

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی



سمپوزیوم فولاد ۹۳

۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۳
یزد، مجتمع معدنی و صنعتی اردکان



انجمن آهن و فولاد ایران

بررسی تأثیر فرآیند سخت‌پوشانی توسط آلیاژ Fe-20Cr-10Ni %wt بوسیله جوشکاری قوسی با گاز محافظ (SMAW) بر روی سختی و خواص سایشی فولاد ST37

مریم لری نژاد مقدم^۱، رحمت‌اله عمادی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

یکی از مهمترین عملیات‌های سطحی انجام شده به منظور کاهش خسارات ناشی از سایش خراشان در صنایع، به کارگیری فرآیند سخت‌پوشانی است. در این فرآیند یک آلیاژ به صورت همگن و بوسیله انواع روش‌های جوشکاری بر روی سطح یک فلز که عمدتاً فولاد کم کربن و یا با کربن متوسط می‌باشد پوشش داده می‌شود. در این مطالعه بوسیله روش جوشکاری قوسی با گاز محافظ (SMAW) یک لایه از آلیاژ سخت‌پوشان Fe-20Cr-10Ni%wt بر روی فلز زیرلایه از جنس فولاد ساده کربنی ST37 طبق استاندارد DIN1.1191 پوشش داده شد. سختی‌سنجی و خواص سایشی نمونه‌ها براساس استاندارد ASTM G99 انجام گردید. به منظور بررسی فازهای تشکیل شده در سطح پوشش داده شده آزمون پراش پرتوی ایکس از نمونه‌ها به عمل آمد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که تشکیل کاربیدهای سخت و فاز آستنیت در پوشش انجام شده سبب بهبود خواص سایشی آلیاژ پوشش داده شده است و همچنین میزان سختی نمونه پوشش داده شده نسبت به فولاد زیر لایه تقویت شده است.

کلمات کلیدی: سخت‌پوشانی، مقاومت به سایش، جوشکاری قوسی با گاز محافظ (SMAW)، سختی‌سنجی.

^۱- mlorinajad@gmail.com

مقدمه

پوشش‌های پاشش حرارتی بطور گسترده‌ای در قطعات صنعتی در صنایع مختلف استفاده می‌گردند. این پوشش‌ها به منظور بهبود مقاومت به سایش، فرسایش، خوردگی داغ، اکسیداسیون و شوک حرارتی در این قطعات استفاده می‌شوند [۱].

پوشش‌دهی یکی از روش‌های تکمیل سطح مواد است که به منظورهای مختلفی از جمله مسایل تزئینی، بهداشتی و مکانیکی اعمال می‌شود و با استفاده از آن می‌توان خواص خوردگی، سایشی و اصطکاکی فلزات را بهبود بخشید و هزینه تولید و نگهداری را با توجه به عمر نهایی کاهش داد [۲]. از عمده عواملی که سبب تخریب قطعات در صنایع می‌شود سایش می‌باشد. عملیات جوشکاری به دلیل صرفه اقتصادی و ایجاد لایه‌های ضخیم و مقاوم نسبت به عملیات حرارتی، آبکاری و پوشش دادن در شرایط سایش خراشان و ضربه ارجحیت دارند [۳ و ۴]. تقسیم‌بندی لایه‌های سخت پایه آهنی براساس نوع سیستم آلیاژی و یا ریزساختار میکروسکوپی آن تقسیم‌بندی می‌شود. از طرفی یکی از آلیاژهای مورد کاربرد در فرآیند پوشش‌دهی فولادهای کم کربن و یا کربن متوسط، آلیاژهای Fe-Cr-Ni می‌باشد که به عنوان روکش سخت به کار می‌رود [۳ و ۴]. مقاومت خوب این آلیاژها را می‌توان به درصد فازی بالای کاربید موجود در فاز زمینه چقرمه نسبت داد که سبب بهبود خواص مطلوبی همچون مقاومت در برابر سایش می‌شود [۴]. یکی از ویژگی‌های مورد توجه پوشش‌های سطح توسط لایه‌ای از آلیاژ سخت پوشان به وسیله فرآیند جوشکاری، افزایش مقاومت به سایش فاز فولادی زمینه می‌باشد، از طرفی ارزان بودن این روش از نظر اقتصادی نیز یکی از عوامل گسترش این روش در صنعت می‌باشد [۵]. از آنجایی که ریزساختار نقش برجسته‌ای را در رفتار پوشش‌ها اعم از مقاومت به خوردگی، اکسیداسیون و سایش دارد، تاکنون تحقیقات بسیاری برای کنترل ریزساختار با کنترل پارامترهای فرآیند جوش در هنگام پوشش‌دهی سطح انجام گرفته است [۶]. آلیاژهای سخت‌پوشان Fe-Cr-C یکی از پرکاربردترین آلیاژهای مصرفی در صنایع پوشش می‌باشد و تاکنون مطالعات فراوانی در مورد ریزساختار و ارتباط آن با سختی انجام شده است [۷]. با بررسی تحقیقات انجام شده می‌توان دریافت که تاکنون تلاشی به منظور بررسی تأثیر پوشش‌دهی توسط یک لایه از آلیاژ سخت‌پوشان همانند Fe-20Cr-10Ni %wt بر روی فلز زیر لایه از جنس فولاد ساده کربنی ST37 بوسیله روش جوشکاری قوسی با گاز محافظ (SMAW) مورد بررسی قرار نگرفته است. در این مطالعه با روش جوشکاری قوسی با گاز محافظ (SMAW) لایه‌ای از آلیاژ سخت‌پوشان Fe-20Cr-10Ni %wt بر روی فلز زیر لایه از جنس فولاد کربن متوسط ST37 پوشش داده شد و خواص آن مورد بررسی قرار گرفت.

روش تحقیق

جنس فلز زیرلایه نمونه جوشکاری شده از فولاد با استاندارد ST37 و با ضخامت ۳/۵ میلیمتر انتخاب شد و همچنین یک نمونه از فلز پایه به عنوان نمونه شاهد انتخاب شد. وجود لایه‌های اکسیدی و سایر آلودگی‌های سطحی در حین جوشکاری سبب ایجاد آخال و ناخالصی در لایه‌های رسوبی می‌شود، لذا به منظور حذف این آخال و ناخالصی‌ها، با استفاده از دستگاه سنگ مغناطیس تمامی لایه‌های اکسیدی حذف و ضخامت فلز به ۲/۵ میلیمتر کاهش یافت. برای جلوگیری از تغییر ساختار احتمالی ورق فولادی در اثر دمای زیاد در حین سنگ زدن، محلول آب و صابون به صورت پیوسته بر روی ورق پاشیده شد. پس از انجام فرآیند سنگ زدن، قطعه‌ای به ابعاد ۷۰×۷۰×۲/۵ میلیمتر از ورق فولادی به وسیله دستگاه برش تهیه گردید.

آلیاژ سخت پوشان از جنس آلیاژهای سخت پوشان پایه آهنی انتخاب گردید. این آلیاژ دارای استانداردهای AWS/ASME SFA5.4 E308L-16 و یا DIN 8556:E199 LR26 می‌باشد که در گروه آلیاژهای سخت پوشان پایه آهنی با درصد کروم بالا طبقه‌بندی می‌شود. ترکیب شیمیایی فولاد ساده کربنی (زیرلایه) و آلیاژ سخت پوشان در جدول ۱ آورده شده است.

قبل از انجام فرآیند جوشکاری، در ابتدا الکترودها به مدت ۱ ساعت در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد در آون قرار گرفتند تا فرآیند تمپر بر روی آن‌ها اعمال گردد. همچنین فولاد زیرلایه مورد استفاده قبل از فرآیند جوشکاری قطعه به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۵۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. پس از طی این مراحل به وسیله الکتروود، دو لایه از آلیاژ سخت پوشان بر روی ورق فولادی رسوب داده شد. لایه اول به منظور جلوگیری از پیچش و ایجاد تنش در قطعه انجام می‌شود، این پوشش به وسیله پاس‌های موازی جوشکاری می‌شود. لایه دوم با ۹۰ درجه چرخش نسبت به لایه اول جوشکاری شد. از طرفی در هنگام جوشکاری همواره سعی گردید که هر پاس جوش در حدود ۳۰٪ با پاس جوش مجاور همپوشانی نماید. پس از جوشکاری قطعه را در کوره ۳۵۰ درجه سانتیگراد قرار داده تا به دمای محیط برسد. سطح نمونه‌ها پس از جوشکاری دارای پستی و بلندی می‌باشد که وجود آنها تعیین یک سطح معین برای آزمایش سایش را مشکل می‌سازد. در نتیجه برای حذف این ناهمواری‌های سطحی از دستگاه سنگ مغناطیس استفاده گردید. در این مرحله نیز برای جلوگیری از داغ شدن بیش از حد قطعات در حین سنگ زدن و استحاله‌های فازی احتمالی، محلول آب و صابون به طور پیوسته بر روی قطعات پاشیده شد. به منظور مطالعه ریزساختار و بررسی انواع فازهای موجود در آن بعد از پولیش، نمونه جوشکاری شده توسط محلول ماربل و نمونه زیرلایه توسط محلول نایتال ۲٪ اچ شدند.

روش پراش پرتوی ایکس جهت شناسایی و ارزیابی فازهای ایجاد شده در هر ترکیب و دما مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش پراش پرتوی ایکس، با استفاده از دستگاه پراش پرتوی ایکس شرکت فیلیپس مدل X-PERT-MPD تحت ولتاژ ۴۰kV و جریان ۳۰mA انجام شد. در کلیه این آزمایشات زمان نگهداری در هر گام ۱/۵ ثانیه، اندازه گام‌ها ۰/۰۵ درجه و محدوده زاویه پراش ۱۰۵-۵ درجه انتخاب شد. به منظور بررسی سختی نمونه جوشکاری شده و زیر لایه از روش سختی سنجی راکول B با بار ۱۰۰ کیلوگرم استفاده شد. همچنین در این مطالعه، آزمایش سایش مطابق استاندارد ASTM G99-95 و به روش پین بر روی دیسک انجام شد. از نمونه‌ی جوشکاری شده یک قطعه به ابعاد ۷۰×۷۰×۴/۵ میلیمتر بوسیله‌ی دستگاه برش تهیه گردید و همچنین با مته‌ی الماسی دو سوراخ با قطرهای ۵ و ۱۰ میلی متر در هر دو نمونه جوشکاری شده و فلز پایه جهت قرار گرفتن در دستگاه انجام تست سایش ایجاد گردید. نمونه‌های تست سایش، تحت بار ۱۵۰ نیوتنی به مسافت ۵۰۰ متر با فرکانس ۳۳/۳ هرتز ساییده شدند. به منظور حذف اثر پین و محیط ساییده بر نتایج حاصل از آزمایش سایش، در هر ۱۰۰ متر لغزش، نمونه از براده‌های ایجاد شده بر سطح آن تمیز شد و سپس با یک ترازوی الکتریکی دیجیتال با دقت ± 0.1 mg وزن گردید. برای هر نمونه در هر بار در آزمایش سایش این عمل پنج مرتبه تکرار گردید.

نتایج و بحث

نتایج متالوگرافی از زیر لایه فولاد ST37 نشان می‌دهد که ساختار زیر لایه فولادی با ساختار فریت و پرلیت می‌باشد. ریزساختار زیر لایه در شکل ۲ - الف نشان داده شده است. همانگونه که مشخص است مناطق سفید رنگ ساختار فریتی داشته و مناطق تیره نیز نشان‌دهنده ساختار پرلیتی می‌باشند. فولاد زیر لایه با مقدار کربن ۰/۰۵٪ در گروه فولادهای کم کربن می‌باشد و با استفاده از دیاگرام فازی آهن - کربن، حدود ۷۵٪ ساختار فولاد زیر لایه از پرلیت تشکیل شده است.

همانگونه که در شکل ۳ دیده می‌شود، کاربیدهای کروم بخوبی در آلیاژ سخت پوشان پس از عملیات جوشکاری در نمونه تشکیل شده است. مشاهده می‌شود که پیک‌های مربوط به فاز کاربیدی $Cr_{23}C_6$ با شدت زیادی ظاهر شده‌اند که نشان از تشکیل مقدار بالای این فاز در نمونه سخت پوشان دارد. از طرفی فاز کاربیدی Cr_3C_2 نیز در کنار این فاز قابل مشاهده است. تشکیل کاربیدهای کروم در اثر واکنش بین کروم موجود در آلیاژ سخت پوش و کربن موجود در فولاد زیر لایه می‌باشد که با بالا رفتن دما در اثر فرآیند جوشکاری و تشکیل حوضچه مذاب این واکنش انجام شده و ساختاری با ترکیبات کاربیدهای کروم برجای می‌گذارد. احتمال می‌رود پدیده‌ی رقیق شدگی در این ناحیه اتفاق افتاده باشد. این پدیده هنگامی اتفاق می‌افتد که حوضچه مذاب ایجاد شده در طی فرآیند جوشکاری در محدوده هیپویوتکنیک

بررسی تأثیر فرآیند ... ----- ۷۴۹

منجمد شود و در نتیجه در ساختار به جای وجود کاربیدهای اولیه، بازوهای دندریتی و ساختاری شاخه‌ای مشاهده گردد [۸]. از جمله مزایای کاربرد کروم افزایش مقاومت به سایش است، از طرفی انحلال این کاربیدها در ساختار باعث بهبود نسبی مقاومت به خوردگی نمونه می‌شود.

نتایج به دست آمده از آزمون سختی سنجی راکول نشان داد که سختی آلیاژ سخت پوشان که به وسیله جوشکاری لایه‌پوشانی شده است، نسبت به فولاد زیرلایه افزایش یافته است. همچنین همانطور که از نتایج آزمون پراش پرتوی ایکس قابل مشاهده است، سطح پوشش دارای کاربرد کروم است و همانطور که می‌دانیم به علت ماهیتی که کاربیدهای کروم در فولادها دارند، همچون ذراتی سخت در زمینه گسترده شده و با جلوگیری از به هم پیوستگی شیارها در سطح، مقاومت به سایش را افزایش داده و سبب بهبود خواص مکانیکی سطح می‌شوند. از طرفی حضور آن‌ها سبب افزایش سختی نمونه‌ها به مقدار قابل توجهی شده است.

شکل ۵ نمودار کاهش وزن برحسب مسافت در بار ۱۵۰ نیوتن را برای دو نمونه نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، در مسافت سایش یکسان برای دو نمونه تهیه شده از زیرلایه و پوشش، منحنی نمونه پوشش داده شده دارای شیب کمتری نسبت به نمونه فولاد زیرلایه است. این امر مؤید این مطلب است که لایه‌ی کاربرد کروم تشکیل شده در پوشش ایجاد شده، دارای خواص سایشی بهتری نسبت به فولاد زیرلایه می‌باشد.

نتیجه گیری

- ۱- کاربیدهای کروم، بخصوص فاز کاربیدی $Cr_{23}C_6$ ایجاد شده در لایه پوشش داده شده، نقش مهمی در افزایش مقاومت به سایش و سختی دارد.
- ۲- کاربیدهای کروم به دلیل ماهیتی که دارند، همچون ذراتی سخت در زمینه گسترده شده و با جلوگیری از به هم پیوستگی شیارها در سطح مقاومت به سایش را افزایش داده و سبب بهبود خواص مکانیکی سطح می‌شوند.
- ۳- کاربیدهای موجود در سطح سایش وظیفه‌ی اصلی در جلوگیری از حذف ماده از سطح را دارند. مکانیزم عمده در تخریب سطح مکانیزم سایش چسبان است.

مراجع

- [1] J. J. Coronado, H. Caicedo, "The effects of welding processes on abrasive wear resistance for hardfacing deposits", Tribology International, 2009, Vol. 42, pp. 745-749.
- [2] X. H. Wang, F. Han, X. M. Liu, S. Y. Qu, Z. D. Zou, "Microstructure and wear properties of the Fe-Ti-V-Mo-C hardfacing alloy", Wear, 2008, Vol. 265, pp. 583-589.
- [3] M. F. Buchely, J. C. Gutierrez, L. M. Leon, A. Toro, "The effect of microstructure on abrasive wear of hardfacing alloys", Wear, 2005, Vol. 259, pp. 52-61.
- [4] V. E. Buchanan, D. G. McCartney, P. H. Shipway, "A comparison of the abrasive wear behaviour of iron-chromium based hardfaced coatings deposited by SMAW and electric arc spraying", Wear, 2008, Vol. 264, pp. 542-549.
- [5] A. C. Crespo, A. Scotti, M. R. Perez, "Operational behavior assessment of coated tubular electrodes for SMAW hardfacing", Journal of Materials Processing Technology, 2008, Vol. 119, pp. 265-273.
- [6] V. E. Buchanan, "Solidification and microstructural characterization of iron-chromium based hardfaced coatings deposited by SMAW and electric arc spraying", Surface & Coatings Technology, 2009, Vol. 203, pp.3638-3646.
- [7] X. H. Wang, F. Han, X. M. Liu, S. Y. Qu, Z. D. Zou, "Effect of molybdenum on the microstructure and wear resistance of Fe-based hardfacing coatings", Materials Science and Engineering, 2008, Vol. 489, pp.193-200.

[۸] مجید فرخانی و سعید کمیزی و شهریار شرفی "بررسی خواص سایشی و خوردگی فولاد Ck45 سخت پوشانی شده با آلیاژ پر کروم Fe-20Cr-0.03C % wt " چهارمین همایش مشترک انجمن مهندسين متالورژی و جامعه علمی ریخته گری ایران، ۱۳۸۹، ص ۳۳۶۲-۳۳۷۱.

جدول ۱. ترکیب شیمیایی فولاد ساده کربنی (زیرلایه) و آلیاژ سخت پوشان.

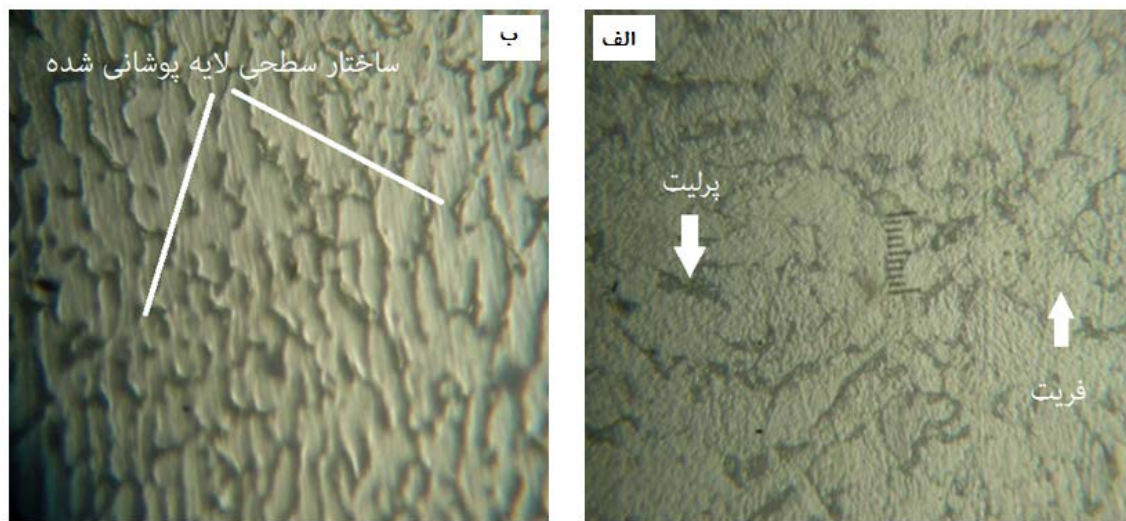
	Fe	Cr	Ni	Mn	Si	Mo	Nb	Cu	C
فلز پایه	۹۸/۹۳	-	-	۰/۷۲	۰/۳۶	-	-	-	۰/۱۵-۰/۲
الکتروود	۶۷/۰۴	۲۰	۱۰	۱/۶	۰/۷	۰/۳	۱	۰/۳	۰/۰۶

جدول ۲. پارامترهای جوشکاری قوسی با گاز محافظ.

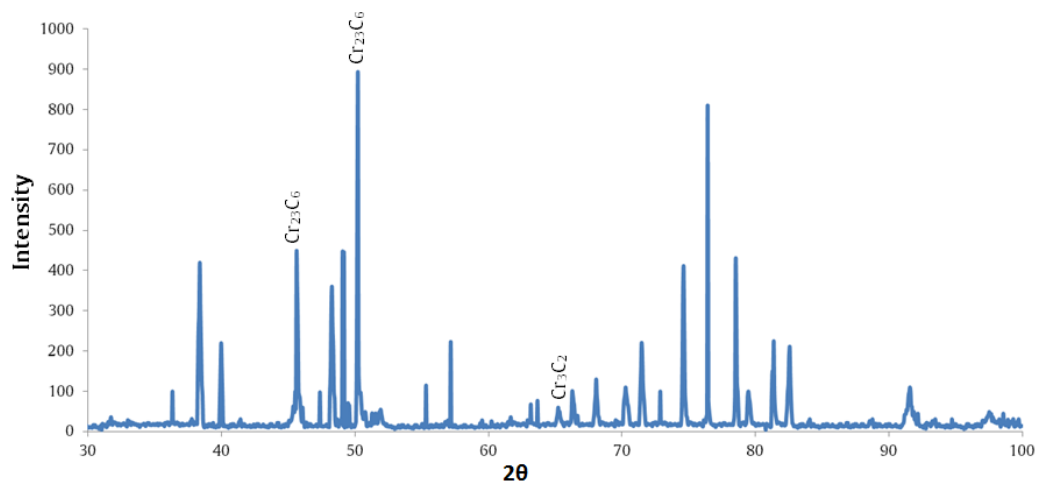
ولتاژ (V)	شدت جریان (A)	سرعت جوشکاری (mm/min)	گرمای ورودی (j/mm)
۲۳	۹۰	۱۷۵	۸۴۰-۹۲۰



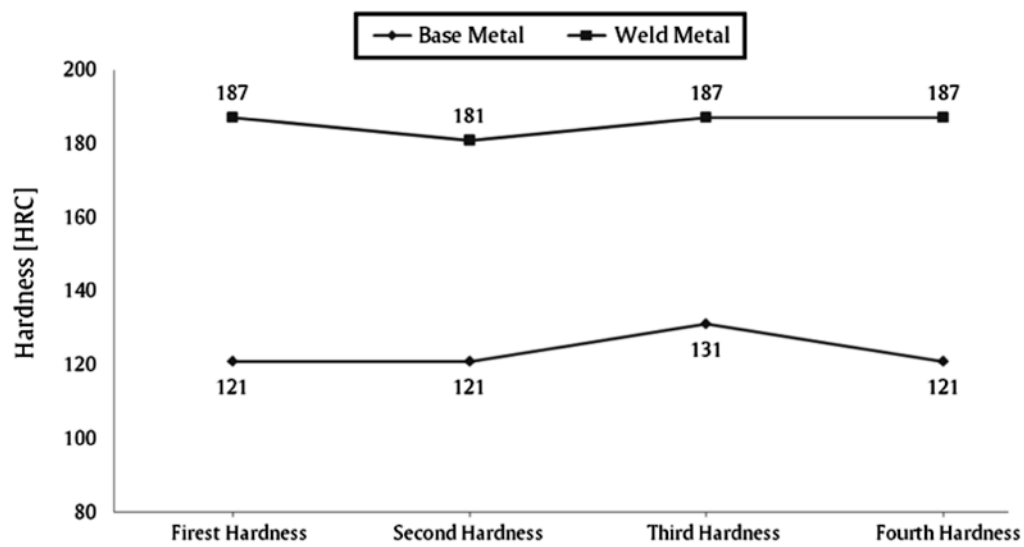
شکل ۱. شماتیک لایه‌های جوش داده شده [۵].



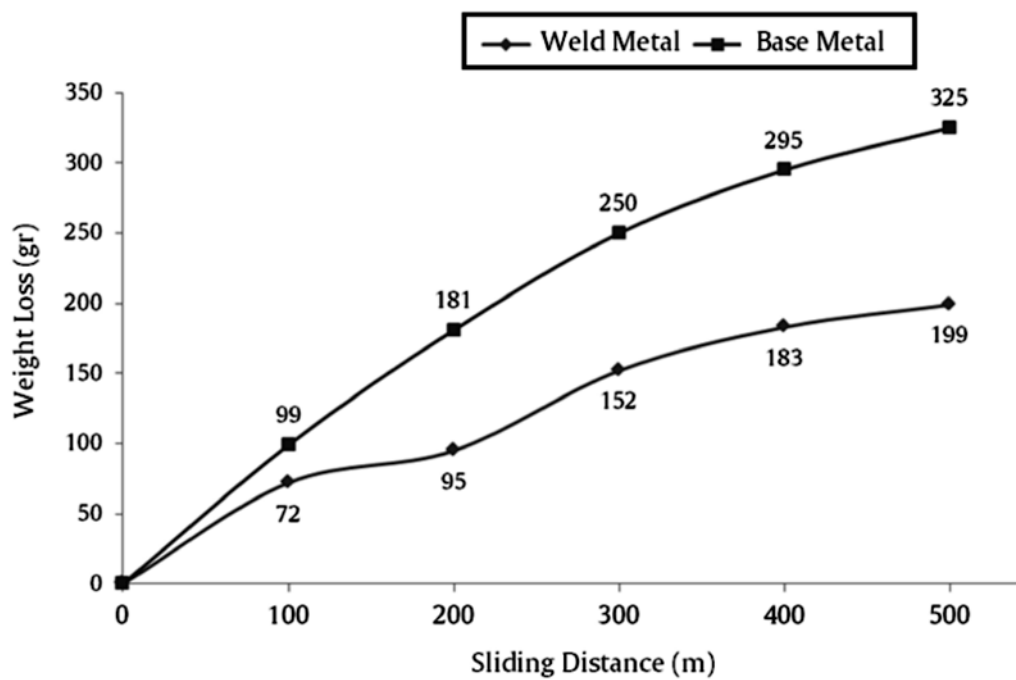
شکل ۲. الف) ریز ساختار فلز پایه (زیرلایه)، ب) ریز ساختار فولاد زنگ‌نزن و کاربیدهای تشکیل شده.



شکل ۳. نتایج آزمایش پراش پرتوی ایکس از آلیاژ سخت پوشان.



شکل ۴. سختی نمونه‌ها به روش سختی سنجی راکول.



شکل ۵. نمودار کاهش وزن بر حسب مسافت طی شده برای بار ۱۵۰N.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه

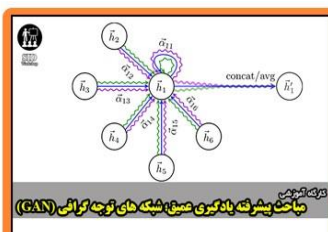


فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی