

نانوکامپوزیت آهن (III) هیدروکسید / گرافن اکسید و بررسی جذب سرب با استفاده از آن

شبنم ششمانی^{۱*}، مرضیه عرب فشاپویه^۲ و راحله امینی^۲

۱- دانشیار شیمی معدنی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرری، تهران، ایران
۲- کارشناس ارشد شیمی معدنی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرری، تهران، ایران

دریافت: تیر ۱۳۹۱، بازنگری اول: شهریور ۱۳۹۱، بازنگری دوم: مهر ۱۳۹۱، پذیرش: آبان ۱۳۹۱

چکیده: در این پژوهش، پس از تهیه و شناسایی صفحه‌های گرافن اکسید، تثبیت نانو ذرات آهن (III) هیدروکسید روی این صفحه‌ها با استفاده از روش رسوبدهی انجام گرفت. گرافن اکسید و کامپوزیت تهیه شده با استفاده از روش‌های FT-IR، XRD، Raman، AFM و SEM شناسایی شدند. نتیجه‌ها نشان داد که ذرات آهن (III) هیدروکسید با اندازه ۲۴ نانومتر به صورت یکنواخت روی سطح گرافن اکسید تثبیت شده است. میزان درصد جذب یون‌های فلزی Zn^{2+} ، Ni^{2+} ، Co^{2+} و Cr^{3+} و Pb^{2+} با استفاده از این کامپوزیت به ترتیب برابر با ۲۹،۳، ۳۹، ۳۵،۰، ۷،۹ و ۹۸،۸ است. این کامپوزیت در جذب سرب به صورت انتخابی عمل کرده است.

واژه‌های کلیدی: گرافن اکسید، کامپوزیت، آهن (III) هیدروکسید، جذب سرب

مقدمه

در مقیاس نانو مشاهده نشده است. مشاهده اثر کوانتومی هال در دمای اتاق [۹ و ۱۰]، تحرک الکترونی بسیار بالا و مسیر پویا آزاد الکترونی طولانی [۱۱ تا ۱۳]، آبر رسانایی گرمایی [۱۴ و ۱۵]، مقاومت مکانیکی بالا [۱۶]، انعطاف‌پذیری [۱۷ و ۱۸]، جذب برخی از یون‌های فلزی [۱۹] و ویژگی‌های کاتالیستی از ویژگی‌های قابل توجه گرافن است [۲۰]. در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی برای توسعه روش‌های متفاوت تولید گرافن و کامپوزیت‌های آن صورت پذیرفته است [۲۱ و ۲۲].

همان‌طور که گفته شد، یکی از ویژگی‌های گرافن و کامپوزیت‌های آن جذب آلاینده‌های آب و خاک است [۲۳]. از میان این آلاینده‌ها، سرب به دلیل فراوانی مصرف آن در صنعت یکی از مهم‌ترین آلوده‌کننده‌های محیط زیست در جهان امروزی به شمار می‌آید. این فلز به صورت ذرات ریز همراه دود و گرد و

اتم‌های کربن در ساخت ترکیب‌های شیمیایی بسیاری شرکت دارند و پایه و اساس فناوری‌های متفاوتی هستند. این اتم‌ها علاوه بر ترکیب شدن با عنصرهای دیگر می‌توانند با اتم‌های کربن نیز پیوند دهند و به صورت زنجیرهای طولانی درآیند. اندازه کوچک و ساختار الکترونی کربن، آن را به عنوان یک عنصر ویژه با قابلیت تولید ساختارهای چند بُعدی با ویژگی‌های جالب توجه تبدیل کرده است. گرافن لایه‌ای از گرافیت و به عنوان یک آلوتروپ دو بُعدی از کربن با ساختار صفحه‌ای شبکه مانند لانه زنبوری است. این ماده جزء قوی‌ترین موادی است که تاکنون اندازه‌گیری شده است. این ترکیب به عنوان بلوک‌های ساختمانی نانو لوله‌های کربنی و فولرین‌های بزرگ است [۱ تا ۸]. گرافن ویژگی‌های فیزیکی عجیبی از خود نشان می‌دهد که پیش از این

اسید (۱۸ میلی لیتر) در یک حمام یخ صفر درجه همراه با هم زدن شدید با یکدیگر مخلوط شده، سپس پودر گرافیت (۱ گرم) آهسته به مخلوط اسیدی افزوده شد. آن گاه پتاسیم کلرات (۱۱ گرم)، در مدت زمان ۱ ساعت به آهستگی به مخلوط افزوده شد به طوری که دمای آن از ۲۰ °C فراتر نرود. به منظور خالص سازی، ترکیب خمیری سیاه رنگ با آب دیونیزه تا رسیدن به pH برابر با ۷ شست و شو داده شد. در انتها رسوبات به دست آمده در آن خالص در دمای ۶۰ °C خشک شده که در این حالت پودر سیاه رنگ گرافیت اکسید به دست آمد. فرآورده به دست آمده به وسیله روش‌هایی مانند IR, XRD, Raman, AFM و SEM مورد شناسایی قرار گرفت.

تهیه نانوکامپوزیت آهن (III) هیدروکسید / گرافن اکسید

برای تهیه نانوکامپوزیت، پودر گرافن اکسید تهیه شده به روش بالا (۳۴۵ میلی گرم) به مدت ۳۰ دقیقه در آب یون زدایی شده (۱۰ میلی لیتر) در مجاور امواج صوتی قرار گرفت. سپس به این سوسپانسیون، سولفات آهن (۱۰۰ میلی گرم) افزوده شده و مخلوط به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق همزده شد. لازم به ذکر است که در طی این واکنش، محلول هیدروژن پراکسید (۱۰ میلی لیتر) در مدت زمان ۶ ساعت به این مخلوط افزوده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت آمونیم هیدروکسید به این مخلوط افزوده شده تا pH مخلوط به ۸ برسد. با افزایش آمونیم هیدروکسید رنگ مخلوط به قرمز و در نهایت به قرمز تیره تبدیل می‌شود که دلیل وجود $Fe(OH)_3$ است. سپس، محتویات به شیشه ساعت منتقل و روی حمام آب گرم قرار داده شد تا آب آن تبخیر شود. جامد به دست آمده با آب گرم شسته شده و در آن خلا در دمای ۸۵ °C خشک شد. فرآورده به دست آمده به وسیله روش‌هایی مانند IR, XRD و SEM مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی جذب سرب با استفاده از نانوکامپوزیت آهن (III)

هیدروکسید / گرافن اکسید

برای بررسی میزان درصد جذب، ۰/۰۶ گرم از کامپوزیت در

غبار در هوا معلق بوده و درآب و غذای روزمره انسان نیز وارد شده است [۲۳]. بیشترین اثر سمی سرب با جذب در پروتئین‌ها بر مغز و اعصاب وارد می‌شود. سرب در نظم ضربان قلب، انقباض عضلات، سلامت استخوان‌ها، زمان انعقاد خون و فعالیت کلیه‌ها اختلال به وجود می‌آورد و با مهار کردن دو آنزیم اصلی در چرخه هموگلوبین باعث کم خونی می‌شود. مسمومیت‌های شدید و طولانی مدت با سرب منجر به کم خونی، ضایعه کلیوی، تشنجات عصبی، کاهش ضریب هوشی شده و ممکن است به اغما و حتی مرگ منتهی شود [۲۴].

لازم به ذکر است که در بیشتر منابع میزان جذب کامپوزیت در مجاور یک نوع یون فلزی بررسی شده است و جذب هم‌زمان و رقابت سایر یون‌ها مورد توجه نبوده است [۲۳ و ۲۴]. بنابراین، در این پژوهش پس از تهیه و شناسایی گرافن اکسید و نانو کامپوزیت آن با آهن (III) هیدروکسید، جذب هم‌زمان چند یون فلزی مانند Pb^{2+} و Cr^{3+} ، Co^{2+} ، Ni^{2+} ، Zn^{2+} مورد بررسی قرار گرفت.

بخش تجربی

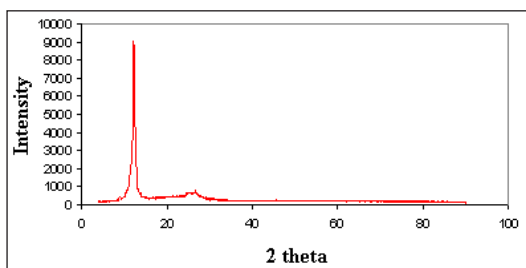
مواد و دستگاه‌ها

تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده دارای خلوص آزمایشگاهی هستند. از دستگاه سانتریفوژ مدل Universal 320 Hettich و حمام التراسونیک مدل Elmasonic 60 H استفاده شد. هم‌چنین برای شناسایی فرآورده‌های به دست آمده از دستگاه‌های طیف‌سنجی زیر قرمز (IR)، مدل Tensor 27 Bruker، دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD)، مدل Philips PW 1800 Diffractometer، دستگاه طیف‌سنجی رامان (Raman spectroscopy)، مدل Senterra Bruker، دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM) مدل MIRATESCAN, HV:20kV و دستگاه میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)، مدل C26, DME, Denmark Dualscope / Rasterscope استفاده شد.

تهیه گرافن اکسید با استفاده از روش استادن مایر [۲۵]

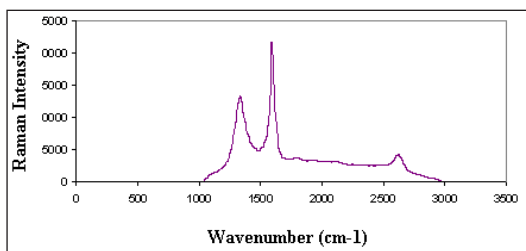
برای تهیه این ترکیب، نیتریک اسید (۹ میلی لیتر)، سولفوریک

در الگوی پراش پرتو ایکس این ترکیب (شکل ۲) یک پیک با شدت بسیار بالا مربوط به گرافن اکسید در ناحیه $2\theta = 12.2^\circ$ با فضای بین لایه‌های 3.35 \AA و یک پیک بسیار ضعیف در ناحیه $2\theta = 12.2^\circ$ با فضای بین لایه‌های 3.35 \AA که حاکی از وجود مقدار بسیار اندکی از گرافیت اکسید نشده در محیط است، مشاهده شده است. تغییر فضای بین لایه‌های گرافیت از 3.35 به 7.22 \AA نشان از قرار گرفتن گروه‌های عاملی اکسیژن دار و افزایش ضخامت صفحات کربنی است.



شکل ۲ الگوی پراش پرتو ایکس گرافن اکسید تهیه شده با استفاده از روش استادن مایر

به منظور بررسی‌های بیشتر، ترکیب گرافن اکسید به دست آمده از روش استادن مایر با استفاده از طیف سنجی رامان نیز مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۳). طیف گرافن اکسید به دست آمده در ناحیه 1332 cm^{-1} یک نوار ارتعاشی (نوار D)، متعلق به اتم‌های کربن sp^3 را از خود نشان می‌دهد. این گستره متعلق به اتم‌های کربنی است که گروه‌های عاملی اکسیژن دار روی آن‌ها قرار گرفته است. همچنین در ناحیه 1592 cm^{-1} یک نوار ارتعاشی (نوار G)، متعلق به اتم‌های کربن sp^2 که حاکی از وجود تعدادی از اتم‌های کربن دست نخورده که در شبکه گرافیتی باقی مانده‌اند، است. در ناحیه 2622 cm^{-1} یک نوار ارتعاشی (نوار 2D) که مربوط به اورتون‌های نوار D است، نیز مشاهده شده است.



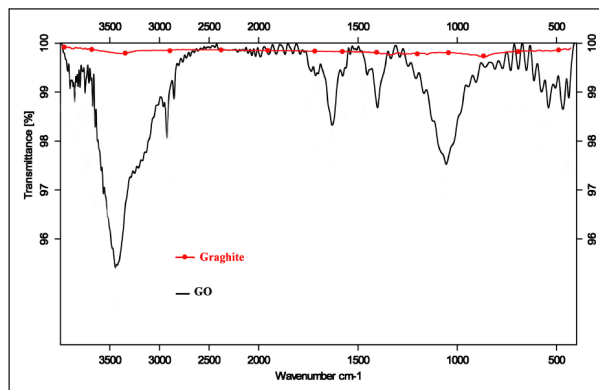
شکل ۳ طیف رامان گرافن اکسید تهیه شده از روش استادن مایر

مجاور محلول حاوی یون‌های فلزی Cr^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} و Pb^{2+} با غلظت ۲۰ ppm در دمای اتاق قرار داده شد. سوسپانسیون به دست آمده به وسیله همزن مغناطیسی به مدت ۳۰ دقیقه مخلوط شد. پس از سانتریفوژ و جداسازی کامپوزیت، میزان درصد جذب همزمان یون‌های فلزی اندازه‌گیری شد.

نتیجه‌ها و بحث

شناسایی گرافن اکسید

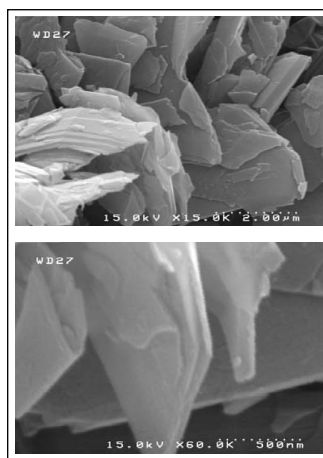
گرافن اکسید تهیه شده از روش استادن مایر با استفاده از طیف‌سنجی IR و پراش پرتو ایکس شناسایی شد. مقایسه طیف IR گرافیت و گرافن اکسید در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود با انجام فرایند اکسایش ارتعاش پیوندهای کربن - اکسیژن شامل گروه‌های هیدروکسیل، اپوکسی، کربونیل و کربوکسیل ظاهر شده است. دو نوار ارتعاش کششی مربوط به پیوند C-O که متعلق به کربن متصل به گروه هیدروکسیل و کربوکسیل است، به ترتیب در ناحیه‌های 1055 cm^{-1} و 1401 cm^{-1} مشاهده می‌شود. همچنین نوار ارتعاش کششی مربوط به پیوند C-O-C از گروه اپوکسی در ناحیه 1207 cm^{-1} ظاهر شده است. از طرف دیگر می‌توان دو نوار ارتعاش کششی مربوط به پیوند C=C متعلق به کربن‌های اکسید نشده در ناحیه 1629 cm^{-1} و پیوند C=O گروه کربوکسیل در ناحیه 1735 cm^{-1} را ملاحظه کرد. در نهایت یک ارتعاش قوی در ناحیه 3443 cm^{-1} متعلق به ارتعاش کششی پیوند O-H نیز دیده می‌شود.



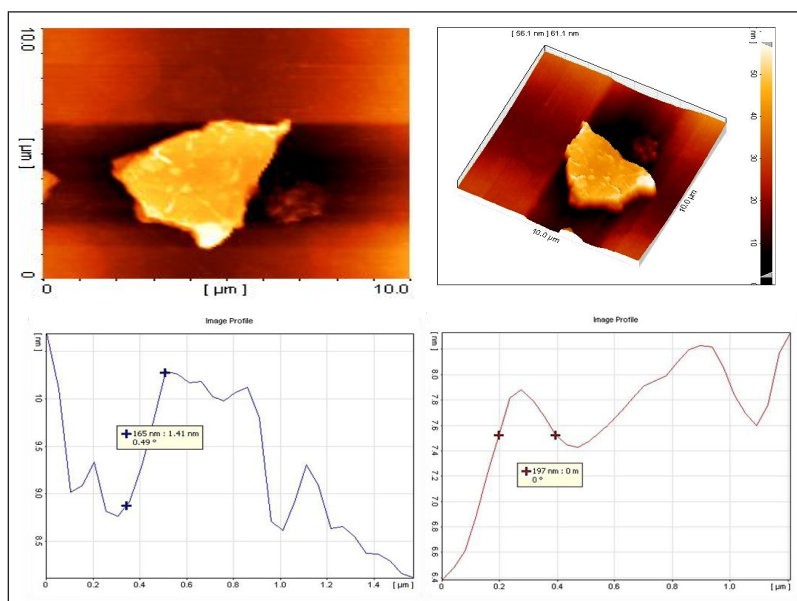
شکل ۱ مقایسه طیف IR در گستره زیرقرمز میانی گرافیت و گرافن اکسید

شناسایی نانوکامپوزیت آهن (III) هیدروکسید / گرافن اکسید نانوکامپوزیت تهیه شده با استفاده از طیف سنجی IR و پراش پرتو ایکس شناسایی شد. شکل ۶ مقایسه طیف IR در گستره زیرقرمز میانی گرافن اکسید و کامپوزیت آن با آهن (III) هیدروکسید را نشان می‌دهد. نتیجه‌های طیف سنجی IR بیانگر وجود کلیه گروه‌های عاملی مربوط به گرافن اکسید با جابه‌جایی اندک است. کاهش شدت نوار ارتعاش کششی مربوط به پیوند C-O در ناحیه 1041 cm^{-1} و پهن شدگی نوار ارتعاشی ناحیه 3000 cm^{-1} را می‌توان به ترتیب به اتصال آهن به پیوندهای C-O و افزایش گروه‌های عاملی OH که از سوی آهن (III) هیدروکسید تامین می‌شود، نسبت داد. همچنین نوار مربوط به ارتعاش کششی پیوند Fe-O در ناحیه 607 cm^{-1} مشاهده شده است. الگوی پراش پرتو ایکس این ترکیب در شکل ۷ آورده شده است. از مقایسه این الگو با الگوی پراش پرتو ایکس گرافن اکسید می‌توان گفت که پیک بسیار شدید ناحیه $2\theta = 12.2^\circ$ با فضای بین‌لایه‌ای 7.22 \AA با پیک پهن در ناحیه $2\theta = 19-39^\circ$ با فضای بین‌لایه‌ای 8.03 \AA جایگزین شده است. افزایش فضای بین‌لایه‌ای و تغییر قابل توجه در الگوی پراش پرتو ایکس می‌تواند بیانگر تشکیل کامپوزیت باشد.

تصویرهای میکروسکوپ الکترونی و میکروسکوپ نیروی اتمی نمونه گرافن اکسید به ترتیب در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. شکل ۴ تصویرهای میکروسکوپ الکترونی گرافن اکسید که به صورت صفحه‌ای است را ارائه می‌دهد. شکل ۵ یک نمایش سه بُعدی از سطح را نشان داده است که در آن سطح گرافن اکسید با دقت تفکیکی خوب و با جمع‌آوری داده‌های دقیق و تبدیل آن‌ها به مدل‌های سه بُعدی ترسیم شده است. لازم به ذکر است که پستی‌ها و بلندی‌ها در هر سه محور طول و عرض و ارتفاع گزارش می‌شوند.

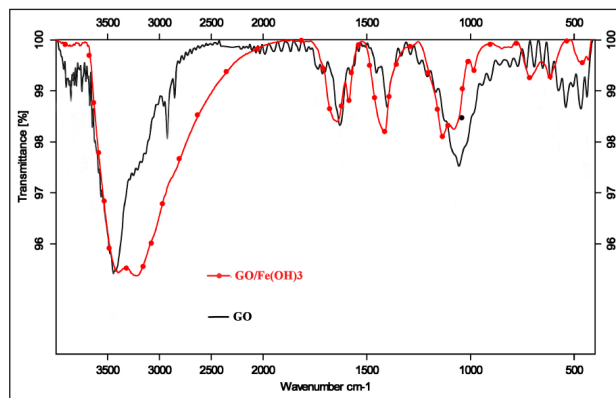


شکل ۴ تصاویر میکروسکوپ الکترونی از گرافن اکسید تهیه شده با روش استادن مایر



شکل ۵ تصویرهای میکروسکوپ نیروی اتمی از گرافن اکسید تهیه شده با روش استادن مایر

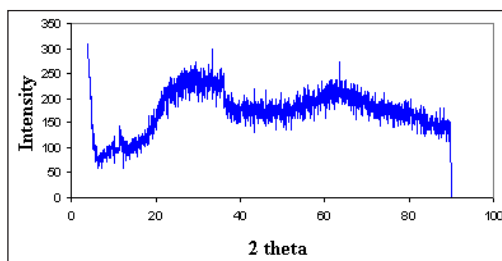
لازم به ذکر است که تثبیت نانو ذرات روی سطح گرافن اکسید به وسیله میکروسکوپ الکترونی نیز تأیید شده است (شکل ۸ الف و ب). همان طور که در شکل ۸ (ب و ج) نشان داده شده است نانو ذرات با اندازه ۲۴ نانومتر روی سطح گرافن اکسید به صورت نقاط روشن آشکار شده‌اند و به طور یکنواخت روی سطح کامپوزیت توزیع شده‌اند. توزیع یکنواخت ذرات آهن (III) هیدروکسید روی سطح کامپوزیت به کوئوردینه شدن آهن با گروه‌های عاملی گرافن اکسید نسبت داده می‌شود. همچنین اجزای کامپوزیت تهیه شده به وسیله تجزیه EDS تأیید شد (شکل ۸ د). نسبت وزنی گرافن اکسید به آهن برابر با ۲/۴۶ است.



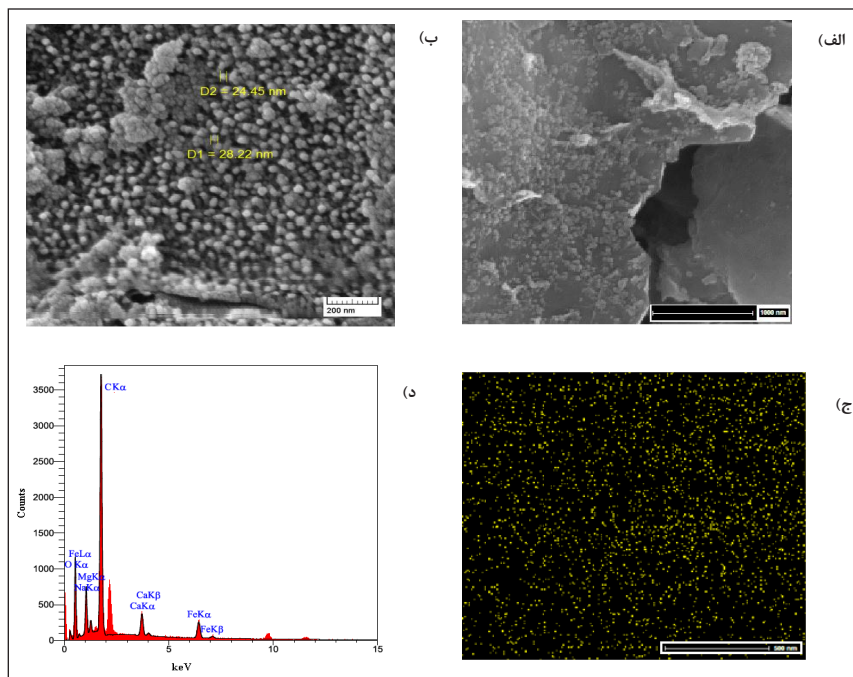
شکل ۶ مقایسه طیف IR در گستره زیرقرمز میانی گرافن اکسید و کامپوزیت آن با $Fe(OH)_3$

بررسی جذب سرب با استفاده از نانوکامپوزیت آهن (III) هیدروکسید / گرافن اکسید

آزمایش‌های انجام شده در این پژوهش نشان داد که نانو کامپوزیت آهن (III) هیدروکسید / گرافن اکسید کامپوزیت مناسبی برای جذب یون سرب است. میزان درصد جذب سرب در محلولی حاوی یون‌های فلزی Zn^{2+} ، Ni^{2+} ، Co^{2+} ، Cr^{3+} و Pb^{2+} با استفاده از این



شکل ۷ الگوی پراش پرتو ایکس نانو کامپوزیت آهن (III) هیدروکسید / گرافن اکسید



شکل ۸ تصویرهای میکروسکوپ الکترونی و تجزیه EDS نانو کامپوزیت آهن (III) هیدروکسید / گرافن اکسید

OH و COOH در گرافن اکسید کوئوردینه شدن به یون فلزی را ممکن می‌کند. لازم به ذکر است که یون‌های فلزی در ایجاد این برهم‌کنش‌ها با یکدیگر در رقابت هستند. یون‌های فلزی در برخورد با نانو کامپوزیت رفتارهای متفاوتی از خود بروز داده و با مکانیزم سه مرحله‌ای که شامل نفوذ خارجی یون فلزی با نانو کامپوزیت، نفوذ درون نانو کامپوزیت و جذب در نانو کامپوزیت است، حذف می‌شوند.

سپاسگزاری

این پژوهش برگرفته از طرح پژوهشی (سنتز گرافن به روش‌های شیمیایی و مقایسه آن‌ها) است که با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری به اجرا درآمده است، بدین‌وسیله از آن واحد دانشگاهی، تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

کامپوزیت در دمای اتاق برابر با ۹۸٫۸٪ به دست آمد و این در حالی است که میزان جذب یون‌های فلزی دیگر شامل Cr^{3+} ، Co^{2+} ، Ni^{2+} و Zn^{2+} به ترتیب برابر با ۳۹٫۳، ۳٫۹، ۳۵٫۰ و ۷٫۹ است. به عبارتی این کامپوزیت در جذب سرب به صورت انتخابی عمل کرده است. به طور کلی جذب یون‌های فلزی از محلول‌های آبی با استفاده از جاذب به دو نوع برهم‌کنش الکتروستاتیک و واندوالسی نسبت داده می‌شود. برهم‌کنش الکتروستاتیک به بارهای سطحی ایجاد شده روی سطح جاذب و برهم‌کنش واندروالسی به کوئوردینه شدن گروه‌های عاملی با یون‌های فلزی مربوط است. در گرافن اکسید شبکه کربنی گرافیت با هیبریداسیون sp^2 به شدت برهم‌خورده، گروه‌های هیدروکسیل و اپوکسی روی صفحه کربنی و گروه‌های کربوکسیل روی لبه‌ها قرار می‌گیرند. وجود گروه‌های

مراجع

- [1] Kroto, H.W.; Heath, J.; Smalley, R.E.; Nature, 318, 162, 1985.
- [2] Iijima, S.; Nature, 354, 56, 1991.
- [3] Novoselov, K.S.; Geim, A.K.; Morozov, S.V.; Jiang, D.; Zhang, Y.; Dobonos, S.V.; Science, 306, 666, 2004.
- [4] Novoselov, K.S.; Geim, A.K.; Morozov, S.V.; Jiang, D.; Nature, 438, 1970, 2005.
- [5] Terrones, M.; Botello-Mendez, A.; Campos-Delgado, J.; Lopez-Urias, F.; Nano Today, 5, 351, 2010.
- [6] Fuzellier, H.; Melin, J.; Herold, A.; Carbon, 15, 45, 1977.
- [7] Ubbelohde, A.R.; Lewis, L.A.; London, Oxford University Press, 1960.
- [8] Thompson, T.E.; Falardeau, E.R.; Hanlon, L.R.; Carbon, 15, 39, 1977.
- [9] Novoselov, K.S.; Jiang, Z.; Zhang, Y.; Kim, P.; Geim, A.K.; Science, 315, 1379, 2007.
- [10] Balandin A.A.; Ghosh, S.; Bao, W.; Lau, C.N.; Nano Letters, 8, 902, 2008.
- [11] Zhang, Y.B.; Tan, Y.W.; Stormer, H.L.; Kim, P.; Nature, 438, 201, 2005.
- [12] Novoselov, K.S.; Jiang, D.; Schedin, F.; Booth, T.J.; Geim, A.K.; Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102, 10451, 2005.
- [13] Oostinga, J.B.; Heersche, H.B.; Liu, X.; Nat Mater., 7, 151, 2008.
- [14] Kim, P.; Shi, L.; Majumda, A.; Phys. Rev. Lett., 87, 215502, 2001.
- [15] Jiang, J.W.; Lan, J.; Wang, J.S.; Li, B.; J. Appl. Phys., 107, 054314, 2009.
- [16] Yu, T.; Ni, Z.; Du, C.; J. Phys. Chem C., 112, 12602, 2008.
- [17] Rafiee, M.A.; Rafiee, J.; Srivastava, I.; Koratkar, N.; Small, 6, 179, 2010.
- [18] Sundaram, R.S.; Balasubramanian, K.; Adv. Mater., 20, 3050, 2008.
- [19] Hao, L.; Song, H.; Zhang, L.; Wan, X.; Tang, Y.; Yi Lv, Y.; Journal of Colloid and Interface Science, 369, 381, 2012.
- [20] Wang, P.; Yanhui Ao, Y.; Wang, C.; Hou, J.; Qian, J.; Carbon, 50, 5256, 2012.

- [21] Wang, X.; Hongwei, T.; Yan, Y.; Huan, W.; Shumin, W.; Weitao, Z.; Yichun, L.; Journal of Alloys and Compounds, 524, 5, 2012
- [22] Ramesha, G.K.; Sampath, S.; Sensors and Actuators B: Chemical, 160, 306, 2011.
- [23] Wang, Y.; Gao, S.; Zang, X.; Li, J.; Ma, J.; Anal. Chimica Acta, 716, 112, 2012.
- [24] Deng, X.; Lu, L.; Li, H.; Luo, F.; Journal of Hazardous Materials, 183, 923, 2010.
- [25] Staudenmaier, L.; Ber. Dtsch. Chem. Ges., 31, 1481, 1898.

Iron(III) Hydroxide / Graphene oxide Nanocomposite and Investigation of Lead Adsorption

Sh. Sheshmani^{1,*}, M. Arab-Fashapoyeh² and R. Amini²

1. Associate Prof. in Inorganic Chemistry, Department of Chemistry, Shahr-e Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. MSc in Inorganic Chemistry, Department of Chemistry, Shahr-e Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: July 2012, First Revised: September 2012, Second Revised: October 2012, Accepted: November 2012

Abstract: In this study, after preparation and characterization of graphene oxide sheets, immobilization of $\text{Fe}(\text{OH})_3$ nano particles was carried out by a chemical deposition method. Graphene oxide and its composite were characterized by FT-IR, XRD, Raman, AFM, and SEM. It was shown that the iron(III) hydroxide particles were 24.45 nm and homogeneously deposited on the surfaces of the graphene oxide sheets. The adsorption percentage of Cr^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} and Pb^{2+} metal ions in presence of this composite were 29.30, 3.85, 35.00, 7.85 and 98.83, respectively. The experimental data demonstrate selective adsorption of $\text{Pb}(\text{II})$ ion on the composite

Keywords: Graphene oxide, Composite, Iron(III) hydroxide, Lead adsorption