

بررسی مقاومت به خوردگی پوشش کامپوزیتی الکترولس نیکل با نانو ذرات SiC

پژوهش‌نفت

سال هجدهم
شماره ۵۷
صفحه ۲۹-۲۵، ۱۳۸۷

فریاد بیگدلی و سعیدرضا اله کرم*

دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی متالورژی

akaram@ut.ac.ir

چکیده

روش الکترولس به دلیل قدرت بسیار خوب روکش و قابلیت ایجاد رسوب یکنواخت حتی در سطوح با اشکال پیچیده و لبه‌دار، در بسیاری از موارد مناسب‌ترین روش اعمال پوشش می‌باشد. فلزات مختلفی را می‌توان به روش الکترولس روی سطح رسوب داد اما الکترولس نیکل - فسفر به دلیل خواص منحصر به فرد، کاربرد وسیعی دارد. جدیدترین یافته‌ها در زمینه پوشش الکترولس نیکل - فسفر، رسوب‌دهی همزمان ذرات جامد در طول پوشش‌دهی است. پوشش‌های کامپوزیتی، دسته جدیدی از مواد را تشکیل می‌دهند که دارای سختی و خواص سایشی مناسبی هستند اما از نظر مقاومت به خوردگی اطلاعات چندانی از آنها در دست نیست. ذرات سخت سبب افزایش سختی و مقاومت به سایش پوشش می‌شوند که در میان آنها SiC از لحاظ انجام پذیری و هزینه، بهترین ترکیب می‌باشد. در این تحقیق پوشش الکترولس نیکل و پوشش کامپوزیتی Ni-P-SiC بر روی نمونه‌هایی از جنس فولاد ST37 اعمال شد. مقاومت به خوردگی پوشش Ni-P و پوشش نانو کامپوزیتی Ni-P-SiC با استفاده از آزمایش‌های پلاریزاسیون و امپدانس اندازه‌گیری و مقایسه شده است. نتایج این آزمایش‌ها نشان داد که هر دو پوشش Ni-P و Ni-P-SiC مقاومت به خوردگی مطلوبی داشته و از مقاومت به خوردگی بسیار بهتری نسبت به فلز پایه برخوردار می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: خوردگی، پوشش، الکترولس، نانوذرات، Ni-P-SiC

مقدمه

تکنولوژی الکترولس در سال ۱۹۴۶ ابداع شد. رسوب‌دهی الکترولس نیکل یکی از راه‌های دستیابی به پوشش بر روی سطوح مختلف فلزی و غیرفلزی است. رسوب‌های حاصل از الکترولس دارای سختی، مقاومت به سایش و خوردگی بالاتری نسبت به رسوب‌های آبکاری الکتریکی می‌باشند اما در عوض تردتر هستند [۱].

پوشش الکترولس نیکل - فسفر به دلیل ساختار آمورف و سختی بالا، دارای قابلیت ماشین‌کاری خوبی بوده که سبب استفاده گسترده آن در صنایع گوناگون شده است. میزان فسفر موجود در پوشش نقش مهمی داشته و در نوع ساختار و خواص آن موثر است [۲]. پوشش‌های با مقدار فسفر کم (۱ تا ۵ درصد) ساختار میکرو کریستالی، پوشش‌های با مقدار فسفر متوسط (۶ تا ۹ درصد) مخلوطی از ساختار کریستالی و آمورف و پوشش‌های با مقدار فسفر بالا (۱۰ تا ۱۳ درصد) ساختار آمورف دارند. پوشش‌های دارای فسفر بالا مقاومت به خوردگی بهتری دارند اما سختی و مقاومت به سایش آنها کمتر است [۳].

تجاری چربی‌گیر، شستشوی نمونه‌ها با آب مقطر، شستشوی نمونه‌ها به مدت ۲ دقیقه در محلول استون، شستشوی نمونه‌ها با آب مقطر، غوطه‌وری نمونه‌ها در محلول اسید سولفوریک ۱۰٪ وزنی به مدت ۳۰ ثانیه، شستشوی نمونه‌ها با آب مقطر و ورود به محلول پوشش‌دهی.

برای پوشش‌دهی از حمام تجاری SLOTONIP 70 A شرکت Schlotter استفاده شد. درصد فسفر پوشش حاصله توسط این حمام، ۹-۱۰ درصد می‌باشد. دمای پوشش‌دهی در محدوده ۸۸-۹۳ درجه سانتیگراد و pH در محدوده ۴/۵-۴/۷ بوده است. از نانو ذرات SiC با اندازه متوسط ۴۰ نانومتر برای ایجاد پوشش کامپوزیتی استفاده شده است. حجم حمام مورد استفاده ۲۵۰ میلی‌لیتر بوده و از یک همزن مغناطیسی برای چرخش محلول استفاده شد. مدت زمان اعمال پوشش برای تمام نمونه‌ها یک ساعت تعیین شد. پس از اتمام مدت زمان پوشش‌دهی، نمونه‌ها از محلول پوشش‌دهی خارج و با آب مقطر شسته شدند.

برای تعیین جریان و پتانسیل خوردگی از روش پلاریزاسیون استفاده شد. در تمام آزمایش‌ها یک سطح با ابعاد ۱×۱ cm برای انجام آزمایش پلاریزاسیون در نظر گرفته شد و مابقی سطح توسط لاک پوشانده شد. تمام آزمایش‌های پلاریزاسیون با استفاده از یک دستگاه آزمایش پلاریزاسیون مدل Potentiostat /Galvanostat Model 273A و در یک محلول ۳٪ آب نمک انجام شد. سرعت روبش پتانسیل ۲ mV/s و دامنه ۰/۸- تا ۰/۸ ولت در نظر گرفته شد. ضمناً برای تعیین مقاومت به خوردگی پوشش‌ها از آزمایش امپدانس استفاده شد.

نتایج

نتایج آزمایش پلاریزاسیون پوشش‌های الکتروکاتولیک Ni-P و Ni-P-SiC در شکل ۱ نشان داده شده است. مکانیزاسیون پلاریزاسیون مشابهی در کلیه پوشش‌ها مشاهده شد. E_{Corr} برای پوشش‌ها مثبت‌تر از فولاد ST37 بوده و i_{Corr} نیز به میزان قابل توجهی کاهش یافت. تمایل به غیرفعال شدن در هیچ یک از منحنی‌ها ملاحظه نگردید.

شکل ۲، منحنی نایکویست را برای دو پوشش مذکور در محیط نمکی نشان می‌دهد. پوشش‌های NiP

جدیدترین روش در زمینه پوشش الکتروکاتولیک نیکل-فسفر، رسوب‌دهی همزمان ذرات جامد در طول پوشش‌دهی است. این ذرات جامد می‌توانند ذرات سخت (از قبیل SiC، B_4C ، Al_2O_3 و الماس) و یا روانکارهای خشک (مانند MoS_2 و PTFE) باشند. پوشش‌های کامپوزیتی الکتروکاتولیک Ni-P-SiC از لحاظ سختی و مقاومت به سایش، جایگزین مناسبی برای پوشش‌های کروم سخت در صنایع هوا فضا شناخته می‌شوند [۴].

خواص نهایی پوشش‌های کامپوزیتی وابسته به خواص ذرات است که شامل نوع، شکل و سایز ذرات می‌شود. بیشتر مطالعات انجام شده روی این پوشش‌ها با کاربرد ذرات میکرو سایز همراه بوده است. با این وجود به دلیل خواص مغناطیسی، نوری و مکانیکی منحصر به فرد ذرات نانو سایز کاربرد این ذرات در پوشش‌های کامپوزیتی به تازگی مورد توجه قرار گرفته است [۵].

یکی از دلایل استفاده گسترده از پوشش‌های الکتروکاتولیک نیکل-فسفر، مقاومت به خوردگی آنهاست که خصوصاً در مقادیر فسفر بالا بسیار عالی می‌باشد. در مورد پوشش‌های کامپوزیتی نیکل-فسفر و اثر ذرات افزوده شده بر مقاومت به خوردگی پوشش، در سال‌های اخیر تحقیقاتی صورت گرفته است. با این وجود هنوز نمی‌توان در مورد مقاومت به خوردگی کلیه پوشش‌های کامپوزیتی و مقایسه آنها با پوشش نیکل-فسفر به طور قطعی نظر داد. در این مقاله سعی شده تا با استفاده از آزمایش‌های خوردگی انجام گرفته بر روی دو پوشش Ni-P و Ni-P-SiC، یک جمع بندی کلی در رابطه با مقاومت به خوردگی این پوشش‌ها ارائه شود.

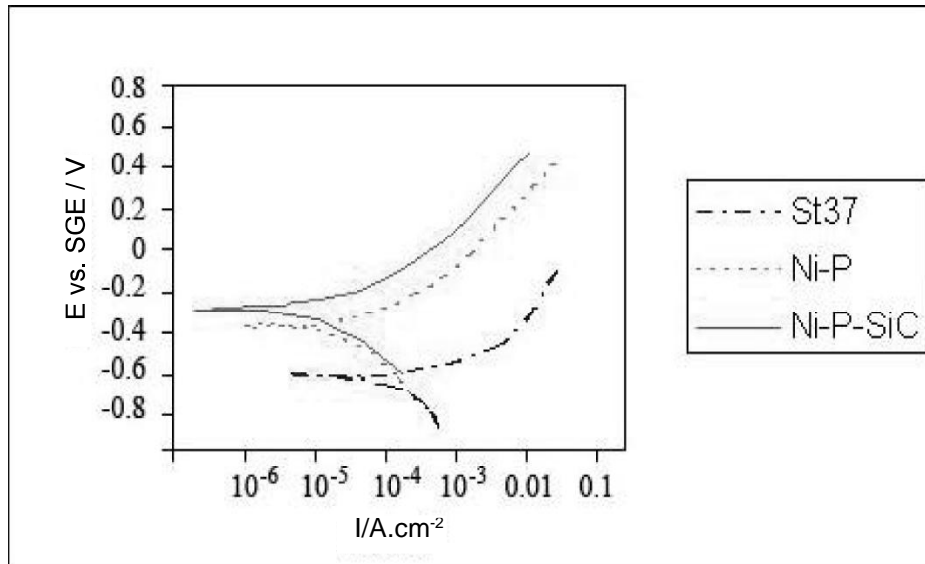
روش تحقیق

نمونه‌های مورد استفاده در آزمایش‌ها، همگی از جنس فولاد ST37 و به ابعاد ۳×۴۰×۴۰ mm بودند. مراحل آماده سازی نمونه‌ها به شرح زیر بر روی تمام نمونه‌ها انجام شد:

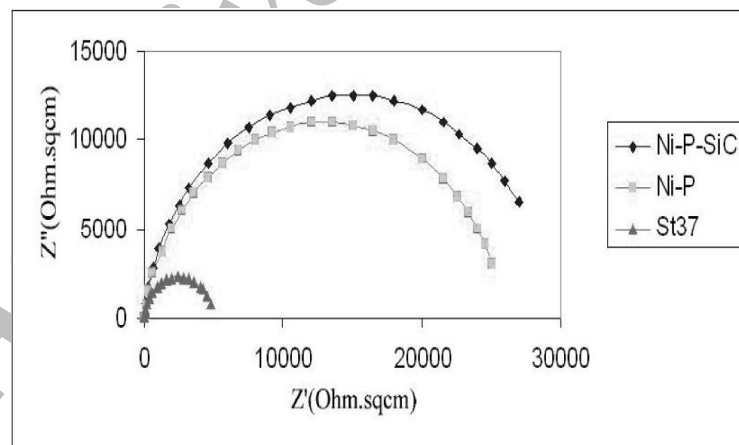
سنباده‌زنی نمونه با سنباده شماره ۱۲۰۰، شستشوی نمونه‌ها با آب و صابون، چربی‌گیری نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۷۰-۶۵ درجه سانتیگراد در محلول

و Ni-P-SiC مقاومت به خوردگی خوبی نشان داده‌اند که چند برابر مقاومت فولاد ST37 است. در این مدار R_{ct} مقاومت انتقال بار و C_{dl} ظرفیت لایه دوگانه الکتریکی می‌باشد.

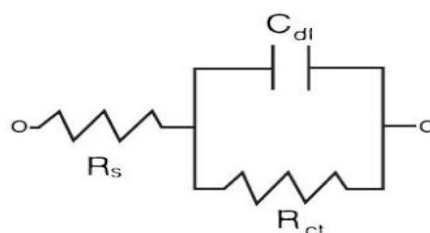
در شکل ۳ نیز مدار معادل مربوط به آنالیز EIS برای دو پوشش مذکور نشان داده شده است.



شکل ۱- منحنی پلاریزاسیون فولاد ST37 و دو پوشش اعمالی در محیط NaCl ۳٪



شکل ۲- منحنی‌های نایکوئیست برای پوشش‌های الکترولس NiP و NiP-SiC در محلول NaCl ۳٪



شکل ۳- مدل مدار الکتریکی معادل کاربردی برای آنالیز اطلاعات حاصل از EIS

نتایج و بحث

به طور کلی، تمامی پوشش‌های بر پایه NiP از نظر مقاومت به خوردگی مطلوب می‌باشند. در توضیح این موضوع گفته شده که انحلال ترجیحی نیکل که در پتانسیل مدار باز اتفاق می‌افتد سبب غنی شدن سطح پوشش از فسفر می‌شود. این فسفر در واکنش با آب، تولید یک لایه جذبی از آنیون‌های هیپوفسفات می‌کند. لایه ایجاد شده مانند سد عمل کرده و از رسیدن آب به سطح فلزی و هیدرولیز نیکل جلوگیری کرده و آن را به تأخیر می‌اندازد.

در زمینه علت مقاومت به خوردگی متفاوت پوشش‌های نیکل- فسفر با مقادیر مختلف فسفر، تحقیقات زیادی انجام شده است. میمانی و مایانا [۷] اظهار داشته‌اند که رفتار خوردگی پوشش‌های الکترولس NiP تابع سه عامل است: میزان آمورف بودن، وجود تنش‌های داخلی و درصد فسفر. مجموع این سه عامل یا هر یک از آنها می‌تواند سبب ایجاد رفتار خوردگی متفاوت شود. بای و همکارانش [۸] مطرح کرده‌اند که میزان فسفر در پوشش الکترولس NiP یک اثر مثبت روی کاهش نرخ خوردگی و مثبت‌تر کردن پتانسیل خوردگی در محیط نمکی دارد. اکثر محققین بر این عقیده‌اند که افزایش فسفر سبب بهبود E_{corr} ، کم‌تر شدن i_{corr} و بهتر شدن مقاومت به خوردگی می‌شود [۶ و ۹-۱۲].

با توجه به نتایج حاصل برای دو پوشش مذکور، مشاهده می‌شود که مقاومت به خوردگی پوشش کامپوزیتی بالاتر از پوشش NiP است. علت این امر کاهش منطقه فلزی مؤثر، در حضور ذرات افزوده شده به پوشش کامپوزیتی می‌باشد که منجر به کاهش منطقه مستعد به خوردگی می‌شود.

نتیجه‌گیری

۱- هر دو پوشش Ni-P و Ni-P-SiC مقاومت به خوردگی بسیار بهتری نسبت به فلز پایه داشته و از آنها می‌توان در محیط‌های صنعتی حاوی اتمسفر خورنده استفاده کرد.
 ۲- قانع‌کننده‌ترین مدل برای توجیه مقاومت به خوردگی پوشش‌های نیکل- فسفر، تشکیل یک فیلم جذبی از هیپوفسفات در سطح است که جلوی ملکول‌های آب را سد کرده و از واکنش آنها با نیکل جلوگیری می‌کنند.
 ۳- پوشش Ni-P-SiC نسبت به پوشش NiP مقاومت به خوردگی بالاتری از خود نشان داد که علت این امر کاهش منطقه فلزی مؤثر، در حضور نانوذرات SiC می‌باشد که منجر به کاهش منطقه مستعد به خوردگی می‌شود.

منابع

- [1] Fields W.D. and the ASM committee on electroless nickel plating, ASTM handbook, 5, 219, 1990.
- [2] Peeters P., Hoorn G.V.D., Daenen T., Kurowski A. and Staikov G., Properties of electroless and electroplated Ni-P and its application in microgalvanics, *Electrochimica Acta*, Vol. 47, pp. 161-169, 2001.
- [3] Taheri R., Oguocha I.N.A. and Yannacopoulos S., The tribological characteristics of electroless NiP coatings, *Wear*, Vol. 249, pp. 389-396, 2001.
- [4] Apachitei I., Duszczyc J., Katgerman L. and Overkamp P.J.B., Electroless Ni-P composite coatings: the effect of heat treatment on the microhardness of substrate and coating, *Scripta Materialia*, Vol. 38, pp. 1347-1353, 1998.
- [5] Sarret M., Müller C. and Amell A., Electroless NiP micro- and nano-composite coatings, *Surface & Coatings Technology*, Vol. 201, pp. 389-395, 2006.
- [6] Diegle R.B., Sorensen N.R., Clayton C.R., Helfand M.A. and Yu Y.C., *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. 135, p. 1085, 1988.
- [7] Mimani T. and Mayanna S.M., The effect of microstructure on the corrosion behaviour of electroless Ni-P alloys in acidic media, *Surface & Coatings Technology*, Vol. 79, pp. 246-251, 1996.
- [8] Bai A., Chuang P.Y. and Chang Hu C., The corrosion behavior of Ni-P deposits with high phosphorous contents in brine media, *Materials Chemistry and Physics*, Vol. 82, pp. 93-100, 2003.
- [9] Lu G. and Zangari G., Corrosion resistance of ternary Ni-P based alloys in sulfuric acid solutions, *Electrochimica Acta*, Vol. 47, pp. 2969-2979, 2002.
- [10] Lee S. and Liang H., *Plating and Surface Finishing*, Vol. 78, p. 82, 1991.
- [11] Aoki K. and Takano O., *Plating and Surface Finishing*, Vol. 73, p. 136, 1986.
- [12] Balaraju J.N., Sankara Narayanan T.S.N. and Sashadri S.K., *J Solid State Electrochem*, Vol. 5, p. 334, 2001.