Archive of SID

شانزدهمین سمینار ملی مهندسی سطح

بهمن‌ماه ۱۳۹۴

انجمن علوم و تکنولوژی سطح ایران

بررسی تاثیر تعداد پاس بر مقاومت به سایش پوشش سخت کاری شده سیستم Fe-Cr-C به روش الکترود دستی

مرتضی یزدانی[۱]، دکتر عباس سعادت[۲]، دکترمحمد رضا خانزاده[۳]

[۱]. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد

[۲]. عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد مجلسی (استادیار)

[۳]. عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد مجلسی (استادیار)

چکیده

در این پژوهش اثر تعداد لایه ها و درجه رقت جوشکاری بر روی سطح فولاد ساده کربنی روکش کاری شده با پایه Fe-Cr-C و با استفاده از فرایند Smaw توسط الکترود پر کروم- پرکربن طبق استاندارد DIN 8555 به صورت تک لایه، دو لایه و سه لایه جهت ارزیابی تاثیر تعداد لایه ها، ساختار پوشش، نوع فازها، سایش و سختی سنجی آزمون های متالوگرافی نوری، میکروسکپ الکترونی روبشی، سختی سنجی و سایش بر اساس استاندارد ASTM G65 و سختی سنجی ویکرز استفاده شد. یافته های پژوهش نشان داد که با افزایش تعداد لایه های جوش میزان رقت با فلز پایه کاهش یافته که باعث درشت شدن و توزیع یکنواخت تر کاربیدها شده و این عوامل به نحوه قابل ملاحظه ای سبب افزایش سختی و بهبود رفتار سایشی سطح شد. نتایج آزمون پراش پرتو ایکس نشان داد از پوشش ایجاد شده دو نوع کاربید Cr_7C_3 و $(Cr,Fe)_7C_3$ در زمینه آستنیتی روی سطح نمونه ها در هر سه حالت تک لایه، دو لایه و سه لایه تشکیل شده است. هم چنین نتایج آزمون مقاومت به سایش نشان می دهد مکانیزم غالب سایش برای نمونه خام از نوع خراشان همراه با ورقه ای شدن می باشد و برای نمونه های روکش کاری شده در سطوح سایش آثاری از کندگی ذرات کاربیدی از سطوح سایش مشاهده می شود که ناشی از شکست ذرات کاربیدی و جدا شدن آنها از زمینه فلزی می باشد.

واژه‌های کلیدی: مقاومت سایشی؛ الکترود پر کروم؛ روکش دهی سطح؛ درجه رقت؛ ریزساختار؛ فولاد ساده کربنی.

[1]. Yazdan1263@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سایش عبارت است از کاهش تدریجی ماده از سطح جسمی که در مقابل سطح جسم دیگر حرکت نسبی دارد. سایش نخست سبب تخریب های سطحی می شود، ولی در مراحل بعدی می تواند سبب پیدایش سر و صدا، گرمای ناخواسته و تغییرات ابعادی در قطعات گردد. پدیده یاد شده موجب اختلال در کارایی قطعات شده و ممکن است سبب شکستن آنها گردد[۱]. ویژگی های آلیاژهای روکش سخت، تابعی از ترکیب شیمیایی، شرایط انجماد، ریز ساختار و نوع، شکل و توزیع فازها است. اگرچه وقوع پدیده سایش اجتناب ناپذیر است، اما می توان آن را کاهش داد. پوشش دادن روی سطح روشی برای ایجاد یک یا چند خصوصیت در ماده ای است که خود فاقد چنین خصوصیاتی می باشد روکش کاری سطح مدت زیادی است که جهت بهبود مقاومت سایشی فلزات مورد استفاده قرار می گیرد[۲].

ایجاد پوشش با استفاده از فلز پرکننده، الکترود و یا پودر توسط جوشکاری اخیرا به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. بدین منظور از روش های مختلف جوشکاری از جمله Smaw وTIG و لیزر استفاده می شود. روکش دهی سخت یکی از روشهای نوین جوشکاری سطحی می باشد که در این فرآیند یک لایه با ترکیبات فلزی سخت مانند کاربیدها توسط جوشکاری یا روش های دیگر روی سطح قطعات انجام می شود. از دیگر مزایای روش روکش دهی، این است که قطعات قابلیت تامین خواص نسبتا متضاد به طور همزمان در یک قطعه را دارند. خواصی از قبیل تردی و انعطاف پذیری را می توان در زیر لایه و سختی را در روکش ایجاد کرد[۵,۲]. امروزه فرایند روکش سخت برای تعمیر و بازسازی سطوحی که بعد از مدتی کیفیت با دقت ابعادی اولیه را از دست داده اند، بازسازی و ترمیم قطعات صنایع سنگین، کشتی سازی، صنایع معدنی، راه سازی و حمل ونقل ریلی مورد استفاده قرار می گیرد[۳,۸].

علوم وتکنولوژی سطح به یافتن روش های جدید به منظور مقاوم کردن قطعات صنعتی می پردازد. این روش ها قطعات صنعتی را بیش از پیش در برابر سایش، ضربات مکانیکی، خوردگی و ترکیبی از این عوامل بیمه می کند، و نیاز است قطعاتی پیش بینی شود که خصوصیات منحصر به فرد داشته باشند که از یک ماده به تنهایی نمی توان انتظار داشت[۶,۵]. برای ایجاد پوششی با مقاومت سایشی مناسب، توزیع یکنواخت ذرات در پوشش، بسیار حائز اهمیت است. فولادهای ساده کربنی کاربرد فراوانی در ساخت قطعات دارند، زیرا خواص مکانیکی و قابلیت ماشین کاری مناسبی دارند. از مهمترین عیوب این دسته از آلیاژها مقاومت کم آنها در برابر سایش و خوردگی است. برای این منظور، فولادهای ساده کربنی اغلب تحت عملیات سطحی قرار می گیرند[۴].

رقت به آمیخته شدن فلز پایه و فلز جوش در اثر فرآیند جوشکاری اطلاق می گردد. ساختارهای حاوی کاربید برای کاربردهای مقاومت به سایش خراشان بسیار شدید، مقاومت به سایش در دمای بالا و مقاومت به سایش توام با خوردگی کم مناسب می باشند. پوشش دادن یک ماده توسط مواد دیگر ترکیب خواص را به دنبال دارد که خواص ساختاری فلز پایه را بهبود می دهد[۷].

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از مهمترین آلیاژهای سخت کردن سطحی با پایه Fe-Cr-C است. در راستای گسترش و بهبود خواص پوشش ها با توجه به کاربرد مورد نیاز، همواره مطالعات برای تولید پوشش های جدید با خواص بهینه در جریان بوده است. روش الکترود دستی به علت سادگی فرآیند، در دسترس بودن، صرفه اقتصادی و ایجاد لایه های مقاوم در چند دهه اخیر به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به مطالب یاد شده و این موضوع که سخت کاری سطحی در صنایع از اهمیت بالایی برخوردار است لذا در این تحقیق سعی شده اثر تعداد لایه و پوشش حاصل با استفاده از الکترود پرکروم - پرکربن و نسبت تقریبی کروم به کربن ۷ بر رفتار سایشی فولاد ساده کربنی مورد بررسی قرار گیرد.

در مجموع هدف از انجام این تحقیق عبارت است از:

۱- اثر درجه رقت ناشی از تعداد لایه ها بر ریز ساختار، میزان رقت و سختی نمونه های روکش کاری شده

۲- مقایسه خواص لایه های جوشکاری از لحاظ ریزساختار، سختی و رفتار سایشی

مواد و روش تحقیق

در این تحقیق از فولاد ساده کربنی (st37) با ابعاد ۱۰×۱۵۰×۱۰۰ میلی متر به عنوان فلز پایه و به تعداد سه عدد با ترکیب شیمیایی طبق جدول ۱ تهیه شد. ورق های فولادی پس از آماده سازی اولیه شامل سنباده زنی سطح و شستشو با استن و الکل چربی زدایی شد و عملیات روکش کاری توسط فرآیند جوشکاری Smaw بر روی قطعات به صورت تک لایه، دولایه و سه لایه مطابق پارمترهای جدول ۲ انجام شد. جهت روکش کاری از الکترود Esab کد Ok84.78 با ترکیب شیمیایی ارائه شده در جدول ۳ و با قطر ۳/۲ میلی متر استفاده گردید. الکترود ها به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۰۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند تا رطوبت موجود در آنها از بین برود. پس از انجام عملیات جوشکاری سطح کلیه قطعات با سنگ مغناطیسی سنگ زده شد تا سطوح ناصاف از بین برود. روکش کاری توسط الکترود پرکروم- پرکربن جهت روکش کاری میکسرها، پمپ ها، غلتک ها، خرد کن های صنایع سیمان کاربرد فراوان دارد.

جهت بررسی نمونه های تهیه شده آزمون های متالوگرافی، میکروسکپ الکترونی روبشی، سختی سنجی، مقاومت سایشی روی هر لایه به طور مجزا انجام گرفت. نتایج نشان داد که ریز ساختار لایه های رسوبی، درصد فازهای مارتنزیت و آستنیت در لایه ها، با یکدیگر متفاوت است و ریز ساختار لایه سوم نیز از آسستنیت تشکیل شده است.

نتایج و بحث

افزایش در تعداد لایه های جوشکاری سبب کاهش درجه رقت و افزایش درصد عناصر آلیاژی در ترکیب شیمیایی لایه ها شده است، دلیل این موضوع ناشی از امتزاج فلز پایه با لایه های رسوبی می باشد، به این ترتیب که در لایه رسوبی نخست به دلیل امتزاج بیشتر فلز پایه با فلز جوش و در نتیجه رقت بالا درصد عناصر آلیاژی

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت به سایر لایه ها کمتر است، ولی در لایه های بعدی به دلیل کاهش امتزاج با فلز پایه میزان این عناصر بیشتر است به طوری که بیشترین غلظت در لایه رسوبی سوم مشاهده گردید.

در شکل ۱ ریز ساختار لایه اول نشان داده شده است که در فصل مشترک فلز پایه و پوشش غلظت کربن و کروم کمتر از میزان کروم و کربن موجود در الکترود است، و ساختار در این لایه از نوع هیپو یوتکتیک می باشد که شامل آستنیت اولیه و M_7C_3 است، در لایه دوم با توجه به دور شدن از فصل مشترک، سهم پوشش از فلز پایه کمتر شده و ترکیب شیمیایی در منطقه هایپر یوتکتیک قرار می گیرد، در لایه سوم نسبت به لایه دوم میزان رقت به حداقل خود رسیده است و میزان کروم و کربن حداکثر می باشد و ساختار نیز از نوع هایپریوتکتیک می باشد. ترکیبات شیمیایی لایه های اول و دوم و سوم دارای فاز M_7C_3 می باشد که نشان می دهد در زمان انجماد ابتدا فاز Cr_7C_3 شکل گرفته است. جوانه زنی و رشد کاربیدهای اولیه M_7C_3 در اطراف دمای ۱۳۵۰ درجه سانتی گراد شروع شده و با افزایش زمان انجماد و کاهش درجه حرارت و رشد کاربیدهای M_7C_3 در حین انجماد میزان کربن کاهش یافته و به ترکیب یوتکتیک نزدیک شده است.

آزمون متالوگرافی نمونه ها پس از آماده سازی اولیه شامل سنباده زنی، پرداخت شده و پولیش نهایی به همراه خمیر الماسه انجام شد. سپس نمونه ها توسط محلول ماربل اچ گردید و بررسی متالوگرافی روی آنها انجام گرفت. شکل ۱ تصاویر مربوط به نمونه ها می باشد، همان گونه که در شکل دیده می شود ریز ساختار لایه رسوبی نخست شامل کاربیدهای بسیار ریز است، و ریزساختار لایه رسوبی دوم شامل کاربیدهای بیشتر و درشتری نسبت به لایه نخست می باشد، ریزساختار میکروسکپی لایه سوم دارای کاربیدهای بسیار بزرگتری می باشد. با توجه به این نتایج دلیل این موضوع ناشی از رقت فلز پایه با لایه های رسوبی است، به این ترتیب که در لایه رسوبی سوم به دلیل رقت کمتر فلز پایه با فلز جوش نسبت به سایر لایه ها سبب رشد کاربیدها و درشت تر شدن کاربیدها با توزیع یکنواخت تر در زمینه شده است.

جهت انجام آزمون میکروسکپ الکترونی روبشی سه عدد نمونه به ابعاد ۱۰×۱۰ میلی متر تهیه شد. همان طور که در شکل ۲ دیده می شود مناطق تیره رنگ کاربیدهای کروم بوده و مناطق با رنگ روشن تر فازهای آستنیت و فریت می باشد که بزرگتر شدن کاربیدها از حالت تک لایه به دو لایه و سه لایه قابل مشاهده است.

آزمون پراش پرتو ایکس که تعداد سه عدد نمونه به ابعاد ۱۰×۱۰×۵ میلی متر جهت شناسایی فازها تهیه گردید. برای این منظور دستگاه جهت روبش نمونه از زاویه ۵ تا ۹۰ درجه با اندازه پله های ۰/۰۵ درجه و زمان توقف ۸ ثانیه برای هر پله تنظیم و آزمون مربوطه انجام شد. شکل ۳ نمودار پراش پرتو ایکس از سطح نمونه های جوشکاری شده در حالت یک لایه و دو لایه و سه لایه نشان می دهد. نتایج نشان داده که فازهای CR_7C_3 آستنیت و فریت بر روی سطح نمونه ها در هر سه حالت تک لایه و دو لایه و سه لایه تشکیل شده است.

جهت انجام آزمون ریزسختی سنجی تعداد سه نمونه به ابعاد ۱۰×۱۰ میلی متر تهیه شده و بعد از پرداخت سطح نمونه ها آزمایش بر روی آنها طبق استاندارد ASTM E384 با بار اعمالی ۵۰۰ گرم در زمان ۱۰ ثانیه انجام

www.SID.ir

Archive of SID

گرفت. همانطور که در جدول ۴ مشاهده می شود با افزایش تعداد پاس سختی افزایش یافته است. با توجه به افزایش تعداد لایه های جوش رقت کمتر شده و درصد عناصر کربن و کروم در سطح جوش افزایش یافته که باعث افزایش سختی می شود. در تحقیقی مشابه که توسط چوتبورسکی و همکارانش انجام شد همانند این تحقیق با افزایش تعداد پاس سختی افزایش یافته است[۶].

جهت انجام آزمون سایش تعداد سه نمونه به ابعاد ۷۵×۲۵×۱۰ میلی متر تهیه شد و آزمون مطابق با استاندارد ASTM G65 (ماسه خشک و چرخ لاستیکی) با نیروی اعمالی ۱۳۰ نیوتن بر روی نمونه ها انجام شد، برای این منظور ذرات کوارتز با اندازه دانه AFS 50/70 با دبی ثابت (۳۵۰ گرم در دقیقه) به عنوان ذرات ساینده و سرعت چرخش صفحه دوار ۲۰۰ دور بر دقیقه و مسافت طی شده ۴۳۰۹ متر در نظر گرفته شد. جدول ۵ نتایج آزمون سایش را نشان می دهد. همان گونه که دیده می شود بالاترین مقاومت به سایش در حالت لایه سوم می باشد. با توجه به تصاویر، بر روی سطوح سایش آثاری از کندگی ذرات کاربیدی از سطوح سایش مشاهده می شود، که ناشی از جدا شدن آنها از زمینه فلزی می باشد. می توان گفت که احتمالا مکانیزم غالب سایش شکست ذرات کاربیدی و جدا شدن ذرات از سطح یعنی از نوع کندگی سطح می باشد.

نتایج متالوگرافی مشخص کرد ریز ساختار لایه رسوبی نخست شامل کاربیدهای بسیار ریز و در لایه رسوبی دوم شامل کاربیدهای بیشتر و درشت تری نسبت به لایه نخست، و ریز ساختار لایه سوم از کاربیدهای بزرگتری تشکیل شده است.

نتایج آزمون سختی سنجی نشان می دهد با افزایش تعداد لایه های جوشکاری به دلیل کاهش رقت کاربیدهای بیشتری و با توزیع یکنواخت تر در زمینه می باشد و به همین دلیل سختی در لایه سوم بیشترین مقدار را نشان داد.

نتیجه گیری

۱) لایه سخت پایه Fe-Cr-C روی فولاد ساده کربنی باعث تشکیل کاربیدهای کروم به همراه زمینه آستنیت و فریت شده است.

۲) با کاهش میزان رقت ناشی از افزایش تعداد لایه های رسوبی، درصد عناصر آلیاژی در سطح نمونه ها افزایش یافته که این عامل باعث درشت شدن کاربیدها شده است.

۳) با کاهش میزان رقت ناشی از افزایش تعداد لایه های رسوبی، درصد عناصر آلیاژی در سطح نمونه ها افزایش یافته که این عامل باعث درشت شدن کاربیدها شده است.

۴) کمترین مقاومت به سایش مربوط به حالت تک لایه می باشد و سختی نمونه ها پس از انجام سه لایه رسوب افزایش یافته است.

۵) کمترین مقاومت به سایش مربوط به حالت تک لایه می باشد که دارای کاهش وزن ۱/۲۹ گرم بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

۱. ثابت.حامد، خیراندیش.شهرام، گودرزی.مسعود، "اثر ترکیب شیمیایی بر ریز ساختار و مقاومت به سایش آلیاژ روکش سخت **Fe-Cr-C** بر روی فولاد ساده کربنی ایجاد شده با فرآیند جوشکاری**GTAW**"،چهارمین همایش مشترک انجمن مهندسین متالورژی و جامعه علمی ریخته گری ایران، سال ۱۳۸۹

2. M.F. Buchely, J.C. Gutierrez, L.M. Le´on, A. Toro, "The effect of microstructure on abrasive wear of hardfacing alloys" Wear, 259, (2005), 52–61.
3. E.O. Correa, N.G. Alcântara, L.C. Valeriano, N.D. Barbedo, R.R. Chaves, "The effect of microstructure on abrasive wear of a Fe–Cr–C–Nb hardfacing alloy deposited by the open arc welding process", Surface & Coatings Technology, 276, (2015), 479–484.
4. Chieh Fan, Ming-Che Chen, Chia-Ming Chang, Weite Wu, "Microstructure change caused by (Cr,Fe)23C6 carbides in high chromium Fe–Cr–C hardfacing alloys", Surface & Coatings Technology, 201, (2006), 908–912
5. Lee, S., Choo, S.H., Baek, E.R., Ahn, S. and Kim, "Correlation of microstructure and fracture toughness in high-chromium white iron hardfacing alloys", Metallurgical and Materials Transactions A, Vol. 27A, No. 12, pp.3881–3891.
6. Choteborsky. R, Hrabe. P, Muller. M, "Abrasive wear of high chromium Fe-Cr-C hardfacing Alloys", Surface and Coatings Technology., Vol. 54, pp.192–198, 2008.
7. Ming. C, Chen. Y, Wu. W, "microstructure and abrasive characteristies of high carbon Fe-Cr-C hardfacing alloy", Tribology international , Vol. 43,pp.929-934, 2010.
8. Chang. C, Chen. Y, Wu. W, "Microstructural and abrasive characteristics of high carbon Fe–Cr–C hardfacing alloy", TribologyInternational, Vol. 43, pp. 929–934, 2010

جدول ۱ : ترکیب شیمیایی فلز پایه

اهن	مولیبدن	گوگرد	فسفر	منگنز	سیلیسیم	کربن
۹۹/۳	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰	۰/۰۰۸	۰/۳۸۷	۰/۰۶۹	۰/۰۵۷

جدول ۲: پارامترهای فرآیند جوشکاری

قطبیت	سرعت جوش (cm/min)	شدت جریان (A)	اختلاف پتانسیل (V)	فرآیند	تعداد لایه	الکترود
DCEP	۷۰–۸۰	۱۰۰–۱۲۰	۲۷–۲۹	SMAW	هر سه لایه	Ok 84.78

جدول۳: ترکیب شیمیایی الکترود مصرفی

منگنز	سیلیسیم	کروم	کربن	ترکیب شیمیایی فلز جوش
۱/۶	۰/۸	۳۳	۴/۵	Ok 84.78

www.SID.ir

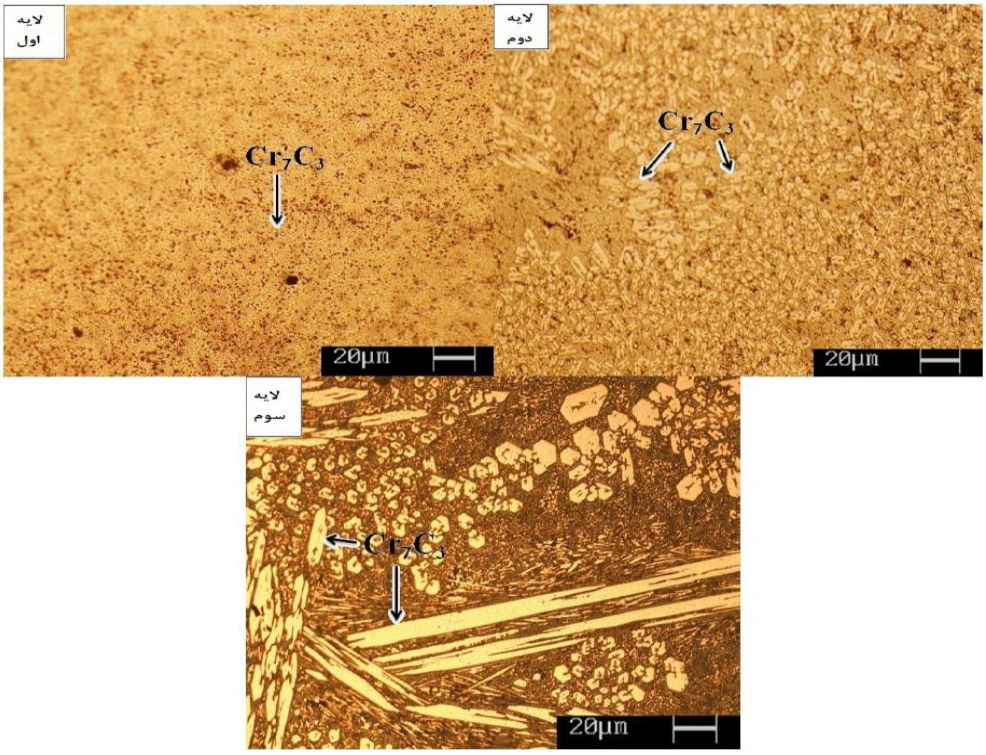
Archive of SID

جدول ۴: آزمون ریز سختی سنجی از درون زمینه و کاربیدهای فلز جوش

لایه سوم	لایه دوم	لایه اول	لایه مربوطه
۱۲۹۹	۱۰۲۵/۹	۷۹۷/۶	سختی سطح برحسب HV درون کاربیدهای کروم
۸۳۵/۴	۸۳۵/۴	۶۸۱/۷	سختی سطح برحسب HV درون زمینه

جدول ۵: نتایج آزمون سایش از فلز جوش

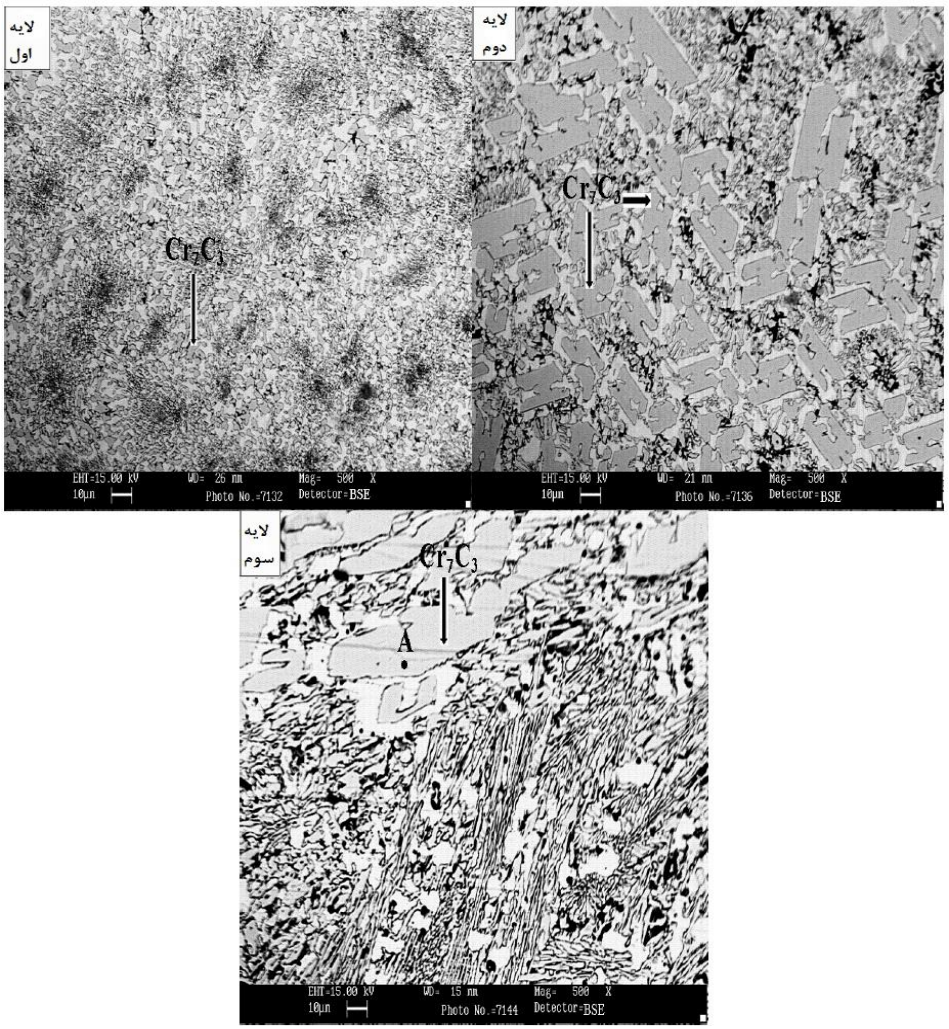
نرخ سایش (mm^3/Nm)	مقاومت در برابر سایش $(mm^3mm^{-1})^{-1}$	کاهش حجم (mm^3)	کاهش وزن (gr)	وزن نهایی (gr)	وزن اولیه (gr)	لایه
۲/۹* (10^{-4})	۲۶/۲	۱۶۵/۳	۱/۲۹	۱۳۶/۷۵۰	۱۳۸/۰۳۰	اول
۱,۲ * (10^{-4})	۶۱/۲	۷۰/۴	۰/۵۵	۱۲۱/۳۳۰	۱۲۱/۸۷۰	دوم
۰/۸۲ * (10^{-4})	۹۳/۳	۴۶/۱	۰/۳۶	۱۳۷/۸۲۴	۱۳۸/۱۸۴	سوم



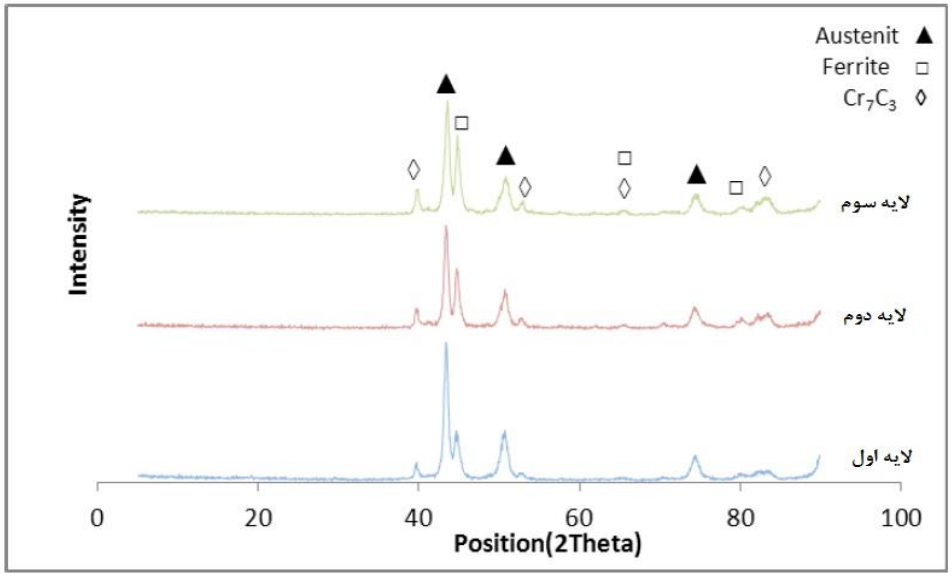
شکل ۱: تصویرمتالوگرافی نوری از لایه های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID



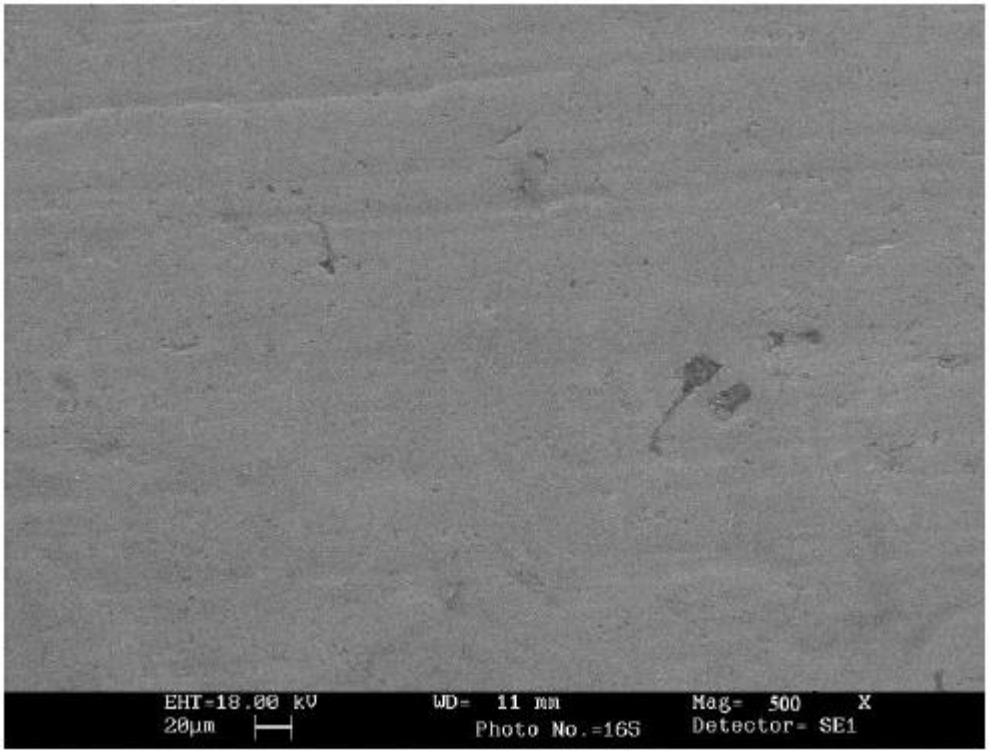
شکل ۲: تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی از لایه های مختلف



شکل ۳: مقایسه نتایج پراش پرتو ایکس در لایه های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴: تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی از سطح سایش لایه سوم

www.SID.ir