

بررسی اثر نانوذرات مغناطیسی اکسید نیکل در حذف فلزات سنگین کبالت و کادمیوم از آب آلوده

نادیا گراوند

گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم آباد، لرستان، ایران

صبا موسیوند*

گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم آباد، لرستان، ایران

چکیده

در این پژوهش نانوذرات اکسید نیکل در یک سلول الکتروشیمیایی دارای دو الکترود آند و کاتد از جنس نیکل و همچنین محلول الکترولیت آبی - آلی با اعمال ولتاژ ۱۰ ولت به مدت ۳۰ دقیقه با موفقیت تولید شدند. نتایج XRD نشان داد نمونه‌ها بس‌بلوری و دارای ساختار مکعبی می‌باشند. تصاویر SEM نشان می‌دهد که دمای الکترولیت بر اندازه‌ی میانگین و نیز پراکندگی ذرات بسیار مؤثر است و اندازه‌ی میانگین ذرات در حدود ۲۲ نانومتر است. نتایج VSM نشان داد ذرات دارای خاصیت سوپراپارامغناطیسی می‌باشند. کاربرد نانوساختارهای نیکل تولید شده به روش الکترواکسیداسیون در حذف کبالت و کادمیوم از آب آلوده بررسی شده است. نانوذرات ساخته شده اکسید نیکل در شرایط بهینه رشد بر روی دستگاه شیکر با آب آلوده مخلوط گردیدند. نتایج جذب اتمی نشان داد با استفاده از نانوذرات اکسید نیکل تهیه شده تحت شرایط بهینه رشد، بر روی دستگاه شیکر می‌توان ۹۶/۹٪ کبالت و ۷۱٪ کادمیوم از آب آلوده را حذف کرد.

واژگان کلیدی: اکسید نیکل، خواص مغناطیسی، کبالت، کادمیوم، آب آلوده

مقدمه

وجود منابع آب سالم بدون آلاینده‌های سمی و خطرناک، نیاز اولیه و ضروری برای داشتن جامعه‌ای سالم است. از جمله آلاینده‌های آب، فلزات سنگین هستند که از طرق مختلف مانند تصفیه پساب‌های صنعتی، تخلیه فاضلاب‌های شهری و غیره به محیط زیست وارد می‌شوند (Torkshavand et al, 2014). فلزات سنگین عناصری با پایداری بالا، غیر قابل تجزیه در بدن و دارای توانایی تجمع زیستی در زنجیره غذایی بوده و قابلیت انتقال به انسان را دارا هستند. حذف این فلزات سنگین از پساب‌ها برای حفظ محیط زیست و سلامت بشر ضروری است (Peter, 2001) و (Deng et al, 2007). کبالت و کادمیوم از جمله این فلزات سنگین هستند که از طریق منابع گوناگون به محیط زیست، پیکره گیاهان و نهایتاً به زنجیره غذایی انسان‌ها و حیوانات راه می‌یابند و خسارت‌های جدی به بار می‌آورند. از مهم‌ترین روش‌هایی که برای حذف و جداسازی یون‌های فلزات سنگین از محلول‌های آبی استفاده می‌شود می‌توان به رسوب‌دهی شیمیایی، تعویض (تبادل) یونی، اسمز معکوس، فیلتراسیون، فرآیندهای غشایی، تبخیر، استخراج با حلال، الکتروفلوتاسیون، روش‌های بیولوژیکی و جذب سطحی بر روی مواد جاذب اشاره کرد (Shafaei et al, 2007) و (Zhao et al, 2010). اغلب این روش‌ها دارای معایب قابل توجهی مانند نیاز به انرژی بالا و در نتیجه پرهزینه بودن فرآیند، راندمان اندک، نیاز به مواد شیمیایی خاص هستند. در پژوهش حاضر، تلاش شده است که یون‌های کبالت و کادمیوم توسط نانوساختارهای مغناطیسی حاصل از الکترواکسایش فلز نیکل از آب آلوده حذف شوند. بهترین روش حذف باید یک روش سریع، تمیز، ارزان و سازگار با محیط زیست باشد. روش الکتروکریستالیزاسیون یک تکنیک کارآمد است که در آن نانو جاذب‌ها با اعمال ولتاژ و گذشت زمان با اکسایش آند و نیز کاهش آب در سطح کاتد در محلول الکترولیت تولید می‌شوند (Kazeminezhad and Mosivand, 2017).

روش تحقیق

در این تحقیق برای ساخت نانوذرات مغناطیسی اکسید نیکل روش الکترواکسیداسیون بکار گرفته شد. در این روش سلول الکتروشیمیایی حاوی دو قطعه کوچک از فلز نیکل به ابعاد $2\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ و $4\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ به ترتیب به عنوان آند و کاتد و محلول الکترولیت با غلظت 0.075 مولار نمک تترامیتل آمونیوم کلراید آماده شد. به منظور زدودن آلودگی‌های احتمالی از روی سطح الکترودها ابتدا به صورت مکانیکی توسط سنباده سایش شدند که موجب برطرف شدن آلودگی‌های ظاهری از سطح الکترودها شد. سپس برای از بین بردن تمام ناخالصی‌ها و آلودگی‌های برجای مانده پس از سونش مکانیکی که قابل مشاهده نیستند از امواج فراصوت استفاده شد. به این منظور الکترودها به مدت ده دقیقه در دمای اتاق درون حمام آلتراسونیک با اتانول قرار گرفتند و بعد از شستشو با آب مقطر کاملاً خشک و آماده ماسک‌گذاری گردیدند.

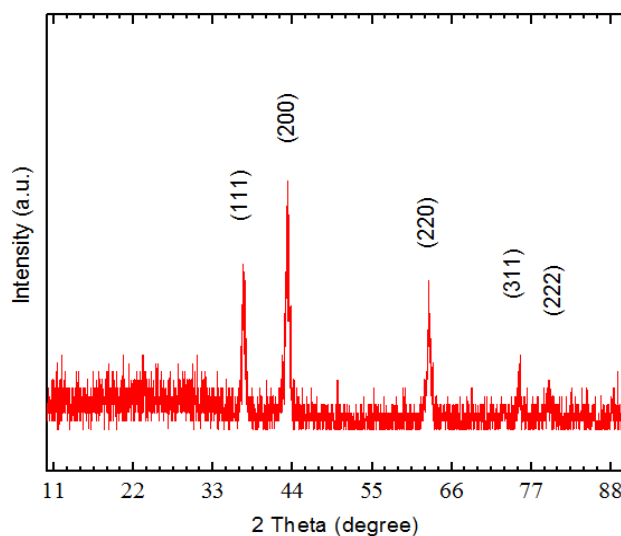
پس از سونش و پاکسازی کامل الکترودها، به منظور برقراری جریان الکتریکی لازم در سلول اکسیداسیون یک رشته سیم مسی بر سطح هر یک از الکترودها قرار گرفت. پس از قرار دادن رشته سیم روی الکترودهای آند و کاتد به وسیله چسب نواری به طور کامل ماسک گذاری شدند. در این پژوهش به منظور اعمال ولتاژ 10 ولت و برقراری جریان الکتریکی برای تولید نانوذرات اکسید نیکل، از سلول الکترواکسیداسیون از یک منبع تغذیه DC مدل PHYWE 11709.93، استفاده شد. در این تحقیق دمای الکترولیت 20°C انتخاب شد. پس از اعمال ولتاژ، با شروع واکنش‌های الکتروشیمیایی رنگ محلول الکترولیت ابتدا بی‌رنگ بود و به تدریج به رنگ سبز تغییر یافت. پس از 30 دقیقه، جریان الکتریکی قطع گردید و رسوب تولید شده توسط دستگاه سانتریفیوژ با دور 6000 rpm از محلول جدا شد. به منظور از بین بردن آمین متصل بر سطح ذرات رسوبات جمع‌آوری شده سه بار با آب مقطر شستشو داده شدند و سپس به مدت 2.5 ساعت در دمای 40°C پخت داده شدند.

به منظور بررسی کاربرد نانوساختارها در حذف کبالت و کادمیوم از آب آلوده، 0.2 گرم از نانوذرات را در 30 ml آب مقطر که حاوی مقادیر مشخصی از نمک سولفات کبالت به غلظت 50 ppm و نمک سولفات کادمیوم به غلظت 100 ppm و نیز غلظت 100 mM سولفات سدیم می‌باشد، اضافه شد و به منظور پراکنده کردن و نیز مخلوط سازی نانوذرات با آب آلوده آزمایشگاهی از دستگاه شیکر استفاده شد.

مدت زمان انجام این آزمایش ۴۵ min بود. بعد از اتمام کار دستگاه به این مخلوط چند روز استراحت داده شد و پس از ته نشین شدن کامل رسوب در ته بشر، آب روی نمونه از رسوبات جدا شد. شناسایی ساختار محصولات تولید شده به وسیله ی دستگاه پراش پرتو ایکس XRD، مدل X'Pert PRO انجام شد و تصویربرداری از نمونه ها با میکروسکوپ الکترونی روبشی، SEM مدل MIRA 3-LMU صورت پذیرفت. اندازه گیری های مغناطیسی دمای اتاق با استفاده از مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی (VSM) ساخت شرکت ایرانی مغناطیس کویر کاشان انجام شد. غلظت عناصر کبالت و کادمیوم بر حسب ppm در آب با دستگاه جذب اتمی (AAS) اندازه گیری شد.

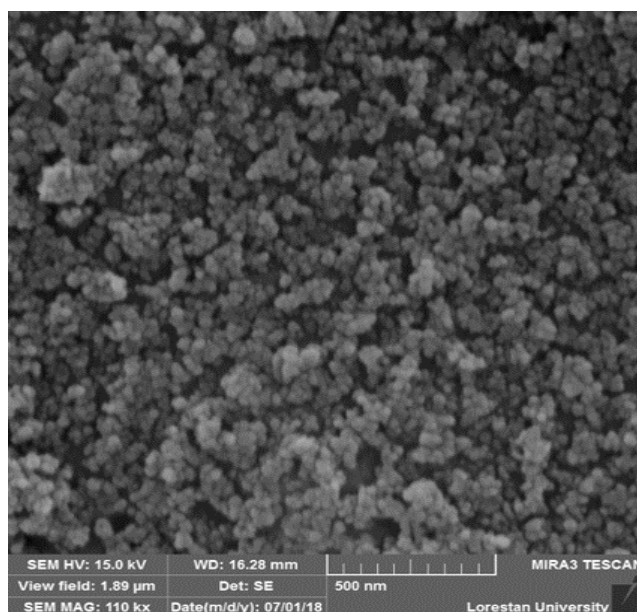
یافته ها

بررسی نوع ساختار و ماهیت بلوری نانوذرات تولید شده از دستگاه XRD استفاده شد. در شکل ۱ الگوی پراش پرتو X نمونه ساخته شده به همراه اندیس های میلر قله ها مشاهده می شود. از مقایسه الگوی پراش به دست آمده از نانوذرات اکسید نیکل تولید شده با کارت استاندارد به شماره (JCPDS 00-001-1047)، مشاهده می شود که نمونه تولید شده دارای فاز مکعبی NiO است و هیچ گونه ناخالصی در نمونه ها وجود ندارد.



شکل ۱: الگوی پراش نانوذرات NiO ساخته شده به روش الکترواکسیداسیون.

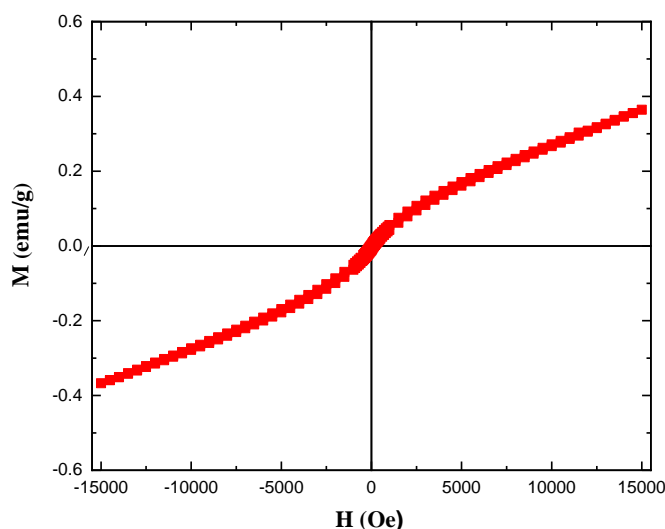
تصاویر SEM نمونه نانوذرات تولید شده در شکل ۲ ارائه شده است؛ همان گونه که از تصویر نیز مشهود است ذرات با شکل شبه کروی و دارای میانگین اندازه ذرات در حدود ۲۲ نانومتر می باشند. منحنی مغناطش یک نمونه نوعی تولید شده به روش الکترواکسیداسیون که در دمای اتاق اندازه گیری شده است، در شکل ۳ ارائه شده است. همان طور که مشاهده می شود که ذرات مغناطش پسماند و نیز وادارندگی مغناطیسی از خود نشان نمی دهند و دارای خاصیت سوپرپارامغناطیسی هستند.



شکل ۲: تصویر نوعی SEM نانوذرات ساخته شده به روش الکترواکسیداسیون.

خواص مغناطیسی سیستم‌های نانوذرات از موضوعات مورد توجه در تحقیقات بنیادی و کاربردهای تکنولوژی است. یکی از خواص جالب توجه که در نانوذرات بسیار کوچک و در محدوده ذرات تک حوزه دیده می‌شود، خاصیت سوپراپارامغناطیسی است. خواص سوپراپارامغناطیس نانوذرات مستقیماً تحت تأثیر ناهمسانگردی مغناطیسی نانوذرات است. این ناهمسانگردی به عنوان سدی برای تغییر جهت دوقطبی‌های مغناطیسی است. هنگامی که اندازه نانوذرات تا حد آستانه‌ای کاهش می‌یابد، این سد برابر با انرژی فعال‌سازی گرمایی می‌شود. با وجود سد انرژی ناهمسانگردی کوچک، جهت مغناطیسی نانوذرات به راحتی توسط انرژی فعال‌سازی گرمایی و یا میدان مغناطیسی خارجی تغییر می‌کند. در ماده سوپراپارامغناطیس جهت مغناطیسی نانوذرات به جای جهت خاصی سریع در حال تغییر است. یک ماده سوپراپارامغناطیس هیچ حلقه هیستریزیسی ندارد و میدان وادارندگی آن صفر است.

برای تعیین میزان غلظت کبالت و کادمیوم موجود در آب بر حسب ppm از دستگاه جذب اتمی AAS استفاده شد. نتایج این آنالیز نشان داد که این نانوذرات توانسته‌اند ۷۱/۳ درصد کادمیوم و ۹۶/۹۲ درصد کبالت را با موفقیت از آب آلوده حذف نمایند. فرآیند جذب با کمک یک جاذب برای برداشت بعضی از عناصر یک محلول صورت می‌گیرد و به دو شکل سطحی و داخلی می‌تواند صورت پذیرد. جذب سطحی در نتیجه تشکیل یک لایه مولکولی از ماده جذب شونده بر روی سطح جاذب انجام می‌گیرد، در حالی که در جذب داخلی مولکول‌های ماده جذب شونده در داخل خلل و فرج جاذب جذب می‌شوند. جذب را برحسب نوع پیوند ایجاد شده به دو صورت جذب فیزیکی و جذب شیمیایی صورت می‌گیرد. در جذب فیزیکی عمدتاً نیروی واندروالس که کشش ضعیفی بر اثر حرکت الکترون‌ها در اربیتال‌ها فراهم می‌نماید، نقش دارد و تبادل الکترونی مشاهده نمی‌شود. این نوع جذب برگشت‌پذیر است. اگر نیروی جاذبه مولکولی بین جسم حل شده و جاذب، بزرگتر از نیروهای جاذبه مولکولی بین جسم حل شده و حلال باشند، جسم حل شده بر روی سطح جاذب خواهد شد. عوامل مختلفی بر سازوکار جذب اثرگذار هستند که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به تلاطم، اسیدیته، درجه حرارت، اندازه ذرات جاذب، خصوصیات ساختاری جاذب، مقدار جاذب، غلظت اولیه یون فلزی و حضور یون‌های دیگر به عنوان یون‌های رقیب اشاره کرد.



شکل ۳: منحنی مغناطش نمونه نوعی از نانوذرات ساخته شده به روش الکترواکسیداسیون.

بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش به وسیله نانوذرات مغناطیسی حاصل از الکترواکسایش نیکل با اعمال ولتاژ ۱۰ V عناصر کبالت و کادمیوم موجود در آب آلوده حذف شد. طبق نتایج XRD، نمونه‌ها بس‌بلوری و دارای ساختار مکعبی می‌باشند. تصاویر SEM نشان می‌دهد که ذرات با شکل شبه کروی و دارای میانگین در حدود ۲۲ نانومتر می‌باشند. طبق نتایج VSM ذرات مغناطش پسماند و نیز وادارندگی مغناطیسی از خود نشان نداده و سوپرپارامغناطیس می‌باشند. تعیین غلظت کبالت و کادمیوم موجود در محلول‌های آبی به وسیله جذب اتمی AAS انجام شد. نتایج این آنالیز نشان داد که ۷۱/۳ درصد کادمیوم و ۹۶/۹۲ درصد کبالت را با موفقیت از آب آلوده حذف نمایند. پیشنهاد می‌شود امکان استفاده از نانوساختارهای دیگر در حذف انواع فلزات سنگین از آب آلوده مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

- A. Shafaei, F.Z Ashtiani, T. Kaghazchi. (2007). Equilibrium studies of the sorption of Hg (II) ions onto chitosan. Chemical Engineering Journal. Vol. 133. No. 1. 311-316.
- B. Peter. Environmental protection, health and safety. Foundry Technology, 2nd Ed., Butterworth-Heinemann. Oxford (2001).
- G. Zhao, X. Wu, X. Tan, X. Wang. (2010). Sorption of heavy metal ions from aqueous solutions; a review. The open colloid science journal. Vol 4. No. 1, 19-31.
- I. Kazeminezhad and S. Mosivand. (2017). Elimination of copper and nickel from wastewater by electrooxidation method. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. Vol. 422. 84-92.
- L. Deng, Y. Su, H. Su, X. Wang, X. Zhu. (2007). Sorption and desorption of lead (II) from wastewater by green algae *Cladophora fascicularis*. Journal of Hazardous Materials. Vol. 143. No. 1. 220-225.
- Z. Torkshavand, M. Gholami, M. Farzadkia, A. Esrafil. (2014). Adsorption of Cu^{2+} from aqueous solution onto modified glass beads with 3-aminopropyltriethoxysilane. Iranian Journal of Health, Safety and Environment. Vol. 1. No. 3. 101-110.



The effect of magnetic nickel oxide nanoparticles in removal heavy metals of cobalt and cadmium from polluted water

Nadia Garavand

Department of Physic, Faculty of Basic sciences,
Lorestan University, Khorram-Abad, Lorestan, Iran

Saba Mosivand*

Department of Physic, Faculty of Basic sciences,
Lorestan University, Khorram-Abad, Lorestan, Iran

Abstract

In this research, nickel oxide nanoparticles were successfully produced in an electrochemical cell with two nickel anode and cathode electrodes and an aqueous-organic electrolyte solution by applying a voltage of 10 volts for 30 minutes. The X-ray diffraction (XRD) results showed that the samples are polycrystalline and have a cubic structure. Scanning electron Microscope (SEM) images show that the temperature of the electrolyte is very effective on the average size and dispersion of the particles, and the average size of the particles is about 22 nm. (Vibrating Sample Magnetometer) VSM results showed that the particles have superparamagnetic properties. The application of nickel nanostructures in removal of cobalt and cadmium from waste water was studied. The (Atomic absorption spectrometry) AAS results showed by NiO nanoparticles prepared under optimal growth conditions on a shaker. It is possible to remove 96.9% cobalt and 71.3% cadmium from waste water.

Keywords: Nickel oxide, Magnetic properties, Cobalt, Cadmium, Polluted water