

## استفاده از گرافیت اصلاح شده با نانو ذرات نیکل به عنوان الکتروود در پیل های

عباس رئوفی کیان\* و سید ابولفضل سید سجادی

دانشکده شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

دریافت: اردیبهشت 1390 : پذیرش: آبان 1390

**چکیده:** الکتروود گرافیت اصلاح شده به وسیله ی نانو ذرات نیکل تهیه شده به روش الکتروولس برای بررسی اکسایش متانول در محیط بازی مورد استفاده قرار گرفته شده است. برای این منظور فن ولتامتری چرخه ای به کار رفته است. نانو ذرات نیکل ایجاد شده بر روی سطح گرافیت اکسایش متانول را در محیط های بازی بوسیله ی گونه ی  $Ni^{3+}$  (NiOOH) که در طی فرایند اکسایش تولید می شود، کاتالیست می کند. وابستگی جریان پیک اکسایش متانول به غلظت متانول و انواع متفاوت سرعت به کار گرفته شده نیز مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. از اندازه گیری های الکتروشیمیایی مشخص شده است که اکسایش متانول هنگامی آغاز می شود که گونه ی NiOOH بر روی سطح گرافیت تشکیل شده باشد. در ادامه ی این مقاله تعدادی از عامل های فیزیوشیمیایی که در طی فرایند اکسایش

**کلمات کلیدی:** گرافیت پوشش داده شده با نیکل، اکسایش متانول، پیل های سوختی متانولی.

جنس الکتروود باید از یک ماده ی الکتروکاتالیست با کارایی بالا باشد. برای این منظور مواد متفاوتی به عنوان الکتروود برای این پیل های سوختی مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته شده است. از جمله ی این الکتروودها می توان الکتروودهای کربنی که به طور عمومی به عنوان کاتالیست مورد استفاده قرار می گیرند اشاره کرد. برای مثال می توان الکتروود های همانند Pt-Ru-P Pt-Ru/ Ru/Ni همچنین مواد کامپوزیت شده بر روی کربن همانند Pt/ Ru/Ni

پیل های سوختی متانولی می توانند ده برابر باتری های پیشرفته انرژی الکتریکی در اختیار ما قرار دهند و نیاز به شارژ مجدد

پیل های سوختی مبتنی بر سوخت متانول نسبت به پیل های سوختی مبتنی بر هیدروژن توسعه ی بیشتری پیدا کرده اند. سوخت های متفاوتی در پیل سوختی مورد استفاده قرار می گیرند که هیدروژن، فسفریک اسید و متانول از عمده ترین این سوخت ها هستند. امتیازات متعدد متانول همانند مایع بودن در دمای معمولی، تولید آسان آن از گاز طبیعی و تبدیل آسان متانول به هیدروژن، این مایع شیمیایی را به عنوان بهترین گزینه جهت تامین سوخت های پیل های سوختی مطرح کرده است. در این نوع پیل های سوختی، جنس الکتروود فاکتور بسیار مهمی است.

فیزیکوشیمیایی که در طی این فرایند دخالت دارند محاسبه و ارایه می کنیم.

متانول مصرفی از شرکت مرک و با خلوص 99/9% خریداری و بدون خلص سازی بیشتر مورد استفاده قرار گرفته شد. برای تهیه تمامی محلول ها از آب دو بار تقطیر استفاده شد. به منظور تایید الکتروود تهیه شده (از بخش سنتز الکتروود آزمایشگاه الکتروشیمی دانشگاه علم و صنعت) از نظر وجود نانو ذرات نیکل در آن از پراش پرتو ایکس XRD SEM نیز استفاده شده است. برای بررسی الکترواکسایش متانول از روش ولتامتری چرخه ای استفاده شد. مطالعات ولتامتری چرخه ای با استفاده از دستگاه پتانسیواستا-PGSTATE30 که به وسیله ی نرم افزار GPES نصب شده بر روی دستگاه کنترل می شود، انجام شده

تمامی آزمایشات ولتامتری چرخه ای در یک سامانه سه الکتروودی شامل الکتروود گرافیت اصلاح شده به وسیله ی نانو ذرات نیکل به-عنوان الکتروود کار (سطحی که در آن واکنش اکسایش- کاهش مورد نظر رخ می دهد) از الکتروود پلاتین با سطح 1/28 سانتی متر مربع به عنوان الکتروود کمکی و از الکتروود Ag/AgCl به عنوان الکتروود مرجع استفاده شده است. پتانسیل های گزارش شده نسبت به الکتروود مرجع Ag/AgCl

گیری الکتروود کار با محلولی از پودر آلومینا صیقل داده شده و با آب مقطر به خوبی شستشو داده می شد. اندازه گیری های ولتامتری چرخه ای در الکتروولیت 0/1 NaOH

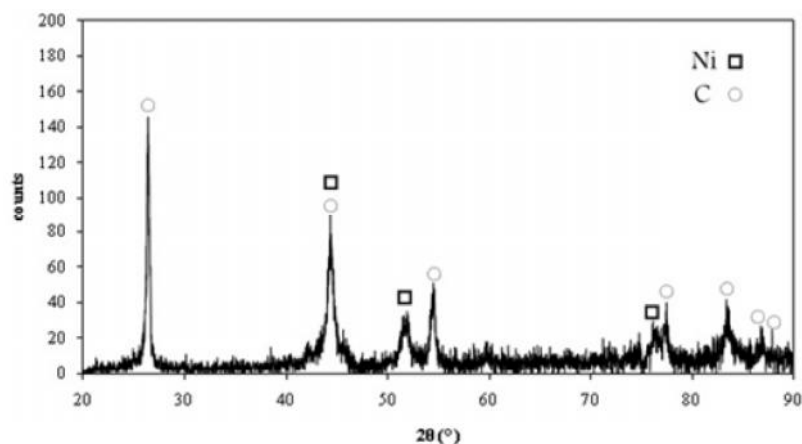
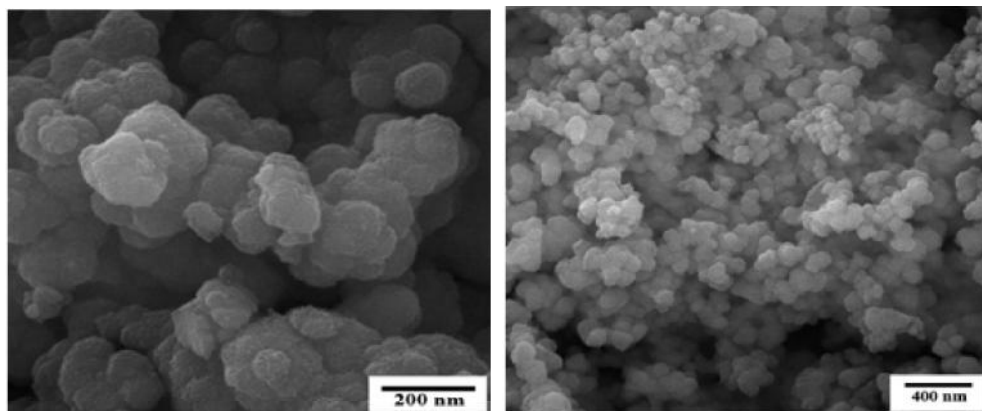
### نتیجه ها و بحث

تصاویر SEM نشان دهنده ی ریخت و اندازه ی ذرات نیکل ایجاد شده بر روی گرافیت است. شکل 1 2 تصاویر SEM XRD مربوط به پوشش نانو ذرات نیکل بر روی سطح گرافیت را نشان می دهند. همان طور که در الگوی XRD تنها پیک های Ni و گرافیت قابل رویت و شناسایی است که این مطلب نشان دهنده ی آن است که پوشش تنها حاوی ذرات نیکل بدون هیچ ناخالصی مشخصی است.

نخواهند داشت. فقط لازم است که کارتریج حاوی سوخت در این مستقیم و به عنوان عامل کاهنده مورد مصرف قرار می گیرد و جریان برق تولید می نماید. این روش به دلیل عدم نیاز به تبدیل متانول به هیدروژن (به عنوان عامل کاهنده) از صرفه ی اقتصادی برخوردار است. پژوهشگران در این روش به بازدهی مناسبی، در حدود پیل های سوختی هیدروژنی دست نیافته اند، اما امید دارند تا با پژوهش های بیشتر بازدهی این پیل سوختی را به حد قابل قبولی برسانند، با این حال یکی از مشکلاتی که هنوز حل نشده است، سینتیک پایین واکنش اکسایش متانول در آند پیل های [1].

تلاش های زیادی برای مطالعه ی اکسایش متانول در pH انجام گرفته است. استفاده از محلول قلیایی در پیل های سوختی دارای مزایایی چون افزایش بازده ی پیل، انتخاب وسیع در جنس الکترودهای به کار رفته، افزایش بازده در فرایندهای آندی و کاتدی، حساسیت کم به ساختار سطح و اثرات مسمومیت کم است [2-3].

در پیل های سوختی جهت اکسایش شیمیایی متانول، جنس الکتروود یک عامل بسیار مهم و تأثیرگذار است. به منظور کارایی و راندمان بهتر نیاز است تا الکتروکاتالیست بیشترین سطح ممکنه را داشته است. بنابراین، الکترودهای اصلاح شده ای که بر پایه ی کربن و یا گرافیت باشند همانند کامپوزیت ها و یا نانو ذرات ایجاد شده بر روی سطح گرافیت می توانند به عنوان یک الکتروود خوب مورد استفاده قرار گیرند [4, 5]. تعداد زیادی از الکترودهای حاوی نیکل به عنوان الکتروکاتالیست در پیل های سوختی مورد استفاده قرار می گیرند. یکی از مهمترین استفاده های نیکل به عنوان الکتروکاتالیست در اکسایش الکل هاست. مطالعات زیادی درباره ی الکترواکسایش الکل ها بر روی نیکل گزارش شده است [6, 7]. از آن جایی که تا به حال اثر نانو بودن ذرات نیکل بر اکسایش متانول مورد مطالعه قرار نگرفته است لذا در این مقاله الکتروود گرافیت را که با استفاده از روش الکتروولس با ذرات نیکل پوشش داده شده بود را به عنوان الکتروود انتخاب کردیم و به بررسی اکسایش متانول بر روی سطح کاتالیست نانو ذرات نیکل ایجاد شده بر روی گرافیت پرداخته ایم. در انتها تعدادی از عاملهای

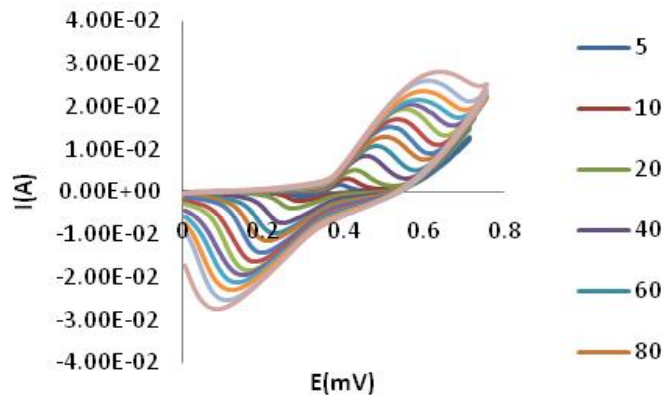


شکل 1 الف) تصاویر SEM نانو ذرات نیکل ایجاد شده بر روی گرافیت  
ب) XRD پوشش الکتروکترولس نانو ذرات نیکل بر روی گرافیت

پتانسیل های منفی تر جا به جا می شود، که این تغییرات ممکن است وابسته به تغییر شکل  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  و نیز  $\text{NiOOH}$  از یک فرم بلوری به فرم دیگر بلوری باشد.

در واقع با قرار گرفتن الکتروکود درون محلول NaOH نیکل خالص به  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  تبدیل می شود و در ادامه با اعمال پتانسیل به سمت مقادیر مثبت تر،  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  تبدیل می شود و در اسکن پتانسیل به سمت مقادیر منفی  $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}^{3+}$  تبدیل می شود که پیک های آندی و کاتدی نشان دهنده در شکل مؤید برگشت پذیر بودن این فرایند است [8].

ولتاموگرام چرخه ای الکتروکود اصلاح شده ی گرافیت به وسیله ی نانوذرات نیکل با سطح 50/24 میلی متر مربع در محلول 1M NaOH و با سرعت های روبش متفاوت در شکل 3 داده شده است. همان طور که در شکل مشاهده می شود یک جفت پیک اکسایش-کاهش در پتانسیل های مشخص شده برای هر سرعت روبش مشاهده می شود که نشان دهنده ی جفت اکسایش-کاهش  $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}^{3+}$  در محیط بازی است. با افزایش سرعت روبش افزون بر افزایش چگالی جریان، پیک های آندی به سمت پتانسیل های بالاتر و برعکس پیک های کاتدی به سمت



شکل 3 ولتاموگرام الکتروکود گرافیت اصلاح شده به وسیله ی نانوذرات نیکل به روش الکتروکودس در محلول 1M NaOH

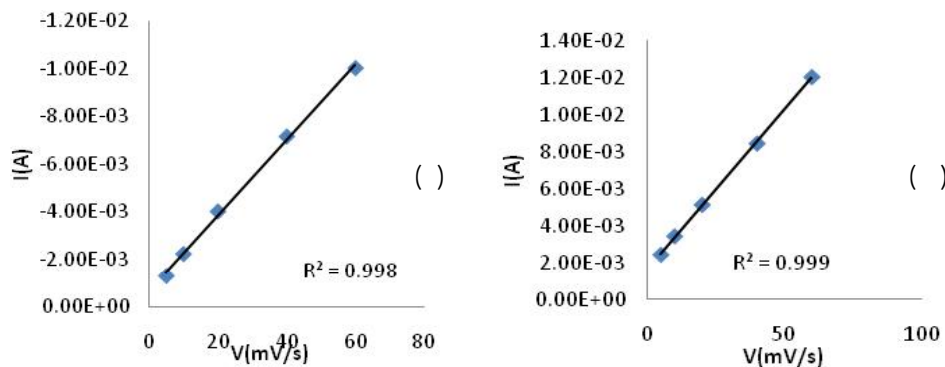
همان طور که در شکل 4 مشاهده می شود با رسم نمودار تغییرات شدت جریان پیک های آنودی و کاتدی را بر حسب سرعت روبش پتانسیل، رابطه ی خطی با شیب 0/0002 بین تغییرات شدت جریان و سرعت روبش پتانسیل در سرعت های روبش کم وجود دارد که این رابطه اشاره به فعالیت الکتروشیمیایی جفت اکسایش-کاهش دارد. با استفاده از شیب این نمودارها و با به کار بردن رابطه ی زیر:

تعداد الکترون های مبادله شده در فرایند اکسایش-کاهش که تعداد آن یک و F عدد فارادی است. با استفاده از شیب  $26/4 \times 10^{-10}$  [9, 10].

با استفاده از معادلات لایبرون [11] که برای گونه های الکتروفعال پوشاننده ی سطح به دست می آید، می توان ضریب انتقال گونه  $\alpha$  ks را محاسبه کرد. برای این منظور باید منحنی مقدار پتانسیل پیک های آنودی و کاتدی را در سرعت های روبش  $\ln v$  رسم کرد (شکل 5).

می توان مقدار پوشش سطح گونه های اکسایش-کاهش ( $\Gamma^*$ ) را محاسبه کرد. در رابطه ی فوق  $I_p$  شدت جریان پیک،  $v$  روبش پتانسیل، A سطح الکتروکود که مقدار آن 24/50 میلی متر

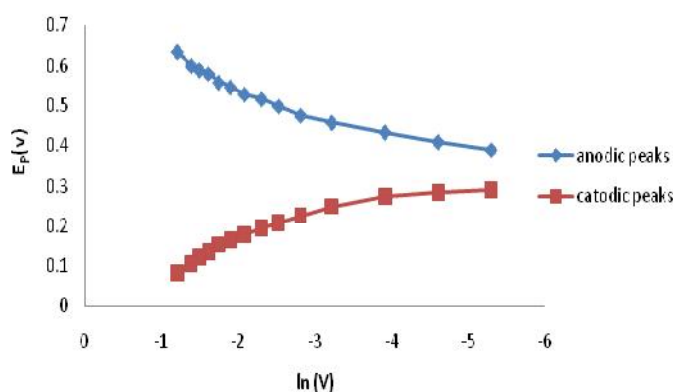
لازم به ذکر است که مقدار  $\Delta E_p$  اختلاف موقعیت پیک های آنودی و کاتدی در جایی که نمودار حالت خطی دارد، تعریف می شود و  $v$  نیز سرعت روبش پتانسیل است.



شکل 4 نمودار شدت جریان پیک (الف) آنودی و (ب) کاتدی الکتروکودس گرافیت اصلاح شده به وسیله ی نانوذرات نیکل به سرعت روبش پتانسیل در محلول NaOH یک مولار

$$E_p = E^0 + \frac{RT}{(1-\alpha)nF} \ln \left[ \frac{(1-\alpha)Fv}{RTk_s} \right] \quad (2)$$

$$\ln k_s = \alpha \ln(1-\alpha) + (1-\alpha) \ln \alpha - \ln \left( \frac{RT}{nFv} \right) - \frac{\alpha(1-\alpha)nF\Delta E_p}{RT} \quad (3)$$



شکل 5  $E_p$  به دست آمده از ولتاموگرام رسم شده در شکل 2

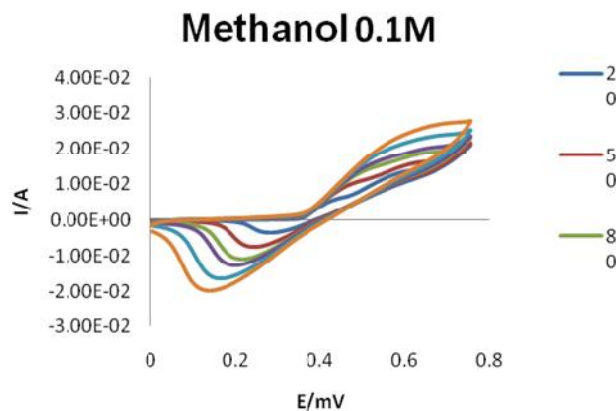
به وسیله نکات زیر مورد حمایت قرار داد:

1- از آنجایی که گونه های  $Ni(OH)_2$  و  $NiOOH$  الکتروکود جذب شده اند، انرژی گیبس جذب، فرایند اکسایش این گونه ها را مقداری سریع تر از متانول می سازد.  
2- واکنش کاتالیست بین متانول و گونه های  $Ni^{3+}$  فرایندی آهسته است. دلیل آن را می توان به نفوذ آسته متانول از توده ی محلول به سطح الکتروکود، انجام فرایند انتقال الکترون از طریق فیلم اکسید نیکل، تفاوت در برگشت پذیری دو فرایند اکسایش متانول  $Ni^{2+}/Ni^{2+}$  (فرایند اکسایش  $Ni(OH)_2/NiOOH$  برگشت پذیر در حالی که فرایند اکسایش متانول برگشت ناپذیر [12].

لازم به ذکر است که پیک کاتدی ظاهر شده افزون بر احیای  $Ni^{3+}$   $Ni^{2+}$  به فرایند کاهش اکسیژن در این پتانسیل که در سرعت های روبش بالا بیشتر رخ می دهد نیز می تواند مربوط باشد [13].

با استفاده از شیب این نمودارها و با استفاده از رابطه 3  $\alpha$  محاسبه می شود. همچنین با به کار بردن رابطه 2  $k_s$  را نیز می توان [10].

شکل 5 اثر سرعت روبش پتانسیل را بر حسب شدت جریان پیک اکسایش متانول بر روی سطح گرافیت اصلاح شده به وسیله نانو ذرات نیکل نشان می دهد. همان طور که در ولتاموگرام رسم شده مشاهده می شود، با افزایش سرعت روبش پتانسیل چگالی جریان پیک اکسایش افزایش می یابد. همچنین یک جابه جایی کوچک در پتانسیل به سمت مقادیر بالاتر نیز اتفاق می افتد که این جابه جایی پتانسیل به احتمال به دلیل افت IR تولید شده در مقایسه چگالی جریان بالا است. پیک کاتدی در سرعت های روبش پایین مقدار کمی دارد ولی با افزایش سرعت روبش پتانسیل مقدار آن نیز افزایش می یابد. این پدیده مشخص می کند که الکترواکسایش گونه های نیکل به عدد اکسایش بالاتر  $Ni(OH)_2$  و  $NiOOH$  سریع تر از اکسایش کاتالیستی متانول است، این نتیجه را می توان



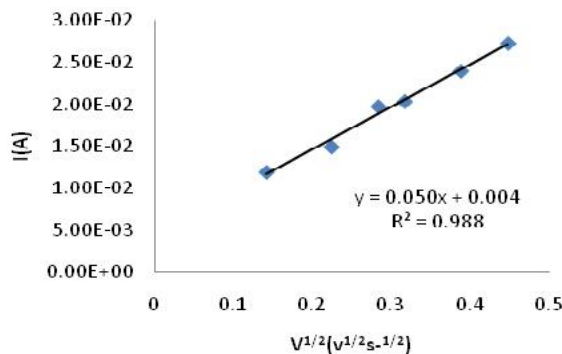
شکل 6 ولتاموگرام چرخه ای الکتروگرافیت اصلاح شده با نانو ذرات نیکل در 1 NaOH  
0/1 20 50 80 100 150 200 میلی ولت بر ثانیه

$$I_p = (2.687 \times 10^5) n^{3/2} A C_0 \nu^{1/2} D_0^{1/2} \quad (4)$$

در این رابطه A سطح الکتروگرافیت بر حسب  $\text{cm}^2$   $C_0$   $\text{mol/cm}^3$   $\nu$  شدت جریان پیک  $\text{V/s}$   $I_p$   $\text{A}$   $n$  تعداد الکترون مبادله شده در نیم واکنش اکسایش است. برای ضریب نفوذ متانول  $D_0 = 1.41 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ .

اگر مقادیر پتانسیل را بر حسب  $\ln(\nu)$  رسم کنیم یک رابطه خطی بین پتانسیل پیک های اکسایش و  $\ln(\nu)$  وجود دارند که از شیب 5 می توان فاکتور ضریب انتقال الکترون (a) را محاسبه کرد.

همچنین شکل 7 نمودار شدت جریان پیک اکسایش متانول بر روی سطح الکتروگرافیت اصلاح شده به وسیله نانو ذرات نیکل نسبت به ریشه دوم سرعت روبش پتانسیل نشان می دهد. همان طور که در این شکل مشاهده می شود جریانات پیک آندی به طور خطی با ریشه دوم سرعت روبش پتانسیل متناسب است. پیشنهاد می کنند که اکسایش متانول در این الکتروگرافیت به وسیله نفوذ گونه های متانول از محلول توده به سطح مکان های ردوکس کنترل می شود بر اساس معادله ی رندلس-سوسیک 1 (4) شدت جریان پیک نسبت مستقیم با ریشه ی دوم سرعت روبش پتانسیل دارد. طبق معادله ی زیر می توان ضریب نفوذ متانول را محاسبه نمود:



شکل 7 نمودار تغییرات شدت جریان پیک اکسایش متانول نسبت به ریشه ی دوم سرعت روبش پتانسیل در حضور سود 1  
0/1

m: مرتبه واکنش است.

شکل 6  $\log I$  vs  $\log C$  از شیب خط  $\log I$  در پتانسیل ثابت و با استفاده از:

$$\log I = \log(nFk) + m \log C$$

مرتبه واکنش (m) 0/545

که عدد  $2/81 \times 10^{-7}$  [13].

تعداد زیادی مکانسیم برای الکترواکسایش الکل ها بر روی نیکل در محلول های قلیایی پیشنهاد شده است. فلیشمان و همکارانش نقش حد واسطه / کاتالیست را پیشنهاد کردند. افراد دیگری عنوان کردند که اکسایش متانول بعد از تبدیل کامل  $Ni(OH)_2$  در طی یک روبش پتانسیل آندی رخ می دهد. ورتس و هورانی از مکانسیم فلیشمان انتقاد کردند و سوظن های برجسته  $NiOOH$  به عنوان الکتروکاتالیست وارد کردند.

در مشاهدات آزمایشگاهی آن ها یک پیک اکسایش جدید برای الکل ها در پتانسیلی مثبت تر از پتانسیل اکسایش  $Ni(OH)_2$  به دست آوردند. بر طبق چگالی ی جریان زیاد به دست آمده در حضور متانول و همچنین مشاهده یک پیک اکسایش جدید برای اکسایش متانول در پتانسیلی مثبت تر از پتانسیل اکسایش  $Ni(OH)_2$  عنوان کردند که قسمتی از جریان آندی به دلیل اکسایش متانول به وسیله ی  $NiOOH$  به دلیل ناپدید شدن پیک

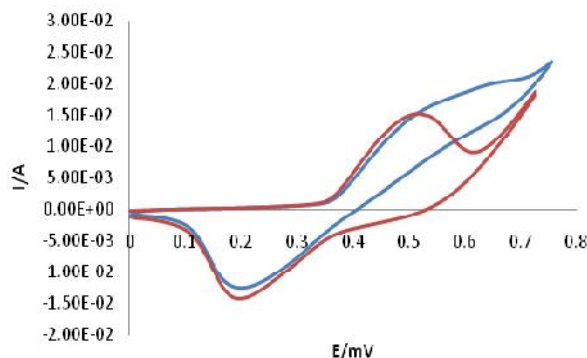
$$E_p = (RT/nF) \ln(v) + \text{constant} \quad (5)$$

با استفاده از شیب نمودار، مقدار ضریب انتقال الکترون 0/538

با افزودن متانول به الکترولیت NaOH، چگالی ی جریان پیک اکسایش به مقدار قابل توجه ای افزایش می یابد. که این امر نشان دهنده انجام فرایند اکسایش متانول و جریان به دست آمده از این فرایند بر روی سطح کاتالیست نانو ذرات نیکل است (شکل 8). با افزایش غلظت متانول جریان پیک اکسایش نیز افزایش می یابد. بنابراین الکترو اکسایش کاتالیستی متانول بر روی سطح الکتروود بدون شک رخ داده است. در واقع با افزایش غلظت متانول در محلول، مولکول های متانول بیشتری به سطح الکتروود می رسد و این امر منجر به افزایش جریان پیک اکسایش می شود. فرایند نفوذ در این گستره غلظتی مهمترین نقش را ایفا می کند. حال اگر نمودار لگاریتم جریان پیک اکسایش متانول را بر حسب لگاریتم غلظت متانول رسم کنیم شکل 9 یک خط راست با شیب مشخص به دست می آید که با استفاده از این شیب و معادله 6 می توان مرتبه واکنش m را محاسبه کرد.

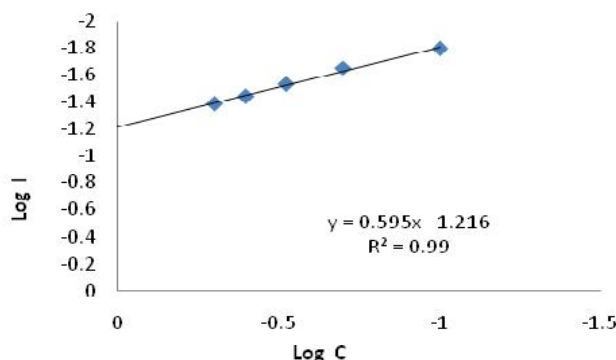
$$I = n.F.k.C^m \quad (6)$$

I: چگالی جریان پیک اکسایش متانول، n: تعداد الکترون مبادله  
F: Faraday constant  
k: rate constant  
C: concentration



شکل 8 0/1 مولار بر روی الکتروود گرافیت اصلاح

شده با نانو ذرات نیکل در الکترولیت سود 1مولار با سرعت روبش پتانسیل 100 میلی ولت بر ثانیه



شکل 8 نمودار تغییرات  $\log I$  در محلول الکترولیت 1 NaOH و با سرعت روبش پتانسیل 50 میلی ولت بر ثانیه

پژوهش، مکانیسم فلشمان مورد تأیید قرار می گیرد.

### نتیجه گیری

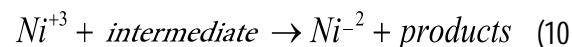
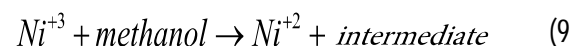
نمودارهای ولتامتری چرخه ای الکتروگرافیت اصلاح شده به وسیله ی نانو ذرات نیکل به روش الکتروکولس در الکترولیت 1 NaOH مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به پیک های اکسایش و کاهش مشاهده شده در این ولتاموگرام ها، این نتیجه به دست آمده که در طی اعمال پتانسیل،  $Ni(OH)_2$  برگشت پذیر به  $NiOOH$  یعنی نیکلی با درجه اکسایش بالاتر تبدیل می شود که این گونه ی  $Ni^{3+}$  تولید شده، به عنوان گونه الکتروکاتالیست مورد نظر که مسوول اکسایش متانول در مراحل

منحنی های ولتامتری اکسایش متانول بر روی سطح الکتروگرافیت اصلاح شده با نانو ذرات نیکل در الکترولیت 1 NaOH، انجام فرایند اکسایش متانول را به خوبی مورد تأیید قرار دادند. اثر غلظت متانول بر جریان پیک اکسایش متانول مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که با افزایش غلظت متانول چگالی جریان پیک اکسایش نیز افزایش می یابد همچنین فرایند نفوذ در گستره ی غلظتی به کار رفته، مهمترین نقش را ایفا می کند. از آنجایی که بیشتر بودن ماکزیمم جریان در پیک ولتاموگرام نشان دهنده بهتر بودن شاخصه کاتالیستی است، لذا با مقایسه داده های این مطالعه با مقالات کار شده [8، 10] در این زمینه می توان نتیجه گرفت که هرچه ذرات پوشش ریزتر باشد، چون نسبت سطح به حجم افزایش می یابد خاصیت کاتالیستی بهتر می شود.

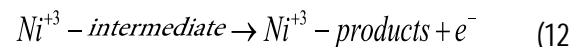
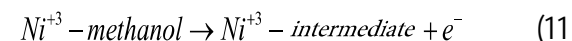
کاهش  $NiOOH$  در روبش منفی و قسمتی از جریان به دلیل اکسایش متانول بر سطح لایه ای اکسید شده به وسیله ی الکترو اکسایش مستقیم است. تغییر ردوکس گونه ای نیکل موجود در فیلم را می توان به صورت زیر نشان داد:



متانول بر روی سطح اصلاح شده از طریق واکنش زیر اکسید :



جایی که مکان های  $Ni^{3+}$  به وسیله منبع نیرو و بر روی سطح اکسید  $Ni^{3+}$  الکترواکسایش مستقیم دوباره تولید می شوند.



(9) (10) بر طبق مکانیسم فلشمان است و در معادلات (11) (12) به عنوان سطح فعال برای اکسایش متانول استفاده می شود که با توجه به نتیجه ها به دست آمده در این



Electroanalytical Chemistry. 394(1-2);267-70; 1995.

[8] El-Shafei AA. Journal of Electroanalytical Chemistry. 471(2):89-95; 1999.

[9] Bard AJ FL., Electrochemical methods. New York: Wiley 2001.

[10] Danaee I., Jafarian M., Forouzandeh F., Gopal F., Mahjani MG. International Journal of Hydrogen Energy. 33(16);4367-76; 2008.

[11] Laviron E. Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry. 101(1):19-28. 1979.

[12] Golikand A. N., Asgari M., Maragheh MG, Shahrokhian S. Journal of Electroanalytical Chemistry. 588(1):155-60. 2006

[13] M.A. Abdel Rahim. Khalil; Journal of Power Sources. 134;160-9; 2004.

[1] Liu Y. Luo S. Wei W. Liu X. Zeng X. Microchimica Acta. 164(3):351-5; 2009.

[2] Nishimura K, Machida K, Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry. 251(1):117-25; 1988.

[3] Parsons R, VanderNoot T. Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry. 257(1-2):9-45; 1988.

[4] King WD, Corn JD, Murphy OJ, et al. The Journal of Physical Chemistry B. 107(23);5467-74; 2003.

[5] Antolini E. Materials Chemistry and Physics. 78(3):563-73; 2003.

[6] Gonçalves RSe, Azambuja DS, Serpa Lucho AM. Corrosion Science. 44(3):467-79; 2002.

[7] Berchmans S., Gomathi H., Rao GP. Journal of

## Using nickel nanoparticles coated graphite as an electrode in methanol fuel cell

A. Raufi Kian\* and S. A. Sayed.Sadjadi

Department of chemistry, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Received: May 2011, Revised: October 2011, Accepted: November 2011

**Abstract:** The nickel modified graphites prepared by electroless deposition method were examined for their redox ability and electrocatalytic activities towards the oxidation of methanol in alkaline solutions using the cyclic voltammetry (CV) method was employed. The nickel modified graphite catalyzed methanol oxidation in alkaline medium via  $\text{Ni}^{3+}$  species (mainly NiOOH). The dependence of the oxidation current on methanol concentration and scan rate was discussed. It was concluded from the electrochemical measurements that methanol oxidation starts as NiOOH is formed on the electrode surface. Also in this paper we calculated some physiochemical parameters in order to investigate more about the oxidation process

**Keywords:** Nickel coated graphite, Oxidation of methanol, Methanol fuel cell