



بهبود خواص سطح تماس و سختی قطعات موتور با ایجاد لایه مرکب سطحی حاوی ذرات آلومینا با استفاده از فرآیند جوشکاری قوسی تنگستن-گاز

سعید علمی^{۱*}، حسین مظاهری^۲ و هومن باغی باغبان^۳

^۱ باشگاه پژوهشگر جوانان دانشگاه واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران، Saeeds2020@yahoo.com

^۲ مرکز تحقیقات مواد پخته، تشکده مهندسی مواد، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران، mazaheri2646@gmail.com

^۳ گروه مهندسی مواد، دانشکده آزاد اسلامی واحد شهرضا، شهرضا، ایران، hoomanbaghban66@gmail.com

* نویسنده مسئول

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۲۹ دی ۱۳۹۴

پذیرش: ۱۹ خرداد ۱۳۹۵

کلیدواژه‌ها:

روش جوشکاری GTAW

آلومینا

ریزساختار

سایش

حرارت ورودی

هدف از این پژوهش بهبود خواص سطح تماس فولاد St37 با ایجاد لایه‌ای مرکب سطحی حاوی ذرات آلومینا به روش جوشکاری GTAW است. برای این منظور سطح فولاد با ۱۰ درصد حجمی از ذرات آلومینا در سه جریان متفاوت ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ آمپر با این روش پوشش داده شد. آزمون سایش رفت و برگشتی، با هدف سنجش مقاومت به سایش نمونه‌ها انجام گرفت. سطوح ساییده شده آن‌ها توسط ذره بین برقی رومبی بررسی شد. یافته‌ها نشان داد پوشش حاصل از این فرآیند دارای ساختار انجمادی دندریتی حاوی ذرات آلومینا است. حضور این ذرات به همراه کاهش چسبندگی ورودی، باعث افزایش سختی و بهبود رفتار سایشی پوشش مذکور می‌شود. دامنه افزایش سختی پوشش‌های ایجاد شده بین ۲۲۵ تا ۳۳۲ و یکرز اندازه‌گیری شد که این مقدار در نمونه بدون پوشش حدود ۸۰ میکرومتر است. نتایج بررسی رفتار سایشی پوشش‌ها بیانگر بهبود چشمگیر رفتار سایشی آن‌ها نسبت به نمونه تقویت‌کننده آلومینا به همراه کاهش حرارت ورودی است. سازوکار عمده سایش در نمونه بدون پوشش و در نمونه‌های پوشش داده شده، سایش چسبان است. سرانجام، با طراحی و ساخت قطعات موتور از جنس پوشش ذکر شده در تحقیق، می‌توان سختی و مقاومت به سایش را افزایش داد و در نتیجه بازده بزرگتری را از موتور به دست آورد.

تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.



مقاله

۱- مقدمه

اغلب روش‌های مهندسی سطح را می‌توان برای پوشش‌دهی فولاد به کار برد. روش‌هایی مانند پوشش کربن، پوشش نیتروژن، رسوب فیزیکی بخار (PVD^۱) و رسوب شیمیایی بخار (CVD^۲) که برای به دست آوردن سطحی سخت و مقاوم به سایش به کار می‌روند.

یکی از روش‌های افزایش سختی و مقاومت به سایش فولاد، ذوب و همبسته‌سازی سطح آن توسط منبع با چگالی بزرگ انرژی مانند پرتوی الکترونی^۳، پرتو الکترونی و یا قوس جوشکاری (TIG^۴) است [۱]. در سال‌های اخیر همبسته‌سازی و ایجاد لایه‌ای مرکب با استفاده از فرآیند TIG برای تأمین انرژی لازم برای ذوب، استفاده شده است.

ویژگی‌های متمایز این روش عبارتند از ضخامت زیاد پوشش، نرخ شدید رسوب گذاری، چسبندگی خوب پوشش به زیرلایه به دلیل برقراری پیوندهای هادی^۵، همچنین سهولت مراحل تولید که سبب گستردگی کاربرد آن برای پوشش‌دهی قطعات شده است. این روش نسبتاً ارزان بوده و در اغلب دستگاه‌های جوشکاری در دسترس است. در این روش عناصری همانند کرم، کربن، کبالت، منگنز یا ذرات سخت سفالی نظیر WC، TiC، Al₂O₃ و SiC به محلول مذاب افزوده می‌شوند، تا لایه‌های سطحی همبسته‌ای^۶ و ترکیبی سخت ایجاد کنند [۲-۴].

آلومینا به خاطر خواص سایشی مقاوم، سختی زیاد، مقاومت بالا در برابر اکسید شدن در درجه حرارت‌های داغ و جوش‌پذیری مناسب معمولاً بر سایر کاربردها ترجیح داده می‌شود. مقاومت حرارتی و سختی سفال‌های پیشرفته باعث گردیده تا بتوان از این مواد در موتور و سایر اجزای مربوط به انواع خودرو سبک و سنگین استفاده نمود. پوشش‌های سفالی و اجزایی که کاملاً از مواد سفالی ساخته شده اند تا به حال توسط صنایع خودروسازی معرفی گردیده‌اند. اجزای سفالی و قطعات فلزی دارای پوشش سفالی می‌توانند در محیط‌هایی با دمای داغ، مانند اجزای تحت اصطکاک یا موتور خودروها استفاده گردد. پوشش‌های سفالی و اجزای کوچک ساخته شده از سفال اولین اجزایی هستند که در موتور خودرو به کار گرفته خواهند شد. همچنین پوشش‌های سرامیکی در صنایع هوافضا که به روش‌های پاشش حرارتی اعمال می‌شوند، کاربرد دارند. پوشش‌های سرامیکی در سه بخش موتورهای هوایی، پیش‌رانه موشک و ارباه فرود هواپیما توسط روش‌های پاشش حرارتی اعمال می‌شوند. این پوشش‌ها شامل پوشش‌های اکسیدی مانند آلومینا، پوشش‌های سرمتی مانند کاربید تنگستن و پوشش‌های مرکب مانند AlSi-HfB_N هستند. پوشش‌های اکسیدی مانند پوشش‌های آلومینایی و کرومیایی و پوشش‌های کاربیدی مانند کاربید تنگستن به عنوان پوشش‌های مقاوم به سایش در بخش‌هایی از موتور هوایی مانند

زبان‌های پره پروانه و پره‌های محور دوران استفاده می‌شود [۵]. از عمده کاربردهای عملیات سطحی می‌توان به صنایع برقی، صنایع هسته‌ای، صنایع هوافضا [۶]، صنایع خودروسازی [۷]، مبدل‌های حرارتی سفالی، پیل‌های سوختی [۸] و صنایع پزشکی [۹] اشاره کرد.

از مهمترین کاربردهای پوشش‌های سفالی می‌توان به نسل جدید موتور خودروها اشاره کرد. بدنه و اجزای موتور مانند سمبها و تاج سمبه که حرارت زیادی را متحمل می‌شوند، می‌توانند با پوشش سفالی ساخته شوند. این کار امکان مقاومت بیشتر در برابر حرارت زیادتری را به اجزای موتور می‌بخشد. پوشش‌های سفالی در دمای زیاد هیچ تغییر شکل و تغییر ساختاری از خود نشان نمی‌دهند. اما رسانا نیستند و باید به همراه مکمل‌های فلزی بکار روند. در آینده، موتورهای سفالی سبک وزن (در مقایسه با موتورهای چدنی سنگین) ممکن است ساخته شوند که در دمای گرم، بدون نیاز به مبدل حرارتی و با بازده سوخت بزرگ کار کنند. افزایش بازده سوخت این‌گونه خودروها نتیجه سبک شدن موتور خودرو و افزایش دمای احتراق است [۱۰].

در طی سال‌های اخیر در زمینه اعمال پوشش‌هایی بر سطح قطعات مختلف با استفاده از جوشکاری قوسی تنگستن-گاز تحقیقاتی انجام شده است.

یوچی لین و همکاران در تحقیقی ریزساختار و عملکرد سایشی لایه پوشش SiC داده شده بر روی فولاد کشته شده SKD61 با روش GTAW را بررسی کردند. آنها گزارش دادند که ذرات SiC در طی فرآیند GTAW تجزیه شده و حالت‌های شبه‌پایدار مانند Fe₃C و Fe₂Si₂ و همچنین حالت پایدار گرافیت در ساختار سه تایی Fe-Si-C به وجود آمده‌اند. این محققین مدعی شده‌اند که همین رخدادها منجر به افزایش سختی و مقاومت به سایش لایه سطحی شده است [۱۱].

در تحقیق ذرات کاربید سیلیسیم را با روش جوشکاری قوسی تنگستن-گاز بر روی فولاد AISI 8620 پوشش داده شد. نتایج نشان داد که ساختار تازه شکل گرفته بر سطح فولاد می‌تواند مقاومت به سایش و سختی سطح را بهبود بخشد [۱۲].

یانگو همکاران ذرات TiC را بر روی آلیاژ Ti-6Al-4V با فرآیند جوشکاری قوسی تنگستن-گاز با استفاده از گسیب با گرد داخلی، پوشش دادند و نتایج نشان داد که پیوندی خوب، مورب بین پوشش و بستر را می‌توان به دست آورد که پوشش یکنواخت متراکم و تقریباً عاری از نقص است و باعث افزایش محسوس سختی خواهد شد [۱۳]. در این پژوهش از روش جوشکاری GTAW^۶ به منظور رویه‌سازی مواد پایه لایه مرکبی حاوی ذرات آلومینا بر روی سطح فولاد S37 استفاده شد. گردید و تأثیر تغییر شدت جریان جوشکاری بر ساختار، سختی و رفتار سایشی پوشش، بررسی شد.

⁴ Tungsten inert gas

⁵ Alloy

⁶ Gas Tungsten Arc Welding

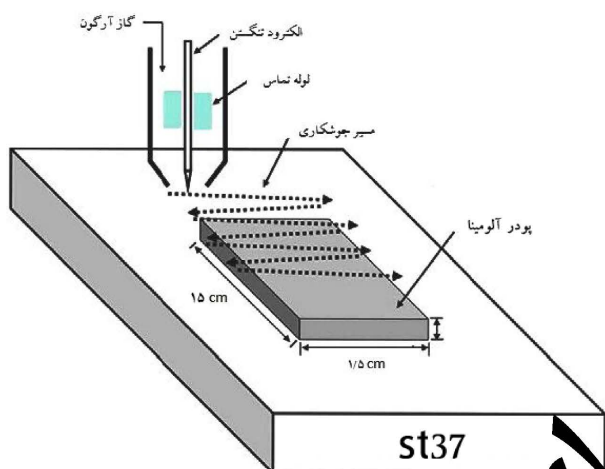
¹ Physical vapour deposition

² Chemical vapour deposition

³ Laser

جدول ۲: متغیرهای فرآیند رویه سختی به روش GTAW

شماره نمونه	شدت جریان (A)	نوع گاز محافظ	نرخ دمش گاز (Lit/min)	نوع قطبیت	سرعت (mm/min)	حرارت ورودی (kJ/mm)
۱	-	-	-	-	-	-
۲	۹۰	آرگون	۱۰	DCEN	۳۲٫۶	۲۶٫۸۷
۳	۱۱۰	آرگون	۱۰	DCEN	۲۹٫۰۹	۳۶٫۳
۴	۱۳۰	آرگون	۱۰	DCEN	۲۶٫۶۸	۴۶٫۷۸



شکل ۲: طرح روش مورد استفاده

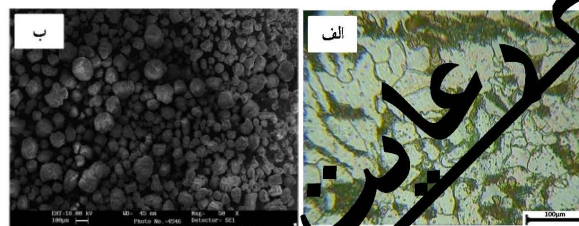
پس از ایجاد رویه رویه سختی توسط جوشکاری GTAW، سطح نمونه‌ها به صورت ناهموار در آمد و ضخامت پوشش به حدود ۳ الی ۴ میلی‌متر رسید. برای انجام هیچ‌گونه عملیات بعدی مناسب نبود.

به همین منظور همه نمونه‌ها تحت عمل سنگ‌زنی توسط سنگ آهنربایی قرار گرفتند و ضخامت پوشش را از این مرحله به ۲ الی ۳ میلی‌متر کاهش پیدا کرد. از مقاطع عرضی پوشش ایجاد شده، به منظور بررسی ریزساختار پوشش، فصل مشترک و ریز لایه به دست آمده ابتدا نمونه‌ها توسط سنباده‌های ۶۰ الی ۴۰۰۰ سنباده‌کاری شد و سپس جلا داده شدند. پس از آن، نمونه‌ها با محلول نایتال ۴ درصد (۱۶ میلی‌لیتر الکل + ۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک یک مولار) آغشته شدند.

برای مطالعات ذره‌بینی، از دستگاه ذره‌بین نوری Olympus نوع BH-2 استفاده شد. برای اندازه‌گیری و مقایسه ریزسختی نمونه‌ها از دستگاه ریزسختی سنج نوع Koopa، و نرم افزار Haresh، استفاده شد. لازم به اشاره است فرورونده دستگاه سنجش ریزسختی با مقیاس ویکرز یک هرم مربع القاعده الماسی با زاویه سطح جانبی ۱۳۶ درجه بود که طی

۲- مواد و روشی آزمون

در این تحقیق از فولاد St37 به عنوان زیر لایه و از گرد آلومینا با خلوص بزرگتر از ۹۰٪ و اندازه ذرات متوسط ۳۰ تا ۴۰ میکرومتر استفاده گردید. شکل (۱) به ترتیب ریزساختار ذره‌بین نوری فولاد St37 و ذره‌بین برقی آلومینا را نشان می‌دهد. ترکیب شیمیایی فولاد St37 در جدول (۱) ارائه گردیده است.



شکل ۱: (الف) ریزساختار فولاد St37 و (ب) تصویر ذره بین برقی گرد آلومینا

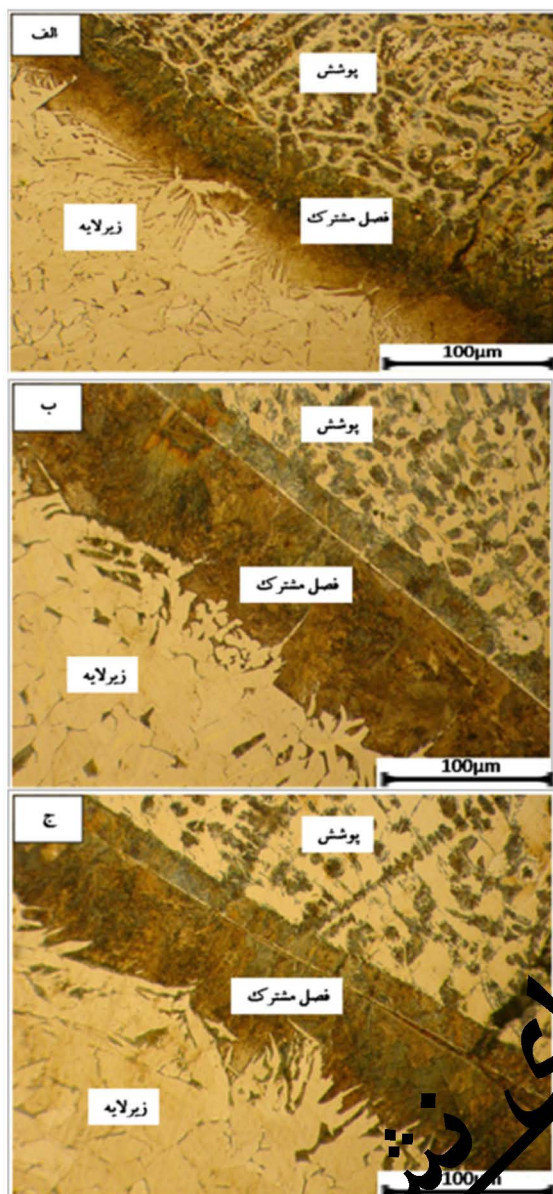
جدول ۱: ترکیب شیمیایی فولاد St37 (درصد وزنی)

عنصر	Cr	P	Mn	Si	C	
درصد	۰٫۰۱۳	۰٫۰۸	۱٫۰۴	۰٫۱۴	۰٫۱۳	
عنصر	Nb	S	Cu	Al	Ni	Mo
درصد	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱	۰٫۰۳۶	۰٫۰۴	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۵
عنصر	Fe	W	V	Ti	Sn	
درصد	بقیه	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۴	

برای اجرای فرآیند، رویه کاری سطحی چهار نمونه مکعب مستطیل به ابعاد $15 \times 4 \times 1$ cm از فولاد St37 برش داده شد. در قسمت میانی هر یک از نمونه‌ها بخشی به ابعاد $15 \times 1,5$ cm برای ایجاد روکش و انجام آزمون‌های بعدی در نظر گرفته شد. نمونه شماره ۱ به عنوان نمونه خام و نمونه ۲ تا ۴ برای ترکیب سطحی استفاده شدند. به این منظور نمونه‌ها ابتدا توسط دستگاه سنگ آهنربایی پرداخت گردید، سپس در طی چند مرحله به کمک استون تمیزکاری سطحی شدند تا سطح آن‌ها عاری از هرگونه اکسید و چربی گردد.

نمونه‌های ۲ تا ۴ با ۱۰ درصد حجمی از گرد آلومینا پوشش داده شدند. به منظور اتصال موقت و اولیه گرد آلومینا بر روی نمونه‌های فولادی، گرد با مقدار کمی الکل آغشته و با استفاده از شابلون مقوایی بر روی سطح نمونه‌ها اعمال گردید.

سپس نمونه‌ها به مدت یک ساعت در هوای آزاد قرار گرفته و خشک شدند. برای ایجاد پوشش، فراهم کردن دمای لازم و دستیابی به لایه‌های مورد نظر از روش جوشکاری قوسی تنگستن-گاز (GTAW) با قطر الکترود تنگستنی ۲٫۴ میلی‌متر و شکل نوک الکترود مخروطی، استفاده شد. متغیرهای مورد سنجش و آزمون شده در جدول (۲) ارائه شده است. همچنین طرحی از روش مورد استفاده در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۳: مقطع جانبی نهادهای پوشش داده شده (الف) نمونه ۲، (ب) نمونه ۳، (ج) نمونه ۴

شکل (۵) الگوی پراش پرتو ایکس از پوشش داده شده نمونه شماره (۲) را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود حالت‌های Fe_2O_3 و Al_2O_3 حالت‌های اصلی تشکیل دهنده پوشش اند. همچنین احتمال حضور حالت‌هایی مانند $FeAl$ ، $FeAl_2$ ، $FeAl_3$ ، Fe_2Al_5 و کاربیدهای M_7C_3 در ساختار وجود دارد. خطوط پراش این حالت‌ها اصولاً دیده نمی‌شود. در این باره باید نظر داشت که حالت‌شناسی به کمک پراش پرتو ایکس توانایی آشناسازی حالت‌های با مقدار کم‌تر از ۵ درصد را ندارد. بنابراین با توجه به مقدار احتمالی بسیار کم حالت‌های تشکیل شده اصولاً وجود این حالت‌ها با استفاده از این روش تحلیل قابل ردیابی نیست. همچنین مقدار کم آلومینا باعث شده است تا این حالت نیز به مقدار کم اما قابل تشخیص شناسایی گردد [۱۶].

نیروی ۱۰۰ گرم و مدت بارگزاری ۱۰ ثانیه مطابق با استاندارد ASTM E92 صورت گرفت.

شکل ریزسختی اندازه‌گیری شده با رسم منحنی ریزسختی برحسب فاصله از سطح پوشش به سمت زیرلایه در مقطع عرضی پوشش به دست آمد.

برای جلوگیری از تداخل حوزه کرنش اثرات ریزسختی مجاور هم، فاصله بین دو ریزسختی در راستای افقی و از سطح روکش به سمت عمق ۰٫۲۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد. آزمون سایش خشک به صورت رفت و برگشت، در دمای محیط انجام گرفت. پین مورد استفاده در این آزمون از جنس فولاد بلرینگ DIN۵۲۱۰۰ با سختی حدود ۶۴ راکول سی، ارتفاع ۰٫۲ میلی‌متر و شعاع عرقچین ۵ میلی‌متر بود که در یک مسیر رفت و برگشتی به طول ۸ سانتی‌متر و با سرعتی معادل ۰٫۲۱ متر بر ثانیه بر روی نمونه سایش حرکت می‌کند.

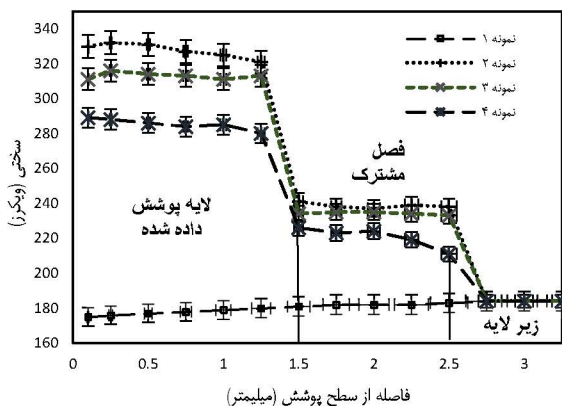
آزمون سایش تحت بار ثابت ۳۰ نیوتن مطابق با استاندارد ASTM G 133-95 انجام گرفت که پس از طی مسافت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ متر، سایش‌ها در نمونه‌ها توسط ترازو اندازه‌گیری شد. تحلیل حالتی نمونه‌ها توسط پراش پرتو ایکس نوع Philips-PW30-40 صورت گرفت. ولتاژ مورد استفاده در دستگاه ۳۰ کیلو وات و جریان اعمالی ۳۰ میلی آمپر بود. هم‌چنین از پرتو ایکس تک موج $CuK\alpha$ با طول موج ۱٫۵۴۰۵ آنگسترم استفاده شد. برای شناسایی حالت‌ها نیز از نرم افزار X'Pert-MPD، استفاده شد. سایش و ذرات سایش نیز به وسیله ذره بین برقی روبشی (SEM) نوع LEO-VP435 مورد ارزیابی قرار گرفتند.

۳- نتایج و بحث

شکل (۳) مقطع جانبی سطح پوشش ایجاد شده در نمونه ۲ تا ۴ را نشان می‌دهد. این شکل مشخص می‌کند که در نمونه ۲ تا ۴، سطح پوشش و همچنین فصل مشترک بین زیرلایه و پوشش، خالی از ترک و حفره با استفاده از این روش قابل دستیابی است. این عوامل بیانگر این هستند که لایه پوشش متراکم و با کیفیت به دست می‌آید و نشان‌دهنده امکان پذیر بودن نفوذ کامل لایه پیش نشانی شده به زیرلایه فولادی است. نتایج گزارش شده از مطالعات سایر محققین نیز همین نتیجه را در پی داشته است [۱۴].

شکل (۴) تصاویر ذره‌بینی از ریزساختار پوشش را نشان می‌دهند. بررسی این تصاویر نشان می‌دهد که این پوشش‌ها ساختار دندردینی داشته که در نتیجه انجماد سریع در طی فرآیند جوشکاری قوسی تنگستن-گاز به وجود آمده است. دلیل دیگر به دست آوردن ساختار دندردینی تفاوت زیاد بین نقطه ذوب آهن و دیگر حالت‌های تشکیل شده است. نتایج گزارش شده از مطالعات سایر محققین نیز همین نتیجه را در پی داشته است [۱۵].

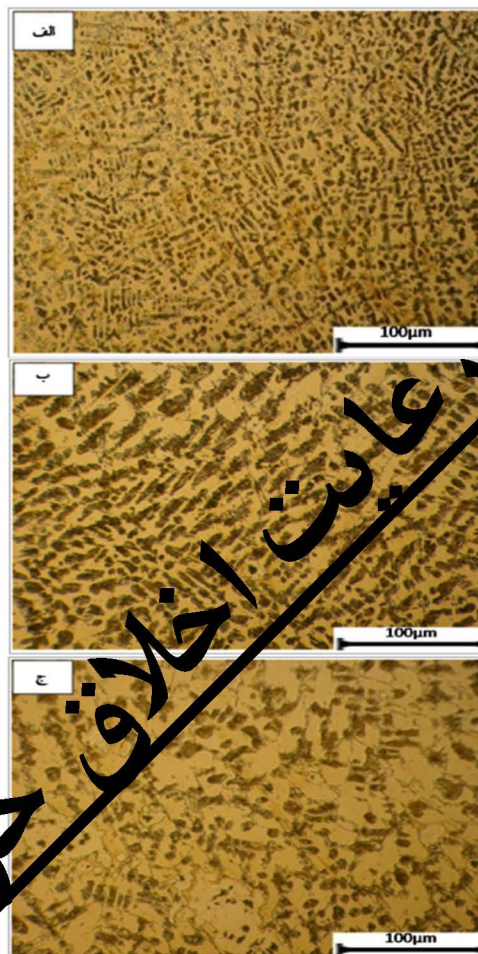
وجود همین ذرات اکسیدی احتمالی به نظر می رسد. نتایج گزارش شده از مطالعات سایر محققین نیز همین نتیجه را در پی داشته است [۱۷]. نتایج ریزسختی نمونه‌ها در شکل (۶) ارائه شده است. همان‌طور که دیده می‌شود پوشش‌های ترکیبی تشکیل شده به دلیل دارا بودن تقویت‌کننده‌ی آلومینا و همین‌طور شرایط انجمادی سریع جوشکاری، سختی نسبی بزرگ (حدود ۳۳۲-۲۲۵ HV) را دارا هستند که می‌توانند در کنار مقاومت به خوردگی خوب، منجر به مقاومت نسبی بزرگ در برابر سایش در محیط‌های خورنده گردند [۱۸].



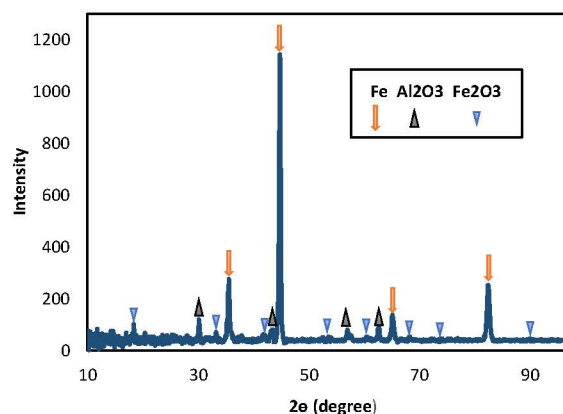
شکل ۶: پروفیل ریزسختی سطح مقطع عرضی نمونه‌های پوشش داده شده و نمونه بدون پوشش

سختی نمونه‌های حاوی تقویت‌کننده‌ی آلومینا بیش از سختی نمونه بدون تقویت‌کننده است که به دلیل سختی نسبی بزرگ حالت آلومینا است. به طوری که از نمودار ریزسختی پوشش‌ها مشخص است، کاهش سختی هرودی منجر به کاهش رقت آهن از زیرلایه و همچنین ریزتر شدن اختار شود. این عوامل باعث افزایش سختی خواهند شد. بنابراین سختی نمونه ۲ به ترتیب از سختی نمونه ۳ و ۴ بیشتر است. دلیل افت تدریجی (و ناگهانی) سختی در فصل مشترک، اثر رقت ناشی از ذوب جزئی زیرلایه است. از آن‌جا که تشکیل پوشش با سرعت زیاد رخ داده و امکان ذوب تنش‌های پسماند (که بسته به تفاوت ضرایب انبساط حرارتی زیرلایه، کششی یا فشاری هستند) در پوشش وجود دارد، نفوذ از زیرلایه و کاهش تدریجی سختی موجب افزایش چسبندگی و کاهش تردی پوشش گشته و عمل مطلوب ارزیابی می‌شود که می‌تواند از وقوع ترک در پوشش جلوگیری نماید. این نوع فصل مشترک، چسبندگی و خواص مکانیکی مطلوبی ایجاد می‌کند. نتایج گزارش شده از مطالعات سایر محققین نیز همین نتیجه را داشته است [۱۹].

روش ترسیم نمودارهای ضریب اصطکاک بدین صورت است که نیروی مماسی منتقل شده به پین سایشگر، توسط حسگر نیرو اندازه‌گیری و با توجه به نیروی اعمالی عمودی سایش، ضریب اصطکاک اندازه‌گیری می‌شود.



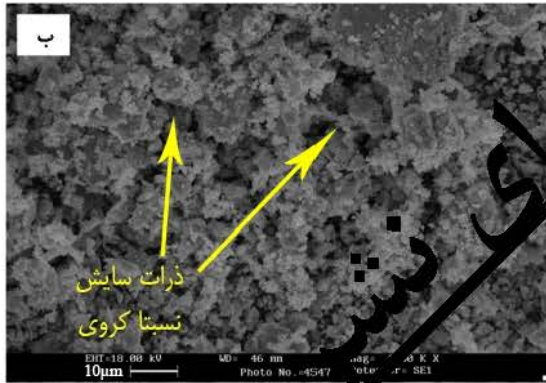
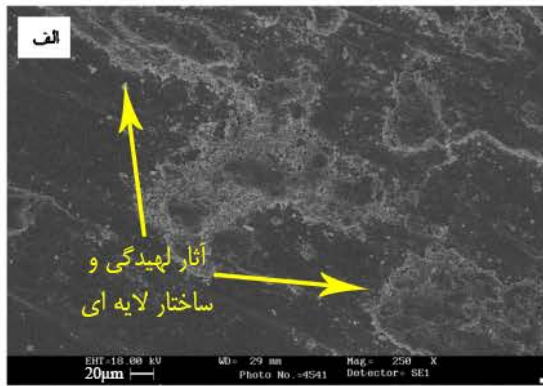
شکل ۷: ریزساختار پوشش ایجاد شده (الف) نمونه ۲، (ب) نمونه ۳، (ج) نمونه ۴



شکل ۸: الگوی پراش پرتو ایکس از نمونه ۲.

در خصوص حضور اکسید آهن نیز باید دانست که در هر صورت در حین فرآیند، آهن مذاب با هوا در تماس بوده و به مقدار قابل توجه حالت اکسید آهن احتمال تشکیل داشته است. در صورت تشکیل، این ذرات می‌توانسته‌اند در حین ایجاد لایه سطحی در نواحی نزدیک به سطح شناور و محبوس گردند. آنچه نتایج حالتشناسی نشان داده است،

شکل (۸-الف) قابل مشاهده است پس سازوکار غالب سایش، سایش چسبان است. شکل (۸-ب)، تصویر ذره بین برقی روبشی ذرات سایش نمونه ۱ را نشان می‌دهد که تداعی کننده سازوکار سایش چسبان است زیرا ذرات سایش به صورت ذرات نسبتاً کروی هستند. پس سازوکار غالب سایش، سایش چسبان است. سازوکار سایش چسبان، ندرتاً به تنهایی اتفاق می‌افتد، مگر در مواردی که سطحی بسیار سخت، در برابر سطحی با مقاومت سایشی بسیار پایین، قرار گیرد. نتایج گزارش شده از مطالعات سایر محققین نیز همین نتیجه را در پی داشته است [۲۲].



شکل ۸: تصاویر ذره بین برقی از سطح سایش و (ب) ذرات حاصل از سایش نمونه ۱

با توجه به رفتار کاهش جرم نمونه (۲) پس از آزمون سایش مطابق با شکل (۷) افت کاهش جرم در این نمونه نسبت به نمونه‌های دیگر را می‌توان به دلیل افزایش سختی پوشش در اثر کاهش حرارت ورودی و حضور حالت آلومینا در زمینه دانست.

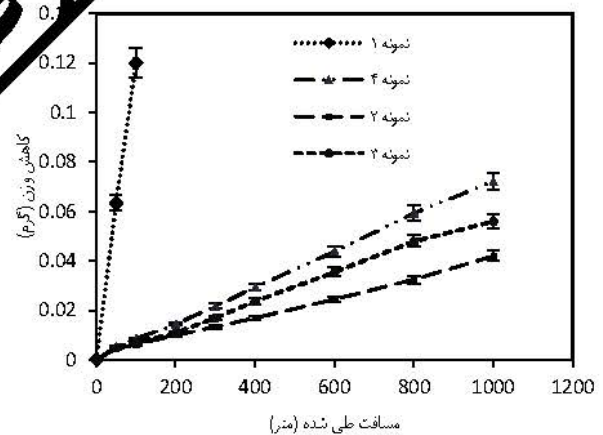
شکل (۹-الف) تصویر ذره بین برقی حاصل از سطح سایش نمونه ۱ را نشان می‌دهد. با توجه به تصویر به نظر می‌رسد که سازوکار غالب سایش، سایش چسبان به همراه سایش اکسیدشدن است زیرا در طی آزمون سایش، دمای سطح نمونه ۲ به دلیل سختی نسبی بزرگ در اثر حرکت پین، افزایش یافته و لایه اکسیدی ضخیمی تولید می‌شود و پین ساییده می‌شود و بر روی نمونه، فشرده شده و به آن می‌چسبد و معمولاً

با توجه به نمودارهای ضریب اصطکاک، ضریب اصطکاک متوسط تعیین شده در جدول (۳) ارائه شده است. ضریب اصطکاک پایین پوشش دلالت بر این موضوع دارد که پوشش ایجاد شده دارای مقاومت به سایش عالی است. نتایج گزارش شده از مطالعات سایر محققین نیز همین نتیجه را در پی داشته است [۲۰].

جدول ۳: ضریب اصطکاک متوسط نمونه بدون پوشش و نمونه‌های پوشش داده شده برحسب مسافت لغزش

نمونه	ضریب اصطکاک (μ)
۱	0.56 ± 0.05
۲	0.47 ± 0.05
۳	0.5 ± 0.05
۴	0.52 ± 0.05

شکل (۷) نمودار کاهش وزن برحسب مسافت طی شده برای نمونه‌های آزمون سایش را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که با افزایش مسافت طی شده مقدار جرم از دست داده شده نمونه‌ها نیز نسبتاً و بدون نشان دادن رفتار کند شونده، افزایش می‌یابد. این نتیجه با توجه به رفتار سایشی ضعیف فولاد St37 که توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است، دور از انتظار نیست [۲۱].

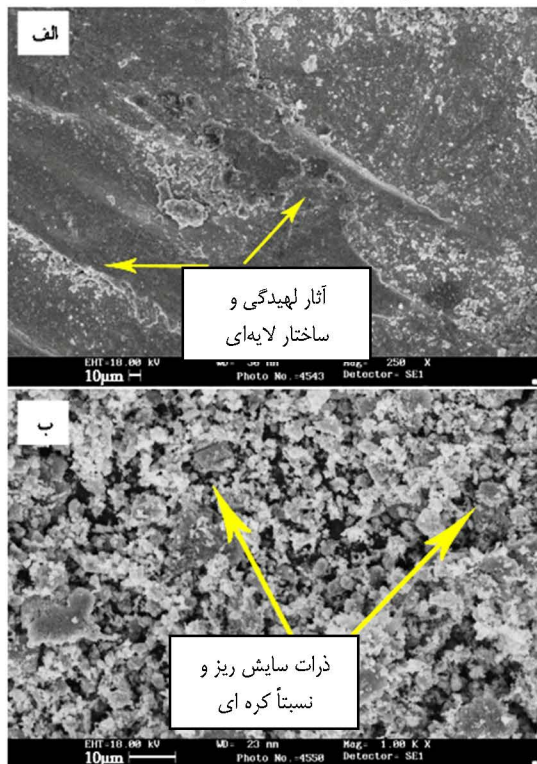


شکل ۷: نمودار کاهش وزن برحسب مسافت طی شده برای نمونه‌های آزمون سایش

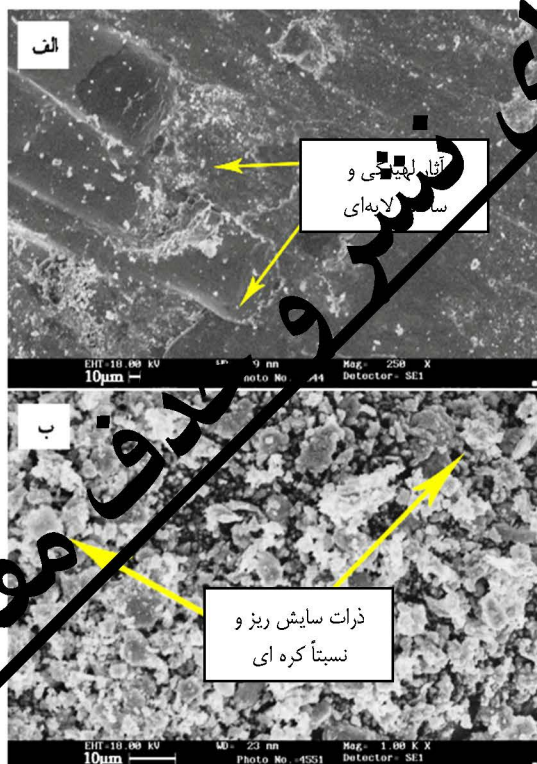
شکل (۸) تصویر ذره بین برقی روبشی حاصل از سطح سایش نمونه ۱ پس از انجام آزمون سایش را نشان می‌دهد. با دقت در تصویر (۸-الف)، آثار خراشیدگی و کندگی بر روی سطح مشاهده نمی‌گردد که دلیل خوبی برای رخ ندادن سازوکار سایش خراشان است.

یکی دیگر از عمومی‌ترین سازوکارهای سایش، سازوکار سایش چسبان است که در آن موادی بر روی سطوح در حال سایش، می‌چسبند. به طور مثال، بخشی از پین، ساییده شده و بر روی نمونه، فشرده شده و به آن می‌چسبد و چون آثاری از فشرده شدن و لهدگی و ساختار لایه‌ای در

تصویر ذره بین برقی ذرات سایش نمونه ۴ را نشان می‌دهد که می‌توان سازوکار غالب سایش در این نمونه را چسبان دانست [۲۶].

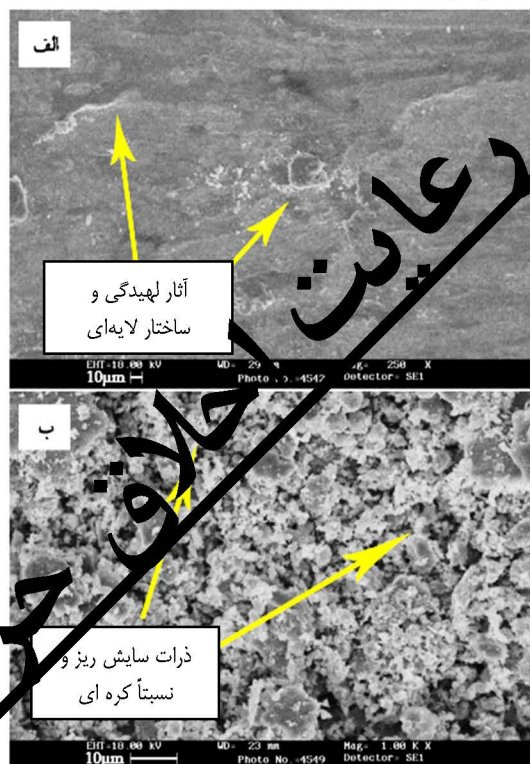


شکل ۱۰: تصاویر ذره بین برقی (الف) از سطح سایش، (ب) ذرات حاصل از سایش نمونه ۳



شکل ۱۱: تصاویر ذره بین برقی (الف) از سطح سایش، (ب) ذرات حاصل از سایش نمونه ۴

نمی‌توان به نشانه یا مشخصه تصویری خاصی برای سازوکار سایش اکسید شدن در تصاویر ذره بین برقی، اشاره نمود اما شکل (۹-ب) تصویر ذره بین برقی ذرات سایش نمونه ۲ را نشان می‌دهد که این احتمال وجود دارد ذرات سایشی ریز، دلالت بر سایش اکسید شدن داشته باشد. چنین پدیده‌ای در تحقیقات سایر محققان نیز قبلاً گزارش شده است [۲۳].



شکل ۹: تصاویر ذره بین برقی (الف) از سطح سایش و (ب) ذرات حاصل از سایش نمونه ۲

با توجه به پوشش نمونه ۳ و همچنین نتایج به دست آمده از آزمون سایش در شکل (۷) و مقایسه آن با نتایج نمونه‌های ۲ و ۴ مشاهده می‌شود با ثابت بودن درصد حالت تقویت‌کننده و افزایش مقدار حرارت ورودی نسبت به نمونه ۲ و کاهش مقدار حرارت ورودی نسبت به نمونه ۴، مقدار سختی و در نتیجه کاهش جرم این نمونه مابین نمونه‌های ۲ و ۴ قرار دارد. شکل (۱۰-الف) تصویر ذره بین برقی حاصل از سطح سایش نمونه ۳ را نشان می‌دهد و شکل (۱۰-ب) تصویر ذره بین برقی ذرات سایش نمونه ۳ را نشان می‌دهد که می‌توان سازوکار غالب سایش در این نمونه را چسبان دانست [۲۴ و ۲۵].

با توجه به پوشش نمونه ۴ و نمودار شکل (۷) کاهش محسوس جرم از دست داده شده نسبت به نمونه بدون پوشش در این نمونه از مراحل اولیه آزمون مشهود است. علت بهبود رفتار سایشی در سختی بزرگتر نمونه پوشش داده شده را می‌توان به دلیل حضور حالت آلومینا و همین‌طور سرعت تند انجام داد دانست. شکل (۱۱-الف) تصویر ذره بین برقی حاصل از سطح سایش نمونه ۴ را نشان می‌دهد و شکل (۱۱-ب)

عدم رعایت احتیاط مقاله

۴- نتیجه گیری

- پوشش و همچنین فصل مشترک بین زیرلایه و پوشش، خالی از ترک و حفره با استفاده از این روش قابل دستیابی است.
- پوشش ایجاد شده ریزساختار دندریتی همراه با تقویت کننده آلومینا را دارا است.
- پوشش ایجاد شده دارای سختی نسبتاً قوی حدود ۲۲۵ تا ۳۳۲ ویکرز است.
- کاهش حرارت ورودی منجر به افزایش سختی شد. (با کاهش حرارت ورودی، سختی نسبت به نمونه خام، ۱۸۹ برابر افزایش یافته است.)
- رفتار سایش پوشش ها با کاهش حرارت ورودی بهبود یافت. (با کاهش حرارت ورودی، کاهش وزن در اثر آزمون سایش نسبت به نمونه خام، ۲۰۰ برابر کاهش داشته است و بنابراین منجر به بهبود رفتار سایشی پوشش ها شد.)
- سازوکار سایش در نمونه بدون پوشش و در نمونه های پوشش داده شده از نوع چسبان است.
- با طراحی و ساخت قطعات موتور با چسب پوشش ذکر شده در تحقیق می توان سختی و مقاومت به سایش را افزایش داد و در نتیجه از موتور بازده بهتری به دست آورد.

مراجع

- [1] F. Madadi, F. Ashrafizadeh, M. Shamanian, Optimization of pulsed TIG cladding process of stellite alloy on carbon steel using RSM, Journal of alloys and compounds, Vol. 510, pp. 71-77, 2012
- [2] Y.C. Chen, Reinforcements affect mechanical properties and wear behaviors of WC clad layer by gas tungsten arc welding, Materials and Design, Vol. 45, pp. 6-14, 2013
- [3] Y.C. Lin, Microstructure and tribological performance of Ti-6Al-4V cladding with SiC powder, Surface & Coatings Technology, Vol. 205, pp. 5400-5405, 2011
- [4] V. Udhayabanu, K. Ravi, V. Vinod, Synthesis of in-situ NiAl-Al₂O₃ nanocomposite by reactive milling and subsequent heat treatment, Intermetallics, Vol. 18, pp. 353-358, 2010
- [5] S. Arabsarhangi, The introduction of ceramic coatings used in the aerospace industry by thermal spraying methods, The tenth national conference Surface Engineering, Isfahan, 2010
- [6] Y. Adraider, Deposition of alumina coatings on stainless steel by a combined laser/sol-gel technique, Materials Letters, Vol. 91, pp. 88-91, 2013
- [7] A. Rico, High temperature tribological behavior of nanostructured and conventional plasma sprayed alumina-titania coatings, Vacuum, Vol. 88, pp. 149-154, 2013

[8] O. Verezub, Performance of a cutting tool made of steel matrix surface nano-composite produced by in situ laser melt injection technology, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 211, pp. 750-758, 2011

[9] Z. Mekhalif, J. Delhalle, L. Hevesi, Preparation of a polyacrylonitrile/multi-walled carbon nanotubes composite by surface-initiated atom transfer radical polymerization on a stainless steel wire for solid-phase microextraction, Journal of Chromatography A, Vol. 1217, pp. 2758-2767, 2010

[10] P.A. Manojkumar, Role of nanocrystalline feedstock in the tribological behavior of alumina coatings deposited by detonation gun, International journal of refractory metals & hard materials, Vol. 35, pp. 108-114, 2012

[11] Y.C. Lin, H.M. Chen, Analysis of microstructure and wear performance of SiC clad layer on SKD61 die steel after gas tungsten arc welding, Materials and Design, Vol. 47, pp. 828-835, 2013

[12] O. NuriCelik, M. Ulutun, S. Buytoz, Effects of graphite content on the microstructure and wear properties of an AISI 8620 steel surface modified by tungsten inert gas (TIG), Surface & coatings technology, Vol. 206, pp. 1423-1429, 2011

[13] R. Yang, Z. Liu, G. Yang, Y. Wang, Study of in-situ synthesis TiCp/Ti composite coating Ti6Al4V by TIG cladding, Procedia engineering, Vol. 36, pp. 349-354, 2012

[14] J.D. Majumdar, Development of in-situ composite surface on mild steel by laser surface alloying with silicon and its remelting, Surface & Coatings Technology, Vol. 205, pp. 1820-1825, 2010

[15] F. Madadi, M. Shamanian, F. Ashrafizadeh, Effect of pulse current on microstructure and wear resistance of Stellite6/tungsten carbide claddings produced by tungsten inert gas process, Surface & Coatings Technology, Vol. 205, pp. 4370-4376, 2011

[16] D. Mesbahi, The formation of oximium coating of alumina and zirconia and alumina-zirconia simultaneous coating on the steel substrate by electrophoretic deposition method and survey resistance to hardness of coating, The tenth national seminar on surface engineering, Isfahan, 2010

[17] P. Nagar, A. Shanid, Formation of crystalline aluminum silicate hydroxide layer during deposition of amorphous alumina coatings by electron beam evaporation, Vacuum, Vol. 89, pp. 17-20, 2013

[18] G. Azim, Microstructure and wear properties of Fe-Cr-Nb-C and Fe-Cr-Nb-C cladson carbon steel by TIG cladding process, Surface Science and Engineering, Vol. 6, pp. 15-23, 2012

[19] H. Sabet, The effect of current type and the ratio NiC/Al coating on the surface properties and microstructure and hardness of the composite layer is created on aluminum by using the GTAW welding process, the eleventh national conference of welding and inspection, Tehran, 2011

gas tungsten arc welding, Industrial lubrication and tribology, Vol. 65, pp. 129-134, 2013

[24] Y.C. Lin, Elucidating the microstructure and wear behavior of tungsten carbide, Journal of materials processing technology, Vol. 210, pp. 219-225, 2010

[25] K. Amini, A. Akhbarizadeh, S. Javadpour, Investigating the effect of the quench environment on the final microstructure and wear behavior of 1.2080 tool steel after deep cryogenic heat treatment, Materials and design, Vol. 45, pp. 316-322, 2013

[26] D.X. Peng, The effects of welding parameters on wear performance of clad layer with TiC ceramic, Industrial lubrication and tribology, Vol. 64, pp. 303-311, 2012

[20] Y. X. Pang, Structure characterisation and mechanical properties of crystalline alumina coatings on stainless steel fabricated via sol-gel technology and fibre laser processing, Journal of the European Ceramic Society, Vol. 32, pp. 4229-4240, 2012

[21] R. Yang, Z. Liu, Study of in-situ synthesis TiCp/Ti composite coating on alloy Ti6Al4V by TIG cladding, Procedia engineering, Vol. 36, pp. 349-354, 2012

[22] S. Costil, S. Lukat, C. Verdy, Influence of the Surface State on the Adherence of the Coating: Case of an Alumina Coating Plasma Sprayed on Composites, ASM International, Vol. 20, pp. 68-75, 2010

[23] D.X. Peng, Y. Kang, Z.X. Li, Wear behavior of ceramic powder clad on carbon steel surface by

علمی و فنی
مجله تحقیقات
موتور
پژوهشی
تحقیقات
موتور
تابستان
۱۳۹۵
شماره
۴۳
صفحه
۳-۱۲



Improvement of hardness and tribology properties of engine parts by formation of surface composite layer containing alumina particles by using gas-tungsten arc welding process

S. Salimifar^{1*}, H. Mazaheri², H. B. Baghban³

¹ Young Researchers and Elite Club, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran, Saeeds2020@yahoo.com

² Advanced Materials Research Center, Faculty of Materials Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran, mazaheri2646@gmail.com

³ Department of Material Engineering, Shahreza Branch, Islamic Azad University, Shahreza, Iran, hoomanbaghban166@iaui.ac.ir

*Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 18 January 2016
Accepted: 9 June 2016

Keywords:
GTAW
Alumina
Microstructure
Wear
Heat input

ABSTRACT

The purpose of this study is improvement of tribology properties St37 steel by formation of a surface composite layer containing alumina particles by GTAW welding method. To do this, the steel surface with 10% volume of alumina particles at three different currents of 90, 110 and 130 ampere with this method was covered. Reciprocating wear test, for wear resistance of the samples was carried out and their wear surfaces were examined by scanning electron microscopy. The results show that the coating in this process is having freeze-dendritic structure containing the alumina particles. The presence of these particles with reducing heat input because increasing hardness and improvement wear behavior of the coatings. The range of increasing hardness the coatings made between 225 to 332 Vickers was measured and the amount hardness of the uncoated sample is about 180 Vickers. The results of the wear behavior of the coatings represent a significant improvement in their wear behavior in presence of the alumina reinforce with reducing heat input. The main mechanism of wear in the uncoated sample and the coated samples is adhesive wear. Finally, with designing and manufacturing of engine parts from mentioned coating in this study, hardness and wear resistance can be increased and thus better efficiency of the engine is achieved.



عدم رعایت اخلاق و حقوق مقاله