد نیاز برای خروجی که با استانداردهای مربوطه مشخص شده است را رعایت کنید.

بازرسی پوشش سطح

- اگر غلتک‌های آیدلر دارای پوشش‌های سطحی مانند لاستیک یا پلی‌اورتان هستند، پوشش‌ها را از نظر چسبندگی مناسب، ضخامت یکنواخت و عدم وجود ایراد بررسی کنید.

- بازرسی چشمی را برای بررسی وجود تاول، پیلینگ یا سطح ناهموار پوشش انجام دهید.

- تست‌های چسبندگی را طبق استانداردهای مربوطه مانند **ASTM D6184-07** انجام دهید تا اطمینان حاصل شود که پوشش به درستی به سطح غلتک می‌چسبد.

- بررسی کنید که پوشش‌ها دارای مشخصات لازم برای دوام، مقاومت در برابر سایش و سایر پارامترهای عملکرد مربوطه باشند.

بازرسی جوش

- اگر جوشکاری در ساخت و ساز آیدلر انجام می‌شود، اتصالات جوش را از نظر نفوذ مناسب، همجوشی و یکپارچگی سازه بررسی کنید.

- برای معیارهای پذیرش و الزامات بازرسی چشمی به استانداردهای جوشکاری مانند **AWS D1.1** یا **ISO 3834** مراجعه کنید.

- پروفیل‌های جوش مناسب، عدم وجود عیوب جوش مانند ترک، تخلخل یا همجوشی ناقص و رعایت روش‌های جوشکاری مشخص را بررسی کنید.

- اطمینان حاصل کنید که جوشکاری استانداردهای مورد نیاز را برآورده می‌کند و به استحکام و یکپارچگی کلی آیدلرها کمک می‌کند.

تست بار

- با استفاده از تجهیزات تست کالیبره شده یا شبیه‌سازی شرایط عملیاتی نوار نقاله، بارهای از پیش تعیین شده را بر روی آیدلرها اعمال کنید.

- انحراف و تغییر شکل تحت بار را اندازه‌گیری کنید تا مطمئن شوید که آیدلرها می‌توانند بارهای مشخص شده را بدون انحراف یا شکست بیش از حد تحمل کنند.

- انحراف اندازه‌گیری شده را با محدودیت‌های قابل قبول ارائه شده بوسیله استانداردهای مربوطه، دستورالعمل‌های صنعت و الزامات مشتری مقایسه کنید.

- بررسی کنید که هرزگردها ظرفیت حمل بار مورد نیاز را دارند و می‌توانند به طور موثر تسمه نقاله را پشتیبانی کنند.

آزمایش های محیطی

- شرایط محیطی مانند دما، رطوبت، گرد و غبار یا مواد خورنده را که توسط استانداردهای مربوطه یا الزامات مشتری مشخص شده است، قرار دهید.

- عملکرد و دوام آیدلرها را در این شرایط ارزیابی کنید و از نظر هرگونه اثرات نامطلوب یا تخریب بررسی کنید.

- بررسی کنید که آیدلرها می توانند به طور قابل اعتماد در محیط های مورد نظر بدون کاهش عملکرد یا خرابی زودرس کار کنند.

بررسی اسناد و مدارک

- بررسی تمام اسناد تولید، از جمله گواهینامه های مواد، گزارش های بازرسی، سوابق جوشکاری و سایر اسناد مربوطه.

- اطمینان حاصل کنید که تمام بازرسی ها، آزمایش ها و روش های کنترل کیفیت به درستی مستند شده و دنبال شده اند.

- بررسی کنید که فرایند تولید مطابق با رویه های تایید شده و مطابق با استانداردهای مشخص شده و الزامات مشتری باشد.

- برای اطمینان از صحت و ردیابی، اسناد را با نتایج واقعی بازرسی بررسی کنید.

بازرسی چشمی نهایی

- انجام یک بازرسی چشمی جامع از آیدلرها برای شناسایی هرگونه نقص چشمی، بی نظمی سطح یا ناهنجاری در ساخت و ساز.

- بررسی کنید که آیدلرها طبق استانداردهای صنعت، مشخصات مشتری و معیارهای پذیرش چشمی، طرز کار، پرداخت سطح و کیفیت کلی مناسب را نشان می دهند.

- علائم قابل مشاهده آسیب، ناهماهنگی، یا مونتاژ نامناسب را که می تواند بر عملکرد یا طول عمر آیدلرها تأثیر بگذارد، بررسی کنید.

- اطمینان حاصل کنید که تمام اجزاء مانند **asealing**ها، یاتاقان ها و شفت ها به درستی نصب و تراز شده باشند.

بسته بندی و ذخیره سازی

- با پیروی از بهترین شیوه های صنعت و نیازهای مشتری، آیدلرهای بازرسی شده را برای محافظت از آنها در حین حمل و نقل و ذخیره سازی بسته بندی کنید.

- از مواد بسته بندی مناسب برای جلوگیری از آسیب، خوردگی یا آلودگی در حین جابجایی و نگهداری استفاده کنید.

- بسته ها را با اطلاعات مربوطه، مانند شماره قطعه، مقادیر و دستورالعمل های جابجایی به وضوح برچسب بزنید.

- هرزگردها را با رعایت شرایط نگهداری توصیه شده در محیطی کنترل شده نگهداری کنید تا کیفیت و عملکرد آنها تا زمان نصب حفظ شود.

تست های کاملتر

- **تست نشستی گریس/روغن**: این آزمایش برای اطمینان از موثر بودن آب بندی و سیستم های روانکاری یاتاقان های هرزگرد انجام

می شود. هرزگردها برای هرگونه نشانه ای از نشستی گریس یا روغن، که می تواند نشان دهنده معیوب بودن آب بندی یا سیستم روغن کاری باشد، بازرسی می شوند.

- **آزمایش بار دینامیکی**: آزمایش بار دینامیک شامل قرار دادن **idlers** در شرایط عملیاتی شبیه سازی شده، مانند اجرای **idlers** تحت یک بار و سرعت مشخص است. این تست عملکرد **idlers** را در شرایط دینامیکی ارزیابی می کند و هرگونه انحراف، نویز یا لرزش بیش از حد را بررسی می کند.

- **تست محیطی**: تست محیطی توانایی آیدلر را برای تحمل شرایط مختلف محیطی ارزیابی می کند. این ممکن است شامل قرار گرفتن در معرض دماهای شدید، رطوبت، گرد و غبار یا مواد خورنده باشد. آیدلرها برای اطمینان از اینکه عملکرد و دوام آنها در محیط های مختلف به خطر نمی افتد آزمایش می شوند.

- **تست پاشش نمک**: تست اسپری نمک مقاومت به خوردگی پوشش های سطحی **idlers** را ارزیابی می کند. آیدلرها برای مدت زمان مشخصی در معرض غبار آب شور قرار می گیرند و هرگونه نشانه ای از خوردگی یا تخریب پوشش بررسی می شود.

- **تست مقاومت در برابر ضربه**: این تست توانایی آیدلر را در تحمل بارهای ضربه ای ارزیابی می کند. آیدلرها تحت نیروهای ضربه کنترل شده قرار می گیرند تا ضربات احتمالی را در طول عملیات نوار نقاله شبیه سازی کنند. این آزمایش هرگونه تغییر شکل، ترک یا سایر علائم خرابی سازه را بررسی می کند.

- **تست توزیع بار**: آزمایش توزیع بار، توزیع بار را در چند **idlers** در یک سیستم نوار نقاله بررسی می کند. این اطمینان را ایجاد می کند که بار به طور یکنواخت بین غلتک ها توزیع می شود و تنش بیش از حد بر روی غلتک ها را کاهش می دهد.

- **تست تراز تسمه**: این تست سهم آیدلر را در تراز مناسب تسمه نقاله را تایید می کند. آیدلرها بررسی می شوند تا اطمینان حاصل شود که آنها در یک خط مستقیم قرار دارند و از تسمه نقاله پشتیبانی می کنند و از مشکلات ردیابی تسمه جلوگیری می کنند.

- **تست گشتاور و اصطکاک**: تست گشتاور و اصطکاک مقاومت چرخشی و ویژگی های اصطکاکی غلتک های آیدلر را اندازه گیری می کند. این به تعیین راندمان آیدلرها و تأثیر آنها بر مصرف برق کلی نوار نقاله کمک می کند.

- **تست دوام و سایش**: تست دوام و سایش مقاومت آیدلر را در برابر سایش و خستگی در طول زمان ارزیابی می کند. آیدلرها تحت شرایط مشخص برای ارزیابی طول عمر و عملکرد آنها تحت عملیات طولانی مدت قرار می گیرند.

- **بررسی مستندات**: بررسی کامل اسناد تولید انجام می شود تا اطمینان حاصل شود که تمام فرآیندهای تولید، روش های کنترل کیفیت و بازرسی ها به درستی مستند شده و دنبال شده اند. این شامل بررسی گواهی های مواد، سوابق جوشکاری، گزارش های بازرسی و سایر اسناد مربوطه می شود.

توجه به این نکته مهم است که آزمایش های خاصی که در طول فرایند تولید انجام می شود ممکن است بر اساس استانداردهای

صنعت، نیازهای مشتری و نوع آیدلرهای تولیدی متفاوت باشد. هدف از این آزمایش‌ها اطمینان از کیفیت، قابلیت اطمینان و انطباق آیدلر با استانداردهای قابل اجرا است.

تسمه نقاله

- بازرسی چشمی

- یک بازرسی چشمی از کل سطح تسمه، از جمله پوشش بالا، پوشش پایین و لبه‌ها انجام دهید. به دنبال هر گونه نقص قابل مشاهده، مانند بریدگی، پارگی، ساییدگی، سایش ناهموار، یا نشانه‌های آلودگی باشید.

- رد تسمه با عیوب قابل مشاهده است که بیش از حد قابل قبول مشخص شده بوسیله استانداردهای صنعت، مانند **ISO 9856** یا **ASTMD378**. معیارهای رایج پذیرش ممکن است شامل حداکثر طول، عرض و عمق مجاز عیوب قابل مشاهده باشد.

اندازه گیری ضخامت

- ضخامت تسمه را در نقاط مختلف در طول آن با استفاده از ضخامت سنج یا میکرومتر مدرج اندازه گیری کنید.
- مقادیر ضخامت اندازه گیری شده را با تلورانس‌های مشخص شده بوسیله استانداردهای قابل اجرا یا الزامات مشتری مقایسه کنید. معیارهای پذیرش ممکن است بسته به نوع کمر بند و کاربرد متفاوت باشد. معیارهای رایج پذیرش شامل حداکثر انحراف مجاز از ضخامت اسمی است.

تست مقاومت کششی

- آزمایش استحکام کششی برای ارزیابی توانایی تسمه در تحمل نیروهای کششی انجام دهید.
- آزمون را طبق استانداردهایی مانند **ISO 21181** یا **ASTMD378** انجام دهید. حداکثر استحکام کششی را اندازه گیری کنید و آن را با حداقل نیازهای مشخص شده مقایسه کنید. معیارهای پذیرش معمولاً شامل حداقل مقدار مقاومت کششی است که تسمه باید از آن برخوردار باشد یا از آن بیشتر شود.

Elongation at Break Test

- ازدیاد طول در هنگام گسیختگی تسمه را با قرار دادن نمونه تحت کشش تا شکستن و اندازه گیری درصد کشیدگی تعیین کنید.
- ازدیاد طول در مقادیر شکست را با محدودیت‌های قابل قبول مشخص شده بوسیله استانداردهای مربوطه، دستورالعمل‌های صنعت یا الزامات مشتری مقایسه کنید. معیار پذیرش ممکن است حداکثر درصد کشیدگی مجاز را مشخص کند.

تست انعطاف پذیری

- انعطاف تسمه را با خم کردن آن بر روی یک قطر مشخص یا انجام آزمایش خم شدن ارزیابی کنید.
- تسمه باید انعطاف پذیری لازم را بدون علائم ترک خوردگی، لایه لایه شدن یا سایر عیوب قابل مشاهده از خود نشان دهد.

معیارهای پذیرش ممکن است بوسیله استانداردهایی **ISO 703** یا الزامات مشتری ارائه شود.

تست مقاومت در برابر سایش

- آزمایش مقاومت سایشی را با استفاده از دستگاه یا تجهیزات مشخصی برای شبیه سازی سایش در شرایط کنترل شده انجام دهید.
- کاهش وزن یا تغییر ضخامت تسمه را پس از آزمایش سایش اندازه گیری کرده و آن را با محدودیت‌های مشخص شده بوسیله استانداردهای مربوطه یا الزامات مشتری مقایسه کنید. معیارهای پذیرش معمولاً شامل حداکثر کاهش وزن مجاز یا تغییر ضخامت است.

تست قدرت چسبندگی

- برش: استحکام چسبندگی بین لایه‌های تسمه یا بین پوشش و لایه را با استفاده از روشی مناسب مانند آزمایش لایه برداری یا برش آزمایش کنید.

- تست استحکام چسبندگی را طبق استانداردهایی مانند **ISO 3684** یا **ASTMD413** انجام دهید. مقدار استحکام چسبندگی را اندازه بگیرید و آن را با حداقل الزامات مشخص شده مقایسه کنید. معیارهای پذیرش ممکن است شامل حداقل مقدار مقاومت چسبندگی باشد که تسمه باید از آن برخوردار باشد یا از آن فراتر رود.

تست مقاومت در برابر شعله

- با قرار دادن نمونه در معرض شعله یا منبع حرارتی و نظارت بر واکنش آن، مقاومت شعله تسمه را ارزیابی کنید.
- آزمایش مقاومت در برابر شعله را طبق استانداردهایی مانند **ISO 340** یا **ASTMD378** انجام دهید. اطمینان حاصل کنید که تسمه با الزامات مشخص شده مقاومت در برابر شعله، مانند حداکثر سرعت سوختن، زمان پس از تابش، یا ویژگی‌های خود خاموش شوندگی مطابقت دارد.

تست هدایت الکتریکی

- رسانایی الکتریکی تسمه را با استفاده از تجهیزات یا روش‌های مناسب مانند اندازه گیری مقاومت سطحی یا مقاومت حجمی آزمایش کنید.

- مقادیر هدایت الکتریکی اندازه گیری شده را با محدودیت‌های مشخص شده بوسیله استانداردهای مربوطه یا الزامات مشتری ارائه شده است. معیارهای پذیرش ممکن است شامل حداقل یا حداکثر مقادیر مجاز مقاومت باشد.

تست مقاومت شیمیایی

- نمونه‌های تسمه را در معرض مواد شیمیایی یا محلول‌های مشخص قرار دهید و مقاومت آنها را در برابر حمله شیمیایی یا تخریب ارزیابی کنید.
- ارزیابی وضعیت تسمه پس از قرار گرفتن در معرض و مقایسه آن با

الزامات مشخص شده بوسیله استانداردهای مربوطه یا الزامات مشتری. معیارهای پذیرش ممکن است شامل تغییرات وزن، ظاهر یا خواص فیزیکی پس از قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی باشد.

بررسی اسناد و مدارک

- بررسی تمام اسناد تولید، از جمله گواهینامه های مواد، گزارش های بازرسی، سوابق آزمایش و سایر اسناد مربوطه.

- بررسی کنید که تمام بازرسی ها، آزمایش ها و روش های کنترل کیفیت به درستی مستند شده و دنبال شده اند. اطمینان حاصل کنید که فرایند تولید مطابق با رویه های تایید شده و مطابق با استانداردهای مشخص شده و الزامات مشتری است. در صورتی که مدارک ناقص، نادرست و یا استانداردهای لازم را نداشته باشد، کمربندها را رد کنید.

بازرسی چشمی نهایی

- یک بازرسی چشمی جامع از تسمه ها، بررسی عملکرد کلی، پرداخت سطح و وجود هرگونه نقص یا ناهنجاری قابل مشاهده انجام دهید.

- بررسی کنید که تسمه ها عملکرد مناسبی دارند، با سطوح صاف، ضخامت یکنواخت و کیفیت کلی. معیارهای پذیرش برای عیوب چشمی ممکن است بسته به استانداردهای صنعت و نیاز مشتری متفاوت باشد. کمربندهای دارای نقص قابل مشاهده را رد کنید که می تواند بر عملکرد، دوام یا ایمنی تأثیر بگذارد.

سازه نوار نقاله

- بازرسی چشمی

- یک بازرسی چشمی از سازه های نوار نقاله انجام دهید. تمام سطوح، اتصالات، جوش ها و بست ها را از نظر هرگونه عیب قابل مشاهده، مانند ترک ها، تغییر شکل ها، خوردگی بیش از حد، شل یا گم شدن بست ها یا نشانه های آسیب بررسی کنید. از نور کافی و ابزارهای بازرسی مناسب برای اطمینان از پوشش کامل استفاده کنید.

- سازه های نوار نقاله را با عیوب قابل مشاهده که بیش از حد قابل قبول تعیین شده بوسیله استانداردهای صنعتی مانند **ISO 5048** یا **CEMA** است، رد کنید. هرگونه نقصی را که در بازرسی چشمی یافت می شود، مستند و گزارش کنید.

- کنترل ابعادی

- برای اندازه گیری ابعاد بحرانی سازه نوار نقاله از ابزارهای اندازه گیری دقیق مانند کولیس، میکرومتر یا سیستم های همترازی لیزری استفاده کنید. برای اطمینان از دقت، عرض، ارتفاع، طول و تراز قاب را در چندین نقطه در طول سازه اندازه گیری کنید.

- ابعاد اندازه گیری شده را با تolerانس های مشخص شده بوسیله **ISO 13920** و **EN 2768** مقایسه کنید. معیارهای پذیرش ممکن است شامل حداکثر انحرافات مجاز از ابعاد طراحی، حصول اطمینان از تراز و تناسب مناسب اجزای نوار نقاله باشد. تمام نتایج اندازه گیری را برای مرجع و تایید، مستند و ثبت کنید.

بازرسی جوش

- اتصالات و اتصالات جوش داده شده در ساختار نوار نقاله را از نظر کیفیت و یکپارچگی جوش بررسی کنید. برای ارزیابی جوش ها از بازرسی چشمی، آزمایش نفوذ رنگ، آزمایش ذرات مغناطیسی یا آزمایش اولتراسونیک استفاده کنید.

- اطمینان حاصل کنید که جوشکاری الزامات مشخص شده بوسیله استانداردهایی مانند **AWS D1.1** یا **EN 1090** را برآورده می کند. معیارهای پذیرش ممکن است شامل بازرسی چشمی پروفیل های جوش، وجود عیوب (مانند تخلخل یا برش)، مطابقت با روش های جوشکاری مشخص باشد، و رعایت معیارهای پذیرش تعریف شده در استانداردهای قابل اجرا. تمام سوابق بازرسی جوش را مستند کرده و نگه دارید.

بازرسی پیش مونتاژ

- قبل از مونتاژ، یک بازرسی کامل از تک تک اجزای سازه نوار نقاله انجام دهید. قاب ها، تکیه گاه ها، غلطک ها و بست ها را برای هرگونه نقص، آسیب یا انحراف ابعادی بررسی کنید. وضعیت و مناسب بودن هر جزء را بررسی کنید.

- بررسی کنید که هر جزء با الزامات مشخص شده بوسیله استانداردهای مربوطه یا مشخصات مشتری مطابقت دارد. از تناسب، تراز و وضعیت مناسب قطعات اطمینان حاصل کنید. هر مؤلفه ای را که معیارهای مشخص شده را برآورده نمی کند رد کنید. هرگونه مؤلفه ناسازگار را مستند و گزارش کنید و اقدامات اصلاحی مناسب را انجام دهید.

بازرسی پوشش سطح

- پوشش سطح را، در صورت وجود، بر روی ساختار نوار نقاله بررسی کنید. پوشش را برای کاربرد مناسب، پوشش، چسبندگی و محافظت در برابر خوردگی ارزیابی کنید. در صورت لزوم از بازرسی چشمی، دستگاه های اندازه گیری ضخامت پوشش، تست چسبندگی و تست اسپری نمک استفاده کنید.

- بررسی کنید که پوشش سطح با الزامات مشخص شده بوسیله استانداردهایی مانند **ISO 12944** یا **SSPC** مطابقت دارد. معیارهای پذیرش ممکن است شامل بازرسی چشمی، اندازه گیری ضخامت پوشش با استفاده از گیج مناسب، آزمون های چسبندگی و مقاومت در برابر خوردگی باشد. اطمینان حاصل کنید که پوشش مطابق با استانداردهای مشخص شده و انتظارات مشتری است. تمام سوابق بازرسی پوشش را مستند و نگهداری کنید.

بررسی اسناد و مدارک

- تمام اسناد تولید مربوطه، از جمله نقشه های طراحی، گواهی مواد، روش های جوشکاری، گزارش های بازرسی، و سایر سوابق مرتبط را بررسی کنید. کامل بودن، صحت و انطباق اسناد را بررسی کنید.

- اطمینان حاصل کنید که تمام بازرسی ها، آزمایش ها و روش های کنترل کیفیت به درستی مستند شده و دنبال شده اند. بررسی کنید که سازه نوار نقاله به طرح های تایید شده، استانداردهای مشخص

شده و الزامات مشتری پایبند باشد. در صورت ناقص بودن، نادرست بودن یا عدم رعایت استانداردهای لازم، سازه های نوار نقاله را رد کنید. تمام سوابق بازرسی و بررسی اسناد را مستندسازی و نگهداری کنید.

نصب نوار نقاله

- آماده سازی قبل از نصب

- طراحی سیستم نوار نقاله، چیدمان و نقشه های نصب ارائه شده توسط سازنده یا تیم مهندسی را بررسی کنید تا با الزامات پروژه آشنا شوید.
- تعیین محدوده کار برای تاسیسات مکانیکی و سازه ای، از جمله وظایف یا مسئولیت های خاص.
- تهیه طرح دقیق پروژه شامل جدول زمانی، تخصیص منابع و هماهنگی با سایر تجارت ها در صورت لزوم.



- کارهای سازه ای

- الزامات فونداسیون مشخص شده در دستورالعمل های سازنده یا نقشه های مهندسی سازه نوار نقاله را با مراجعه به استانداردهایی مانند **ISO 5048** یا **CEMA** بررسی کنید.
- فونداسیون را طبق مشخصات ارائه شده اعم از گودبرداری، تسطیح، تراکم و بتن ریزی با رعایت استانداردهای مربوطه آماده کنید.
- قبل از اقدام به نصب سازه مطمئن شوید که فونداسیون به درستی آماده شده است.
- قطعات پشتیبانی سازه مانند ستون ها، تیرها، خرپاها و قاب ها را با رعایت دستورالعمل های سازنده یا نقشه های مهندسی با رعایت استانداردهایی مانند **EN 1090** یا **AISC** نصب کنید.
- از تجهیزات و تکنیک های بالاتر مناسب برای قرار دادن و تراز ایمن عناصر سازه با رعایت استانداردهای بالاتر مربوطه استفاده کنید.
- قطعات ساختاری را به طور ایمن ببندید، از مقادیر گشتاور مناسب و پایبندی به روش های مشخص شده مطابق با استانداردهای قابل اجرا اطمینان حاصل کنید.
- انجام بررسی ها و اندازه گیری های منظم برای بررسی تراز و عمودی عناصر سازه ای در حین نصب، طبق استاندارد **ISO 13920** برای تلواریس ها.
- کارهای سازه ای را از نظر هرگونه عیب مانند ترک، تغییر شکل یا

جوش نامناسب بررسی کنید و در صورت لزوم با رعایت استانداردهای مربوطه جوشکاری اقدامات اصلاحی انجام دهید.

مونتاژ اجزا

- اجزای نوار نقاله مانند قاب ها، تکیه گاه ها، تسمه ها، غلظک ها، قرقره ها و درایوها را همانطور که در دستورالعمل های سازنده یا مشخصات طراحی مشخص شده است، شناسایی و سازماندهی کنید.
- دستورالعمل های سازنده را برای مونتاژ اجزای نوار نقاله، حصول اطمینان از تراز، بست و اتصال مناسب، ضمن رجوع به استانداردهای قابل اجرا مانند **ISO 5048** یا **CEMA** دنبال کنید.
- از ابزار، تجهیزات و تکنیک های مناسب برای مونتاژ و ایمن سازی قطعات با رعایت مقادیر گشتاور مشخص شده و روش های بست مطابق با استانداردهای مربوطه استفاده کنید.
- در هنگام مونتاژ قطعات را بازرسی چشمی انجام دهید تا هرگونه نقص، آسیب یا ناهماهنگی را با مراجعه به استانداردهای کیفی قابل اجرا بررسی کنید.

نصب تسمه

- با رعایت استانداردهای مربوطه مانند **ISO 14890** یا **DIN 22102**، تسمه نقاله را با دقت باز کرده و مطابق دستورالعمل سازنده یا مشخصات طراحی قرار دهید.
- اطمینان حاصل کنید که تسمه به درستی کشیده و تراز شده است تا از مشکلات ردیابی جلوگیری شود، طبق روش های توصیه شده توسط سازنده یا استانداردهای قابل اجرا.
- از روش ها و ابزارهای توصیه شده برای اتصال یا اتصال تسمه، اطمینان از اتصالات ایمن و قابل اعتماد، با رعایت استانداردهای مربوط به اتصال استفاده کنید.
- بررسی کنید که تسمه در مرکز قرار دارد و به نرمی در امتداد سیستم نوار نقاله حرکت می کند و طبق استانداردهای قابل اعمال تنظیمات یا ترازهای لازم را انجام می دهد.

نصب غلظک و قرقره

- غلظک ها و قرقره ها را در موقعیت های تعیین شده خود در امتداد سیستم نوار نقاله با رعایت نقشه ها یا دستورالعمل های ارائه شده با رعایت استانداردهایی مانند **ISO 1536** یا **CEMA** نصب کنید.
- اطمینان حاصل کنید که غلظک ها به درستی تراز شده اند، به طور ایمن نصب شده اند و می توانند بار را بدون انحراف بیش از حد تحمل کنند، مطابق با استانداردهای مربوط به بلبرینگ غلظکی.
- از نصب صحیح قرقره ها، از جمله تراز، اتصال کلید، و بست ایمن، با رعایت استانداردها و تلواریس های قرقره اطمینان حاصل کنید.
- انجام تست های چرخشی برای اطمینان از حرکت روان و عملکرد صحیح غلظک ها و قرقره ها با مراجعه به استانداردهای بلبرینگ و چرخشی مربوطه.

نصب سیستم درایو

- واحد محرک مانند موتور، گیربکس و کوپلینگ را طبق دستورالعمل

سازنده و مشخصات مهندسی و با رعایت استانداردهای الکتریکی و مکانیکی مربوطه نصب کنید.

- از تراز مناسب اجزای سیستم درایو، با پیروی از رویه های توصیه شده و با استفاده از ابزارهای تراز مناسب، ضمن مراجعه به استانداردهای تراز قابل اجرا، اطمینان حاصل کنید.

- بررسی عملکرد روان سیستم محرک، از جمله چرخش موتور، عملکرد کوپلینگ و درگیری با اجزای نوار نقاله، مطابق با استانداردهای سیستم درایو مربوطه.

- آزمایش های عملکرد را برای اطمینان از اینکه سیستم درایو با الزامات قدرت مشخص شده مطابقت دارد و به طور کارآمد عمل می کند، در حالی که از استانداردهای تست عملکرد قابل اجرا پیروی می کند، انجام دهید.

اقدامات ایمنی

- وسایل ایمنی لازم مانند کلیدهای توقف اضطراری، حفاظ ها، قفل های ایمنی و علائم هشدار دهنده را با رعایت مقررات و استانداردهای ایمنی محلی با مراجعه به استانداردها و دستورالعمل های ایمنی مربوطه نصب کنید.

- اطمینان حاصل کنید که تمام ویژگی های ایمنی به درستی قرار گرفته، ایمن نصب شده اند و مطابق با استانداردهای ایمنی قابل اجرا عمل می کنند.

- طبق دستورالعمل های آموزشی ایمنی مربوطه، آموزش های کافی را به پرسنل نصب در مورد اهمیت رعایت روش های ایمنی، پوشیدن تجهیزات حفاظت فردی مناسب و حفظ محیط کار ایمن ارائه دهید.

تراز و تنظیم

- انجام بررسی تراز برای کل سیستم نقاله، از جمله ردیابی تسمه، تراز غلتکی و تراز قرقره با مراجعه به استانداردهای تراز مربوطه.

- از ابزارهای همترازی لیزری یا سایر روش های مناسب برای اطمینان از تراز دقیق اجزای نوار نقاله، با پیروی از روش های تراز مشخص شده در استانداردهای قابل اجرا استفاده کنید.

- تنظیمات لازم را برای اطمینان از تراز، کشش و عملکرد روان سیستم نوار نقاله و در عین حال رعایت دستورالعمل های تنظیم قابل اجرا انجام دهید.

- بررسی کنید که همه تنظیمات در تلورانس ها و پارامترهای عملیاتی مشخص شده مطابق با استانداردهای تلورانس قابل اجرا

باشد.

تست و راه اندازی

- آزمایش کامل سیستم نوار نقاله را برای اطمینان از عملکرد و عملکرد مناسب آن، با پیروی از روش های آزمایش مشخص شده در دستورالعمل های سازنده یا استانداردهای مربوطه انجام دهید.

- موتور، گیربکس و سیستم محرک را برای اطمینان از عملکرد روان و انتقال مناسب نیرو با مراجعه به استانداردهای تست عملکرد قابل اجرا تست کنید.

- حرکت، ردیابی و کشش تسمه را برای اطمینان از عملکرد بهینه و حداقل سایش، با پیروی از روش های آزمایشی که در استانداردهای مربوطه تست کمر بند مشخص شده است، آزمایش کنید.

- بررسی عملکرد توقف اضطراری و سایر ویژگی های ایمنی، انجام آزمایشات مطابق با استانداردهای ایمنی مربوطه.

- با رعایت الزامات مستندات مشخص شده در استانداردهای قابل اجرا، تمام نتایج آزمایش را برای مراجع بعدی و اهداف عیب یابی ثبت و مستند کنید.

اسناد و مدارک و تحویل

- تمام فعالیت های نصب، تنظیمات، نتایج آزمایش و هرگونه انحراف از طراحی یا مشخصات اصلی را مطابق با الزامات مستندات در استانداردهای قابل اجرا مستند کنید.

- یک گزارش نصب جامع، شامل چک لیستی از وظایف تکمیل شده، موارد برجسته، و هرگونه مشکلی که در طول فرآیند نصب با آن مواجه می شوید، مطابق با دستورالعمل های مستندسازی ایجاد کنید.

- شامل نقشه های ساخته شده، نمودارهای سیم کشی، دفترچه های راهنما، و هرگونه مستندات مرتبط دیگر، با رعایت استانداردها و الزامات مستندات.

- ارائه آموزش های لازم به پرسنل بهره برداری و نگهداری در خصوص کارکرد، نگهداری و عیب یابی ایمن سیستم نوار نقاله با رعایت دستورالعمل های آموزشی مشخص شده در استانداردهای مربوطه.

پی نوشت

مدیر کنترل کیفیت نصب تجهیزات سایت سنگان

ISO 45001



تشریح الزامات استاندارد ISO 45001 - قسمت نهم

مهندس افشین خیام

عنوان یکی از شاخص‌هایی که برای اندازه‌گیری و پایش می‌توانید استفاده کنید قرار بدهید.

روند این شکایات‌ها، تعداد این شکایات‌ها، حالا چه شکایات‌هایی که از پرسنل آمده است چه شکایات‌هایی که ممکن است از بیرون سازمان بدست ما برسد، رویدادها و آسیب‌هایی که به وجود می‌آید که بر می‌گردد به فعالیت‌ها و عملیات‌های سازمان گفتیم رویدادهایی که می‌تواند حادثه باشد، و یا می‌تواند شبهه حادثه باشد. تعداد بیماری‌هایی که توی شغل ایجاد شده است. بیماری‌های شغلی، آسیب‌ها این تعدادها را می‌توان در بازه‌های زمانی به عنوان یک شاخص برای پایش و اندازه‌گیری در نظر بگیریم.

اثر بخشی کنترل‌های عملیاتی، آیا این کنترل‌های عملیاتی که داریم انجام می‌دهیم، چک لیست‌هایی که تکمیل می‌کنیم. اثربخش هست یا نه؟ در محیط کار اینها دیده می‌شود یا نه؟ شرایط اضطراری یکی از آن مواردی است که باید پایش و اندازه‌گیری شود. آیا این روند به خوبی انجام می‌شود؟ چه نقاط ضعفی وجود دارد؟ چه تعداد الزامات قانونی شناسایی شده است. اصلاً چندتا قانون شناسایی کرده‌اید. کل قوانین چه تعداد است فاصله سازمان با اون شکافی که بین اجرائیات سازمان با قوانین است چقدر است؟ این شکاف‌ها را بیائید اندازه‌گیری کنید. در موارد مختلفی می‌توان شاخص تعیین کرد. که بتوان عملکرد سازمان را با آن اندازه‌گیری کرد.

ب - روش‌های پایش، اندازه‌گیری، تحلیل و ارزشیابی عملکرد، به نحوی که کاربرد پذیر باشد به منظور حصول

اطمینان از نتایج معتبر

تعداد شکایات مشخص است، تعداد آسیب‌ها و رویدادها مشخص است که می‌تواند به تفکیک حادثه و شبه حادثه بنویسید می‌توان به تفکیک میزان حادثه‌ای که به افراد وارد شده است اینها را دسته بندی کرد. اثربخشی کنترل‌های عملیاتی این را می‌توان یک

بند ۹- ارزشیابی عملکرد

بند ۹ استاندارد ISO 45001 در رابطه با ارزشیابی عملکرد صحبت می‌کند که در این مقاله می‌خواهیم الزامات آنرا مرور کنیم:

9-1- پایش، اندازه‌گیری، تحلیل و ارزشیابی عملکرد
9-1-1- کلیات

سازمان باید برای پایش، اندازه‌گیری، تحلیل و ارزشیابی عملکرد، فرایندهایی را ایجاد، پیاده‌سازی و نگهداری کند، سازمان باید تعیین کند:

الف - چه چیزهایی نیاز است پایش و اندازه‌گیری شوند شامل:

- 1- میزانی که الزامات قانونی و سایر الزامات برآورده شده‌اند،
- 2- فعالیت‌ها و عملیات سازمانی مرتبط با خطرات، ریسک‌ها و فرصت‌های شناسایی شده،
- 3- پیشرفت در دستیابی به اهداف،
- 4- اثربخشی عملیاتی و سایر کنترل‌ها،

یادآوری ۱ - تفاوتی بین پایش و اندازه‌گیری وجود دارد. پایش زمانی گفته می‌شود که یک داده کیفی را مورد بررسی قرار می‌دهیم. موردی را بررسی می‌کنیم و کنترل می‌کنیم آیا فعالیت‌های سازمان دارد مطابق آن الزاماتی که گذاشتیم انجام می‌شود یا نه؟ آیا کارکنان از وسایل حفاظت فردی استفاده می‌کنند یا نه؟ اینها مواردی است که ما آن‌ها را داریم پایش می‌کنیم. معمولاً "داده‌های کیفی پایش می‌شوند."

داده‌های کمی که اندازه‌گیری می‌شوند را عبارت اندازه‌گیری برای آن‌ها استفاده می‌شود هر جا بحث کمیتی هست اندازه‌گیری به میان می‌آید. پس ما هم پایش داریم، هم اندازه‌گیری، به عنوان مثال برای اینکه ببینید چه چیزهایی باید پایش و اندازه‌گیری شود. بیائید شکایات‌هایی که از بحث سلامت شغلی به دستتان رسیده است را به

چارچوبی برای مشخص کردن بررسی کنید اگر همه چک لیست‌ها تایید شده و آن مکان و یا آن محیط دقیقاً متناسب با چک لیست دارد کار انجام می‌دهد اگر این‌ها به عنوان ۱۰۰٪ تأیید قبول کنید. اگر یک مورد دیدید ۱۰٪ از آن کم کنید اگر دو مورد دیدید ۲۰٪ کم کنید. و به این صورت روشی برای اندازه‌گیری و پایش مشخص کنید.

ج - معیارهایی که سازمان در قیاس با آن‌ها عملکرد (OH&S) خود را ارزشیابی خواهد کرد.

باید یک مقایسه‌ای انجام بدهید ببینید اوضاع سازمان به چه صورت است. این قیاس می‌تواند با سایر سازمان‌ها باشد. اگر دسترسی دارید به سازمان دیگری که این استاندارد را پیاده‌سازی کرده است و یا سازمان‌های الگویی که در این حوزه بسیار قوی کار کرده‌اند خودتان را با آن‌ها مقایسه کنید. ببینید آن‌ها چکار کرده‌اند. کجاها از شما جلوتر هستند کجاها شما بهتر از آن‌ها کار کرده‌اید؟ می‌توانید بیابید اصلاً خودتان را با بند استاندارد مقایسه کنید که این مقایسه را در بحث ممیزی داخلی هم گفته می‌شود بیابید چک کنید که چقدر با الزامات استاندارد و با اهداف سازمان فاصله دارید و همچنین با آمارهای جهانی که در خصوص کار و آسیب‌های کاری ارائه می‌شود. به عنوان مثال: ممکن است آماری وجود داشته باشد که میانگین نفراتی که آسیب شغلی می‌بینند بسته به تعداد جمعیت هر شرکتی چقدر است؟ بیابید ببینید از میانگین جهانی بالاتر هستید، پایین‌تر هستید و یا مطابق این آمار دارید کار انجام می‌دهید.

د - زمان‌هایی که پایش و اندازه‌گیری باید انجام شود.

باید یک زمان و تواتر زمانی برای پایش و اندازه‌گیری مشخص شود. می‌توانید یک جدول تهیه کنید در این جدول در قسمت اول آن بنویسید چه اهداف و چه شاخص‌هایی را برای اندازه‌گیری مشخص کرده‌اید

- نحوه اندازه‌گیری برای هر کدام از این شاخص‌ها چقدر است؟ به عنوان مثال: شکایتی که از سلامت شغلی به دستتان رسیده است، نحوه اندازه‌گیری آن می‌شود تعداد شکایاتی که دریافت کرده‌اید (از طریق: صندوق پستی، ایمیل، ...)

- زمان پایش را می‌نویسید چند وقت یکبار باید این شاخص‌ها را چک کنید؟ مثلاً: هر سه ماه یکبار و یا هر شش ماه یکبار و یا به صورت سالیانه

- نقطه بهینه است؟ مثلاً در شکایت از سلامت می‌خواهید به نقطه صفر برسید. آیا در این نقطه هستید یا نه؟

ه - زمان‌هایی که نتایج حاصل از پایش و اندازه‌گیری باید تحلیل، ارزشیابی و اطلاع‌رسانی شود.

اینکه هر چند وقت یکبار بیابید آن تحلیل‌ها را روی آن نتایج انجام بدهید. معمولاً این موارد را در بازنگری مدیریت انجام می‌دهند و مطابق زمان‌هایی که در بازنگری مدیریت تعریف می‌کنند که معمولاً ۶ ماهه و یا یکساله است می‌آیند این تحلیل‌ها را انجام می‌دهند.

• سازمان باید اطمینان حاصل کند که تجهیزات پایش و اندازه‌گیری، به نحو کاربرد پذیر، کالیبره یا تصدیق شده و نحو مناسبی استفاده و نگهداری می‌شوند. (ممکن است الزامات قانونی یا سایر الزامات وجود داشته باشد)

نکته مهم: پایش و اندازه‌گیری عوامل زیان‌آور: شدت صدا، میزان آلودگی، میزان گازهای منتشر شده، اینها معمولاً توسط شرکت‌های بیرونی انجام می‌شود یعنی شرکت‌هایی که مجوز اینکار را دارند تجهیزاتش را دارند می‌آیند با این تجهیزات شدت صدا، شدت آلاینده‌گی‌ها را حساب می‌کنند و گزارش می‌دهند. بحث معاینات ادواری کار را انجام می‌دهند که همه اینها در ۴۵۰۰۱ الزام است و سازمان‌ها باید انجام دهند.

و جزء الزام قانونی است. (معاینات ادواری، معاینات پیش از کار و اندازه‌گیری آلاینده‌های محیط کار و چیزهایی که دارد به پرسنل آسیب می‌زند).

این پایش و اندازه‌گیری یا توسط شرکت‌های بیرونی انجام می‌شود و یا شرکت‌هایی که خیلی بزرگ و گسترده هستند این تجهیزات را خودشان دارند. آن شرکت‌ها اگر این تجهیزات را دارند باید بحث کالیبراسیون این تجهیزات را مد نظر قرار بدهند و در بازه‌های زمانی تجهیزات خودشان را کالیبره کنند.

اطلاعات مستند در موارد زیر باید حفظ شود

۱- نتایج پایش و اندازه‌گیری، تحلیل و ارزشیابی عملکرد به عنوان شواهد:

تجزیه و تحلیلی هم باید بر روی اینها انجام شود که روند به چه صورتی بوده است؟ آیا می‌توان با این شرایط کار کرد. آیا این میزان آلاینده‌گی، آلاینده‌گی قابل قبول است؟ کارکنان خیلی راحت می‌توانند در این محیط کار کنند؟ یا نه باید اقداماتی تعریف شود.

۲- نگهداری، کالیبراسیون یا تصدیق تجهیزات اندازه‌گیری

سوابق نگهداری، کالیبراسیون یا تصدیق تجهیزات اندازه‌گیری باید نگهداری شود. اگر شرکتی از بیرون می‌آید و کارهای اندازه‌گیری را برای شما انجام می‌دهد. سوابق آن شرکت، تاییدیه‌های آن شرکت یا مجوز آن شرکت را باید بگیرید و به عنوان سابقه نگه دارید. مثال‌هایی که پایش و اندازه‌گیری انجام می‌شود:

- شدت صوت در چهار گوشه سالن A (برحسب دسی بل)،

- مشخصات هوای داخل سالن‌ها،

- پایش و اندازه‌گیری روشنایی (تست کوررنکی، درخشندگی و ...)،

- پایش و اندازه‌گیری عوامل شیمیایی محیط کار،

- استفاده از چک لیست برای انجام بازرسی ایمنی،

- بازرسی ماشین‌آلات خاص از نظر سیم earth، لرزش و شرایط عمومی کار،

- تکرار و شدت حوادث،

- میزان غیبت از سرکار به علت بیماری،

- شرایط غیرایمن، تعداد جراحات‌های شدید و ...

9-1-2- ارزیابی انطباق

سازمان باید ارزیابی انطباق با الزامات قانونی و سایر الزامات فرایندی را ایجاد، پیاده سازی و نگهداری نماید. سازمان باید:

- تواتر و روش ارزیابی انطباق را تعیین کند،
- تطابق را ارزیابی کرده و در صورت نیاز اقداماتی انجام دهد،
- از دانش و درک خود از وضعیت انطباق با الزامات قانونی و سایر الزامات نگهداری کند، بحث درک و دانش سازمانی اینکه حالا بسته به نوع سازمان، کوچکی و بزرگی سازمان چه دانشی را از این سازمان درک کرده‌اید. چه اطلاعاتی را از این الزام و این قانون دارید. این اطلاعات باید توسط فردی که دریافت کرده است به دیگران آموزش داده شود. و بتوان آنرا در سازمان ثبت کرد.
- اطلاعات مستند نتایج ارزیابی انطباق را حفظ کند. ارزیابی انطباق می‌تواند از روش‌های مختلفی حاصل شود که معمول‌ترین آن‌ها شامل موارد زیر می‌باشد:
- ممیزی‌ها،
- بازنگری مدارک/سوابق،
- بازرسی‌ها،
- مصاحبه‌های انجام گرفته با کارکنان (که آیا قوانین را می‌شناسند و استفاده از آن را بلد هستند)،
- بازنگری پروژه یا کارها،

- تجزیه و تحلیل نمونه‌های روزانه یا نتایج تست‌ها،
 - بررسی تجهیزات و/یا شواهدی که به صورت مستقیم بدست می‌آید.
 جدول (۱) نمونه‌ای از چک لیست که بحث ارزیابی انطباق ما با قوانین و یا سایر الزامات را نشان می‌دهد. جدول (۲) نمونه‌ای از چک لیست ارزیابی انطباق با قوانین و مقررات (الزامات قانونی) را نشان می‌دهد.

9-2- ممیزی داخلی

9-2-1- کلیات

سازمان باید ممیزی‌های داخلی را در فواصل زمانی مشخص و طرح‌ریزی شده انجام دهد تا اطلاع یابد که آیا سیستم:
 الف - با موارد زیر انطباق دارد:

- 1- الزامات خود سازمان برای سیستم، شامل: خط مشی و اهداف.
- 2- الزامات این استاندارد،

ب- به صورت اثربخش پیاده سازی و نگهداری شده باشد.
 ممیزی داخلی انجام می‌دهیم که همه مطمئن شویم انطباق داریم با الزامات استاندارد و الزاماتی که خود سازمان نوشته است و هم اینکه به صورت اثربخش این استاندارد پیاده سازی و نگهداری شود.

جدول ۱- نمونه ای از چک لیست که بحث ارزیابی انطباق ما با قوانین و یا سایر الزامات

| ردیف | شرح مورد | مطلوب | نامطلوب | توضیحات |
|------|---|-------|---------|---------|
| ۱. | آیا وضعیت رنگ بدنه مناسب می‌باشد؟ | | | |
| ۲. | آیا وضعیت رنگ اتصالات مناسب می‌باشد؟ | | | |
| ۳. | آیا سطح مخزن روغن صاف و عاری از سرب خوردگی و فرورفتگی می‌باشد؟ | | | |
| ۴. | آیا بدنه مخزن صاف و فاقد بادکردگی می‌باشد؟ | | | |
| ۵. | آیا بدنه مخزن بدون زنگ زدگی می‌باشد؟ | | | |
| ۶. | آیا مخزن یکپارچه و فاقد آثار خوردگی و سائیدگی می‌باشد؟ | | | |
| ۷. | آیا اجزاء و اتصالات سالم و بدون شکستگی و ترک می‌باشند؟ | | | |
| ۸. | آیا در اتصالات ورودی و خروجی استحکام پیچ و مهره‌ها مناسب می‌باشد؟ | | | |
| ۹. | آیا نحوه اتصال ورودی و خروجی به مخزن صحیح می‌باشد؟ | | | |
| ۱۰. | آیا تمامی اتصالات فاقد نشتی می‌باشند؟ | | | |
| ۱۱. | آیا اتصالات سالم و فاقد هرگونه خوردگی و سائیدگی می‌باشند؟ | | | |
| ۱۲. | آیا مخزن دارای فشارسنج می‌باشد؟ (فشار را یادداشت کنید) | | | |
| ۱۳. | آیا مخزن دارای شیر تخلیه (شیر کندانس) می‌باشد؟ | | | |
| ۱۴. | آیا مخزن دارای شیر اطمینان می‌باشد؟ | | | |
| ۱۵. | آیا شیر اطمینان تنظیم می‌باشد؟ | | | |
| ۱۶. | آیا شیر اطمینان سالم و فاقد زنگ زدگی می‌باشد؟ | | | |
| ۱۷. | آیا ورودی شیر اطمینان باز می‌باشد؟ | | | |

9-2-2- برنامه ممیزی داخلی

سازمان باید:

- برنامه ممیزی داخلی را تهیه کند که شامل: تواتر، روش‌ها، مسئولیت‌ها، مشورت، الزامات طرح‌ریزی و گزارش دهی باشد که باید اهمیت فرایند و نتیجه ممیزی‌های قبلی را مد نظر قرار دهد.

- معیارهای ممیزی و دامنه کاربردی هر ممیزی را تعریف کند.

- به نحوی ممیزی‌ها انتخاب شوند و ممیزی انجام گیرد تا از عینیت و بی‌طرفی فرایند ممیزی اطمینان حاصل شود. الزامی که در استاندارد وجود دارد این است که ممیزین داخلی نباید واحد خودشان را ممیزی کنند چون به هر حال وقتی واحد خودمان را ممیزی می‌کنیم ممکن است نقاط ضعف خودمان را نبینیم. ممیزی داخلی برای این انجام می‌شود تا ایرادهای سازمان پیدا شود این ایرادها شناسایی شود. و آن‌ها را برطرف کنیم.

برای همین لازم است که اول مطمئن شویم که ممیزان مستقل از واحد دارند ممیزی انجام می‌دهند پس حداقل هر سازمانی نیاز به دو نفر ممیز دارد.

به عنوان مثال مسئول ایمنی می‌شود ممیز کل سازمان و خود واحد ایمنی را یک نفر دیگری از واحد دیگری باید بیاید و ممیزی کند. و دومین موضوعی که استاندارد پیشنهاد می‌کند که می‌توانید انجام بدهید برای این موضوع این است که ممیز از بیرون سازمان بیاید.

اطمینان حاصل شود که نتایج ممیزی به مدیران مربوطه، کارکنان و ذینفعان گزارش داده می‌شود.

اقدام برای پرداختن به عدم انطباق‌ها و بهبود مداوم عملکرد اطلاعات مستند را به عنوان شواهد پیاده‌سازی برنامه ممیزی و نتایج ممیزی حفظ کند.

جدول (۳) نمونه‌ای از برنامه زمانبندی ممیزی داخلی سیستم مدیریت کیفیت را نشان می‌دهد. در اینجا یک نمونه برنامه زمانبندی می‌بینید که فرایندها نوشته شده است و در سال ۱۴۰۲ قرار است در ماه ۶ ممیزی داخلی انجام شود. بازه ممیزی داخلی و تواتر زمانی ممیزی برای این شرکت سالیانه بوده است. جدول (۴) نمونه‌ای از برنامه و یا طرح ممیزی داخلی را نشان می‌دهد.

9-3- بازنگری مدیریت

مدیریت ارشد سازمان باید سیستم را در فواصل زمانی طرح‌ریزی شده بازنگری نماید تا از تداوم مناسب بودن، کفایت و اثربخشی اطمینان حاصل کند.

بازنگری مدیریت باید موارد زیر را در نظر بگیرد:

- وضعیت اقدام‌های حاصل از بازنگری‌های مدیریت قبلی
- تغییرات در مسائل درون و بیرون سازمانی مرتبط با سیستم شامل:
 - ۱- نیازهای و انتظارات طرف‌های ذینفع،

جدول ۲- نمونه‌ای از چک لیست ارزیابی انطباق با قوانین و مقررات (الزامات قانونی)

| ردیف | عنوان الزام قانونی / دستورالعمل کشوری | خلاصه الزام | | نحوه انطباق | توضیحات |
|------|---|---|-------|-------------|---------|
| | | دارد | ندارد | | |
| ۱. | آیین نامه حفاظت و بهداشت عمومی در کارگاه‌ها فصل اول- ساختمان | ماده ۵- کف عمارات کارگاه باید هموار و بدون حفره بوده و به نحوی مناسب مفروش شود. که قابل شستشو باشد و تولید گرد و غبار نکند و موجب لغزیدن کارگران نگردد. در مواردی که نوع کار اقتضای ریخته شدن آب را به کف کارگاه داشته باشد باید کف کارگاه دارای شیب متناسب و مجرای مخصوص برای خروج آب و جلوگیری از جمع شدن آب در کف کارگاه باشد. | | | |
| | | ماده ۸- عرض پلکان عمومی کارگاه باید حداقل ۱۲۰ سانتی‌متر و پاگردهای آن متناسب با عرض مزبور باشد. در مورد پلکان‌هایی که بیش از چهارپله دارد در طرف باز پلکان باید توده محکم نصب شود و در مسیر پلکان نباید هیچ گونه مانعی وجود داشته باشد. | | | |

جدول ۳- نمونه‌ای از برنامه زمانبندی ممیزی داخلی سیستم مدیریت کیفیت

| آرم شرکت | برنامه زمانبندی ممیزی داخلی سیستم مدیریت کیفیت سال ۱۴۰۲ | | | | | | | | | | | | شماره فرم: F.69.00 |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|--------------------|
| | سال ۱۴۰۲ | | | | | | | | | | | | |
| نام فرایند | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | |
| | مدیریت | | | | | | | | | | | | |
| انفورماتیک | | | | | | | | | | | | | |
| بازرسی فنی | | | | | | | | | | | | | |
| تضمین کیفیت | | | | | | | | | | | | | |
| آموزش | | | | | | | | | | | | | |
| اداری | | | | | | | | | | | | | |

جدول ۴- نمونه ای از طرح ممیزی

| آرم شرکت | | برنامه ممیزی | | کد مدرک : F.070.00 تاریخ : | |
|----------------------------|------------|---------------------|------------------|-------------------------------|---|
| برنامه ممیزی سالیانه | | ۶ ماهه اول سال | | تاریخ ممیزی: | |
| | | ۶ ماهه دوم سال ۱۴۰۲ | | تاریخ ممیزی: سال ۱۴۰۲ | |
| مرجع ممیزی: ISO 45001:2018 | | سر ممیز : | | سایز ممیزین : | |
| ردیف | تاریخ : | زمان ممیزی (Time) | واحد ممیزی شونده | ممیز | توضیحات |
| ۱. | ۱۴۰۲،۰۶،۲۴ | ۹-۸،۳۰ | آزمایشگاه | کاظمی | خط مشی - دستورالعمل‌های کاری - دستگاه‌ها - کالیبراسیون - آموزش داخلی - ردیاب‌ها - کنترل‌ها - اصلاحی پیشگیرانه |
| ۲. | ۱۴۰۲،۰۶،۲۴ | ۹،۳۰-۹ | آموزش | دورگرد | روش اجرایی - نیازسنجی - برنامه آموزشی - اثربخشی‌ها - پرونده پرسنلی - خط مشی |

تصمیمات در خصوص موارد زیر باشد:

- تداوم مناسب بودن، کفایت و اثربخشی سیستم در دستیابی به نتایج،
- فرصت‌های بهبود مداوم،
- هرگونه نیاز به تغییرات سیستم،
- منابع مورد نیاز،
- اقدامات در صورت نیاز،
- فرصت‌های بهبود یکپارچه سیستم با سایر فرایندهای کسب و کار،
- هرگونه تصمیمی در خصوص جهت گیری راهبردی سازمان، خروجی بازنگری مدیریت باید به کارکنان یا نماینده آن‌ها اطلاع رسانی شود و اطلاعات مستند باید نگهداری شود.

پی نوشت

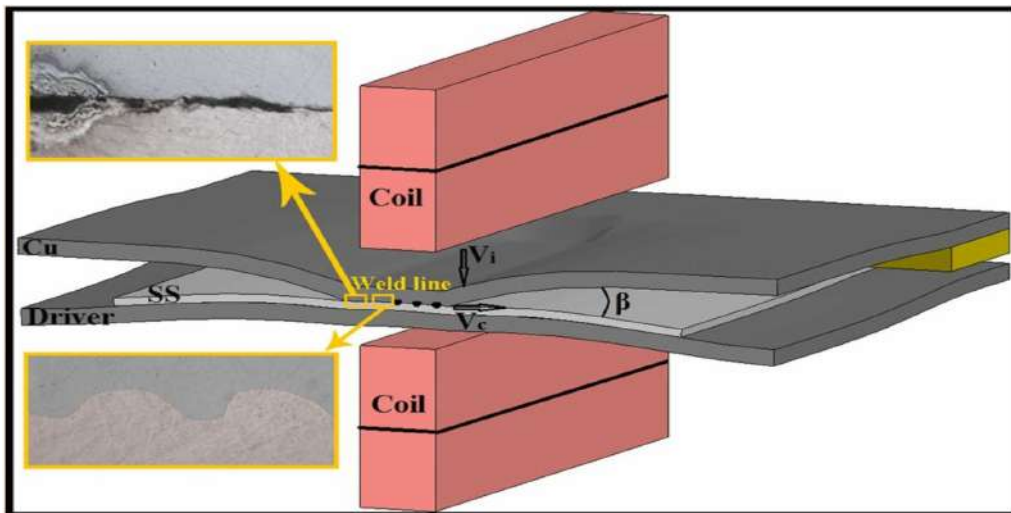
- مدیر تضمین کیفیت شرکت ناظران یکتا

2- الزامات قانونی و سایر الزامات،

3- ریسک‌ها و فرصت‌ها،

- میزان برآورده شدن خط مشی و اهداف

- اطلاعات مربوط به عملکرد شامل روندهای موارد زیر:
 - 1- رویدادها، عدم انطباق‌ها، اقدام‌های اصلاحی و بهبود مداوم،
 - 2- نتایج پایش و اندازه گیری،
 - 3- نتایج ارزیابی انطباق، اقدام اصلاحی و بهبود مداوم،
 - 4- نتایج ممیزی‌ها،
 - 5- مشورت و مشارکت کارکنان،
 - 6- ریسک‌ها و فرصت‌ها،
- کفایت منابع به منظور نگهداری سیستم اثربخش،
- اطلاع رسانی‌های انجام شده به طرف‌های ذینفع،
- فرصت‌های بهبود مداوم، خروجی بازنگری مدیریت باید شامل



تأثیر ارتعاش الکترومغناطیس بر ریزساختار و خواص مکانیکی فلز جوش در اتصالات سوپر آلیاژ اینکولوی ۸۲۵ به روش GTAW

علی پورجعفر^۱، دکتر رضا دهملابی^۲

چکیده

در این پژوهش تأثیر تغییر ارتعاش بر ریزساختار و رفتار مکانیکی سوپر آلیاژ اینکولوی ۸۲۵ بررسی شد. نمونه‌های سوپر آلیاژ اینکولوی ۸۲۵ تحت لرزش الکترومغناطیسی با شدت‌های مختلف حاصل از ولتاژهای خروجی صفر، ۶، ۱۲، ۲۰، ۳۰ و ۳۰ ولت با استفاده از فیلر Inconel82 و به روش GTAW جوشکاری شد. ریزساختار فلز پایه و نواحی مختلف فلز جوش در شرایط مختلف جوشکاری شده و با استفاده از میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور ارزیابی خواص مکانیکی اتصال، آزمون‌های ضربه شاریپی و سختی سنجی به روش ویکرز انجام گردید. نتایج نشان داد که با افزایش ولتاژ اعمالی در ارتعاشات، ساختار فلز جوش به علت شکستن دندریت‌ها ریزدانه گردید. نتایج آزمون‌های مکانیکی نیز حاکی از افزایش چقرمگی و سختی فلز جوش به علت شکست دندریت‌ها و کاهش فاصله بین بازوهای دندریتی با افزایش میزان ارتعاش اعمالی است.

کلمات کلیدی: اینکولوی ۸۲۵، جوشکاری، ارتعاش الکترومغناطیس، خواص مکانیکی.

مقدمه

سوپر آلیاژها، آلیاژهایی مقاوم در برابر حرارت، خوردگی و اکسیداسیون می‌باشند که از نظر ترکیب شیمیایی به سه گروه پایه نیکل، نیکل- آهن و کبالت تقسیم می‌شوند [۱ و ۲]. اینکولوی ۸۲۵ یکی از سوپر آلیاژهای پایه آهن- نیکل می‌باشد که خواص مکانیکی خوب در دمای نسبتاً بالا در کنار مقاومت به خوردگی، موجب استفاده از این آلیاژ در صنایع هوافضا، تجهیزات چاه‌های نفت و گاز، صنایع هسته‌ای، ساخت لوله‌های محیط‌های اسیدی، خطوط تزریق مواد شیمیایی و وسایل تحت فشار گردیده است. به علت وجود مقادیر بالای نیکل و کروم در این آلیاژ و حضور فاز آستنیتی، قابلیت جوشکاری خوبی را می‌توان از آن انتظار داشت [۳-۷].

ریزساختار انجمادی فلز جوش و اندازه دانه‌ها به شدت بر خواص مکانیکی و حساسیت به ترک داغ جوش مؤثر هستند [۸]. به‌طور کلی ارتعاش به سه روش به حوضچه مذاب اعمال می‌شود: اولتراسونیک، مکانیکی و الکترومغناطیس [۹ و ۱۰]. همچنین از روش‌های

گوناگونی برای کنترل ساختار دانه استفاده می‌شود که می‌توان به تلقیح و تحریک خارجی، مانند هم زدن حوضچه جوش، نوسان و ضربان قوس [۱۱] و جاذبه گریز از مرکز، اشاره نمود [۸ و ۱۱].

استفاده از ارتعاشات الکترومغناطیس مزایای زیادی دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به ریزدانگی ساختار حاصل [۱۱ و ۸]، جدایش گازهای مضر [۱۳-۱۲]، کاهش **Inclusion** و **Porosity** [12-13]، افزایش سرعت واکنش‌ها و توزیع یکنواخت ذرات و رسوبات اشاره نمود [۱۴-۱۵]. با توجه به کاربرد گسترده آلیاژهای اینکولوی و اثرات مطلوب ارتعاش بر ریزساختار آن، تأثیر لرزش الکترومغناطیس بر جنبه ریزساختار و خواص مکانیکی در اتصال مشابه اینکولوی ۸۲۵ مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در این پژوهش تلاش گشت با انتخاب ارتعاش مناسب حد بهینه‌ای از تغییر در خواص مکانیکی نمونه پیدا و علت‌یابی گردد. همچنین از روش جوشکاری GTAW برای اتصال قطعات استفاده گردید و با اعمال لرزش‌های مختلف به بررسی تأثیرات حاصل در ریزساختار نمونه‌ها پرداخته شد.

روش پژوهش

در این تحقیق از سوپر آلیاژ اینکولوی ۸۲۵ با ضخامت ۸ میلی‌متر به عنوان فلز پایه و اینکونل ۸۲ (ER NiCr-3) به عنوان فلز جوش استفاده شد. جدول (۱) ترکیب شیمیایی فلز پایه و فلز پرکننده را نشان می‌دهد.

جهت انجام جوشکاری نمونه‌هایی به ابعاد ۵۰×۸۰ میلی‌متر از فلز پایه تهیه گردید. طرح اتصال نمونه‌ها به صورت جناغی یک‌طرفه با زاویه پخ ۷۰° با فاصله ریشه ۲ میلی‌متر و ارتفاع ۱ میلی‌متر در نظر گرفته شد. جوشکاری نمونه‌ها به روش قوس تنگستن با گاز محافظ آرگون و قطبیت منفی (GTAW-DCEN) و بدون پیش گرم انجام گردید. یکی از نمونه‌ها بدون اعمال لرزش الکترومغناطیسی (صفر ولت) و سایر قطعات با اعمال لرزش‌های حاصل از ولتاژهای ۶، ۱۲، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ ولت جوشکاری شدند.

جهت بررسی ریزساختار فلز پایه، فلز جوش و منطقه متأثر از حرارت (HAZ) از میکروسکوپ نوری و الکترونی روبشی مجهز به آنالیز نقطه‌ای EDS استفاده گردید. برای آماده‌سازی، سطح نمونه‌ها با استفاده از سنباده کاربرد سیلیسیوم ۶۰ تا ۳۰۰۰، کاملاً صیقل شده و تحت پولیش نهایی با خمیر الماسه ۰/۲۵ میکرونی قرار گرفتند. نمونه‌ها توسط محلول اسید اگزالیک تحت ولتاژ ۲۰ ولت و به مدت ۱۵ ثانیه الکترواچ شدند.

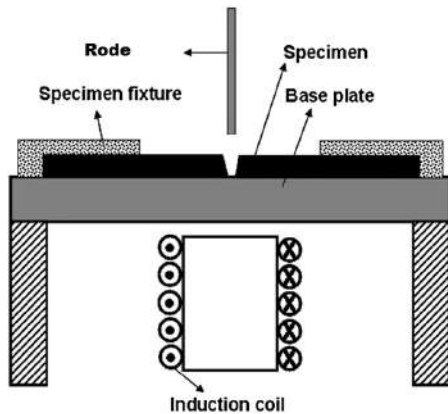
از هر نمونه جوشکاری شده، تعداد ۳ نمونه ضربه به ابعاد ۵۵×۵×۵ میلی‌متر به عمق شیار ۱ میلی‌متر و زاویه ۴۵ درجه، به گونه‌ای که شیار دقیقاً در ریشه فلز جوش قرار بگیرد، طبق استاندارد ASTM E23 تهیه گردید. آزمایش ضربه چارپی بر روی نمونه‌ها انجام و سطح شکست نمونه‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی قرار گرفت. آزمون سختی سنجی نیز تحت بار ۳۰ کیلوگرم بر اساس معیار ویکرز (HV/30) بر روی نمونه‌ها انجام شد.

بحث و نتیجه گیری

-ریزساختار فلز پایه

ریزساختار اینکولوی ۸۲۵ که در شکل (۲-الف) نشان داده شده است شامل دانه‌های هم‌محور آستنیت می‌باشد. ریزساختار دارای دو نوع رسوب، یکی ریز و کروی شکل و دیگری درشت و چندضلعی (شکل ۲-ب) می‌باشند که در داخل دانه‌ها و روی مرز دانه‌ها پراکنده‌اند [۱۶]. نتایج آنالیز رسوبات نشان می‌دهد که رسوبات ریز و غنی از تیتانیوم، کاربرد تیتانیوم (TiC) بوده و رسوبات درشت‌تر و غنی از نیتروژن و تیتانیوم، می‌تواند نیتريد تیتانیوم (TiN) باشد که

در تمام محدوده زیر دمای ذوب پایدارند و عملیات حرارتی تأثیری بر آن‌ها ندارد [۱۷]. آنالیز رسوبات در شکل (۲-ج و ۲-د) نشان داده شده است. این نتایج توسط سایر محققان نیز تأیید گردیده است [۶-۷ و ۱۶ و ۲۰-۱۸].



شکل ۱- تصویر شماتیک دستگاه ارتعاش الکترومغناطیسی

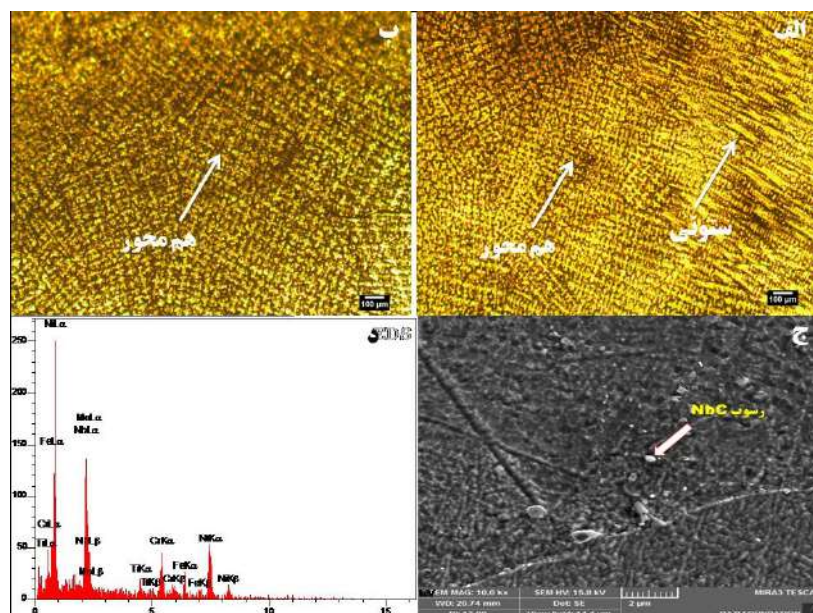
ریزساختار فلز جوش

شکل (۳) ریزساختار فلز جوش اینکونل ۸۲ را در ولتاژهای ارتعاشی صفر و سی ولت نشان می‌دهد. مطابق انتظار [۹، ۱۸، ۱۶ و ۲۰] ریزساختار کاملاً آستنیتی بوده و از دانه‌های دندریتی هم‌محوری تشکیل شده که در درون دانه‌ها نیز ساختار غالب دندریتی است. جهت گیری رشد دانه‌ها در مرز دانه متفاوت است و در واقع یک رشد رقابتی در بین دانه‌های مختلف وجود دارد.

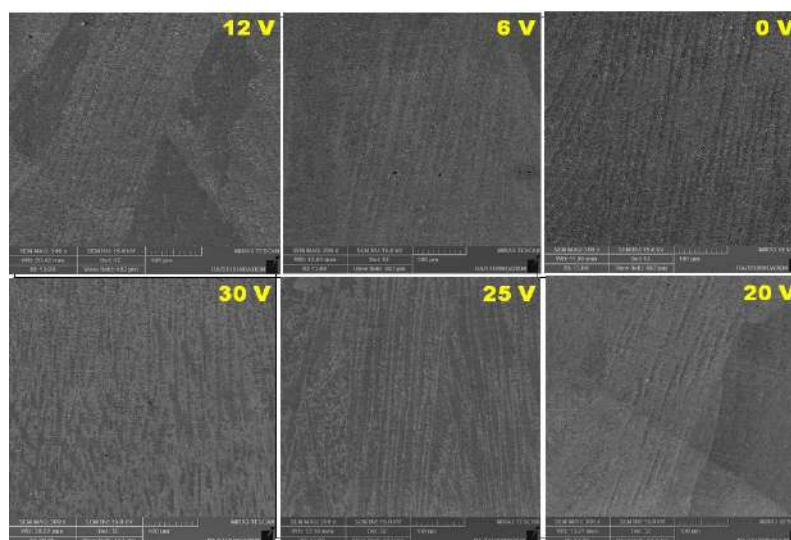
ارتعاش به دلیل تأثیر بر دو عامل اساسی، نقش مهمی در شکل‌گیری ریزساختار دارد: تحت انجماد و افزایش مکان‌های جوانه‌زنی. ارتعاشات اعمالی منجر به جابجایی مذاب درون حوضچه و نفوذ آن در بین دندریت‌ها و در نتیجه شکسته شدن نوک دندریت‌ها [۲۱] در منطقه خمیری و کشش آن‌ها به سمت حوضچه می‌شود. در صورت تحمل دمای حوضچه، این ذرات به‌عنوان جوانه برای تشکیل دانه‌های جدید عمل کرده و باعث ریز شدن ساختار می‌شوند [۲۲]. در این حالت مکانیزم غالب ریزدانه‌گی ساختار جوش، شکستن نوک دندریت‌ها در نظر گرفته می‌شود. از سویی با اعمال لرزش، دانه‌های ذوب جزئی شده که با فیلم نازکی از مذاب در میانشان به فلز پایه متصل‌اند، جدا شده و در امتداد قسمت اعظمی از مرز حوضچه، بوسیله فلز مذاب به درون حوضچه کشیده شده و نقش جوانه را ایفا می‌کنند [۸ و ۲۲-۲۳]. در ارتعاشات بالا به علت تلاطم زیاد مذاب،

جدول ۱- ترکیب شیمیایی فلزات پایه و پرکننده بر حسب درصد وزنی

| %Ni | %C | %Mn | %Fe | %S | %Cu | %Si | %Cr | %Ti | %Nb | %P | %Al | %Mo | %V | %Co | |
|------|------|---------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|------|------|------|------|-------------|
| ۴۳/۳ | ۰/۰۳ | ۰/۲۱ | ۳۱/۴ | ۰ | ۱/۵۱ | ۰/۱۳ | ۱۹/۶۵ | ۰/۷۵ | ۰/۰۶ | ۰ | ۰/۰۹ | ۲/۱۳ | ۰/۰۳ | ۰/۷۴ | Incoloy 825 |
| ۶۷ | ۰/۱ | ۲/۵-۳/۵ | ۳ | ۰/۱۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۱۸-۲۲ | ۰/۷۵ | ۲-۳ | ۰/۳ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | Inconel 82 |



شکل ۳- الف - تصویر میکروسکوپ نوری ریزساختار مرکز فلز جوش نمونه صفر ولت ب - تصویر میکروسکوپ نوری ریزساختار مرکز فلز جوش نمونه ۳۰ ولت ج - تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی اینکونل ۸۲ د - آنالیز شیمیایی رسوب NbC



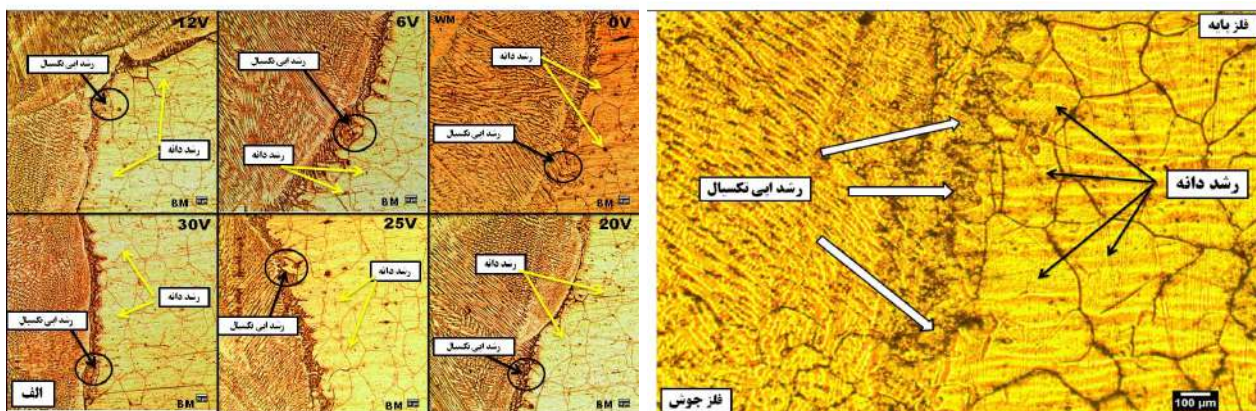
شکل ۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی ریزساختار فلز جوش اینکونل ۸۲

مشترک فلز جوش و فلز پایه نشان می‌دهد که مطابق آن، فلز جوش، فصل مشترک مناسب و پیوسته‌ای با فلز پایه دارد و هیچ‌گونه ترکی در فصل مشترک و فلز جوش مجاور آن مشاهده نگردد. مقایسه سختی‌های به‌دست‌آمده از مناطق جوش نمونه‌های مختلف در ارتعاشات متفاوت نشان می‌دهد بالاترین میزان سختی در نمونه ۳۰ ولت و کمترین آن‌ها در نمونه بدون لرزش می‌باشد. وجود ساختار دندریتی ظریف و دانه‌های هم‌محور در نمونه ۳۰ ولت باعث افزایش چشمگیر در سختی فلز جوش گشته که نتایج دیگر تحقیقات نیز مؤید این اتفاق است [۱۵].

از آنجا که افزایش لرزش با کمک به انتقال حرارت بیشتر، منجر به افزایش نرخ سرد شدن و در نتیجه کاهش فرصت رشد دانه‌ها می‌شود، در نتیجه با افزایش ولتاژ اعمالی، قطر متوسط دانه‌ها کاهش یافته و از شدت پدیده "رشد دانه" در مجاورت خط ذوب کاسته شده است که با توجه به مطلب فوق‌الذکر می‌تواند منجر به کاهش حساسیت به ترک در ناحیه مذکور شود. مطابق انتظار، نمونه با بیشترین میزان ارتعاش، رشد دانه و افت سختی کمتری را در منطقه متأثر از حرارت خود داشت که مطابق آنچه پیشتر گفته شد مطلوب تر است. شکل (۶) تأثیر ارتعاش الکترومغناطیس را بر ریزساختار فصل

جدول ۲- اطلاعات دانه‌بندی منطقه متأثر از حرارت (HAZ) نمونه‌ها

| نمونه | صفر ولت | ۶ ولت | ۱۲ ولت | ۲۰ ولت | ۲۵ ولت | ۳۰ ولت |
|------------------------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|
| عدد اندازه دانه (ASTM) | ۳,۷±۱ | ۳,۸±۱ | ۳,۸±۱ | ۳,۹±۱ | ۴±۱ | ۴±۱ |
| قطر متوسط دانه (μm) | ۸۶,۵۹ | ۸۳,۹ | ۸۴,۲ | ۷۹,۳۶ | ۷۸,۰۲ | ۷۷,۹۶ |

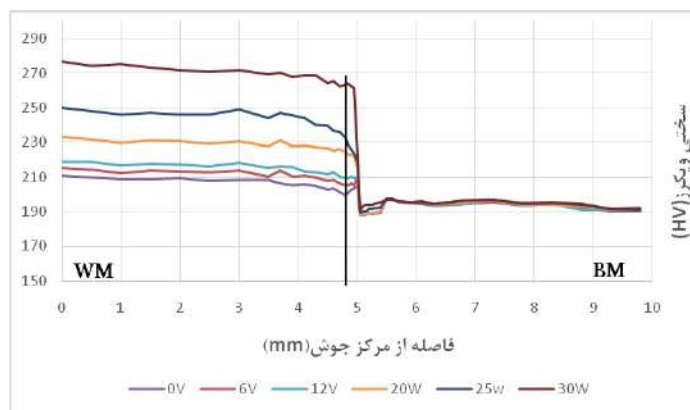


شکل ۶- تصویر فصل مشترک فلز جوش و فلز پایه در ارتعاشات مختلف

شکل ۵- فصل مشترک فلز پایه و فلز جوش

جدول ۳- نتایج آزمون سختی و ضربه بر فلز جوش نمونه‌های مختلف

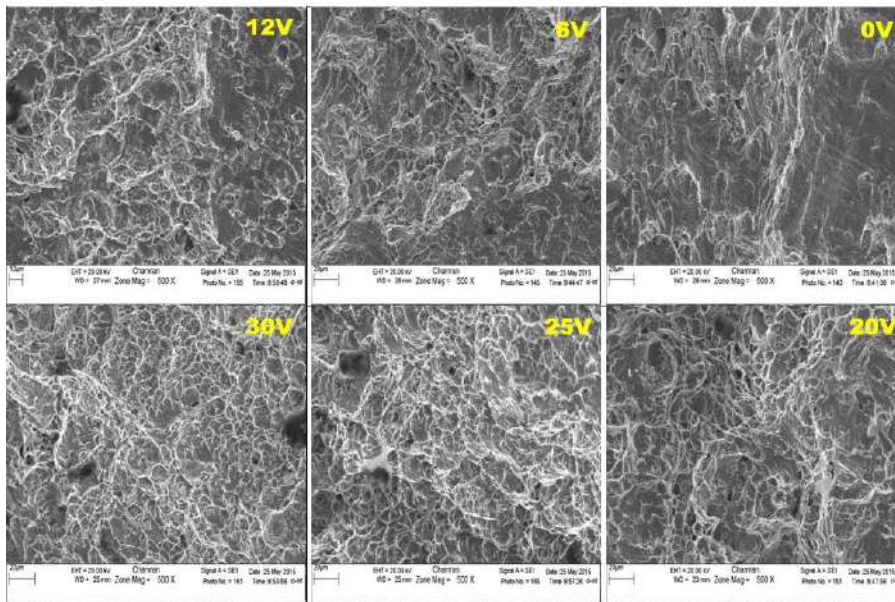
| نمونه | صفر ولت | ۶ ولت | ۱۲ ولت | ۲۰ ولت | ۲۵ ولت | ۳۰ ولت |
|-------------------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|
| میانگین سختی (HV) | ۲۰۵,۵ | ۲۱۰,۶ | ۲۱۵,۴ | ۲۲۶,۹ | ۲۳۷,۴ | ۲۵۷,۷ |
| میانگین انرژی (J) | ۲۷,۳ | ۳۰,۵ | ۳۱ | ۳۱,۲ | ۳۱,۶ | ۳۵,۳ |



شکل ۷- پروفیل ریزسختی برحسب فاصله از مرکز جوش در ارتعاشات مختلف

افزایش ارتعاشات اعمالی منجر به تشکیل ساختاری با دانه‌های ریز هم‌محور در مرکز فلز جوش، متشکل از دندریته‌های فشرده و با کمترین فاصله بین بازویی و دانه‌هایی ستونی در مجاورت آن شده است. از آنجاکه ریزدانگی تأثیر مستقیمی برافزایش سختی دارد انتظار می‌رود با افزایش لرزش الکترومغناطیس در نمونه‌ها، شاهد

از سویی همان‌گونه که در شکل (۷) مشخص است در تمامی نمونه‌ها، کاهش جزئی در سختی منطقه متأثر از حرارت (HAZ) اتفاق افتاده است که این کاهش سختی را می‌توان به درشت شدن دانه‌ها در این منطقه نسبت داد. همچنین جدول (۳) نتایج حاصل از تست سختی سنجی و ضربه را به‌صورت میانگین نشان می‌دهد.



شکل ۸- تصاویر حاصل از سطح شکست نمونه‌ها

نتیجه‌گیری

- در زمینه آستینیتی سوپر آلیاژ اینکولوی ۸۲۵، دارای رسوبات با مورفولوژی متفاوتی هستیم که خواص مطلوب عمدتاً ناشی از تجمع آن‌ها در مرز دانه‌ها و ممانعت از مهاجرت این مرزها در دماهای بالا می‌باشد.

- افزایش ارتعاش الکترومغناطیس ناشی از ولتاژهای صفر، ۶، ۱۲، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ ولت، منجر به ریزدانه شدن ساختار فلز جوش و افزایش چقرمگی و مقاومت در برابر ترک‌های انجمادی شد.

- ارتعاشات اعمالی منجر به ریزدانه‌گی ساختار و کاهش فاصله بازوهای دندریتی و افزایش مقدار سختی گردید. ساختار هم‌محور فلز جوش، سختی بیشتری از ساختار ستونی نواحی مجاور خط ذوب دارد.

- افزایش میزان انرژی جذب‌شده در هنگام شکست را می‌توان در نتیجه افزایش انعطاف‌پذیری حاصل از افزایش ریزدانه‌گی ساختار و کاهش فاصله‌ی بین بازوهای دندریتی دانست. به علت افزایش چقرمگی شاهد کاهش حساسیت به ترک انجمادی می‌باشیم و در منطقه‌ی فصل مشترک هیچ‌گونه ترکی گزارش نشد.

- کاهش سختی در منطقه‌ی متأثر از حرارت به علت کم بودن رشد دانه‌ها ناچیز بوده و تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر خواص فلز پایه نداشت. با افزایش ارتعاشات اعمالی به علت افزایش انتقال حرارت، رشد دانه‌ها در این منطقه کمتر شده و افت سختی کاهش یافت.

- افزایش ارتعاش به علت افزایش پراکنندگی رسوبات و ریزتر شدن آن‌ها، منجر به جوانه‌زنی حفرات و دیمپل‌های بیشتری در هنگام شکست شده و تمایل به شکست نرم را افزایش داد.

منابع

1-E. B. Howard and L. G. Timoty, Desk Edition,

افزایش عدد سختی باشیم. سختی منطقه متأثر از حرارت نمونه‌ها (HAZ) کمتر از سختی فلز پایه می‌باشد که این امر به رشد دانه‌ها در این منطقه ربط داده می‌شود. پروفیل ریزسختی رسم شده بر حسب فاصله از مرکز جوش در ارتعاشات گوناگون که در شکل (۷) نشان داده شده است تأیید کننده مطالب فوق است.

شکل (۸) تصاویر میکروسکوپ الکترونی سطوح شکست فلز جوش را نشان می‌دهد. همچنین تحلیل نتایج آزمون ضربه در دمای اتاق که در جدول (۴) ارائه شده، نشان می‌دهد که نمونه با حداکثر ارتعاش (۳۰ ولت)، بیشترین میزان انرژی را در هنگام شکست، نسبت به نمونه فاقد ارتعاش (صفر ولت)، جذب نمود که این امر با توجه به ریزتر بودن ساختار و افزایش میزان انعطاف فلز جوش، قابل پیش‌بینی بود.

افزایش ارتعاش اعمالی باعث افزایش دندریت‌های هم‌محور ریز در مرکز فلز جوش، کاهش فاصله بین بازوهای دندریتی و در نتیجه افزایش چقرمگی گردید که این امر منجر به افزایش چشمگیر انرژی جذب‌شده در هنگام شکست نمونه‌ها شده است. نوع شکست در تمامی فلزات جوش از نوع نرم است اما در سطح شکست نمونه‌هایی که تحت ارتعاش قرار داشتند، با افزایش ولتاژ به‌طور واضحی، اثرات تغییر فرم پلاستیک و حفرات و دیمپل‌های (Dimple) عمیق با تعداد زیاد مشاهده می‌شود.

از آنجاکه این حفره‌ها در محل ذرات رسوبی ریز پراکنده جوانه‌زنی می‌کنند، هر چه قطر این حفرات کمتر و عمق و پراکنندگی آن‌ها بیشتر باشد، انعطاف‌پذیری ساختار حاصل نیز بیشتر می‌شود [۱۵]. به‌طور میانگین، نمونه با بیشترین ارتعاش، دارای ۳۰٪ انرژی جذب‌شده بیشتر، نسبت به نمونه فاقد ارتعاش، در هنگام شکست بود که این نتیجه مؤید مطالب فوق است.

- 16-R. Dehmlaei, M. Shamaniana, A. Kermanpur "Microstructural characterization of dissimilar weld between alloy 800 and HP heat resistant steel" 2008
- 17-D.Y. Seo, J. Tsang¹, R. Kearsey, W.J. Yang², K.S. Cho, J.H. Lee and P. Au¹ "Crack Growth Rate Behaviour and Microstructural Features of Incoloy 800H under Fatigue and Creep-fatigue Conditions" 2008
- 18-Sireesha M, Shankar V, Albert SK, Sundaresan S. Microstructural features of dissimilar welds between 316L Austenitic stainless steel and Alloy 800. Mater Sci Eng A 2000; 292
- 19- L. Sundar and D. R. G. Achar, "Review of Weld Cracking in Alloy 800", Indian Welding Journal., Vol. 16, No. 3, pp. 81-86, 1984
- 20-R. Dehmlaei, M. Shamaniana, A. Kermanpur "Microstructural changes and mechanical properties of incoloy 800 after 15 years service" 2009
- 21-CHih-Chun Hsieh, Peng SHuen Wang, Jia Siang and Weite "evolution of microstructure and residual stress under various vibration modes in 304 stainless steel welds" Department of materials science and engineering, national chung hsing university, January 2014
- 22- S. P. Tewari " Influence of Longitudinal Oscillation on Tensile Properties of Medium Carbon Steel Welds of Different Thickness" 2009
- 23-J.N. DuPont, C.V. Robino, A.R. Marder, Solidification of Nb-bearing superalloys, Part II. Metallurgical and Materials Transactions, Vol 29A, pp. 2797-2806, 1998.
- 24-Jyoti prakash, S.P. Tewari, Bipin kumar Srivastava "Nucleation, Grain growth, Solidification and Residual Stress", Institute of Technology, Banaras Hindu University, Varanasi, 2010
- 25-Zhang Ounlei, WU Minsheng, DU Jinglei, "Improving Weld Quality by Arc-Excited Ultrasonic Treatment" 2001
- 26-M. Gunduz, H. Kayab, E. C. Adiril, N. Maras, I. K. Keslioğlu, B. Saatçı "Effect of solidification processing parameters on the cellular spacings in the Al-0.1 wt% Ti and Al-0.5 wt% Ti alloys" 2007
- Metals Handbook, ASM International, United States of America, 1985.
- 2-E.F. Bradley, "Superalloys A Technical Guide", 2nd Edition, ASM International, Metals park, OH 44073, 1988.
- 3-M.J. Donachie, S.J. Donachie, "Superalloys A Technical Guide", 2nd Edition, ASM International, 2002
- 4- J. R. Davis et al " ASM Specialty Handbook: Nickel, Cobalt, and Their Alloys "Printed in the United States of America. 2000
- 5-S. R. Fiorrentin, "Study of γ' Precipitation Kinetics in Alloy 800 at 575°C by Small Angle Neutron Scattering", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research., Vol. B22, pp. 564-572, 1987.
- 6-J. C. Lippold, "Investigation of Weld Cracking in Alloy 800", Welding Journal., Vol. 63, No. 3, pp. 91-103, 1984.
- 7-R. S. Dutta, R. Purandare, A. Lobo and S. K. Kulkarni, "Microstructural Aspects of the Corrosion of Alloy 800", Corrosion Science, Vol. 46, pp. 2937-2953, 2004.
- 8-S. Kou, Welding metallurgy, second ed. Hoboken, John Wiley & Sons Inc, 2003.
- 9-R. Dehmlaei, M. Shamaniana, A. Kermanpur "Effect of electromagnetic vibration on the unmixed zone formation in 25Cr-35Ni heat resistant steel/Alloy 800 dissimilar welds, 2008
- 10-Ashwe Abugh, Ikpambese Kumaden Kuncy "Microstructure And Mechanical Properties Of Vibrated Castings And Weldments:" 2013
- 11- K. Balasubramanian, S. Raghavendran¹ and V. Balusamy., Studies on the Effect of Mechanical Vibration on the Microstructure of the Weld., Int J Engg Techsci Vol 2(3) 2011, 253-256
- 12- Lu Qinghua, Chen Ligong and Ni Chunzhen., Effect of vibratory weld conditioning on welded valve properties, Mechanics of Materials 40, 2008
- 13-Roger C. Reed "The superalloys fundamentals and applications" page:165, cambridge university press 2006
- 14-Yoshiki Mizutani, Yoshinori Ohura, Kenji Miwa., Effect of the Electromagnetic Vibration Intensity on Microstructural Refinement of Al-7%Si Alloy., Materials Transactions, Vol. 45, No. 6 (2004)
- 15-Y. G. Zhao, Y. H. Liang, Q. D. Qin, W. Zhou and Q. C. Jiang Effect of Mechanical Vibration on the Microstructure, Impact Toughness and Thermal Fatigue Behavior of Cast Hot Working Die Steel

بی نوشت

- 1- دانشجوی دکتری، دانشگاه شهید چمران اهواز
2- استادیار دانشگاه شهید چمران اهواز

تأثیر پارامترهای فرایند جوشکاری قوس الکتریکی بر روی جوش های فلزی همجنس و غیر همجنس (قسمت پایانی)

کاظم بابائی

ماتریس آستنیت بیشتری در شکل نشان داده شده است که ساختار همگن بیشتری را نشان می دهد. شکستگی نشان می دهد که استحکام اتصال زیاد است بنابراین حفره های بزرگی در داخل فلز جوش ایجاد می شود. جوشکاری مس به فولاد زنگ نزن توسط محققین مختلف انجام شده است.

اتصال غیر مشابه با موفقیت محدود انجام شده است، زیرا در طول خنک کردن، یک ساختار ستونی و دندریتی به عنوان مثال δ-فریت در داخل ریزساختار پراکنده می شود که به ساختار آستنیتی تصفیه شده تر و همگن تبدیل نمی شود که در داخل ریزساختار باقی می ماند و باعث ایجاد ناحیه بین فلزی می شود که شکنندگی ایجاد می کند. خواص خزش و خستگی فولاد را کاهش می دهد (تورنا و همکاران، ۲۰۱۱) تجزیه و تحلیل اتصالات غیر مشابه فلزات آهنی و غیر آهنی را با استفاده از جوشکاری باریکه الکترونی انجام دادند. پارامترهای تأثیرگذار مورد استفاده سرعت خطی و آمپر بودند. خواص مرتبط با ساختار، خواص ریزساختاری و مواد مشخص شد.

نتایج نشان داد که ریزسختی فولاد نسبت به فلز جوش کاهش می یابد. همچنین مشخص شد که تبلور مجدد صورت گرفته است. (چانگ و همکاران، ۲۰۱۷) اثر متغیرهای فرایند را بر خواص ساختاری، مورفولوژیکی، متالورژیکی فلزات آهنی و غیر آهنی غیر مشابه بررسی کردند. (چینانگان، ۲۰۱۶) آنالیز را بر روی اتصالات آهنی و غیر آهنی فولاد جوشکاری اصطکاکی و مس انجام داد. بررسی روی میله دایره ای به طول و قطر ۷۵ میلی متر و 24 میلی متر انجام شد. پارامترهای ورودی متغیر استفاده شده که بر تابع هدف خروجی تأثیر می گذارد.

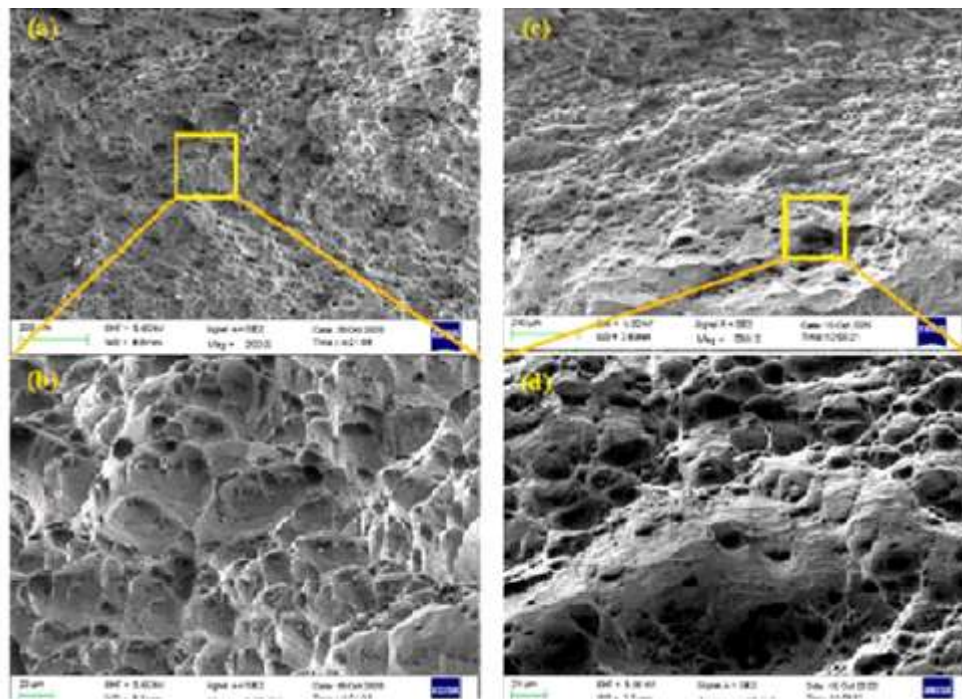
نتایج نشان می دهد استحکام کششی نزدیکتر به فلز پایه بدست می آید. انرژی ضربه جذب شده بوسیله مواد قبل از شکستگی و

جوشکاری قوس فلزی گاز محافظ فلزات غیر مشابه
فرایند جوشکاری قوس الکتریکی فلزات غیر مشابه با تشکیل فازهای ریزساختاری مختلف، کار دشواری است. فاز بین فلزی تشکیل می شود که فاز شکننده ای است که در صورت متفاوت بودن ترکیب دو فلزی که باید به یکدیگر متصل شوند تشکیل می شود. محققان مختلفی تلاش کرده اند فلزات غیر مشابه را جوش دهند. اما گزارش ها مربوط به ارزیابی خواص سازه ای و مشترک است.

مس به فولاد زنگ نزن با سایر روش های جوشکاری
جوشکاری مواد آهنی به غیر آهنی نقطه عطف بررسی محققان مختلف در سراسر جهان بوده است. جوشکاری آنها دشوار است زیرا ترکیب شیمیایی، خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت است. اما اتصال آنها نیاز روز است. در خانواده های غیر مشابه فلزات، جوشکاری مس به فولاد زنگ نزن توسط محققین مختلف با استفاده از فرایندهای جوشکاری مختلف امتحان شده است. جوشکاری قوس الکتریکی متفاوتی توسط محققان مختلف با فرایندهایی مانند GTAW، SAW، GMAW و غیره آزمایش شده است.

◆ تأثیر پارامترها بر ریزساختار، خواص متالورژیکی و مکانیکی

شکل (۱) تصاویر SEM را نشان می دهد که رابط فصل مشترک دچار شکست غیر مشابه مس که در سمت راست و فولاد زنگ نزن در سمت چپ قرار دارد را نشان می دهد. شکل (الف-۱ و ب-۱) حفره های سمت مس را نشان می دهد که حفره های کوچکی به دلیل ماهیت شکل پذیر مس ایجاد شده اند، در حالی که شکل (ج-۱ و د-۱) حفره های بزرگ را در سمت فولاد زنگ نزن نشان می دهد، این به دلیل این واقعیت است که استحکام فولاد بیشتر است بنابراین



شکل ۱- تصاویر SEM از سطوح شکسته در مورد نمونه D، الف و ب- تصاویر سطح شکسته در سمت Cu، ج- و د- تصاویر سطح شکسته در سمت فولاد زنگ نزن.

نتیجه گیری

- پارامترهای موثر بر خواص مکانیکی و ریزساختار و خواص خوردگی مانند خوردگی درون دانه ای و خوردگی حفره ای عبارتند از آمپر، شار، ولتاژ، سرعت خطی و ابعاد و ترکیب الکتروود.

- اینکونل $ENiCrMo_3$ بهترین الکتروود است که حداکثر استحکام، سختی و ساختار هم محور را نه تنها در جوشکاری مشابه بلکه در جوشکاری های غیرمشابه به ویژه مس و فولاد زنگ نزن نشان می دهد.

- آمپر شار جوشکاری و سرعت خطی پارامترهای اصلی هستند که بر ویژگی های جریان گرما و سرعت انجماد تأثیر می گذارند و در نتیجه خواص مکانیکی را تغییر می دهند.

- پیش گرمایش، پس گرمایش، قطبیت، دمای بین پاسی شرایط اصلی موثر بر خواص مکانیکی هستند.

- جوشکاری قوس الکتریکی از نظر اثرات زیست محیطی پایدارتر و مقرون به صرفه تر است.

- جوشکاری قوس الکتریکی روش اتصال موثری برای جوشکاری فلزات غیر آهنی و غیر آهنی مشابه است.

منبع

Pushp Kumar Baghel, Effect of SMAW process parameters on similar and dissimilar metal welds: An overview, Heliyon 8 (2022) e12161.

پی نوشت

مدرس دانشگاه جامع علمی کاربردی، مرکز خانه کارگر ساوجبلاغ

ارتجاعی حدود 70 J/cm^2 بود. زبری سطح و بافت و خصوصیات مورفولوژیکی با مواد پایه برابر بود. (پاراسیا و همکاران، ۲۰۱۵) اثر عوامل فرایند متغیر را بر خواص ساختاری، مورفولوژیکی و مواد اتصالات فلزات آهنی و غیر آهنی به دست آمده از جوشکاری قوس الکتریکی بررسی کردند. پارامترهای انتخاب شده عبارت بودند از شکاف ریشه، زاویه اتصال، جریان جوش. (جوشی و همکاران، ۲۰۱۹) اتصال فلزات آهنی و غیر آهنی را با فرایند جوشکاری تمیز یعنی فرایند جوشکاری الکترون ساطع شده بررسی کردند. خواص ساختاری، متالورژیکی و مورفولوژیکی با استفاده از تکنیک های مختلف متمرکز با دستگاه های بزرگ نمایی بالاتر مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتیجه بدست آمده به طور محکم انتشار مشترک فلزات آهنی و غیر آهنی در داخل فلز مذاب را تایید می کند. این نشان دهنده همزده شدن بالا و اختلاط همگن آهنی و غیر آهنی فصل مشترک مواد است. خواص با مقادیر قابل قبول افزایش می یابد. (شاهین، ۲۰۰۹) در مورد پارامترهایی که بر استحکام کششی و ریزسختی اتصال تأثیر می گذارند، بررسی هایی را انجام داده است. پارامترها شامل سرعت اسپیندل و فشار محوری است. مشاهدات جداسازی و تجمع عناصر آلیاژی را در فصل مشترک نشان می دهد که به دلیل افزایش ویژگی های جریان حرارتی است که منجر به وجود فاز ترد می شود. مشاهدات درصد لایه های متناوب فلزات آهنی را در ناحیه مس نشان می دهد که نشان دهنده همگنی و همزدگی یکنواخت در مواد است.

اثر ترکیب شیمیایی فلز پرکننده بر خواص ریزساختاری و خوردگی ناحیه اتصال فولاد زنگ نزن AISI 316L

صادق ورمزبار^۱، مسعود عطاپور^۲

چکیده

فولاد زنگ نزن AISI 316L یکی از رایج ترین فولادهای زنگ نزن آستنیتی است که در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. در این مطالعه به اثر ترکیب شیمیایی بر تغییرات ریزساختاری، سختی و خواص خوردگی ناحیه اتصال با استفاده از فرایند قوس تنگستن (GTAW) پرداخته شده است. به همین منظور از دو فلز پرکننده ER 316L و ER 312 استفاده گردیده است. سختی ناحیه فلز جوش حاصل از فلز پرکننده ER 312 به دلیل وجود ساختار دندریتی، مقادیر بالاتر کربن و رسوبات کاربیدی بیشتر، بالاتر از فلز جوش ER 316L و همچنین سختی فلز جوش فلز پرکننده ER 316L و مناطق متأثر از حرارت دو نمونه جوشکاری شده بالاتر با توجه به رسوب ذرات کاربیدی و کرنش پلاستیک در اثر بارهای حرارتی حین عملیات جوشکاری بالاتر از میزان آن برای فلز پایه است. همچنین آزمون پلاریزاسیون پتانسیو دینامیکی در محلول ۳/۵ درصد NaCl جهت مطالعه خواص خوردگی ناحیه اتصال دو نمونه جوشکاری شده و فلز پایه مورد استفاده قرار گرفته است. مقاومت به خوردگی ناحیه اتصال فلز ER 312 با توجه به مقادیر بالاتر کروم در این فلز پرکننده بالاتر از فلز جوش حاصل از فلز پرکننده ER 316L و فلز پایه است.

کلمات کلیدی: فولاد زنگ نزن، فلز جوش، فلز پرکننده، ریزساختار، مقاومت به خوردگی.

مقدمه

فولادهای زنگ نزن دسته مهمی از مواد مهندسی را تشکیل می دهند که به صورت گسترده در صنایع مختلفی چون صنایع لوله های فشار بالا، هسته ای، شیمیایی، پتروشیمی، نفت، گاز و ساخت تجهیزات پزشکی؛ به دلیل خواص بسیار مطلوب آنها از جمله مقاومت به خوردگی بالا و خواص مکانیکی خوب مورد استفاده قرار می گیرند [۱]. این دسته از مواد معمولاً دارای بیش از ۱۲٪ وزنی کروم هستند که سبب تشکیل یک لایه اکسیدی محکم با قابلیت بازسازی خود به خودی گردیده که مقاومت به خوردگی بالایی را به ارمغان می آورد. ترکیب شیمیایی این دسته از فولادها می توانند تنوع مطلوبی داشته باشند و عناصر آلیاژی نظیر نیکل، منگنز و مولیبدن معمولاً با اهداف مشخصی بر اساس کاربرد آنها اضافه شود [۲]. همچنین میزان کربن کمتر و اضافه کردن تیتانیوم، نیوبیوم یا تانتالیوم جهت جلوگیری از تشکیل کاربید کروم به کار گرفته می شود

و اضافه کردن مولیبدن جهت افزایش مقاومت به خوردگی حفره دار شدن مورد استفاده قرار می گیرد. آلیاژهای آستنیتی به عنوان بزرگترین گروه فولادهای زنگ نزن مورد استفاده شناخته شده که ۶۵ تا ۷۰ درصد آن ها را شامل می شود. علت این امر نه تنها مقاومت به خوردگی بالای این فولادها بلکه به دلیل وجود گستره ای از خواص جانبی شامل استحکام در دماهای بالا و سهولت در قابلیت ساخت قطعات به ویژه جوشکاری است [۳-۴]. از میان فولادهای زنگ نزن آستنیتی فولادهای ۳۰۴ و ۳۱۶ کاربرد بسیار زیادی در صنایع مختلف دارند [۵].

جوشکاری یکی از رایج ترین فرایندهایی است که در اتصال مواد جهت ساخت و تولید قسمت های مختلف در صنایع استفاده می شود [۶]. اولین مسئله ای که در جوشکاری فولادهای زنگ نزن بایستی مورد توجه قرار گیرد، شرایط کاری است که قطعه پس از جوشکاری در آن قرار دارد. این مسئله به خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی قطعه وابسته است، زیرا عوامل تعیین کننده نوع و روش جوشکاری هستند. فولادهای زنگ نزن آستنیتی با روش های جوشکاری قوس الکتریکی، مقاومتی، شعله ای و لحیم کاری قابل متصل شدن می باشند. از روش های متداول در جوشکاری فولادهای زنگ نزن آستنیتی روش جوشکاری قوسی تنگستن-گاز است [۷]. خواص مربوط به منطقه جوشکاری به دلیل ترکیبی از اثر ریزساختار و تنش پسماند نسبت به فلز پایه ضعیف تر است [۸].

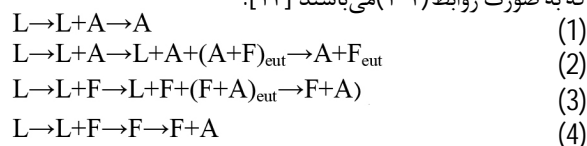
در ناحیه ذوبی که منطقه ای حاصل از نفوذ فلز پایه و فلز پرکننده است، چرخه گرمایش و خنک شدنی که در حین فرایند جوشکاری اتفاق می افتد ریزساختار و ترکیب شیمیایی فلز جوش و فلز پایه هم جوار آن را تحت تاثیر قرار می دهد [۹]. علاوه بر آنکه ترکیب شیمیایی ناحیه ذوبی با فلز پایه متفاوت است، در خود ناحیه جوش نیز به دلیل جدایش های ریزساختاری حاصل از انجماد اثرات میکرو-گالوانیکی مشاهده می شود که این خود عامل مضاعفی برای تشدید خوردگی در ناحیه جوش است [۱۰-۱۲].

کاهش خواص خوردگی در ناحیه جوشکاری گاهی سبب از رده خارج شدن کامل تجهیزات می شود، اما با استفاده روش جوشکاری و فلز پرکننده مناسب می توان میزان کاهش خواص را تقلیل داد و یا حتی آن خواص را بهبود بخشید. در این پژوهش جوشکاری فولاد زنگ نزن آستنیتی AISI 316L با استفاده از روش GTAW و دو فلز پرکننده ER 316L و ER 312 با هدف بررسی اثر به کارگیری هر کدام از فلزهای پرکننده بر خواص ریزساختاری و خوردگی ناحیه جوشکاری شده صورت پذیرفته است.

آزمون پتاسیل پتانسیو دینامیکی در محلول NaCl % ۳/۵ مقاومت خوردگی آنها با هم مورد مقایسه قرار گرفته است.

- ریزساختار

شکل (۱) ریزساختار فلز پایه (فولاد **AISI 316L**) را نشان می دهد. این فولاد از دسته فولادهای زنگ نزن آستنیتی است که در تصویر به وضوح یک ساختار آستنیتی با دانه های هم محور به همراه دوقلوبی ها نشان داده شده است. در شکل (۲) ریزساختار فلز جوش حاصل از فلز پرکننده **ER 316L** نشان داده شده است. این فلز پرکننده پایه آهنی، دارای ۱۲ درصد وزنی نیکل است و ۱۸/۲ درصد وزنی کروم است. اضافه کردن نیکل به یک سیستم آهن-کروم سبب افزایش پایداری فاز آستنیت در دمای اتاق می شود [۱۳]. در شکل نیز بخش عظیمی از ریزساختار را فاز آستنیت تشکیل داده است. به طور کلی بررسی ها نشان از آن دارد که در فلزات جوش حاصل از فلزات پرکننده آستنیتی چهار نوع انجماد و استحاله ممکن است رخ دهد و این واکنش ها مربوط به نمودار فازی آهن-کروم-نیکل است که به صورت روابط (۴-۱) می باشد [۱۳].



همانطور که در شکل مشخص است ساختار به صورت آستنیتی و همراه با مقداری فریت است. طبیعت ریختگی ساختار در ناحیه جوش فلز پرکننده **ER 316L** مشخص است و ساختار متشکل از دو فاز آستنیت (زمینه روشن) و فریت (تیره) دلتا با مورفولوژی اسکلتی است [۱۴]. بنابراین ابتدا ساختار به صورت فریت دلتا منجمد شده و با کاهش دما با توجه به ناپایداری این فاز در دماهای پایین به آستنیت تجزیه شده است و ساختار نشان داده شده به وجود آمده است. در شکل (۳) ریزساختار ناحیه جوش فلز پرکننده **ER 312** نشان داده شده است. این فلز پرکننده نیز از نوع فلزات پرکننده پایه آهنی و آستنیتی بوده و دارای ۸/۸ درصد وزنی نیکل ۳۰/۷ درصد وزنی کروم است. همانطور که مشخص است فاز آستنیت (تیره) و فریت (روشن) با یک ساختار دندردی در زمینه کاملاً مشهود است. فاز آستنیت و فریت به طور یکنواخت در زمینه توزیع گردیده و ترکیبات بین فلزی و فاز دیگری در ساختار دیده نمی شود، اما با توجه به وجود کربن و برخی عناصر کاربیدساز مانند کروم در این ناحیه وجود رسوبات کاربیدی در این ناحیه اجتناب ناپذیر است و با توجه به کربن بالاتر فلز پرکننده **ER 312** نسبت به فلز پرکننده **ER 312** میزان ذرات کاربیدی به وجود آمده در این ناحیه بالاتر است [۱۵، ۱۶].

- سختی

آزمون ریزسختی افقی برای فلز پایه و فلزهای پرکننده مختلف در

در جدول (۱) ترکیب شیمیایی فلز پایه فولاد **AISI 316L** که در این پژوهش با ابعاد $2 \times 100 \times 20$ mm تحت عملیات جوشکاری قرار گرفته است، نشان داده شده است. نمونه ها پس از آماده سازی تحت بازرسی نهایی قرار گرفت و پس از تمیزکاری نهایی برای جوشکاری آماده شدند. هنگام بررسی خصوصیات فلز جوش باید به این نکته توجه داشت که پارامترهای مختلفی از جمله اندازه الکتروود، ولتاژ و آمپراژ مورد استفاده، نوع و میزان گاز محافظ، دمای پیش گرم و دمای بین پاسی، رسانایی الکتریکی، ضخامت و ترکیب شیمیایی فلز پایه و همچنین ترکیب فلز پایه با فلز پرکننده و حالت خواص ناحیه اتصال را تحت تاثیر قرار می دهد. در این پژوهش از دو فلز پرکننده مختلف **ER 316L** و **ER 312** جهت اتصال فلز پایه مذکور استفاده گردیده است.

استفاده از فلزهای پرکننده مختلف به منظور رسیدن به بهترین انتخاب از نظر اقتصادی و خواص خوردگی در ناحیه ذوبی است که ترکیب شیمیایی هر کدام در جدول (۱) نشان داده شده است. بنابراین به منظور مقایسه خواص مکانیکی این چهار فلز پرکننده با ترکیب شیمیایی مختلف دیگر پارامترها به صورت یکسان اعمال گردید.

به همین منظور جوشکاری قوسی تنگستن تمامی نمونه ها با استفاده از جریان **DCEN** و با دمای بین پاسی ۱۰۰ درجه سانتی گراد اعمال گردید، همچنین جوشکاری تمامی نمونه ها در حالت تخت **G ۱** و بدون آماده سازی لبه صورت پذیرفت و از گاز محافظ آرگون با خلوص ۹۹/۹۹ با دبی 8 L/min درصد استفاده شده است. سرعت جوشکاری در حدود $2-1/5 \text{ mm/s}$ و جوشکاری قطعات در یک پاس انجام گرفت. شدت جریان و ولتاژ اعمال شده برای هر دو فلز پرکننده یکسان بوده تا شرایط جوشکاری و حرارت ورودی تقریباً یکسان به دست آید.

نمونه ها برای مطالعات ریزساختاری و ارزیابی تحولات فازی در جهت طولی از ناحیه ذوبی و 50 mm میلی متر قبل از پایان جوش تهیه گردید تا اثرات احتمالی مناطق پایانی جوش در نظر گرفته نشود. آماده سازی نمونه ها و پولیش کاری آن ها براساس استاندارد **ASTME 3-11** صورت پذیرفت و با استفاده از محلول ترکیبی $\text{HCl} \cdot \text{HNO}_3$ و آب مقطر با نسبت های مساوی عملیات اچ صورت پذیرفت و با استفاده از میکروسکوپ نوری تصاویر ریزساختاری گرفته شد. سختی فلز پایه به همراه سختی ناحیه اتصال و ناحیه **HAZ** دو نمونه جوشکاری شده با استفاده از آزمون ریز سختی و یک دستگاه ریزسختی سنج با ایندنتور الماسی ویکرز با بار ۱۰۰ گرم و زمان اعمال بار ۱۰ ثانیه اعمال گردید. جهت اندازه گیری ریز سختی در هر نمونه از سه نقطه استفاده شد و محل فرود ایندنتور به گونه ای تنظیم شد که از اثرات کرنش سختی اجتناب شده و در نهایت میانگین این سه نقطه گزارش گردید. همچنین جهت مطالعه خواص خوردگی از فلز پایه و ناحیه جوش دو نمونه جوشکاری شده با ابعاد $10 \times 10 \text{ mm}$ تهیه گردید و سطح مورد آزمایش یا سنبله کاغذی تا گردید ۱۲۰۰ مورد آماده سازی گردید، سپس با استفاده از

ER 316L بالاتر از فلز پایه است. با توجه به پایین تر بودن جریان خوردگی در هر دو فلز جوش ثابت می شود که پیل گالوانیکی احتمالی میان منطقه **HAZ** و فلز جوش با توجه به تفاوت ریزساختاری و ترکیب شیمیایی در این دو ناحیه سبب تحت تاثیر قرار گرفتن مقاومت به خوردگی فلز جوش با توجه به افزایش کروم در هر دو نمونه جوشکاری شده نگردیده است [۱۹].

جمع بندی و نتایج

- فلز پایه دارای ساختاری آستنیتی بوده و فلز جوش هر دو فلز پرکننده ریزساختاری متشکل از فریت و آستنیت می باشد.
- سختی فلز جوش فلز پرکننده **ER 312** با توجه به مقادیر بالاتر کربن و رسوبات کاربیدهای فلزی بیشتر از فلز جوش حاصل از فلز پرکننده **ER 316L** بالاتر است.
- مقاومت به خوردگی فلز جوش فلز پرکننده **ER 312** با توجه به مقادیر بالاتر کروم در این فلز پرکننده نسبت به فلز پایه و فلز جوش **ER 316L** بالاتر است.

منابع

- 1-J. R. Davis, *Stainless steels*. ASM international, 1994.
- 2-S. Kou, "Welding metallurgy," New Jersey, USA, pp. 431-446, 2003.
- 3-H. Khatak and B. Raj, *Corrosion of austenitic stainless steels: mechanism, mitigation and monitoring*. Woodhead publishing, 2002.
- 4-V. G. Rivlin and G. V Raynor, "1: Critical evaluation of constitution of chromium-iron-nickel system," *Int. Met. Rev.*, vol. 25, no. 1, pp. 21-40, Jan. 1980.
- 5-N. Kumar, M. Mukherjee, and A. Bandyopadhyay, "Comparative study of pulsed Nd: YAG laser welding of AISI 304 and AISI 316 stainless steels," *Opt. Laser Technol.*, vol. 88, pp. 24-39, 2017.
- 6-R. Unnikrishnan et al., "Effect of heat input on the microstructure, residual stresses and corrosion resistance of 304L austenitic stainless steel weldments," *Mater. Charact.*, vol. 93, pp. 10-23, 2014.
- 7-کوکبی، "تکنولوژی جوشکاری"، انتشارات آزاده، ۱۳۸۲.
- 8-J. C. Lippold, *Welding metallurgy and weldability*. Wiley Online Library, 2015.
- 9-J. R. Davis, *Corrosion of weldments*. ASM international, 2006.
- 10-R. G. Buchheit Jr, J. P. Moran, and G. E. Stoner, "Localized corrosion behavior of alloy 2090-the role of microstructural heterogeneity," *Corrosion*, vol. 46, no. 8, pp. 610-617, 1990.
- 11-L. V Jin-Long and L. Hong-Yun, "Influence of tensile pre-strain and sensitization on passive films in AISI 304 austenitic stainless steel," *Mater. Chem. Phys.*, vol. 135, no. 2-3, pp. 973-978, 2012.
- 12-D. N. Wasnik, V. Kain, I. Samajdar, B. Verlinden, and P. K. De, "Resistance to sensitization and intergranular corrosion through

ناحیه فلز جوش و ناحیه متأثر از حرارت با اندیکاتور ویکرز صورت پذیرفته است که نمودار نتایج به دست آمده در شکل (۴) نشان داده شده است. لازم به ذکر است مقادیر گزارش شده میانگین اعداد به دست آمده از سه نقطه آزمون ریز سختی در هر ناحیه است. همانطور که مشخص است سختی فلز پایه از تمامی مناطق پایین تر است. ریزساختار فولاد **AISI 316L** این فولاد به صوت آنیل شده و با دانه های هم محور کاملاً مشهود است. با توجه به شکل افزایش سختی به ترتیب در ناحیه **HAZ** و بالاتر از آن در ناحیه ذوبی در دو نمونه جوشکاری شده نسبت به فلز پایه مشخص است. این افزایش سختی در این دو ناحیه در اثر رسوب ذرات کاربیدی و ترکیبات بین فلزی است که این موضوع سبب جلوگیری از لغزش نابه جایی ها در طول مرزهای دانه شده و در نتیجه سختی افزایش می یابد. با توجه به میزان بالاتر کربن در فلز پرکننده **ER 312** پیش بینی می شود رسوب ذرات کاربیدی در فلز جوش حاصل از این فلز پرکننده بیشتر بوده و سختی بالاتر به دست آمده در ناحیه ذوبی آن نسبت به ناحیه ذوبی فلز پرکننده **ER 316L** بدین علت است. از طرفی دیگر علاوه بر ذرات کاربیدی در دو ناحیه **HAZ** و فلز جوش دو نمونه جوشکاری شده در اثر بارهای حرارتی تنش باقی مانده در این نواحی القا گردیده که می تواند سبب کرنش پلاستیک، افزایش نابه جایی ها و در نتیجه افزایش سختی گردد [۱۷].

- خواص خوردگی

نمودار پلاریزاسیون تافل برای فلز پایه و فلز جوش حاصل از دو فلز پرکننده **ER 316L** و **ER 312** در شکل (۵) نشان داده شده است. از آزمون پلاریزاسیون پتانسیودینامیک به منظور ارزیابی شدت جریان خوردگی و مقاومت به خوردگی هر یک از نمونه های نام برده استفاده شد. چگالی جریان خوردگی (**I_{corr}**)، پتانسیل خوردگی در نمونه های مختلف (**E_{corr}**)، شیب شاخه ی کاتدی (β_c) و شیب شاخه ی آنودی (β_a) حاصل از منحنی پلاریزاسیون پتانسیودینامیکی با استفاده از روش برون یابی در جدول ۲ گزارش گردیده است. علاوه بر این مقاومت پلاریزاسیون خطی (**R_p**) به طور تقریبی از معادله استرن-گری به دست آمده است [۱۸]. مقاومت به پلاریزاسیون خطی مطابق با رابطه (۵) محاسبه می شود:

$$R_p = \frac{\beta_a \times \beta_b}{2.303 I_{corr} (\beta_a + \beta_b)} \quad (5)$$

با توجه به اطلاعات به دست آمده مقاومت پلاریزاسیون خطی فلز جوش حاصل از فلز پرکننده **ER 312** از دو نمونه دیگر بالاتر بوده و این مقدار برای فلز جوش حاصل از فلز پرکننده **ER 316L** از فلز پایه بالاتر است. با توجه به میزان بالاتر کروم (۳۰/۷ درصد وزنی) در فلز پرکننده **ER 312** بالاتر بودن مقاومت به پلاریزاسیون خطی در فلز جوش این فلز پرکننده توجیه پذیر است. همچنین جریان خوردگی در این نمونه پایین تر دو نمونه دیگر است. همچنین مقاومت به پلاریزاسون خطی برای فلز جوش، فلز پرکننده

17-B. A. Kessal, C. Fares, M. H. Meliani, A. Alhoussein, O. Bouledroua, and M. Francois, "Effect of gas tungsten arc welding parameters on the corrosion resistance and the residual stress of heat affected zone," Eng. Fail. Anal., vol. 107, p. 104200, 2020.

18-M. Stern and A. L. Geary, "Electrochemical polarization I. A theoretical analysis of the shape of polarization curves," J. Electrochem. Soc., vol. 104, no. 1, pp. 56-63, 1957.

19-A. R. Kannan, N. S. Shanmugam, and G. Sreedhar, "Studies on corrosion behavior of AISI 316L cold metal transfer weldments in physiological solutions," Proc. Inst. Mech. Eng. Part E J. Process Mech. Eng., vol. 234, no. 6, pp. 644-656, 2020.

پی نوشت

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان

2- دانشیار، دانشگاه صنعتی اصفهان

extreme randomization of grain boundaries," Acta Mater., vol. 50, no. 18, pp. 4587-4601, 2002.

13-J. C. Lippold and D. J. Kotecki, Welding metallurgy and weldability of stainless steels. 2005.

14-K. Ferjutz and R. D. Joseph, "ASM Handbook Welding, Brazing and Soldering, vol. 6," ASM Int. Mater. Park, 1993.

15-M. Sadeghian, M. Shamanian, and A. Shafyei, "Effect of heat input on microstructure and mechanical properties of dissimilar joints between super duplex stainless steel and high strength low alloy steel," Mater. Des., vol. 60, pp. 678-684, 2014.

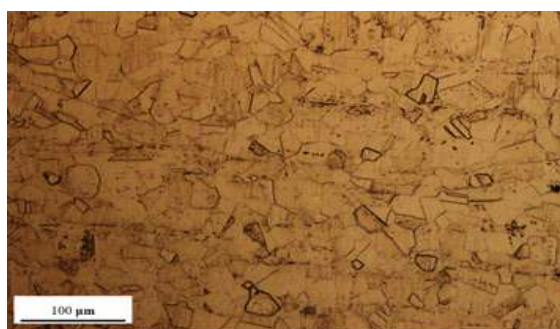
16-A. B. Baiyiti and M. G. Murat, "The Effects of TIG Welding Rod Compositions on Microstructural and Mechanical Properties of Dissimilar AISI 304L and 420 Stainless Steel Welds," Metals (Basel), vol. 8, no. 11, p. 972, 2018.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی فلز پایه و فلزهای پرکننده.

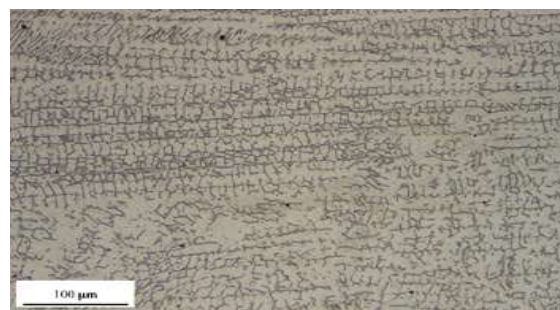
| نمونه | Fe | C | Mn | Si | Cr | Ni | Mo | Cu | N |
|-----------|------|------|-----|-----|------|------|-----|------|------|
| AISI 316L | Bal. | ۰/۰۲ | ۱/۳ | ۰/۵ | ۱۶/۹ | ۱۰/۲ | ۲/۰ | ۰/۲ | ۰/۰۵ |
| ER 316 | Bal. | ۰/۰۱ | ۱/۷ | ۰/۴ | ۱۸/۲ | ۱۲ | ۲/۶ | ۰/۱۰ | ۰/۰۴ |
| ER 312 | Bal. | ۰/۱۵ | ۱/۶ | ۰/۴ | ۳۰/۷ | ۸/۸ | ۰/۲ | ۰/۱۴ | - |

جدول ۲- اطلاعات و پارامترهای خوردگی فلز پایه و فلز جوش نمونه های جوشکاری شده.

| نمونه | E(mV) | I _C (A.cm ⁻²) | β _c | β _a | R _p |
|-----------|---------|--------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------|
| AISI 316L | -۱۵۶/۴۷ | ۳/۷۹×۱۰ ^{-۶} | ۱۰۶/۲ | ۱۱۹/۳ | ۶/۴۴×۱۰ ^{-۶} |
| ER 316L | -۵۴/۹۲ | ۲/۲۸×۱۰ ^{-۶} | ۱۴۱/۷ | ۱۰۷/۰ | ۱/۱۶×۱۰ ^{-۷} |
| ER 312 | -۱۶۸/۳۷ | ۶/۸۲×۱۰ ^{-۶} | ۱۲۰/۹ | ۲۱۷/۸ | ۴/۹۷×۱۰ ^{-۷} |

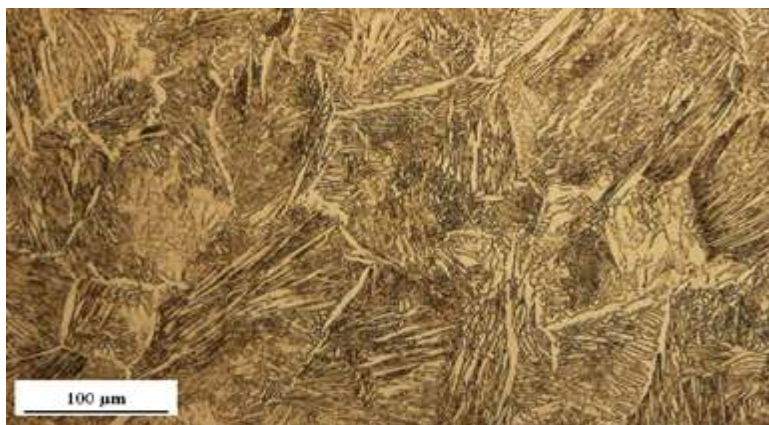


شکل ۱- ریزساختار فلز پایه فولاد AISI 316L.

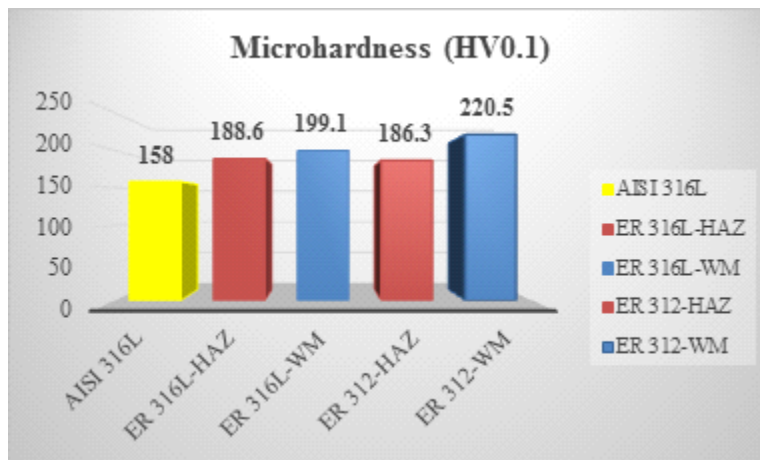


شکل ۲- ریزساختار فلز جوش فلز پرکننده ER 316L.

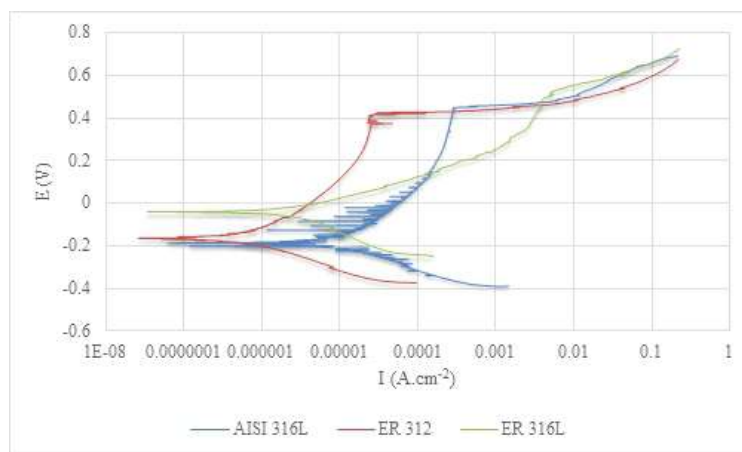
Welding Research



شکل ۳- ریزساختار فلز جوش فلز پرکننده ER 312.



شکل ۴- نمودار ریز سختی (ویکرز) اندازه گیری در مقاطع مختلف نمونه های جوشکاری شده و فلز پایه.



شکل ۵- نمودار پلاریزاسیون پتانسیو دینامیکی تافل برای فلز جوش نمونه های جوشکاری شده و فلز پایه

بررسی تاثیر عملیات پس‌گرم بر ریز ساختار و مقاومت به خوردگی اتصال ۲۰۲۴ جوشکاری شده به روش P-TIG

محمد خردفلاح^۱، حامد ثابت^۲، بنفشه کاربخش راوری^۳

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر عملیات حرارتی پس از جوشکاری بر روی خواص مکانیکی و خوردگی و ریزساختار آلیاژ آلومینیوم ۲۰۲۴ جوشکاری شده با فرایند تیگ پالسی می باشد. بدین منظور پنج نمونه شامل فلز پایه و چهار نمونه که تحت شرایط و پارامترهای یکسان جوشکاری شدند تهیه شد. از بین چهار نمونه جوشکاری شده، یک نمونه بدون عملیات حرارتی باقی ماند و سه نمونه جهت انجام عملیات حرارتی آنیل انحلالی و رسوب سختی انتخاب شد. به منظور عملیات حرارتی نمونه ها، آنها در دمای ۵۲۰ درجه سانتی گراد به مدت یک ساعت داخل کوره قرار داده شده و در آب کوئنچ شدند. سپس سه نمونه تحت دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد به مدت زمان های ۲، ۵ و ۱۰ ساعت بصورت جداگانه تحت عملیات رسوب سختی قرار گرفتند. پس از انجام عملیات حرارتی بر روی نمونه ها، آزمون های کشش، خوردگی بین دانه ای و بررسی ریزساختار با استفاده از میکروسکوپ نوری (OM) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام شد. نتایج حاصل از آزمون کشش نشان داد که نمونه هایی که تحت عملیات حرارتی قرار گرفتند به میزان قابل توجهی از لحاظ خواص مکانیکی نسبت به نمونه بدون عملیات حرارتی بهبود یافته و به محدوده ای نزدیک به فلز پایه رسیده اند. نتایج آزمون خوردگی نشان داد که مقاومت به خوردگی اتصالات پس‌گرم شده بالاتر از اتصالات جوشکاری شده بود. همچنین نتایج آزمون خوردگی مشخص نمود که ناحیه متاثر از حرارت (HAZ) بحرانی ترین ناحیه خورده شده بود.

کلمات کلیدی: آلیاژ آلومینیوم ۲۰۲۴، عملیات پس‌گرم، خوردگی بین دانه ای.

مقدمه

آلیاژ آلومینیوم ۲۰۲۴ به طور گسترده و کلیدی در صنایع تولید قطعات و سازه های هوافضا به دلیل استحکام بسیار زیاد و انعطاف پذیری و عملکرد برشی خوب مورد استفاده قرار می گیرد [۱]. به منظور ساخت قطعات پیچیده و عظیم صنایع هوایی اتصال قابل اعتماد و با دوام آلیاژ ۲۰۲۴ مورد نیاز است [۲]. جوشکاری قوسی فلزی با گاز محافظ (GMAW) و جوشکاری قوسی تنگستن با گاز محافظ (GTAW) فرایندهایی هستند که به تناوب در جوشکاری آلیاژهای آلومینیوم استفاده می شوند [۳]. حرارت ورودی اضافی در GMAW باعث ایجاد دانه های ستونی درشت در ناحیه ذوب

می شود که منجر به خواص نامطلوب اتصال و مقاومت پایین در برابر ترک گرم می شود [۴]. در نتیجه، توسعه فرایند جوشکاری تنگستن با گاز خنثی برای اتصال آلیاژ آلومینیوم خصوصا در جوشکاری ورق های نازک مهم است.

جوشکاری قوسی تنگستن با جریان متناوب به همراه گاز محافظ (P-TIG) یک روش بهبود یافته برای دستیابی اتصالات جوشکاری با استحکام بالا است [۵]. از مزایای این روش می توان به تمیز کاری کاتد و کاهش سوختگی تنگستن اشاره کرد. به علاوه، P-TIG قادر به تولید جریان پالسی قابل کنترل است که می تواند حوضچه مذاب به هم زنده را تقویت و دانه ها را ریز کند که سبب بهبود استحکام می شود [۶]. آلیاژ ۲۰۲۴ پس از جوشکاری دچار افت قابل توجه استحکام می شود. عنصر آلیاژی اصلی در آلیاژ آلومینیوم ۲۰۲۴ مس است و رسوبات استحکام بخش این آلیاژ عمدتاً کم ثبات هستند [۷]. مکانیزم استحکام بخشی در آلیاژ آلومینیوم ۲۰۲۴ می تواند به لحاظ موانع موجود در برابر حرکت نابجایی با تشکیل رسوبات استحکام بخشی شرح داده شود که جهت استحکام بالا می بایست کافی باشد [۸]. به عنوان یک نتیجه مهم، از دست دادن استحکام اتصال به انحلال رسوبات استحکام بخش و تشکیل دانه های ستونی بزرگ حین فرایند جوشکاری نسبت داده می شود [۹]. برای غلبه بر این مشکل، یک عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) برای بهبود خواص مکانیکی ریزساختاری اتصال جوشکاری آلیاژهای آلومینیوم رسوب سخت پیشنهاد شد [۱۰]. طی مطالعاتی دیگر برای آلیاژ آلومینیوم ۲۰۲۴، تاثیر عملیات حرارتی پس از جوشکاری بر روی رفتار خستگی [۷ و ۱۴] و استحکام کششی [۹] اتصالات جوشکاری شده با پرتو الکترونی (EBW) بررسی شد. گزارش شد که عملکرد بالاتر از لحاظ خستگی، به استحکام کششی بالاتر، ریزساختار ایده ال و رسوبات استحکام بخش بیشتر بستگی دارد. همچنین نتایج نشان داد که بهبود خواص مکانیکی به علت تغییر در ریزساختار به وجود آمده توسط PWHT بوده است. به علاوه، نوع فرایند جوشکاری نیز تاثیر بسیاری روی اتصالات آلیاژ آلومینیوم ۲۰۲۴ پیروسیازی شده پس از جوشکاری دارد [۱۵ و ۱۶]. اتصال پیروسیازی شده بعد از فرایند جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی (FSW) بازده اتصال بالاتری نسبت به اتصالات جوشکاری باریکه الکترونی (EBE) و جوشکاری قوسی تنگستن با گاز محافظ (GTAW) از خود نشان داد. عملیات حرارتی پس از جوشکاری مناسب تاثیر مثبتی روی ریزساختار و خواص مکانیکی اتصالات جوشکاری شده آلیاژ آلومینیوم دارد. در این تحقیق،

شسته و خشک گردید. پس از مراحل ذکر شده، نمونه به مدت ۶ ساعت در محلول آزمون اسید نیتریک غلیظ (۵۰ میلی لیتر HNO_3 در ۹۵۴ میلی لیتر آب) و در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. پس از مدت زمان ۶ ساعت نمونه از محلول خارج شده و پس از شستشو و خشک شدن، مقطعی از آن به طول ۲۰ میلی متر برای آزمون متالوگرافی برش خورد. این آزمون بر روی همه نمونه ها انجام شد.

نتایج و بحث

در این بخش ابتدا به بررسی تصاویر تهیه شده از ریز ساختار و خوردگی مرز دانه ای نمونه فلز پایه و نمونه جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی که به وسیله میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) تهیه شده و همچنین بررسی نتایج آزمون کشش و خوردگی مرز دانه ای مربوط به نمونه فلز پایه و نمونه جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی می پردازیم. تصویر (۳-الف) مربوط به ریز ساختار فلز پایه و شکل (۳-ب و ۳-ج)، مربوط به ریز ساختار نمونه جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی می باشد که به استفاده از میکروسکوپ نوری تهیه شده است.

همانطور که در شکل (۳) دیده می شود، تفاوت ریز ساختار فلز پایه با ریز ساختار نمونه های جوشکاری شده در شکل دانه ها و میزان انحلال رسوبات می باشد، در ناحیه جوش به دلیل دمای بالای ناشی از جوشکاری و سرعت انجماد بالا ساختار بصورت یوتکتیکی در آمده، در ناحیه HAZ به دلیل دمای بالای ناشی از عملیات جوشکاری تبلور مجدد رخ داده و رسوبات بصورت متراکم تر از فلز پایه در زمینه وجود دارند و رسوبات بصورت ناهمگن و غیر یکنواخت و در مرز دانه ها رسوب کرده اند [۱۱]. همانطور که در شکل (۴) دیده می شود، رسوبات در هر دو ناحیه جوش و HAZ بصورت متراکم تر نسبت به فلز پایه وجود دارند و به صورت تیغه ای و دارای ساختار یوتکتیکی می باشند و در مرز دانه ها تجمع یافته اند که این امر می تواند به دلیل سرد شدن سریع نمونه پس از انجام جوشکاری باشد، همچنین اندازه رسوبات نسبت به فلز پایه رشد داشته اند که این دلیل آن انجام عملیات جوشکاری می باشد. همانطور که در جدول (۱۳) دیده می شود، نمونه جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی کمترین استحکام نهایی و تسلیم به مقدار به ترتیب ۳۱۴ و ۲۱۹ مگاپاسکال را از خود نشان دادند که نسبت به فلز پایه کاهش میزان استحکام نهایی و تسلیم به میزان قابل توجهی اشاره دارد. محلهای شکست کششی معمول برای نمونه جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی در ناحیه فلز جوش (WM) می باشد [۱۳]. ناحیه جوش بحرانی ترین ناحیه در اتصال است زیرا به سبب انجام عملیات جوشکاری نسبت به نواحی اطراف تردتر می گردد، فاز رسوبات در فلز جوش به طور عمده روی مرز دانه ها توزیع می شود و یک ریز ساختار یوتکتیک در مرز دانه ها تشکیل می شود. در نتیجه مرز دانه ضعیف ترین بخش اتصال جوشکاری شده فلز جوش بوده و بنابراین شکست در این ناحیه حین آزمون کشش رخ می دهد.

P-TIG برای جوشکاری آلیاژ آلومینیوم ۲۰۲۴ استفاده شد و ریز ساختار، خواص مکانیکی و رفتار خوردگی اتصالات جوشکاری شده پس از عملیات حرارتی پس از جوشکاری مطالعه شد. عملیات **PWHT** انجام شده در این تحقیق شامل انحلال در دمای ۵۲۰ درجه سانتی گراد و پیر سازی در دمای ۲۰۰ درجه در مدت زمان های ۲ و ۳ و ۵ ساعت می باشد که با توجه به تحقیقات انجام شده بر روی آلومینیوم ۲۲۱۹ [۵]، در تحقیق حاضر عملیات پیر سازی بعنوان عملیات حرارتی پس از جوشکاری انتخاب شد.

مواد و روش تحقیق

به منظور انجام این پژوهش از ورق آلیاژ آلومینیوم O - 2024 به ضخامت ۴ میلی متر استفاده شد ترکیب شیمیایی ورق آلومینیوم ۲۰۲۴ مورد استفاده، در جدول (۱) ارائه شده است. برای انجام جوشکاری، نمونه ها به ابعاد $90 \times 50 \times 4$ میلی متر برش داده شد و پس از شستشوی سطحی با استن، بصورت لب به لب و تخت با فرایند **P-TIG** بدون استفاده از فلز پرکننده بر روی نمونه ها جوشکاری انجام شد. متغیرهای جوشکاری برای تمامی نمونه ها ثابت بوده و در جدول (۲) ارائه شده است. در روش جوشکاری قوسی با جریان پالسی، جریان جوشکاری به سرعت از یک مقدار بالایی به مقدار پایینی زمینه تغییر میکند که باعث تشکیل لایه هایی بصورت نقطه جوشهای روی هم افتاده می شود. در طول مدت زمان جریان بالایی ذوب و در طول مدت زمان جریان زمینه انجماد رخ می دهد. جریان بالایی باعث کنترل رسوب مناسب و کنترل اندازه دانه می شود. شماتیک جریان پالسی در شکل (۱) نشان داده شده است.

پس از انجام جوشکاری، عملیات حرارتی (**PWHT**) بر روی کل نمونه از جمله عملیات انحلال و پیر سازی مصنوعی بر روی اتصالات جوشکاری شده صورت گرفت. عملیات انحلال در دمای ۵۲۰ درجه سانتیگراد به مدت زمان ۴۵ دقیقه انجام شد. سپس نمونه ها در حمام آب کوئنچ شدند. سپس اتصالات کوئنچ شده درون کوره دارای دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد و به مدت زمان های ۲، ۵ و ۱۰ ساعت قرار داده شد و سپس داخل کوره تادمای محیط سرد شدند و فرایند پس گرم کامل گردید.

بررسی ریز ساختار با میکروسکوپ نوری (OM) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مجهز به طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDS) انجام شد. آزمون کشش عرضی بر اساس استاندارد **ASTM E8M** انجام شد. در این استاندارد نمونه ها به صورت تخت ساخته می شوند. شکل (۲) شماتیک ابعاد نمونه ها برای آزمون کشش مطابق استاندارد **ASTM E8M** را نشان می دهد. آزمون مقاومت به خوردگی مرز دانه ای مطابق با استاندارد **ASTM G110-1992** انجام شد. مطابق این آزمون در ابتدا نمونه ها به مدت ۱ دقیقه در محلول شستشو (آب و نمک) و در دمای ۹۳ درجه سانتی گراد قرار گرفته و پس از شستن با آب مقطر و خشک کردن به مدت ۱ دقیقه در اسید نیتریک غلیظ (۵۰ میلی لیتر HNO_3 در ۹۵۴ میلی لیتر آب)، غوطه ور شده و سپس با آب مقطر

عملیات حرارتی شده به مدت ۵ ساعت یکنواخت نیست و رسوبات درشت تر بوده است. همچنین مشاهده می گردد که اندازه رسوبات در نواحی جوش ریز تر از ناحیه HAZ می باشد. دلیل این امر قرار گرفتن نمونه در زمان زیاد پیرسازی بوده که منجر به فرایبری نمونه گردیده است. اتصالات پسرگرم شده، در مقایسه با اتصال جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی، افزایش قابل توجهی در استحکام تسلیم و نهایی داشت. محللهای شکست کششی معمول برای اتصال جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی در ناحیه فلز جوش بود و نمونه های عملیات حرارتی شده در ناحیه HAZ دچار آسیب شدند. ناحیه شکست به ریزساختار اتصال به ویژه اندازه دانه مورفولوژی رسوبات بستگی دارد. اندازه دانه در HAZ جوش مقدار کمی بزرگتر از منطقه فلز جوش است. زیرا حین عملیات جوشکاری حرارت بالا باعث رشد دانه ها در ناحیه HAZ می گردد [۱۳]. از طرفی، فاز رسوبات در فلز جوش به طور عمده روی مرزدانه ها توزیع می شود و یک ریزساختار بوتکتیک درشت دانه در مرزدانه ها تشکیل می شود. در نتیجه مرزدانه ضعیف ترین بخش اتصال جوشکاری شده فلز جوش بوده و بنابراین شکست در این ناحیه حین آزمون کشش رخ می دهد. برای اتصال عملیات حرارتی شده، در مقایسه با اندازه دانه در فلز جوش، دانه ها در نزدیکی ناحیه HAZ به دلیل فرایند پسرگرم درشت تر می شوند زیرا بعد از انجام جوشکاری ناحیه HAZ در مقایسه با ناحیه فلز جوش دانه های درشت تری داشت. مهمتر اینکه رسوبات نیز جمع شده و در این ناحیه تا اندازه بزرگی رشد می کنند. بنابراین شکست اتصال عملیات حرارتی شده آسیب در ناحیه HAZ اتفاق می افتد. می توان نتیجه گرفت که خواص کششی اتصال آلیاژ آلومینیوم ۲۰۲۴ جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی به طور قابل ملاحظه ای بوسیله فرایند جوشکاری کاهش یافت. در حالی که عملیات حرارتی کردن برای جبران کاهش خواص کششی اتصالات جوشکاری شده، مفید بود. در بررسی های به عمل آمده از شکل های (۱۱، ۱۲، ۱۳) مشاهده گردید بحرانی ترین و حساس ترین نقاط برای خوردگی مرزدانه ای ناحیه HAZ می باشد که نسبت به ناحیه جوش بیشتر دچار خوردگی می شود. بیشترین نمونه ای که دچار خوردگی مرزدانه ای شد نمونه جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی بود که به دلیل وجود رسوبات حل نشده در مرزدانه در ناحیه جوش و رسوبات حل نشده در مرز دانه و خود دانه در ناحیه HAZ به وجود آمد. در نمونه جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی عمق خوردگی در مقایسه با فلز پایه و نمونه هایی که تحت عملیات حرارتی قرار گرفته اند شدت زیادی داشت ولی در نمونه هایی که مورد عملیات حرارتی قرار گرفتند، نمونه ۵ ساعت رسوب سخت شده از لحاظ عمق خوردگی و شدت خوردگی نسبت به دو حالت دیگر عملیات حرارتی شده نمونه های ۲ و ۱۰ ساعت رسوب سخت شده از شدت خوردگی کمتری برخوردار بود. احتمالاً علت این امر یکنواختی توزیع یکسان رسوبات و انحلال آن در زمینه باشد. در نتیجه ریز ساختار ناهمگن منجر به حساسیت بالاتر خوردگی بین دانه ای شد.

در نمونه جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی در هر دو ناحیه فلز جوش و HAZ دو نوع خوردگی مرزدانه ای (حفره ای و نوعی خوردگی حفره ای به نام لانه کبوتری) مشاهده گردید. نمونه جوشکاری شده نسبت به فلز پایه بیشتر دچار خوردگی مرزدانه ای شد که به دلیل وجود رسوبات حل نشده در مرزدانه در ناحیه جوش و رسوبات حل نشده در مرز دانه و خود دانه در ناحیه HAZ به وجود آمد. در نمونه جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی عمق خوردگی در مقایسه با فلز پایه شدت زیادی داشت.

-نتایج بدست آمده از نمونه های عملیات حرارتی شده

در این بخش ابتدا به بررسی تصاویر تهیه شده از ریز ساختار و خوردگی مرزدانه ای نمونه های جوشکاری شده که به ترتیب تحت عملیات رسوب سختی به مدت ۵، ۲ و ۱۰ ساعت قرار گرفته اند می پردازیم که به وسیله میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) تهیه شده و همچنین بررسی نتایج آزمون کشش و خوردگی مرزدانه ای می پردازد. همانطور که در شکل های (۶الی ۸) دیده می شود، تفاوت ریزساختار فلز پایه با ریزساختار نمونه های جوشکاری شده و عملیات حرارتی شده در اندازه و میزان انحلال رسوبات می باشد. در میان نمونه های جوشکاری شده و عملیات حرارتی شده نیز تفاوت در اندازه و همچنین میزان انحلال رسوبات بین ناحیه HAZ و فلز جوش دیده می شود. در ناحیه جوش نمونه بدون عملیات حرارتی، دانه ها بزرگتر از ناحیه HAZ می باشند که این درشت بودن دانه ها در ناحیه جوش می تواند سبب افت خواص مکانیکی این نمونه گردد [۱۱]. در نمونه های عملیات حرارتی شده اندازه های دانه ها به دلیل عملیات رسوب سخت کمی از دانه های حالت جوشکاری شده و عملیات حرارتی نشده بزرگتر است. بطور کلی در نواحی جوشکاری شده (WM) به دلیل دمای بالاتر نسبت به نواحی اطراف، رسوبات به خوبی حل شده و در مرزدانه ها تجمع نموده اند ولی در ناحیه متاثر از حرارت (HAZ) چون نسبت به منطقه فلز جوش تحت دمای کمتری بوده انحلال رسوبات در آن بطور کامل رخ نداده لذا خواص مکانیکی و خوردگی قطعات را تحت تاثیر قرار می دهد [۱۲]. همانطور که در شکل (۹) دیده می شود، میزان رسوبات در زمینه نسبت به نمونه عملیات حرارتی نشده افزایش یافته است. عملیات حرارتی رسوب سخت در این دو نمونه سبب شده تا رسوبات موجود در این نمونه ها افزایش یابد. همچنین اندازه رسوبات نسبت به نمونه عملیات حرارتی نشده افزایش یافته است که دلیل آن می تواند زمان پیرسازی باشد. میانگین اندازه دانه در نمونه ۵ ساعت رسوب سخت شده نسبت به نمونه ۲ ساعت رسوب سخت و نمونه عملیات حرارتی نشده شده افزایش داشته که این می تواند ناشی از زمان بیشتر عملیات رسوب سختی باشد همچنین ساختار نمونه ۵ ساعت رسوب سخت شده همگن تر و اندازه دانه ها در ناحیه HAZ و فلز جوش تقریباً یکسان است. همانطور که در شکل (۱۰) دیده می شود، رسوبات در هر دو ناحیه جوش و HAZ پراکنده است اما توزیع آن مانند نمونه شماره

منابع

- 1-K. Elangovan, V. Balasubramanian. Influences of tool pin profile and welding speed on the formation of friction stir processing zone in AA2024aluminium alloy. *J Mater Process Tech* 2008;200:163-175.
- 2-B. Li, Y.F. Shen. The investigation of abnormal particle-coarsening phenomena in friction stirrepair weld of 2219-T6 aluminum alloy. *Mater Des* 2011; 32: 3796-3802.
- 3-R. Manti, D.K. Dwivedi, A. Agarwal. Pulse TIG welding of two Al-Mg-Si alloys. *J Mater Eng Perform* 2008; 17: 667-673.
- 4-P.B. Srinivasan, K.S. Arora, W. Dietzel, S. Pandey, M.K. Schaper. Characterisation of microstructure, mechanical properties and corrosion behavior of an AA2219 friction stir weldment. *J Alloy Compd* 2010; 492: 631-637.
- 5-J.K. Ding, D.P. Wang, Y. Wang, H. Du. Effect of post weld heat treatment on properties of variable polarity TIG welded AA2219 aluminium alloy joints. *Trans Nonferrous Met Soc China* 2014; 24: 1307-1316.
- 6-A. Gregori, D. Bertaso. Welding and deposition of nickel superalloys 718, waspaloy and single crystal alloy CMSX-10. *Weld World* 2007; 51: 34-47.
- 7-B.S. Nair, S. Rakesh, G. Phanikumar, K.P. Rao, P.P. Sinha. Fracture toughness (J1C) of electron beam welded AA2219 alloy. *Mater Des* 2010; 31: 4943-4950.
- 8-S. Malarvizhi, K. Raghukandan, N. Viswanathan. Fatigue behaviour of post weld heat treated electron beam welded AA2219 aluminium alloy joints. *Mater. Des* 2008; 29: 1562-1567.
- 9-S. Malarvizhi, K. Raghukandan, N. Viswanathan. Effect of post weld aging treatment on tensile properties of electron beam welded AA2219 aluminium alloy. *Int J Adv Manuf Technol* 2008; 37: 294-301.
- 10-S. Malarvizhi, V. Balasubramanian. Effect of welding processes on AA2219 aluminium alloy joint properties. *Trans Nonferrous Met Soc China* 2011; 21: 962-973.
- 11- S. Malarvizhi, V. Balasubramanian. Effects of welding processes and post-weld aging treatment on fatigue behavior of AA2219 Aluminium Alloy Joints. *J Mater Eng Perform* 2011; 20:359-367.

پی نوشت

- 1-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد و متالورژی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
- 2-دانشیار گروه مهندسی مواد و متالورژی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
- 3- استادیار گروه مهندسی مواد و متالورژی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

یک پدیده قابل توجه این است که رسوبات به طور عمده در طول مرزدانه ها بعد از فرایند جوشکاری بدون عملیات حرارتی توزیع شده اند با توجه به شکل (۵)، این رسوبات افزایش یافته و منجر به تشکیل اتم های حل شونده در ناحیه خالی از رسوب (PFZ) در اطرف مرزدانه می شود. بنابراین تفاوت پتانسیل شیمیایی بین رسوبات و ناحیه خالی از رسوب ایجاد می شود، رسوبات که از لحاظ الکتروشیمیایی در مقایسه با زمینه نقش کاند را ایفا می کند در حالی که زمینه و آخال ها تحت انحلال آندی قرار می گیرند، در نتیجه HAZ در یک اتصال جوشکاری شده ناحیه ای بود که بیشترین خوردگی مرزدانه ای در آن صورت گرفت [۷]. از طرفی ریزساختار در طول کل اتصال عملیات حرارتی شده همگن تر بود با توجه به اشکال ۱۵، ۱۴، ۱۳، ۷ که منجر به افزایش مقاومت به خوردگی بین دانه ای می شود.

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، اثر متغیرهای PWHT بر ریزساختار، خواص مکانیکی و خوردگی منطقه جوش آلیاژ آلومینیم ۲۰۲۴ جوشکاری شده به روش P-TIG بررسی و نتایج ذیل حاصل گردید:

- حرارت حاصل از جوشکاری تاثیر منفی روی خواص مکانیکی نواحی جوش نمونه های جوشکاری شده نشان داد که با انجام عملیات حرارتی این تاثیرات تا حد قابل توجهی جبران گردید.
- بیشترین استحکام کششی مربوط به نمونه عملیات حرارتی شده در مدت زمان ۵ ساعت به مقدار ۴۰۲ مگاپاسکال و کمترین استحکام کششی مربوط به نمونه جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی به مقدار ۳۱۴ مگاپاسکال بود.
- وجود رسوبات در مرزدانه و همچنین افزایش میزان رسوبات حل نشده در زمینه منجر به کاهش استحکام و بطور کلی کاهش خواص مکانیکی و خوردگی در نمونه جوشکاری شده گردید که با عملیات حرارتی این افت خواص تا حدود زیادی جبران گردید.
- آزمون خوردگی بین دانه ای مشخص کرد که میزان خوردگی نمونه های پس گرم شده نسبت به نمونه جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی کاهش یافته بود. نتایج ثابت کرد که انجام عملیات پسگرم سبب افزایش مقاومت به خوردگی بین دانه ای اتصالات جوشکاری شده ۲۰۲۴ گردید.
- ناحیه HAZ در اتصال جوشکاری شده و عملیات حرارتی شده حساس ترین ناحیه از لحاظ خوردگی بود. حساسیت به رفتار خوردگی HAZ عمدتاً به افزایش ذرات رسوب در مرزدانه ها نسبت داده شد.

Welding Research

جدول ۱- ترکیب شیمیایی (درصد وزنی) آلومینیوم ۲۰۲۴ با استفاده از آزمون اسپکتروسکوپی نشر نوری.

| Al | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti | V |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| مابقی | ۰/۰۹۰ | ۰/۲۲۰ | ۴/۵۰۰ | ۰/۵۵۰ | ۱/۷۰۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۷۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ |

جدول ۲- متغیرهای جوشکاری برای نمونه‌ها توسط فرایند P-TIG

| شدت جریان (آمپر) | ولتاژ (ولت) | سرعت جوشکاری (سانتی متر بر دقیقه) | دبی گاز محافظ (لیتر بر دقیقه) | نوع و خلوص گاز محافظ | نوع جریان | قطر الکترود (میلی متر) | جنس الکترود |
|------------------|-------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------|------------------------|-------------------------|
| ۱۲۵ | ۱۶ | ۱۰ | ۱۵ | آرگون % ۹۹/۹۹ | AC/HP | ۲/۴ | تنگستن، سدیم دارخاکستری |

جدول ۳- شرایط عملیات حرارتی و کدگذاری نمونه‌ها.

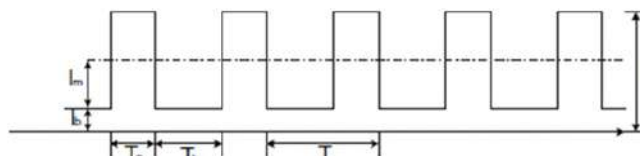
| ردیف | شرایط عملیات حرارتی | | | | |
|------|-------------------------------------|---------------------------|------------|--------------------------------|---------------------|
| | دمای آنیل انحلالی (درجه سانتی گراد) | زمان آنیل انحلالی (دقیقه) | محل و کونچ | دمای پیرسازی (درجه سانتی گراد) | زمان پیرسازی (ساعت) |
| ۱ | - | - | - | - | بدون عملیات حرارتی |
| ۲ | ۵۲۰ | ۴۵ | آب | ۲۰۰ | ۲ |
| ۳ | ۵۲۰ | ۴۵ | آب | ۲۰۰ | ۵ |
| ۴ | ۵۲۰ | ۴۵ | آب | ۲۰۰ | ۱۰ |

جدول ۴- نتایج آزمون کشش برای نمونه‌های فلز پایه و جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی.

| نمونه | شرایط عملیات حرارتی | | استحکام تسلیم (مگاپاسکال) | استحکام کششی (مگاپاسکال) | محل شکست |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| | دمای آنیل انحلالی (درجه سانتی گراد) | زمان پیرسازی (ساعت) | | | |
| فلز پایه | - | - | ۴۲۹ | ۵۰۵ | - |
| نمونه جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی | - | - | ۲۱۹ | ۳۱۴ | ناحیه فلز جوش (WM) |

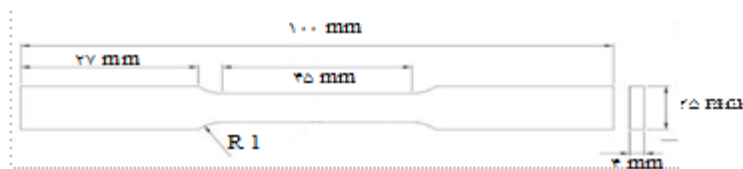
جدول ۵- نتایج آزمون کشش برای نمونه‌های عملیات حرارتی شده.

| ردیف | شرایط عملیات حرارتی | | استحکام تسلیم (مگاپاسکال) | استحکام کششی (مگاپاسکال) | محل شکست |
|------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | دمای آنیل انحلالی (درجه سانتی گراد) | زمان پیرسازی (ساعت) | | | |
| ۱ | ۵۲۰ | ۲ | ۳۲۶ | ۳۸۹ | ناحیه متأثر از حرارت (HAZ) |
| ۲ | ۵۲۰ | ۵ | ۳۵۷ | ۴۰۲ | ناحیه متأثر از حرارت (HAZ) |
| ۳ | ۵۲۰ | ۱۰ | ۳۳۲ | ۳۸۹ | ناحیه متأثر از حرارت (HAZ) |

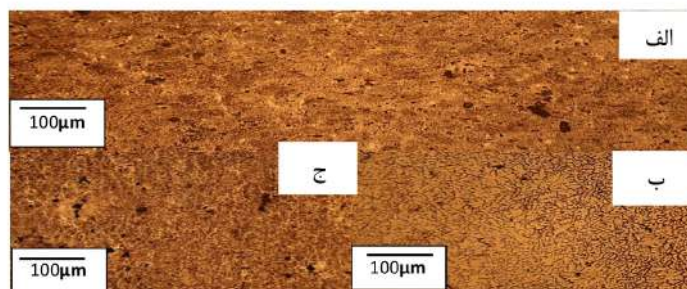


شکل ۱- شماتیکی از جریان پالسی مستطیلی در جوشکاری TIG پالسی. I_m: جریان بیشینه، I_b: جریان زمینه، T_b: زمان جریان بیشینه، T_p: زمان جریان زمینه

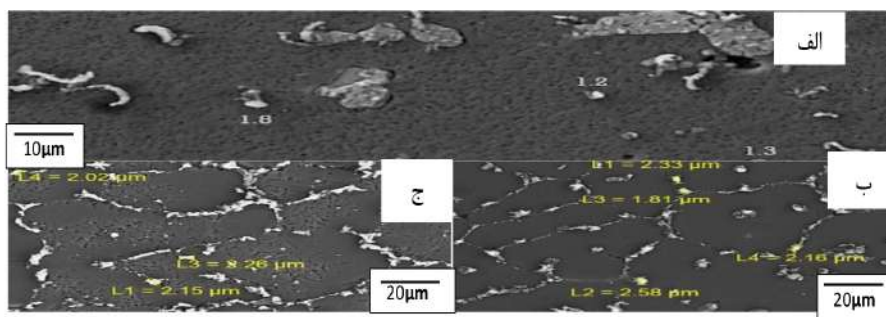
Welding Research



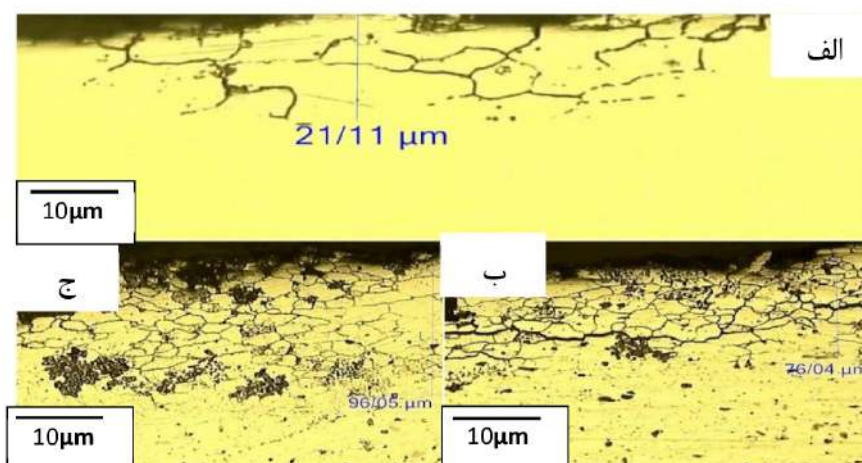
شکل ۲- شماتیک ابعاد نمونه ها برای آزمون کشش مطابق استاندارد ASTM E8M



شکل ۳- تصویر میکروسکپ نوری الف- ریزساختار نمونه فلز پایه نمونه عملیات حرارتی نشده ب- ناحیه جوش ج- ناحیه HAZ.

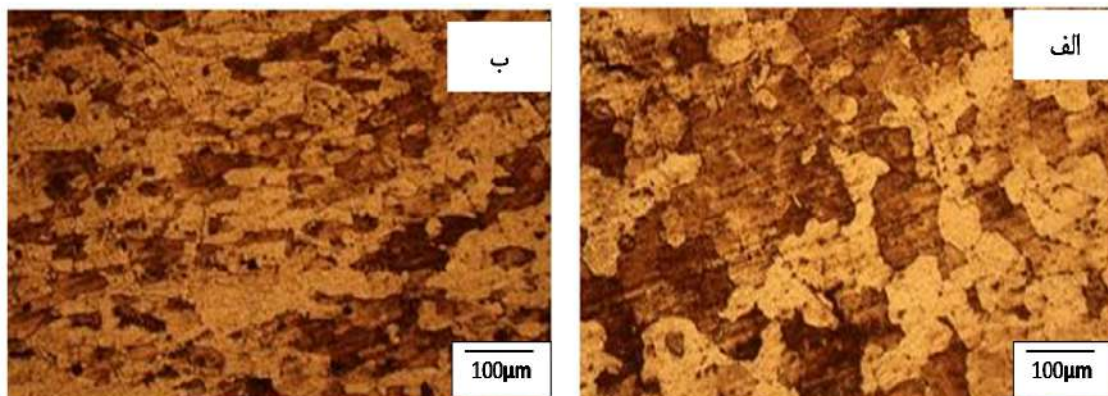


شکل ۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی الف- ریزساختار نمونه فلز پایه ب- نمونه فلز جوشکاری شده بدون عملیات حرارتی ناحیه جوش ج- ناحیه HAZ.

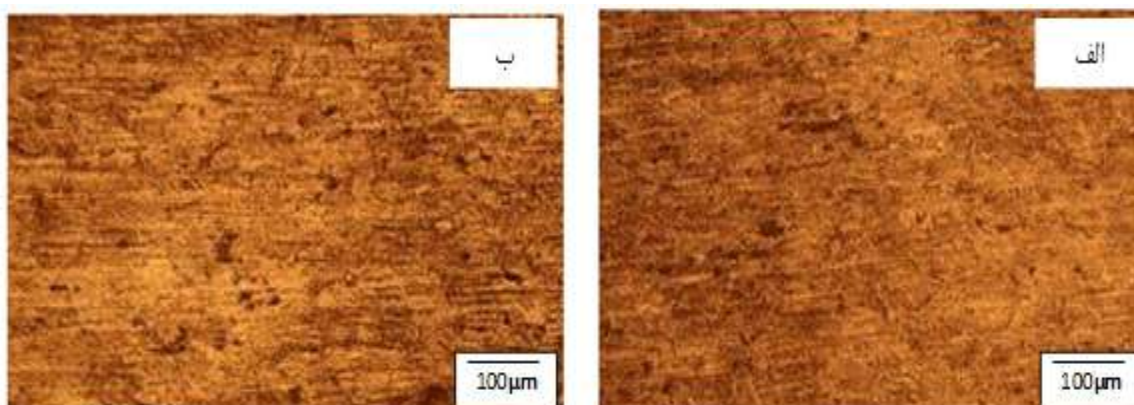


شکل ۵- تصویر میکروسکوپ نوری خوردگی مرزخانه ای الف- ریزساختار نمونه فلز پایه ب- نمونه عملیات حرارتی نشده ناحیه جوش ج- ناحیه HAZ.

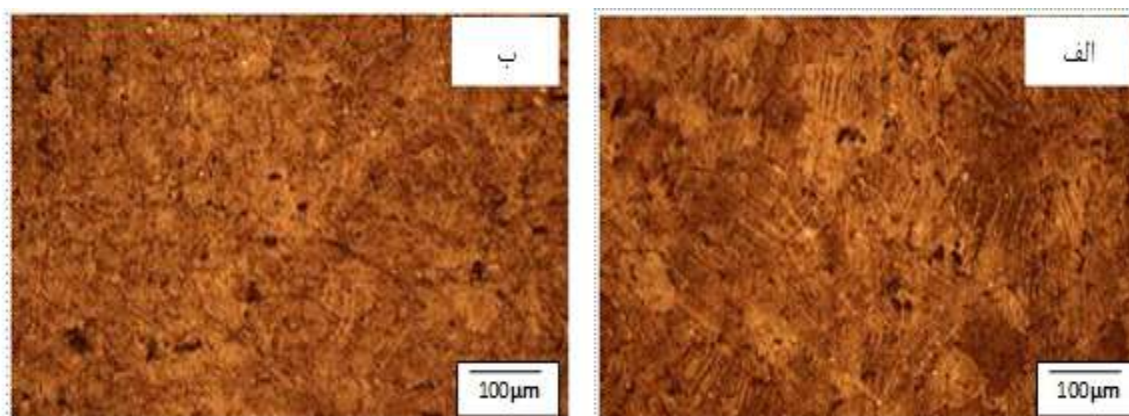
Welding Research



شکل ۶- تصویر میکروسکوپ نوری ریزساختار نمونه پسگرم شده به مدت ۲ ساعت الف - ناحیه جوش ب - ناحیه HAZ.

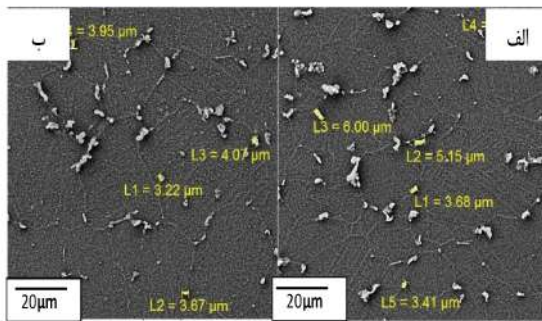


شکل ۷- تصویر میکروسکوپ نوری ریزساختار نمونه پسگرم شده به مدت ۵ ساعت الف - ناحیه جوش ب - ناحیه HAZ.

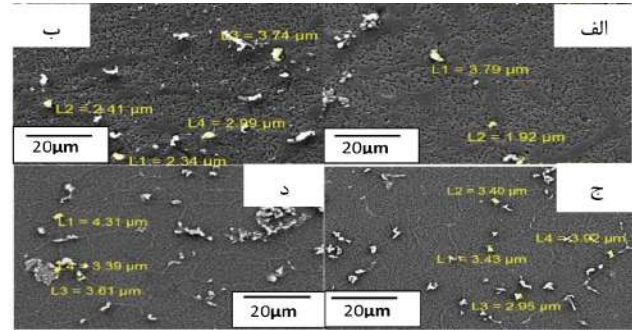


شکل ۸- تصویر میکروسکوپ نوری ریزساختار نمونه پسگرم شده به مدت ۱۰ ساعت الف - ناحیه جوش ب - ناحیه HAZ.

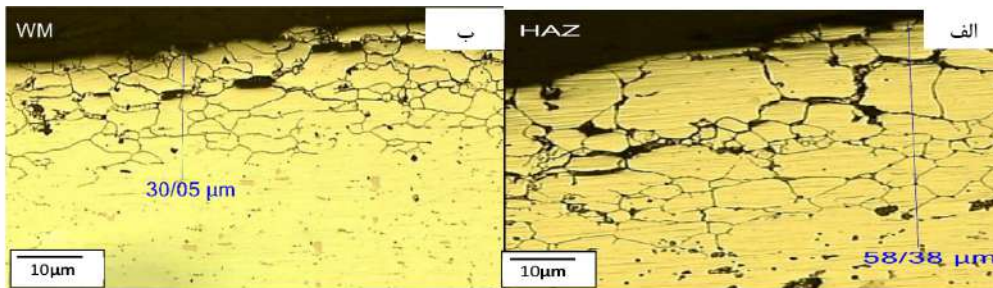
Welding Research



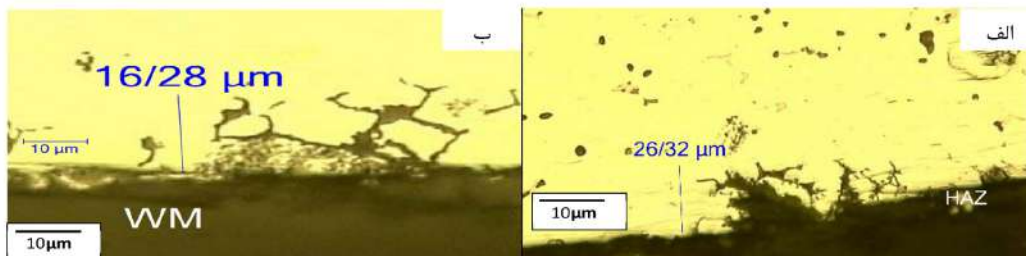
شکل ۱۰- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه ۱۰ ساعت رسوب سخت شده
الف - ناحیه فلز جوش ب- ناحیه HAZ



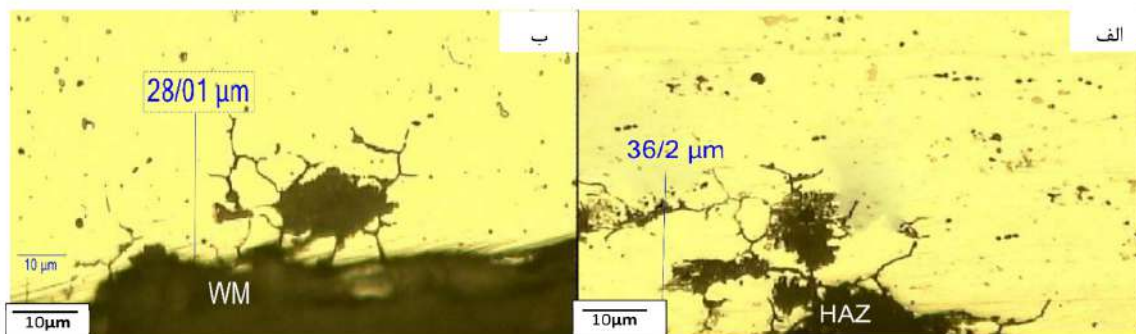
شکل ۹- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی
الف - ریزساختار نمونه ۲ ساعت رسوب سخت شده ناحیه فلز جوش
ب - ناحیه HAZ ج- ناحیه جوش نمونه ۵ ساعت رسوب سخت شده د- ناحیه HAZ



شکل ۱۱- خوردگی مرزدانه ای نمونه ۲ ساعت رسوب سخت الف - ناحیه فلز جوش ب- ناحیه HAZ.



شکل ۱۲- خوردگی مرزدانه ای نمونه ۵ ساعت رسوب سخت الف - ناحیه فلز جوش ب- ناحیه HAZ.



شکل ۱۳- خوردگی مرزدانه ای نمونه شماره ۱۰ ساعت رسوب سخت الف - ناحیه فلز جوش ب- ناحیه HAZ.

نشریه علمه پژوهش و فناوری جوشکاری ایران

انجمن علمی جوشکاران ایران
انجمن علمی جوشکاران ایران
انجمن علمی جوشکاران ایران

دولت‌پسند علمی پژوهشی
علم و فناوری جوشکاری ایران

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
 تهران، ایران

تلفن: ۰۲۱-۸۴۰۴۰۰۰۰
 پست الکترونیک: iwnt@iut.ac.ir

سال ۱۴۰۱، شماره ۴، پاییز و زمستان، شماره پیاپی: ۱۵

Journal of Welding Science and Technology of Iran
 Volume 15, Number 4, 2022

Effect of diffusion bonding temperature on microstructure properties of Zn/Ti interlayer in the diffusion bonded joints of Zn702 to A516 steel

A. Pourjafar¹, R. Dehmoaei^{1,2}, S.R. Alavi Zaree¹, Kh. Rangbar², M. Tavakoli Shoushtar¹

¹ Department of Materials Science & Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Chaharmahal University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
² Steel Research Center, Shahid Chaharmahal University of Ahvaz, Chaharmahal Osh, Naal City

Received 15 Nov 2022 / Accepted 11 October 2022

Abstract
 In this study, the effect of temperature on the microstructure and reaction layer at the interface between the Ti interlayer and the base metal related to the diffusion bonding of Zn702 to A516 low alloy steel was investigated. The joining was done using the spark plasma sintering technique at temperatures of 900, 950 and 1000°C for 30 minutes. Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM) equipped with EDS analysis was used to investigate the microstructure of the interface in various joints. Investigation showed that at all temperatures, with the diffusion of atoms and the formation of a reaction layer between the Ti interlayer and Zn702, no intermetallic phases, cracks, porosity and discontinuities were formed at their interfaces. Three solid solution phases were detected in the bonding interface: α -Zn, β -Zn and δ -Zn. It was found that increasing the bonding temperature did not cause the formation of new phases and compounds in the interface and only increased the thickness of the reaction layer. The measurement of the thickness of the reaction layer showed that the maximum and minimum amounts of diffusive were 80 microns at 1000 °C and 64 microns at 900 °C, respectively.

Keywords: Diffusion bonding, hot-chamber, hot-chamber, reaction layer, Zn/Ti, SPIM, Technique.

© Copyright by Author. Published by JWSTI-IJWSTI

مقاله علمی و فناوری نشریه علم و فناوری جوشکاری ایران، پاییز و زمستان ۱۴۰۱، شماره ۴، صفحه ۱۵ تا ۲۰

تأثیر دمای اتصال بر خواص میکرو ساختاری و لایه واکنش در اتصال با انتشار ذرات Zn702 به فولاد کم آلیاژ A516

آ. پورجافار^۱، ر. ده‌مویی^{۱،۲}، س.ر. آلاوی زارعی^۱، خ. رانگار^۲، م. توافلی شوشتر^۱

^۱ گروه مهندسی علم مواد، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چاهرمahal اصفهان، اهواز، ایران
^۲ مرکز تحقیقات فولاد، دانشگاه شهید چاهرمahal اصفهان، اهواز، ایران

در این مقاله، اثر دمای اتصال بر میکروساختار و لایه واکنش در اتصال با انتشار ذرات Zn702 به فولاد کم آلیاژ A516 با استفاده از تکنیک پاش پراش الکترونی با میدان بالا (FESEM) مجهز به آنالیز طیف انرژی پراش (EDS) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در تمام دماهای اتصال، با انتشار ذرات Zn702 به فولاد کم آلیاژ A516، فازهای محلول جامد در لایه اتصال تشکیل می‌شود و هیچ فاز بین‌فلزی، ترک، تخلخل یا ناهمگونی دیگری در این ناحیه تشکیل نمی‌شود. اندازه‌گیری ضخامت لایه واکنش نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب ۸۰ میکرون در ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد و ۶۴ میکرون در ۹۰۰ درجه سانتیگراد است.

کلیدواژه‌ها: اتصال با انتشار ذرات، اتصال با انتشار ذرات، لایه واکنش، Zn/Ti، تکنیک پاش پراش الکترونی با میدان بالا

© حق نشر با نویسنده. انتشارات علمی و فناوری جوشکاری ایران

<https://jwsti.iut.ac.ir>

نشانی دبیرخانه: اصفهان - خیابان شمس آبادی - ساختمان شمس - طبقه ۴- واحد ۴۱۳- کدپستی ۸۱۳۴۶۵۳۳۸۱
 تلفن: ۰۳۱۳۲۲۴۰۳۲۵ - شماره: ۰۳۱۳۲۲۳۱۷۶۵ - Email: info@iwnt.com
 تارنما: www.iwnt.com - سامانه عضویت: www.iwnt-membership.ir - سامانه گواهینامه‌ها: https://iwntcs.ir