حذف نیکل از آب آلوده با استفاده از نانوذرات محتوی آهن تهیه شده تحت ولتاژهای مختلف

صبا موسیوند[۱،*]، ایرج کاظمی‌نژاد[۲]

[۱] گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

[۲] گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

Corresponding author E-mail: Mosivand.S@lu.ac.ir

چکیده

بسیاری از فلزات سنگین موجود در آب به عنوان مواد سمّی و خطرناک برای موجودات زنده شناخته شده‌اند. از این‌رو ضروری است که روشی مناسب برای از بین بردن اثرات خطرناک آن‌ها بر سلامت انسان‌ها و موجودات زنده یافت شود. در این تحقیق حذف نیکل از آب آلوده در یک سلول الکترولیتیکی حاوی آب آلوده و الکترودهای آهن بررسی شده است. اثر ولتاژ اعمال شده بر میزان بازدهی حذف نیکل مورد مطالعه قرار گرفته است. غلظت نیکل قبل و بعد از فرآیند جداسازی با AAS مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه‌های رسوب تهیه شده نیز با XRD، FESEM و VSM مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده از مطالعات نشان داد که غلظت نیکل موجود در آب با افزایش ولتاژ تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد.

Removal of Nickel from Polluted Water Using Iron Based Nanoparticles Prepared by Different Voltages

Saba Mosivand[1,*], Iraj Kazeminezhad[2]

[1]Physics Department, Faculty of Science, Lorestan University, Lorestan, Iran
[2]Physics Department, Faculty of Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
[*]Corresponding author e-mail: Mosivand.S@lu.ac.ir

Abstract

Most of the metals ions in water are known to be toxic and harmful agents to living organisms. Therefore, it is necessary to find a good method to treat wastewater containing this metal to remove their hazardous effects on human health and ecology. In this study the removal of nickel from water sample has been studied in an electrolytic cell containing polluted water and iron electrodes. The effect of applied voltage on removal efficiency has been investigated. The concentration of metals before and after treatment was determined by an AAS instrument. The sludge has been characterized using XRD, FESEM, and VSM. The obtained results showed that it is possible to highly decrease the concentration of antimony from water by increasing the applied voltage.

PACS No. 61

مقدمه

دستیابی به آب سالم از ضروری‌ترین نیازها برای حفظ سلامت انسان‌ها است و کمبود آن به عنوان یک تهدید و چالش جدی برای سلامت افراد جامعه در سرتاسر جهان مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه مطرح است. با رشد جمعیت و پیشرفت سریع فناوری و افزایش فعالیت کارخانه‌ها، معادن و صنایع مختلف آلاینده‌های فلزی به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم وارد چرخه‌ی محیط زیست می‌شوند و می‌توانند تهدیدات و خطرات جدی برای سلامت محیط زیست را به‌دنبال داشته باشند. از این‌رو، جداسازی و حذف این آلاینده‌ها اقدامی بسیار حیاتی و ضروری به‌شمار می‌آید. نیکل از عمومی‌ترین فلزات سنگین در آب‌های سطحی محسوب می‌شود که ممکن است از طریق ته‌نشینی، کمپلکس‌سازی، و جذب روی ذرات رس ته‌نشین یا ذخیره شود و یا توسط موجودات زنده جذب گردد. مقادیر کم نیکل برای بدن انسان نیاز می‌باشد، هر چند در مقادیر بالا تا حدودی می‌تواند سمّی باشد. به نظر می‌رسد نیکل در کوتاه مدت مشکلاتی ایجاد نمی‌کند اما در طولانی مدت می‌تواند باعث کاهش وزن بدن، صدماتی به قلب، کبد، تحریک و حساسیت بالا شود. سمّیت نیکل به صورت آلرژی، سرطان و اختلالات تنفسی است. تاکنون روش‌های متعددی برای کاهش غلظت و یا حذف فلزات سنگین از آب و پساب‌های صنعتی پیشنهاد گردیده است. از جمله‌ی این روش‌ها می‌توان به رسوب‌دهی شیمیایی، الکتروشیمیایی، فیلترسازی و جذب توسط جاذب‌های گوناگون اشاره کرد [۱-۳]. در انتخاب مناسب‌ترین روش عواملی مانند غلظت فلز آلاینده، انعطاف‌پذیری، سریع بودن فرآیند جداسازی و مقرون به‌صرفه بودن آن را باید در نظر داشت.

کارهای آزمایشگاهی

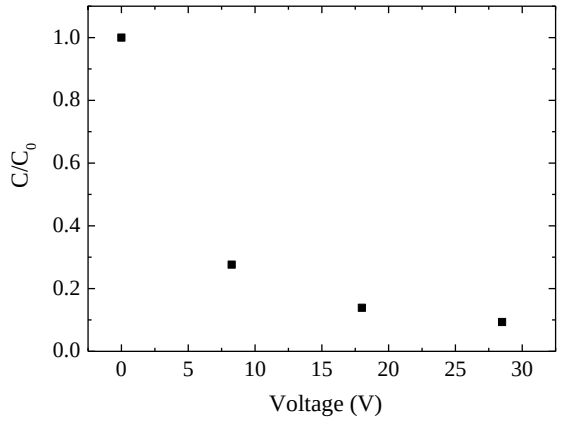
در این تحقیق، نمونه‌ی آزمایشگاهی آب آلوده با حل کردن نمک نیکل تهیه گردید. به‌منظور حذف نیکل از آب آلوده دو قطعه فلز آهن در ۲۰۰ میلی‌لیتر از آب آلوده‌ی محتوی نیکل با غلظت حدود ppm ۱۵۰ قرار گرفت. از آنجا که ولتاژ یکی از پارامترهای مهم آزمایشگاهی در بررسی فرآیندهای الکتروشیمیایی است، در این تحقیق به‌منظور بررسی اثر این عامل ولتاژهای مختلف در محدوده‌ی ۸ تا ۳۰ ولت بر حذف نیکل موجود در نمونه‌ی آب آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفت. در هر مورد ولتاژ به صورت پیوسته و در طول مدت نیم ساعت به سیستم اعمال گردید. لازم به ذکر است که pH اولیه‌ی نمونه‌ی آب آلوده نیز در حدود ۴٫۸ اندازه‌گیری شد. پس از نیم ساعت تحت تأثیر الکنرواکسایش آهن در محیط آبی، رسوبی محتوی آهن پدیدار شد که نتایج بررسی‌ها نشان داد این رسوب قابلیت جذب یون‌های فلزی نیکل موجود در محلول را بر سطح خود دارد. در واقع پس از اعمال پتانسیل مورد نیاز به سلول، فرآیند کاهش آب در سطح کاتد رخ داده و آب به یون هیدروکسید و هیدروژن احیاء می‌گردد. هم‌زمان با فرآیندهای کاتدی، واکنش‌های اکسایش و خوردگی فلز مورد نظر نیز در سطح آند انجام می‌پذیرند. در نهایت، گونه‌های یونی تولید شده در سطح کاتد و آند با یکدیگر وارد واکنش شده و رسوب جامد اکسید فلزی را در محلول الکترولیت تولید می‌نمایند.

غلظت فلز آلاینده‌ی موجود در نمونه‌های آب قبل و بعد از فرآیند حذف توسط دستگاه جذب اتمی، AAS تعیین شد. نمونه‌های رسوب جاذب آلاینده‌ها از نظر ریزساختار و آنالیز عنصری با یک دستگاه پراش اشعه ایکس XRD و میکروسکوپ الکترونی روبشی FESEM و VSM مورد تصویربرداری و آنالیز قرار گرفتند. در این مقاله ضمن ارائه‌ی نتایج حاصل از این بررسی‌ها میزان حذف نیکل موجود در آب آلوده مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

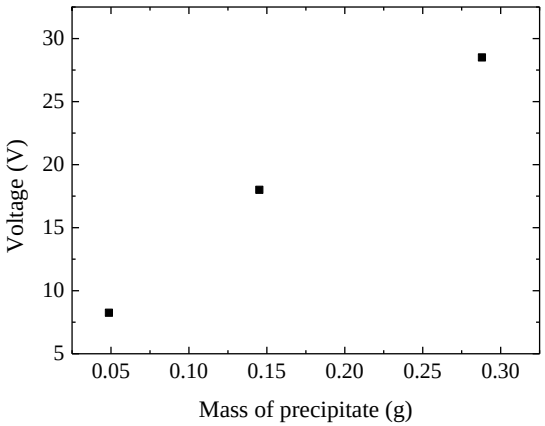
بحث و نتیجه‌گیری

در شکل ۱ نمودار تغییرات غلظت نیکل پس از فرآیند جداسازی نسبت به غلظت اولیه بر حسب ولتاژ آورده شده است. منظور از غلظت نیکل به ازای ولتاژ صفر ولت، غلظت اولیه‌ی نمونه آب آلوده پیش از اعمال ولتاژ می‌باشد. همانطور که به وضوح دیده می‌شود با افزایش مقدار ولتاژ میزان غلظت فلز نیکل کاهش و بازدهی فرآیند جذب به‌طرز چشمگیری افزایش می‌یابد. دلیل بروز این پدیده تسریع سازوکار واکنش‌ها و افزایش رسوب تولید شده به دنبال افزایش ولتاژ الکترواکسیداسیون می‌باشد (شکل ۲). در واقع با قرار گرفتن تعداد بیشتر ذرات جاذب در محلول آبی الکترلیت، یون‌های نیکل موجود در الکترولیت نیز با احتمال بیشتر به ذرات جاذب موجود در محلول تماس برقرار کرده و بر سطح

آن‌ها جذب می‌گردند. در نتیجه بازدهی جذب افزایش و میزان غلظت فلز آلاینده در آب کاهش می‌یابد.

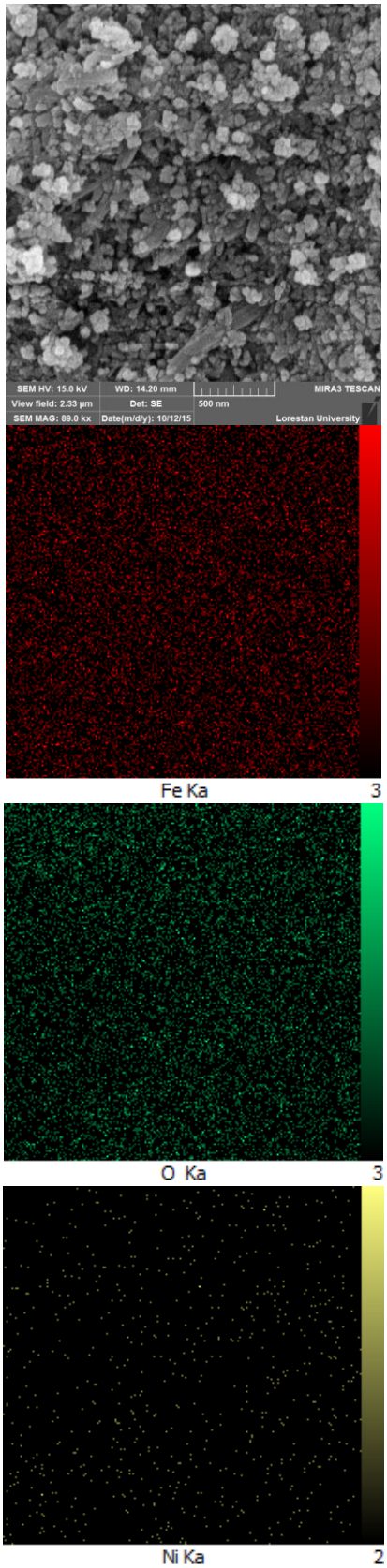


شکل ۱: تغییرات غلظت نیکل نسبت به غلظت اولیه بر حسب ولتاژ.



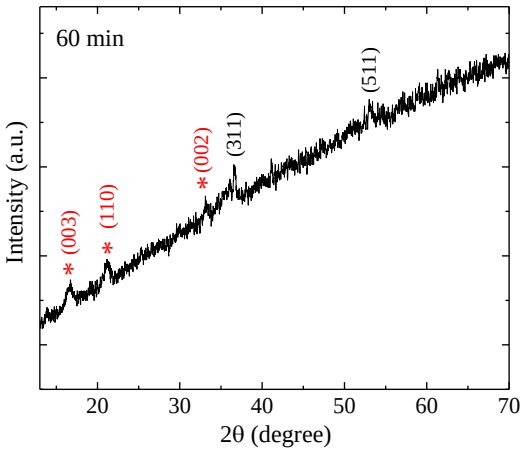
شکل ۲: تغییرات ولتاژ بر حسب جرم رسوب تهیه شده پس از جداسازی نیکل.

در شکل ۳ تصویر نوعی FESEM از نمونه‌ی ساخته شده تحت ولتاژ ۲۸ ولت به همراه نقشه توزیع عناصر در بخشی از نمونه ارائه شده است. طبق این تصاویر می‌توان نانوساختار بودن رسوب حاصل از فرآیند الکترواکسیداسیون آهن در نمونه آب آلوده محتوی یون‌های نیکل را مورد تأیید قرار داد. علاوه بر وجود عناصر آهن و اکسیژن، حضور فلز نیکل در نمونه‌های رسوب نیز دیده می‌شود. این نتایج نشان می‌دهند که در حین فرآیند الکترواکسایش آهن تشکیل رسوب نانوذرات، یون‌های نیکل بر سطح ذرات جذب شده و به این ترتیب می‌توان آن‌ها را به همراه ذرات از محیط آبی جذب و سپس جداسازی و حذف نمود.



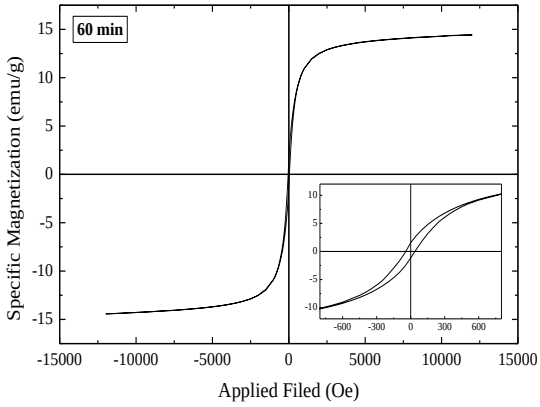
شکل ۳: تصاویر FESEM رسوب حاصل از جداسازی نیکل با اعمال ولتاژ حدود ۲۸ ولت به همراه نقشه توزیع عناصر در بخشی از نمونه.

الگوی XRD نمونه‌ی رسوب تهیه شده در آب آلوده با ولتاژ حدود ۲۸ ولت، پس از ۶۰ دقیقه در شکل ۴ دیده می‌شود.



شکل ۴: الگوی XRD نمونه‌ی حاصل پس از ۶۰ دقیقه از جداسازی نیکل.

علاوه بر دو قله با اندیس‌های میلر (311) و (511) که به ساختار اسپینل اکسید آهن اشاره دارند، سه قله‌ی دیگر با اندیس‌های (003)، (110) و (002) مربوط به ترکیبات نیکل در نمونه وارد می‌شوند. در مقایسه با کارت استاندارد شماره ۱۹۷۷-۰۸۵-۱ قله‌ی (003) از وجود ساختار رومبوهدرال NiO_2 و قله‌ی (110) از شکل‌گیری ساختار اورتورمبیک سولفات نیکل (کارت استاندارد شماره ۰۲۲۰-۰۷۶-۱) و قله‌ی مطابق با (002) از حضور ساختار هگزاگونال Ni_2O_3 (کارت استاندارد شماره ۰۴۸۱-۰۱۴-۰) در این نمونه ناشی شده است. منحنی پسماند رسوب تهیه شده در آب آلوده با ولتاژ حدود ۲۸ ولت، پس از گذشت ۶۰ دقیقه در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵: منحنی پسماند نمونه‌ی حاصل از ۶۰ دقیقه از جداسازی نیکل.

نمونه‌ها از نظر مغناطیسی نرم می‌باشند و مقدار مغناطش ویژه‌ی آن‌ها به شرایط آزمایشگاهی وابسته است. به دلیل حضور پررنگ ترکیبات مختلف نیکل از جمله سولفات این ماده مقدار ناخالصی و جرم غیرمغناطیسی نمونه در مقایسه با اکسید آهن خالص افزایش یافته و در نتیجه مغناطش ویژه‌ی آن کمتر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به‌منظور حذف نیکل از آب آلوده از روش الکترواکسیداسیون استفاده گردید و اثر ولتاژ اعمال شده بر بازدهی فرآیند جداسازی مورد بررسی واقع شد. نتایج حاصل از جذب اتمی نشان دادند که با افزایش مقدار ولتاژ میزان غلظت فلز نیکل به‌طور قابل‌توجهی کاهش و بازدهی فرآیند جذب به‌طرز چشمگیری افزایش می‌یابد. نتایج آنالیز عنصری نمونه‌ها نشان می‌دهد که علاوه بر وجود عناصر آهن و اکسیژن، حضور فلز نیکل در نمونه‌های رسوب نیز دیده می‌شود. این نتایج نشان می‌دهند که در حین فرآیند الکترواکسایش آهن تشکیل رسوب نانوذرات، یون‌های نیکل بر سطح ذرات جذب شده و به این ترتیب می‌توان آن‌ها را به همراه ذرات از محیط آبی جذب و سپس جداسازی نمود.

تشکر و قدردانی

این تحقیق شامل بخشی از نتایج حاصل از طرح پژوهشی مصوب صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به شماره ۴۰۵۷۴/ص/۹۴ می‌باشد. نویسندگان مراتب قدردانی خود را از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور اعلام می‌دارند.

مرجع‌ها

[1] F. Fu, Q. Wang, "Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review", Journal of Environmental Management, **92** (2011) 407-418.

[2] P. Xu, G. M. Zeng, D.L. Huang, C.L. Feng, S. Hu, M.H. Zhao, C. Lai, Z. Wei, C. Huang, G.X. Xie, Z.F. Liu, "Use of iron oxide nanomaterials in wastewater treatment: A review", Science of the Total Environment, **424** (2012) 1– 10.

[3] P. Xu, G. Zeng, D. Huang, S. Hu, C. Feng, C. Lai, M. Zhao, C. Huang, N. Li, Z. Wei, Gengxin Xie, "Synthesis of iron oxide nanoparticles and their application in Phanerochaete chrysosporium immobilization for Pb (II) removal", Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, **419** (2013) 147– 155.