Archive of SID

شانزدهمین سمینار ملی مهندسی سطح

بهمن‌ماه ۱۳۹۴

انجمن علوم و تکنولوژی سطح ایران

ارزیابی ریز ساختاری و سختی پوشش الکترولس دولایه کامپوزیتی Ni-P | Ni-B-B4C بر فولاد ساده کربنی

حسین کجباف[۱]، بهنام لطفی[۲]

[۱]. گروه مهندسی مواد ، دانشکده مهندسی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

(دانشجوی کارشناسی ارشد شناسایی و انتخاب مواد)

[۲]. گروه مهندسی مواد ، دانشکده مهندسی ، دانشگاه شهید چمران اهواز

(استادیار)

چکیده:

در این تحقیق به بررسی میزان سختی پوشش های Ni-P، Ni-B، Ni-B/B4C، Ni-P Ni-B/B4C و همچنین پوشش های عملیات حرارتی شده و بررسی های ریزساختاری پرداخته شده است. به این منظور چهار نوع پوشش ذکر شده بر روی سطح نمونه هایی از جنس فولاد ST37 اعمال شد. نقش لایه الکترولس نیکل-فسفر ایجاد شده در پوشش دولایه توسط آزمون پلاریزاسیون تافل بررسی شد. نمونه های پوشش داده شده تحت عملیات حرارتی به مدت یک ساعت در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. سختی فولاد ساده کربنی پس از ایجاد پوشش بهبود یافته و در پوشش دولایه به میزان مناسبی افزایش و در پوشش دولایه عملیات حرارتی شده به بالاترین میزان خود یعنی ۱۱۰۵ HV و حدود ۴ برابر سختی فلز پایه رسیده است. ایجاد پوشش الکترولس دولایه Ni-P Ni-B/B4C بر روی فولاد ساده کربنی با توجه به بهبود همزمان سختی و مقاومت خوردگی می تواند کاربرد های این فولاد را گسترش دهد.

واژه های کلیدی: پوشش الکترولس، کاربید بور، سختی، مقاومت خوردگی، عملیات حرارتی.

1- HosseinKajbaf@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

عوامل متعددی از جمله خوردگی و سایش سطوح، سبب تخریب و نابودی قطعات و در عین حال به بارآوردن زیان های اقتصادی فراوانی می گردند [۱]. استفاده از پوشش های مناسب تا حد زیادی می تواند این مشکل را برطرف سازد [۲]. در این میان پوشش الکترولس نیکل به دلیل هزینه تولید پایین به شدت مورد توجه قرار گرفته است[۳]. در روش های پوشش دهی الکترولس، رسوب فلز به وسیله احیا یون های فلزی موجود در حمام توسط عامل احیا کننده و بدون اعمال جریان خارجی انجام می شود [۲]. پوشش های الکترولس نیکل-فسفر بدلیل داشتن خواص منحصر به فردی نظیر نظیر چسبندگی بسیار خوب به زیرلایه، یکنواختی ضخامت، سختی و مقاومت سایش بالا جایگاه مهم و وسیعی را در کاربردهای صنعتی به خود اختصاص داده اند [۲-۴]. امروزه آبکاری الکترولس نیکل-بور بدلیل ایجاد سختی و مقاومت به سایش بالاتر از پوشش نیکل-فسفر محبوبیت زیادی رابدست آورده است [۲] ولی مقاومت خوردگی پوشش الکترولس نیکل-بور کمتر است. پوشش های کامپوزیتی باتوجه به دارا بودن مجموعه ای از خواص مانند مقاومت سایش و سختی بالا به سرعت جای خود را در صنعت بازکرده و کاربردهای بسیار یافته اند [۵-۶]. اضافه کردن ذرات به پوشش الکترولس با هدف افزایش خواص شیمیایی و مکانیکی این پوشش ها انجام میگیرد [۵و۷]. در بین این ذرات B4C بدلیل سختی بالا (در حدود۳. ۹ موس)، مقاومت شیمیایی عالی، نقطه ذوب بالا و دانسیته پایین، خاصت روانکاری مناسب، پایداری در دماهای نسبتا بالا و ضریب اصطکاک پایین به عنوان روانکار در مصارف تریبولوژیکی به پوشش اضافه می شوند [۶]. همچنین تحقیقات دانشمندان نشان داده است که انجام عملیات حرارتی در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت، در پوشش های الکترولس موجب کریستاله شدن پوشش و بوجود آمدن فازهای سخت در آن گشته و باعث افزایش سختی و مقاومت سایش پوشش ها می گردد [۷] به همین منظور ، هدف از این تحقیق بررسی تاثیر عملیات حرارتی و توزیع ذرات کاربید بور بر سختی و مقاومت خوردگی پوشش است.

مواد وروش تحقیق

نمونه هایی به ابعاد ۲ در ۲ سانتیمتر به ضخامت ۱ میلیمتر از جنس فولاد ساده کربنی کم کربن انتخاب و چهار نوع پوشش نیکل-فسفر، نیکل-بور، نیکل-بور/کاربید بور، نیکل-فسفر نیکل-بور/کاربید بور بر روی آن ها ایجاد شدند. بمنظور ایجاد پوشش نیکل-فسفر از حمام با PH ۴.۸ - ۴.۴ و دمای ۹۰-۸۵ درجه سانتیگراد و پوشش نیکل-بور از حمام با PH ۵ و دمای ۷۰ درجه سانتیگراد، با ترکیب ذکر شده در جدول ۱ و ۲ استفاده شد.ابتدا آماده سازی اولیه روی سطح نمونه ها انجام شد، سپس حمام آبکاری باتوجه به شرایط ذکر شده در جداول ۱ و ۲ آماده می گردند،

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه ها قبل از قرار گرفتن در حمام بمدت ۳۰ ثانیه در محلول ۵۰ درصد وزنی آب، ۵۰ درصد وزنی اسید HCL قرار گرفته، با آب مقطر شسته شده و فعال شدند. میزان rpm برای پوشش های بدون تقویت کننده برابر ۲۰۰ و در پوشش های کامپوزیتی برابر ۶۰۰ قرار گرفته شد. مدت زمان آبکاری ۱.۵ ساعت در نظر گرفته شد، در پوشش های کامپوزیتی ۱ گرم بر لیتر پودر را ابتدا بمدت نیم ساعت در حمام قبل از آبکاری چرخانده تا در حمام یکنواخت توزیع گردد، همچنین پوشش دولایه شامل دو مرحله آبکاری یعنی ابتدا پوشش نیکل-فسفر و سپس پوشش نیکل-بور کاربید بور است. برای بررسی میزان سختی، از دستگاه سختی سنجی ویکرز با فرورونده هرم الماسه که شامل یک دنده الماس کوچک به شکل هرم مربع القاعده با زاویه نوک ۱۳۶ درجه و بار وارده به میزان ۱۰۰ گرم بمدت ۱۰ ثانیه وارد شد. با اندازه گیری قطر اثر فرورونده دستگاه میزان سختی را محاسبه و نمایش داد. مطالعات مربوط به خوردگی پوشش ها توسط آزمون پلاریزاسیون تافل در محلول ۳ مولار هیدروژن کلرید توسط دستگاه AutoLab انجام گرفت. الکترود پلاتین به عنوان الکترود شاهد و الکترود و الکترود نقره به عنوان الکترود مرجع به کار گرفته شد. به منظور بررسی تاثیر عملیات حرارتی نمونه ها بمدت ۱ ساعت در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد تحت اتمسفر خنثی قرار گرفتند. در نهایت جهت بررسی نمونه ها از میکروسکوپ الکترونی روبشی محیطی ESEM مدل PHILIPS و برای تحلیل فازی از دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD) استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی مرفولوژی پوشش

مرفولوژی پوشش نیکل-فسفر و پوشش دولایه در شکل ۱ و ۲ ورده شده است. شکل ها نشان میدهند که سطح پوشش ها دارای ظاهری کروی شبیه به گل کلم[1] را دارد که ساختاری کاملا متداول برای این پوشش ها، مخصوصا پوشش های دولایه است [۶]. شکل ۳ نشان میدهد که ذرات کاربید بور بصورت همگن بر روی سطح توزیع شده اند. پوشش های الکترولس نیکل-بور دارای تخلخل زیاد می باشند، وجود ذرات کاربید بور باعث بوجود آمدن مناطق جدید جوانه زنی شده که این امر سبب ریزتر شدن ساختار و کاهش تخلخل پوشش می شود [۷]. ذرات کاربید بور در حمام آبکاری به اندازه ۱ گرم بر لیتر و با ۶۰۰rpm مناسب ترین توزیع در پوشش نیکل-بور را داشته و ذرات درشت در انتهای حمام آبکاری ته نشین نشده و و همچنین از کلوخه شدن و توزیع نامناسب ذرات جلوگیری شده و به مطلوب ترین شرایط آبکاری و توزیع ذرات دست یافته ایم.

---

[1]. Cauliflower

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی میزان سختی پوشش ها

در شکل ۴ ابتدا میزان سختی فلز پایه نشان داده شده است. پوشش نیکل فسفر ایجاد شده با میزان فسفر متوسط (۷.۸ درصد) دارای مخلوطی از ساختارهای آمورف و کریستالی است، پوشش نیکل بور نیز مانند پوشش نیکل-فسفر سبب بهبود سختی گردیده است. همانگونه که ذکر شد ذرات سخت کاربید بور باعث بهبود قابل توجه سختی شده اند، با توجه مپ گرفته شده از سطح پوشش دولایه توزیع مناسب کربن در پوشش و یکنواختی آن نیز می تواند از عوامل بهبود و تمرکز سختی در کل پوشش باشد. پوشش دولایه نیز با افزایش ضخامت پوشش بر روی سطح سختی مطلوبی را از خود نشان داده است. اما عملیات حرارتی پوشش ها که در بخش ۳-۴ مفصل تر مورد بررسی قرار خواهد گرفت باعث افزایش بالاترین میزان سختی یعنی به میزان ۳-۴ برابر زیرلایه شده است که در صورتی که هدف صرفا افزایش میزان سختی پوشش ها باشد، این فرآیند بسیار مناسب خواهد بود. بالاترین میزان سختی در پوشش دولایه عملیات حرارتی شده یافت شد. عملیات حرارتی در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد بمدت ۱ ساعت باعث ایجاد فازهای سخت و تشکیل ساختارهای کریستالی شده که علت اصلی افزایش این سختی است.

بررسی رفتار خوردگی پوشش

هدف از آزمون تافل بررسی مقاومت خوردگی پوشش دولایه است. جدول ۳ نتایج حاصل از این آزمون را نشان می دهد، با مقایسه خواص پوشش ها با زیرلایه نشان داده شده که مقاومت خوردگی در پوشش های کامپوزیتی بهبود یافته است. افزایش مقاومت خوردگی می تواند در نتیجه رشد یک لایه فشرده کاربید بور با مقاومت خوردگی عالی و واکنش پذیری کم در فصل مشترک پوشش-الکترولیت که می تواند به عنوان یک سد فیزیکی در مقابل خوردگی عمل کند باشد[۵]. به علاوه، توزیع یکنواخت ذرات کاربید بور می تواند به بهبود مقاومت خوردگی بواسطه ی محدود کردن منطقه ای خوردگی کمک کند [۵]. پوشش نیکل-فسفر نقش مهمی در پوشش دولایه در بهبود مقاومت خوردگی ایفا می کند وبه عنوان یک لایه کمکی عمل می نماید . نتیجه گیری می شود که علاوه بر اینکه ذرات کاربید بور و توزیع یکنواخت آن ها می تواند به عنوان سد فیزیکی در مقابل خوردگی عمل نماید، لایه بعدی نیز یعنی پوشش الکترولس نیکل-فسفر هم این خاصیت را دارا می باشد و در نتیجه پوشش از دولایه مقاوم در برابر خوردگی برخوردار است.

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر عملیات حرارتی برساختار پوشش

شکل ۵ الگوی پراش پرتو ایکس ایجاد شده در این تحقیق را نشان می دهد. این شکل نشان می دهد که پوشش های ایجاد شده دارای مخلوطی از ریزساختار آمورف و کریستالی هستند [۸]. پیک های نشان داده شده در شکل ۵ از روی هم قرار گرفتن یک پیک زمینه پهن در زوایای تفرق بین ۳۰ تا ۷۰ و یک پیک باریک بدست آمده اند. شکل ۶ الگوی XRD پوشش عملیات حرارتی شده را نشان می دهد. این شکل بیانگر تغییر کامل نسبت به حالت خام می باشد، بدین معنی که بجای اثرات آمورف پیک های واضحی از دو فاز Ni_3P و Ni_3B در نمودار های تفرق مشاهده گردیده. علت اصلی افزایش سختی در پوشش های نیکل-فسفر و نیکل-بور پس از عملیات حرارتی کریستالیزه شدن آن ها و بهبود چسبندگی در اثر تشکیل ذرات و فازهای سخت است.

نتیجه گیری

۱- مورفولوژی پوشش های ایجاد شده بصورت گل کلمی شکل است. همچنین پوشش های ایجاد شده بصورت یکنواخت بوده و اتصال خوبی را به زیرلایه نشان داده اند.

۲- ذرات کاربید بور توانسته اند به خوبی در زمینه پوشش کامپوزیتی جای بگیرند و بصورت همگن در آن توزیع شده اند.

۳- عملیات حرارتی در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد بمدت ۱ ساعت باعث ایجاد ساختار کریستالی شده و بنابراین میزان سختی بدلیل تغییر ساختار و ایجاد فاز های سخت Ni_3P و Ni_3B افزایش می یابد. بالاترین میزان سختی مربوط به پوشش دولایه عملیات حرارتی شده است که نسبت به سختی زیرلایه حدود ۴ برابر بیشتر و بسیار مناسب است.

۴- حضور لایه الکترولس نیکل-فسفر و توزیع ذرات کاربید بور در لایه نیکل-بور باعث بهبود مقاومت به خوردگی پوشش دولایه می گردد. اضافه کردن ذرات کاربید بور باعث پر شدن شیار ها و حفرات موجود در پوشش شده و این مساله سبب کاهش مناطق مستعد به خوردگی و افزایش مقاومت به خوردگی می شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز تشکر و قدردانی می گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1] J. P. Ge, R. X. Che & X. Z. Wang, ‘‘Structure and properties of electroless Ni-P-B4C composite Coatings’’, Plat. Surf.Finish, Vol. 85, pp. 69-73, 1998.

[2] R. Tenno, ‘’ Electroless Nickel Plating’’, Finishing publications LTD, Stevenage, Hertfordshire, England, 1991.

[3] W. Riedel, ‘’Electroless Nickel Plating’’, ASM International, Metals Park, ohio, USA, 1991.

[4] G. O. Mallory, J. B. Hajdu, ‘’Electroless Plating Fundamentals And Applications’’, reprint ed., AESF, New York, 2002.

[5] M. Alishahi, S.M. Monirvaghefi, A. Saatchi & S. M. Hosseini, ‘’The effect of carbon nanotubes on the corrosion and tribological of electroless Ni-P-CNT composite Coating’’ Applied Surface Science, Vol. 258, pp. 24392446, 2012.

[6] M. Ebrahimian-Hosseinabadi, K. Azari-Dorcheh & S. M. Monirvaghefi, ‘’Wear Behavior of electroless Ni-P-B4C Composite Coatings’’, Wear, Vol. 260, pp. 123-127, 2006.

[7] C. K. Chen, H. M. Feng, H. C. Lin & M. H. Hon,’’The Effect of heat treatment on the microstructure of electroless Ni-B Coatings ‘’, Thin solid solid Films, Vol. 416, pp. 31-37,2002.

[8] ASM International handbook: Alloy Phase diagrams, ASM international, Vol. 3, pp.1216-1221, 1994.

جدول ۱ : ترکیب شیمیایی الکترولس حمام نیکل-فسفر

کلرید نیکل	۲۰(g\l)
استات سدیم	۵۰ (g\l)
هیپوفسفیت سدیم	۱۰ (g\l)
اساسید بوریک	۴۰ (g\l)
دما	۸۵-۹۰c
PH	۴.۴ - ۴.۸

www.SID.ir

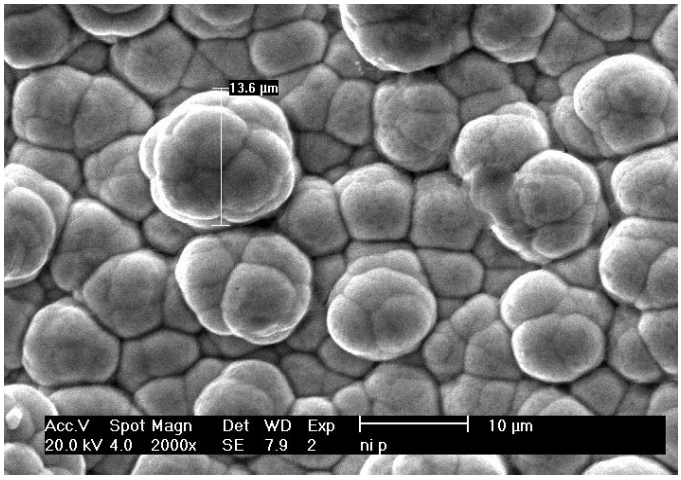
Archive of SID

جدول ۲ : ترکیب شیمیایی الکترولس حمام نیکل-بور

کلرید نیکل	۱۵(g\l)
کلرید آمونیوم	۵ (g\l)
استات سدیم	۲۰ (g\l)
هیپوفسفیت سدیم	۱۰ (g\l)
دی متیل آمینو بوران	۳.۵ (g\l)
دما	۷۰ C
PH	۵

جدول ۳ : نتایج حاصل از آزمون پلاریزاسیون تافل

	Icor ($\mu A/cm^2$)	Corrosion Rate (mm/year)
ST37	21.540	0.250
Ni-P	10.831	0.118
Ni-P Ni-B B4C	13.764	0.142

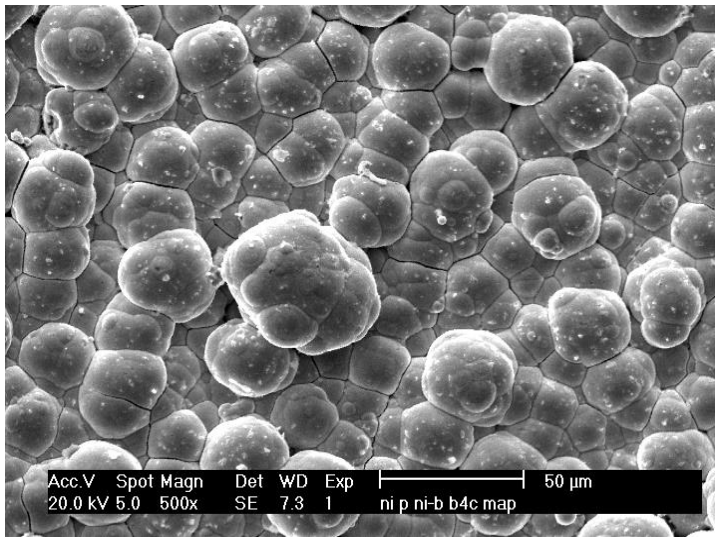


شکل ۱: تصویر تهیه شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی

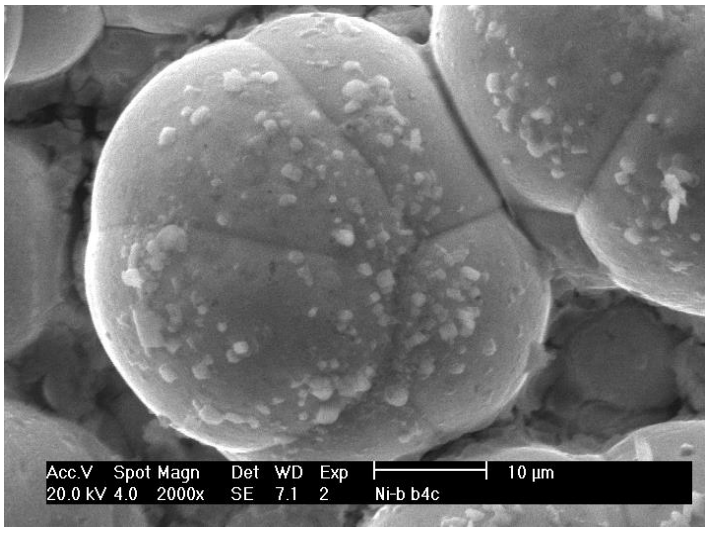
از سطح پوشش نیکل-فسفر

www.SID.ir

Archive of SID



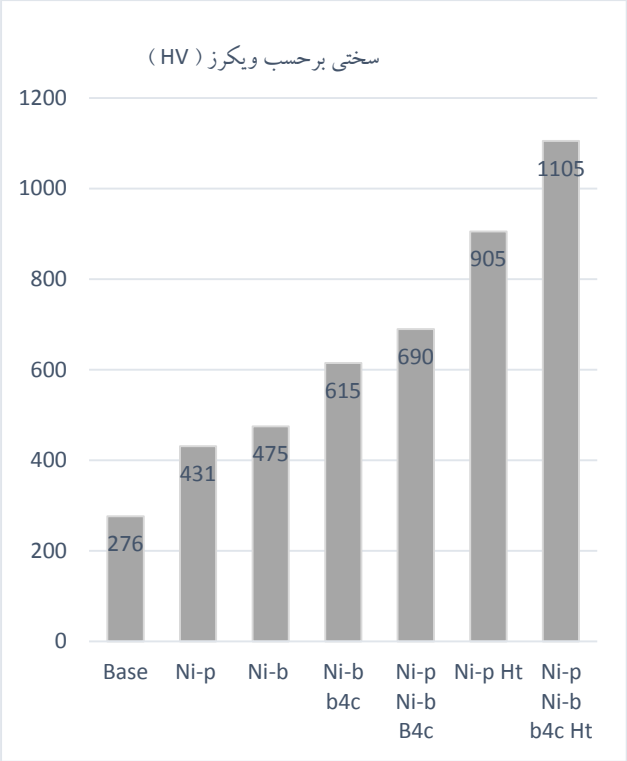
شکل ۲: تصویر تهیه شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی
از سطح پوشش نیکل-فسفر نیکل-بور کاربید بور



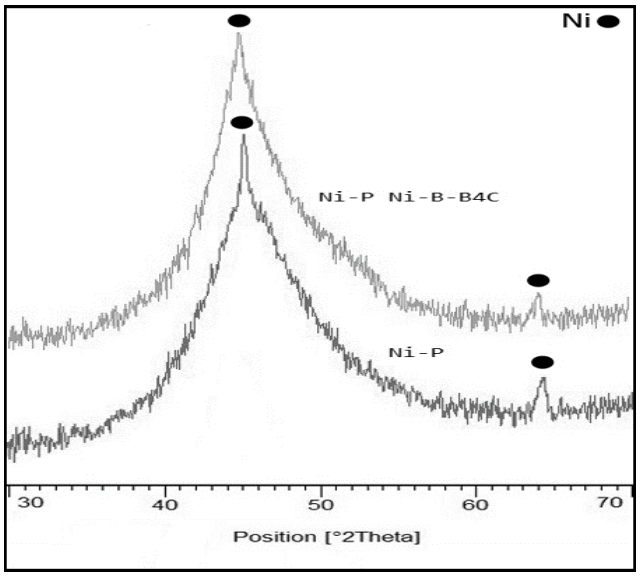
شکل ۳: تصویر تهیه شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی
از توزیع ذرات کاربید بور در پوشش نیکل-بور

www.SID.ir

Archive of SID



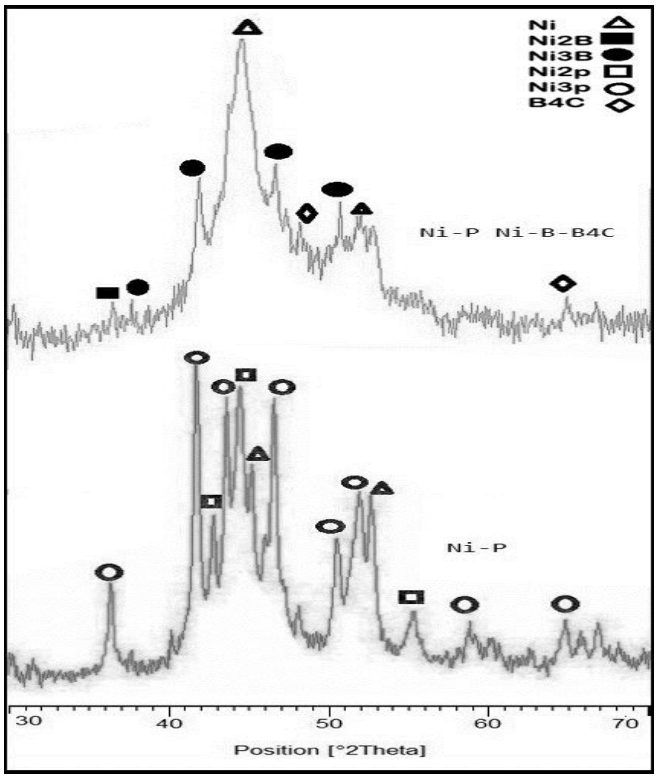
شکل ۴: میزان سختی فلز پایه، پوشش ها قبل و پس از عملیات حرارتی



شکل ۵: الگوی پراش پرتو ایکس از پوشش ها قبل از عملیات حرارتی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶: الگوی پراش پرتو ایکس از پوشش ها پس از عملیات حرارتی

انجمن علوم و تکنولوژی سطح ایران

www.SID.ir