رسوب الکتریکی پوششهای نانو کامپوزیتی نیکل-آهن/کاربید سیلسیم

لیلا نیکزاد[۱]- حامد عطایی[۲]-بهاره یزدانی[۳]- محمد رضا واعظی[۴]- سید خطیب الاسلام صدرنژاد[۵]
۱-پژوهشگاه مواد و انرژی، مشکین دشت،کرج
Leila_Nikzad@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق، پوششهای نانو کامپوزیتی نیکل – آهن کاربید سیلسیم با مقادیر مختلف نانو ذرات کاربید سیلسیم به روش آبکاری الکتریکی در حمام آبکاری نیکل و آهن حاوی نانو ذرات کاربید سیلسیم تهیه شدند. وابستگی مقدار نانو ذرات کاربید سیلسیم بر روی سختی نانو کامپوزیت مورد بررسی قرار گرفت. موفولوژی این نانو کامپوزیت توسط میکروسکوب الکترونی واثر ساخارین بر ریزساختار توسط میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفت . همچنین مقاومت به خوردگی این پوششها در محلول M ۰/۵کلرید سدیم مورد مطالعه قرار گرفت.ر یز سختی این کامپوزیت ها در درصدهای متفاوت کاربیدسیلسیم بررسی شدند. همچنین افزایش پلاریزاسیون کاتدی در حضور نانو ذرات نشان داده شد.

واژه‌های کلیدی: آبکاری الکتریکی، پوشش نانو کامپوزیتی نیکل،آهن و کاربیدسیلسیم،ریزسختی، خوردگی

۱- مقدمه

رسوب الکتریکی پوششهای فلزی شامل ذرات خنثی از آنجاییکه یک رسوب نانو کریستال را تشکیل می دهند خواص فیزیکی و مکانیکی را بهبود می بخشند. پوششهای نانوکامپوزیت خواص متفاوتی مانند مقومت به خوردگی و اکسیداسیون بالا دارند و لذا کاربردهای فراوانی دارند [۴-۱].

۱-دانشجوی دکترای مواد پژوهشگاه مواد و انرژی
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف
۳- کارشناس ارشد پژوهشگاه مواد وانرژی
۴- استادیار پژوهشگاه مواد و انرژی
۵- استاد پژوهشگاه مواد انرژی و دانشگاه صنعتی شریف

در دهه اخیر، علاقه زیادی به مطالعه آلیاژهای Ni79%-Fe21% وجو داشته که این بخاطر استفاده وسیع این مواد در سیستمهای میکروالکترومکانیکی (MEMS) و سیستمهای در ابعاد مزو مانند ساختLIGA می باشد. این آلیاژ به راحتی رسوب الکتریکی یافته و از مزایای دیگر آن می توان به لایه های رسوب عاری از تنش باقیمانده، انرژی مورد نیاز کم، سرعت رسوب بالا، و قیمت پایین آن اشاره کرد [۸-۵].

در حمام الکتریکی آهن- نیکل یک رفتار غیر عادی وجوددارد بطوریکه طی رسوب همزمان این دو فلز،آهن بطور ترجیحی رسوب می یابد وقتی که با سرعتهای رسوب در حام الکتریکی مجزا این دوفلز مقایسه می شود و حضور نانو ذرات کاربید سیلسیم باعث بهبود خواص این پوشش آلیاژی می شود [۱۱-۹].

ساخارین به عنوان یک ماده تسطیح کننده سطحی به ترکیب حمام افزوده می شود و تنش های داخلی را در سطح پوشش کاهش داده و به عنوان یک افزودنی درصد سولفور را در رسوب افزایش می دهد [۱۴-۱۳].

سولفور دراین آلیاژ غیر قابل حل بوده و تردی مرزدانه و شکست بین دانه ای را تشویق می کند زیرا سولفور بعد از قرار گرفتن در معرض دمای بالا جدایش می یابد [۱۵].

تعدادی از محققین کارهایی را بر روی تقویت این آلیاژ با ذرات سرامیکی انجام داده اند [۱۲و۸]. در این مقاله اثر نانو ذرات کاربید سیلسیم روی ریز ساختار و سختی این نانو کامپوزیت بررسی شده است همچنین مقاومت به خوردگی این نانو کامپوزیت مورد مطالعه قرار گرفت.

۲- فعالیتهای تجربی

ترکیب حمام آبکاری و پارامترهای مؤثر برآن حمام الکتریکی در جدول ۱ نشان داده شده اند. برای تهیه محلول آبکاری از آب مقطر استفاده شده است قبل از آبکاری، نانو ذرات کاربید سیلسیم با اندازه ذرات متوسط ۵۰ نانومتر (Kaier Hefei, China) با غلظت ۰ تا ۲۵ گرم بر لیتر مخلوط شدند.

جدول۱- ترکیب شیمیایی حمام و پارامترهای مؤثر بر رسوب الکتریکی

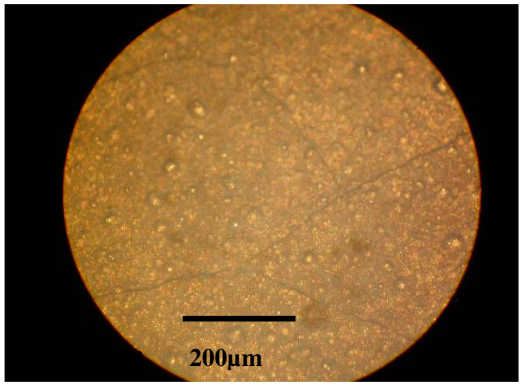
پارامتر های رسوب الکتریکی	سولفات نیکل (g/lit)	سولفات آهن (g/lit)	ساخارین (g/lit)	اسید بوریک (g/lit)	SDS (g/lit)	اسید آسکوربیک	دما (^{o}C)	PH	دانسته جریان (mA/Cm^2)	سرعت همزن (rpm)
مقدار	۱۱۲	۵/۱	۲	۲	۰/۵	۱	۵۰	۴	۳۰	۶۰۰

کاتدها از جنس مس بوده که بصورت عمود در مقابل آند که از جنس پلاتین بود قرار داده شدند. قبل از انجام آزمایش آبکاری کاتدهای مسی مورد عملیات شستشو به مدت ۱۰ دقیقه در اتانول ، استون وآب مقطر قرار گرفتند و سپس در محلول اسید سولفوریک برای ۳۰ ثانیه قرار گرفتند.تمام مورفولوژی سطحی این نانو کامپوزیت توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی با استفاده از دستگاه Philips MV2300 که مجهز به EDAX بود مورد مطالعه قرار گرفت.مورد مطالعه قرار گرفت. تمام آزمایشات الکتروشیمیایی در سل ۳ الکترودی با استفاده از دستگاه AUTOLAB PGSTAT 30 انجام شده و الکترودAg/AgCl به عنوان الکترود مرجع انتخاب شد.

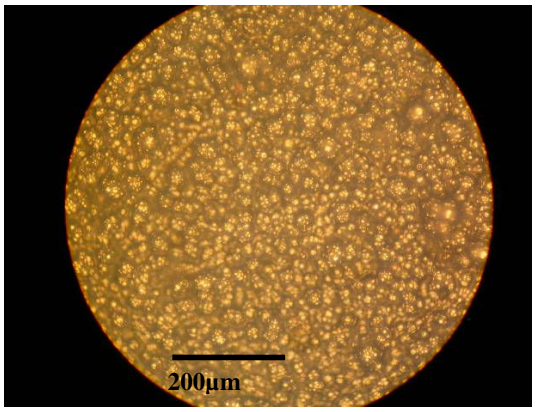
منحنی پلاریزاسیون الکترولیت در سرعت رفت و برگشت mV/s ثبت شد . منحنی های تافل در سرعت 1 mV/s در محلول 0.5 M NaCl در دمای اتاق به دست آمدند. سختی نانو کامپوزیت با استفاده تست سختی ویکرز تحت نیروی ۵۰ gr برای ۵ ثانیه انجام شد.

۳- نتایج و بحث

در شکل ۱ تصویر میکروسکوپ نوری از نانو کامپوزیت با ۵ وزنی SiC بدون ساخارین مشاهده میگردد که بخاطر تنشهای داخلی خیلی بالا میکروترکها مشخص است. این میکروترکها در حضور ساخارین حذف شده و نانو کامپوزیت سطح درخشانی دارد.



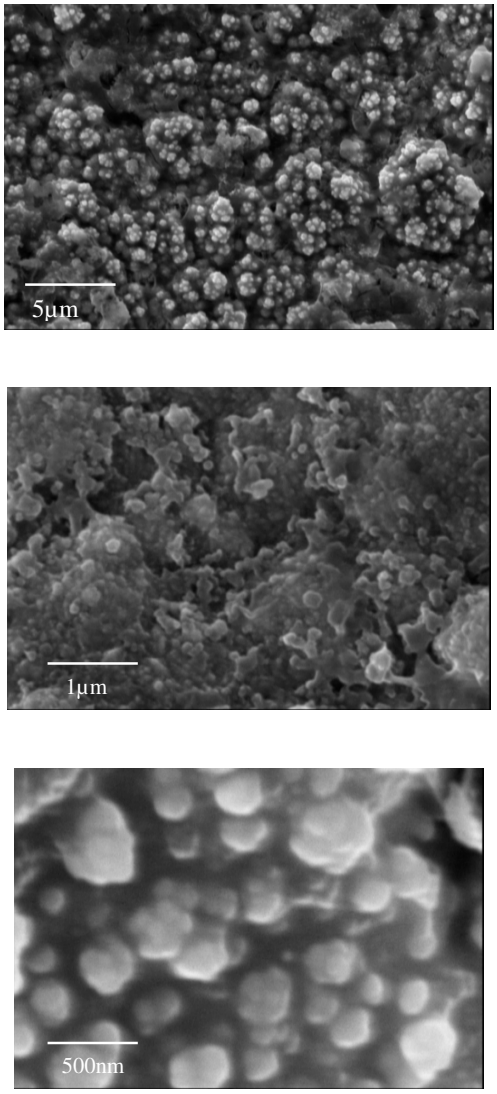
الف



ب

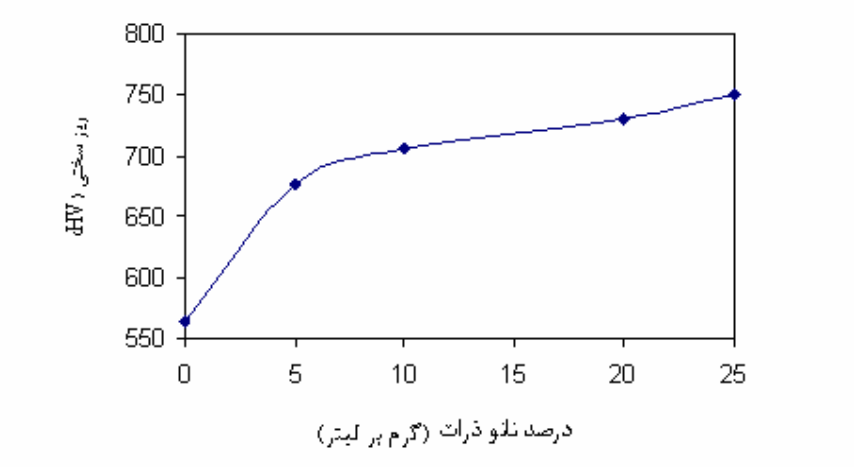
شکل۱- تصویر میکروسکوپ نوری از نانو کامپوزیت شامل ۵٪ وزنی SiC الف) بدون ساخارین ب) با ساخارین به میزان 2 g/l

شکل۲ تصویر میکروسکوپ الکترونی از نانو ذرات رسوب یافته با درصد۵ در حضور ساخارین نشان می دهد که توزیع یکنواختی از نانو ذرات SiC در شبکه Ni-Fe مشاهده می شود.آگلومره های مشاهده شده در تصویر ۲ب به علت اکتیویته بالا نانوذرات و تمایل آنها به اگلومره شدن نسبت داده می شود.



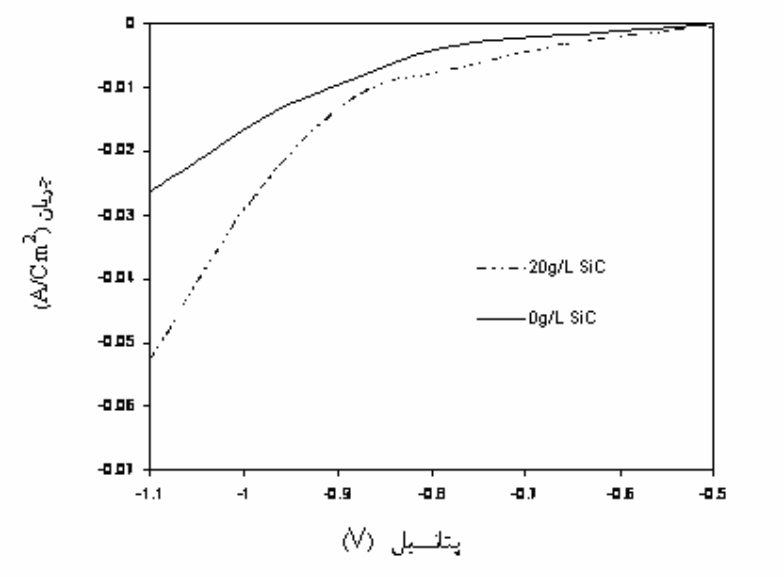
شکل۲:تصویر میکروسکوپ الکترونی از نانو کامپوزیت با ۵درصد SiC در بزرگنمایی های متفاوت

حضور نانو ذرات SiC سبب بهبود خواص کامپوزیت می شود حضور نانو ذرات در الکترولیت رشد کریستالهای Ni و Fe مختل کرده و یک ساختار ریزدانه تر تشکیل می شود که منجر به افزایش ریزسختی می گردد.شکل ۳ اثر درصد SiC را بر روی سختی کامپوزیت نشان می دهد . با افزایش درصد SiC از ۵ تا ۲۵ درصد سختی افزایش می یابد .باحضور نانو ذرات استحکام ناشی از پراکندگی ذرات ایجاد می شود . نانوذرات راسب شده در زمینه می توانند از رشد دانه های نیکل وآهن خالص و تغییر شکل پلاستیک زمینه تحت یک نیروی ثابت جلوگیری کنند که این امر با روش اثرات ریز کردن دانه ها و استحکام دهی پخشی (Dispersive Strengthening) امکان پذیر است [۱۷و۱۶].



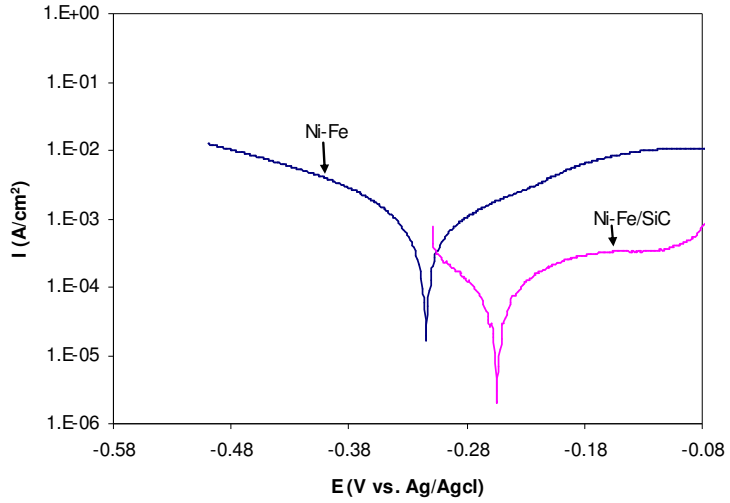
شکل ۳: اثر نانو ذرات بر روی سختی پوشش نانو کامپوزیتی

شکل ۴ منحنی پتانسیو دینامیک در مورد پوشش های ظابکاری یافته با و بدون نانو ذرات نشان می دهـد. افـزودن نانو ذرات SiC منحنی احیا را به سمت پتانسیلهای مثبت تر می برد. وقتی نانو ذرات کاربید سیلسیم به سطح کاتد برخورد می کنند، شرایط تشکیل پوشش به دلیل افزایش مکانهای سطحی مهیا شده و لذا راندمان کاتدی افزایش می یابد. حضور نانو ذرات SiC باعث افزایش در انتقال یونی به سمت کاتد می شـود از آنجاییکـه افـزایش در سطح، مکانهای جوانه زنی بیشتری برای یونهای فلزی وجود دارد و رشد کریستال توسط نانو ذرات متوقـف مـی شود [۱۹و۱۸] . پس از احیا یون فلزی موقعیت کاربید سیلسیم در محل خود ثابت می شود [۲۰و۱۸].



شکل۴:منحنی پلاریزاسیون کاتدی

سرعت خوردگی این پوششها در محلول ۰/۵ مولار نمک طعام مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۵ منحنی پلاریزاسیون آندی را برای آلیاژ Ni-Fe و نانو کامپوزیت Ni-Fe/SiC نشان میدهد .



شکل ۵: منحنی پلاریزاسیون آندی برای آلیاژ و نانو کامپوزیت

مقادیر پتانسیل خوردگی و دانسیته جریان با استفاده از متد شیب تافل تعیین شد. مقادیر پتانسیل خوردگی و دانسیته جریان برای آلیاژ و کامپوزیت در جدول ۲ آورده شده است.

جدول۲- نتایج حاصل از تست خوردگی

نمونه	دانسیته جریان(A/Cm^2)	پتانسیل خوردگی(mV)
آلیاژ	۹×۱۰^{-۴}	-۳۱۴
نانو کامپوزیت	$۵/۱\times۱۰^{-۵}$	-۲۵۴

حضور نانو ذرات باعث بهبود مقاومت به خوردگی شده است. وقتی نانو ذرات در زمینه آلیاژ قرار می گیرند سایز عیوب پوشش نانو کامپوزیتی کاهش یافته و نانو ذرات به عنوان موانع فیزیکی خنثی برای شروع و توسعه عیوب خوردگی می باشد لذا مقاومت به خوردگی بهبود می یابد.

۴- نتیجه گیری

در این مطالعه پوشش نانو کامپوزیتی نیکل-آهن / کاربید سیلسیم به روش آبکاری الکتریکی به دست آمده و نشان داده شد حضور ساخارین باعث از بین رفتن میکروترکها شده و سطح درخشانی ایجاد می کند. نانو ذرات کاربید سیلسیم باعث بهبود سختی شده و مقاومت به خوردگی افزایش می یابد. حضور نانو ذرات در منحنی پلاریزاسیون کاتدی اثر گذاشته وآن را به سمت پتانسیلهای مثبت سوق می دهد.

مراجع

[1] M.R.Vaezi, L.Nikzad, S.K.Sadrnekhaad, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, article in press.
[2] J. Li, Y. Sun, X. Sun and J. Qiao, *Surf. Coat. Technol.* **192** (2005), p. 331.
[3] X. Li and Z. Li, *Mater. Sci. Eng., A* **358** (2003), p. 107.
[4] A.F. Zimmerman, G. Palumbo, K.T. Aust and U. Erb, *Mater. Sci. Eng., A* **328** (2002), p. 137.
[5] C.H. Ahn, M.G. Allen, IEEE Trans. Indust. Electron. 45(1998) 866.
[6] T.E. buchheit, S.H. Goods, P.G. Kotula, P.F. Hlava, Materials Sience and Engineering A 432(2006) 149-157.
[7] N. Myung, D.-Y. Park, B.-Y. Yoo, P.T.A Sumodjob, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 265 (2003) 189–198
[8] X. Li and Z Li, Materials Science and Engineering A 358 (2003) 107-113.
[9] W.C. Grande and J.C. Talbot, *J. Electrochem. Soc.* **140** (1993), p. 669.
[10] S. Hessami and C.W. Tobias, *J. Electrochem. Soc.* **136** (1989), p. 3611.
[11] K.-M. Yin, J.-H. Wei, J.-R. Fu, B.N. Popov, S.N. Popova and R.E. White, *Appl. Electrochem.* **25** (1995), p. 543.
[12] R. Starosta and A. Zielinski, Journal of Materials Processing Technology 157–158 (2004), pp. 434–441
[13] A.M. El-Sherik and U. Erb, *J. Mater. Sci.* **30** (1995), p. 5743.
[14] J.W. Dini, H.R. Johnson and L.A. West, *Plating Surf. Finish.* **65** (1978), p. 36.

[15] R.A. Mulford, *Met. Trans. A* **14** (1983), p. 865.
[16] E.A. Pavlatou, M. stroumbouli, P.Gyftou, N. Spyrellis, J. Appl. Electrochem. (2006), p. 385.
[17] I. Garcia, J. Fransaer, J.P. celis, Surf. Coat. Technol. 148 (2001), p. 171.
[18] L. Benea, P. Bonora, A. Borello, S. Martelli, F. Wenger, P. Ponthiaux, J. Galland, Solid State Ionic 151 (2002), pp. 89-95.
[19] S.W. Watson, *J. Electrochem. Soc.* **140** (1993), p. 2235.
[20] N. Guglielmi, *J. Electrochem. Soc.* **119** (8) (1972), p. 1009.

Electrodeposition of Ni-Fe/SiC nano-composite coatings

L. Nikzad[1], H.Ataee Esfahani[1], B.Yazdani [1], M.R. Vaezi[1] , S.K.sadrnezhaad[1]

, Materials and Energy Research Center
Corresponding Author E-mail:Leila_nikzad@yahoo.com

Abstract

Ni-Fe/SiC nano-composite coatings with different contents of SiC nano-particles were prepared by means of the conventional electrodeposition. The morphology of the electrodeposited nano-composite was studied and the corrosion behavior of the nano-composite coatings was evaluated in the solution of 0.5 M NaCl at room temperature. It was found that the cathodic polarization potential increased with increasing the SiC concentration in the bath. The microhardness and corrosion resistance of the nano-composite coatings also increased with increasing content of SiC nano-particles in bath.

Keywords: Electrodeposition; Ni-Fe/SiC nano-composite coating; Corrosion resistance