

حذف نیکل از محلول‌های آبی توسط نانوذرات مغناطیسی

پوشش داده شده با ماسه

سعید عبدالهی شیرودی

کارشناس بهره برداری از تاسیسات و تجهیزات فاضلاب و کارشناس ارشد

مهندسی آب و فاضلاب دانشگاه آزاد اسلامی بندرعباس

cheshme.kille@gmail.com

چکیده

فلزات سنگین از جمله رایج‌ترین آلاینده‌هایی هستند که معمولاً در غلظت‌های بالا در فاضلاب صنایع مختلف یافت می‌شوند و موجب آسیب جدی به محیط زیست و به‌مخاطره افتادن سلامت انسان‌ها می‌گردند. نیکل از جمله آلاینده‌های مهم محیط زیست محسوب شده و در غلظت‌های بیش از حد مجاز یک آلوده کننده سمی به حساب می‌آید، که در سلامت انسان و فعالیت‌های بیولوژیکی سلول اختلال ایجاد می‌کند. در این تحقیق، جذب سطحی این فلز از محلول‌های آبی با استفاده از نانوذرات مغناطیسی پوشش داده شده با ماسه بررسی شد. اثر pH و دوز جذب به روش ناپیوسته بررسی شد. نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر بیشترین مقدار جذب توسط جاذب را در $pH=7$ ، در غلظت اولیه نیکل برابر با ۵ میلی‌گرم بر لیتر و دوز جاذب ۰/۱ گرم را نشان داد. نانوذرات مغناطیسی پوشش داده شده با ماسه پتانسیل زیادی را در حذف نیکل از محلول‌های آبی به علت ظرفیت جذب بالا نشان داد.

واژه‌های کلیدی فارسی: نیکل، جذب سطحی، نانوذرات مغناطیسی، ماسه

۱- مقدمه

فلزات سنگین از جمله رایج‌ترین آلاینده‌هایی هستند که معمولاً در غلظت‌های بالا در فاضلاب صنایع مختلف یافت می‌شوند و موجب آسیب جدی به محیط زیست و به مخاطره افتادن سلامت انسان‌ها می‌گردند (Dantas 2001) این فلزات یک طبقه از گروه فلزات و شبه فلزات با دانسیته اتمی بزرگتر از ۶ گرم بر سانتی متر مکعب هستند. این تعریف شامل فلزاتی همچون نیکل، کادمیوم، کروم، سرب، جیوه و روی که معمولاً با مسائل آلودگی و سمیت در ارتباط اند بکار می‌رود (Sawalha 2008). نیکل در طبیعت هم بصورت فلز و هم بصورت ترکیب محلول می‌تواند وجود داشته باشد. انسان در زمینه‌های مختلف از جمله صنعت فولادسازی، جواهرسازی، صنایع آبکاری، رنگدانه‌ها، سرامیک، ساخت باتری و تولید سایر محصولات فلزی از نیکل استفاده می‌کند. سوزاندن زباله و فعالیت صنایع و کارخانجات مختلف از جمله عوامل اصلی تولید و انتشار نیکل می‌باشند و در اثر تخلیه پساب صنایع وارد آب‌های سطحی و منابع آبی می‌شود. مقدار اندک نیکل باید در غذای جانوران وجود داشته باشد اما زمانیکه مقدار نیکل از حد مجاز خود فراتر رود، میتواند برای جانوران خطرناک باشد. موجوداتی که در نزدیکی پالایشگاه زندگی میکنند، بر اثر دریافت مقدار زیاد نیکل به انواع مختلف سرطان مبتلا میشوند.

بیشترین غلظت مجاز نیکل در پساب های صنعتی ۵ میلی گرم بر لیتر است در حالیکه این میزان در آب های آشامیدنی باید کمتر از ۰,۱ میلی گرم بر لیتر باشد (Malkoc2005). آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (EPA) حداکثر مقدار مجاز نیکل در آب آشامیدنی کودکان را ۰,۰۴ میلی گرم در لیتر تعیین کرده است. نیکل از جمله فلزات سنگینی است که معمولاً بصورت یون دو ظرفیتی یافت می شود، مقادیر کم آن برای تولید گلوبول های قرمز خون در بدن انسان ضروری است، در حالیکه مقادیر بالای این فلز سمی است (رستگارف و بهروز ۱۳۹۳). نیکل در کوتاه مدت مشکل حادی ایجاد نمی کند اما در طولانی مدت می تواند باعث کاهش وزن، برونشیت مزمن، سرطان ریه و سینوس بینی و استخوان گردد. همچنین مسمومیت حاد نیکل باعث سردرد، سرگیجه، تهوع و استفراغ، تنگی نفس، سیانوز و ضعف شدید و در نهایت مرگ انسان می شود (Sen Gupta, S. Bhattacharyya ۲۰۰۸). هدف از انجام این تحقیق تعیین pH بهینه جهت حذف نیکل از محلولهای آبی و پسابها با استفاده از نانوذرات مغناطیسی پوشش داده شده با ماسه و تعیین مقدار جاذب بهینه جهت حذف نیکل با استفاده از نانوذرات مغناطیسی پوشش داده شده با ماسه از محلولهای آبی بود.

۲- مواد و روش

۲-۱ آماده سازی جاذب

جاذب استفاده شده در مطالعه حاضر براساس مطالعات قبلی (مهدی میر، ۱۳۹۶) و (احسان فریدونی اصل، ۱۳۹۶) تهیه و آماده سازی شده است. مرحله اول در آماده سازی جاذب تهیه ماسه می باشد. ابتدا مقدار اندکی ماسه (در حدود نیم کیلوگرم) از ساحل دریا که در این تحقیق از ساحل سورو واقع در شهر بندرعباس برداشت شده، جمع آوری شد. سپس با استفاده از الک با سایز مش ۶۰ چندین بار الک شد. ماسه یکنواخت حاصل در یک بشر ریخته و به آرامی اسید کلریدریک ۳۷ درصد به اندازه ای که کاملاً روی ماسه را بپوشاند اضافه شد. روی بشر را بوسیله درپوش پوشانده و به مدت ۲۴ ساعت در همان حال گذاشته شد. سپس با آب مقطر شسته و صاف شد. ماسه نم دار حاصل در آون در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت حرارت داده شد تا کاملاً خشک شود. روش ساخت نانو ذرات مغناطیسی کبالت (CoFe₂O₄) پوشش داده شده با ماسه، ابتدا ۶۰ سی سی سفیده تخم مرغ با ۴۰ سی سی آب مقطر در یک بشر ریخته شد و سپس بر روی همزن مغناطیسی گذاشته به شدت هم زده شد تا کاملاً یکنواخت شود و محلول شفاف و زلالی بدست آید. بعد مقدار ۱,۸۲ گرم نیترات کبالت شش آبه و ۸,۰۸ گرم نیترات آهن (III) نه آبه به همراه ۳ گرم ماسه (که در مراحل قبل آماده سازی شد) به آهستگی و در همان حال هم زدن اضافه و تا ۲ ساعت هم زده شد. بعد در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد تا خشک شدن حرارت داده شد. پودر خشک بدست آمده را با آب مقطر شسته و بوسیله کاغذ صافی ذرات مغناطیسی صاف شد. سپس در آون در دمای ۱۰۰ درجه به مدت ۲ ساعت قرار داده شد تا کاملاً خشک شود. در نهایت پودر خشک شده در دمای ۸۵۰ درجه سانتی گراد به مدت

۲ ساعت در کوره حرارت داده شد و بعد بوسیله هاون چینی کاملاً پودر شده و با استفاده از الک با مش ۲۷۰ صاف شد. پودر خشک شده حاصل در ظرفی دربسته برای انجام مراحل بعدی نگهداری شد.

۲-۲ تعیین pH بهینه

جهت تعیین pH بهینه ابتدا ۵ ظرف ارلن آماده می گردد در هر ارلن ۲۰ میلی لیتر محلول نیکل با غلظت ۵ppm اضافه می شود. و در pH های مختلف ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، با مقادیر ۰/۱ گرم جاذب به مدت ۱۰ دقیقه توسط دستگاه شیکر با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه به هم زده میشود، پس از انجام هر آزمایش توسط صافی اقدام به جداسازی جاذب می نماییم. غلظت نیکل باقیمانده در محلول جداسازی شده، را توسط دستگاه جذب اتمی مدل fs ۲۴۰ (ساخت کمپانی واریان) اندازه گیری و pH بهینه تعیین می گردد. لازم به ذکر است که تنظیم pH محیط در هر آزمایش توسط محلولهای اسید کلریدریک و سدیم هیدروکسید ۰/۰۱ مولار انجام گردیده یعنی برای کاهش pH قطره قطره محلول اسیدی و برای افزایش، قطره قطره محلول بازی به محلول مورد نظر برای انجام آزمایش، اضافه گردید تا به pH مورد نظر برسد.

بدیهی است در هر مقدار pH یی که حداکثر درصد حذف نیکل رخ داده باشد، آن pH بهینه است. از فرمول زیر برای محاسبه درصد حذف استفاده گردید:

$$\%R = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (2-3)$$

که در آن C_0 ، C_t به ترتیب غلظت نیکل بعد از انجام آزمایش و غلظت اولیه نیکل می باشد.

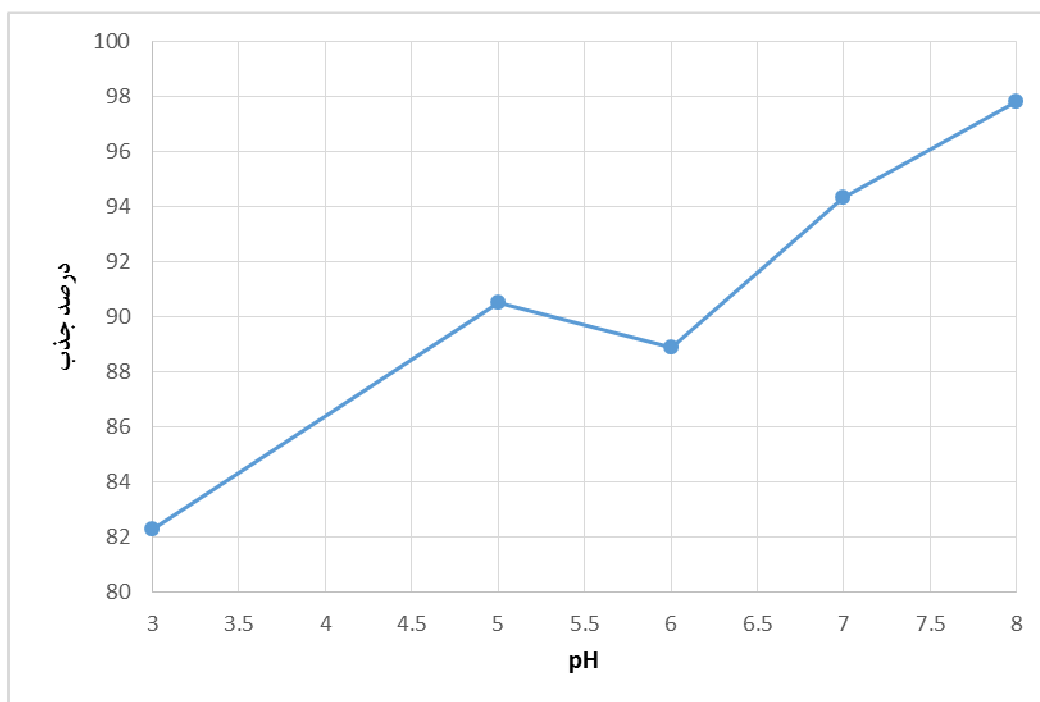
۲-۳ تعیین مقدار جاذب بهینه

جهت تعیین مقدار بهینه جاذب، ۵ ظرف ارلن آماده گردیده و در هر ارلن ۲۰ میلی لیتر محلول نیکل ۵ppm در pH بهینه بدست آمده در مرحله قبل اضافه می شود، مقادیر ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۵ گرم جاذب به مدت ۱۰ دقیقه، با استفاده از شیکر با شدت ۲۰۰ دور بر دقیقه هم زده می شود، پس از انجام آزمون و جداسازی جاذب توسط کاغذ صافی غلظت نیکل باقیمانده در محلول را توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری و مقدار بهینه دوز جاذب تعیین می گردد.

۳- نتایج

۳-۱ نتیجه حاصل از تاثیر pH بر جذب نیکل

pH یکی از مهمترین عوامل مؤثر در جذب می باشد. زیرا افزایش یا کاهش آن باعث تغییر حالت یونی در فلزات می شود. همچنین این تغییرات pH باعث می شود سطح جاذب یونیزه شود که این امر بر روی فرآیند جذب تاثیر گذار است. بار الکتریکی روی جاذب و ماده جذب شده با pH پساب ارتباط مستقیم دارد. تأثیر pH بر جذب نیکل در نمودار (۱) نشان داده شده است همانطور که مشاهده می شود حداقل بازده جذب در pH=۳ بدست آمد. جذب در pH بالا، ظرفیت جذب بیشتری را به خودش اختصاص می دهد. با افزایش pH، بازده جذب نیکل نیز بتدریج و با شیب تقریباً یکنواختی افزایش می یابد به طوری که در pH=۷ بازده جذب به بیشترین مقدار خود رسیده است.



نمودار (۱) اثر pH بر جذب نیکل توسط ذرات مغناطیسی پوشش داده شده با ماسه. شرایط آزمایش: سرعت همزدن: ۲۰۰rpm ، مقدار جاذب: ۰/۱g ، زمان همزدن: ۱۰min ، غلظت اولیه نیکل: ۵mg/L ، حجم محلول: ۲۰mL .

همانطور که نمودار (۱) اثر pH بر روی درصد جذب نیکل را نشان می دهد، مشخص است که با افزایش pH میزان جذب افزایش و بهترین میزان جذب در pH=۷ رخ داد. پس در اینجا pH بهینه برابر با ۷ است.

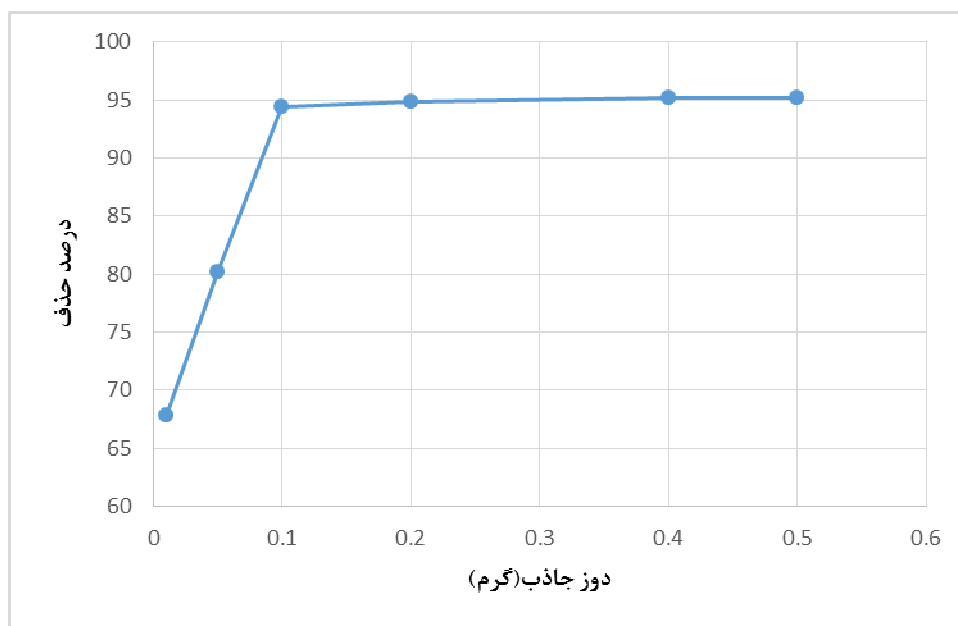
افزایش نسبتاً سریع در بازده جذب را میتوان ناشی از عامل زیر دانست:

- ✓ در pH بالا، مقادیر یون OH^- موجود در محلول سطح جاذب افزایش یافته و یون های فلزی مثبت نیکل را جذب می کند که نتیجه آن افزایش راندمان حذف نیکل است.
- ✓ در pH اسیدی، در محیط، یون های هیدروژن وجود دارد که این یون ها با یون های فلزی نیکل رقابت کرده و به جای یون های نیکل بر روی جاذب قرار می گیرند. علاوه بر این در pH اسیدی، سطح جاذب یونیزه

شده و لایه ای از بار مثبت روی آن قرار می گیرد این لایه یک نیروی دافعه بوجود آورده و مانع جذب یون های نیکل بر روی جاذب شده که نتیجه آن، کاهش راندمان حذف نیکل است.

۳-۳ نتیجه حاصل از تأثیر مقدار جاذب بر جذب نیکل

دوز جاذب یکی از پارامترهای مهم در مطالعات جذب است، زیرا ظرفیت جاذب را برای غلظت اولیه تعیین می کند. مطالعات اثر دوز جاذب در نمودار (۲) نشان داده شده است. مقدار تعادلی، ظرفیت جذب (q_e) با افزایش دوز جاذب افزایش می یابد. درصد حذف نیکل با افزایش دوز جاذب، افزایش یافته است. ماکزیمم جذب، از دوز جاذب ۰/۱ گرم، برای غلظت اولیه نیکل (5mg/l) بدست آمد. در افزایش بالاتر از ۰/۱ گرم جذب سطحی بیشتری بنظر نمی رسد. در حدود ۰/۱ گرم از جاذب برای جذب حداکثر، در شرایط آزمایشگاهی کافی بود. افزایش در راندمان حذف به علت، افزایش سطح قابل دسترس سایت های فعال، در اثر افزایش دوز جاذب بخصوص در دوزهای بالاتر می باشد.



نمودار (۲) اثر مقدار جاذب در جذب نیکل توسط نانو ذرات مغناطیسی پوشش داده شده با ماسه. شرایط آزمایش: سرعت همزدن : 200rpm ، $\text{pH}=7$ ، زمان همزدن: 10min ، غلظت اولیه نیکل: 5mg/L ، حجم محلول: 20mL همانطور که نمودار (۲) نشان می دهد با افزایش مقدار جاذب، درصد حذف نیکل افزایش یافته است. افزایش نسبی در میزان حذف نیکل بعد از دوز 0.1g از جاذب، ناچیز است که در مطالعات بعدی مقدار بهینه جاذب 0.1g در نظر گرفته شد.

۴_ نتیجه گیری

مطالعه حاضر نشان داد که نانو ذرات مغناطیسی پوشش داده شده با ماسه، یک جاذب موثر برای حذف نیکل از محلول های آبی است. جذب این یون ها تحت تاثیر پارامترهای مختلفی همچون pH و دوز جاذب نیکل قرار گرفت. بالاترین حذف این یون ها در $pH = 7$ بدست آمد. همچنین با افزایش غلظت های اولیه، راندمان حذف این یون ها کاهش یافت. از آنجایی که درصد حذف نیکل در محلول های آبی با استفاده از این نانو ذره موفقیت آمیز بود، بنابراین نانو ذرات مغناطیسی پوشش داده شده با ماسه جاذب موثر و اقتصادی برای حذف عنصر نیکل از محلول های آبی می باشند.

۵- منابع

رستگارفرن، ربیع، ر. (۱۳۹۳) "حذف نیکل و کادمیوم از پساب مصنوعی با استفاده از ضایعات سرشاخه باغات گیلاس و پوست راش، علوم مهندسی محیط زیست"، سال اول، شماره ۲، نور، دانشگاه تربیت مدرس.
دیانتی، ر.، یوسفی، ذ.، یزدانی چراتی، ج.، "مقایسه حذف فلز سنگین نیکل از محلول آبی بوسیله کاه برنج طبیعی و اصلاح شده با اسید سیتریک"، مجله دانشگاه علوم پزشکی گیلان، دوره ۲۴، شماره ۹۶، صفحات ۱-۱۲.

Dantas, C., Neto, T., Moura, A. (2001). "Removal of chromium from aqueous solution diatom treated with microemulsion". *J. Wat. Res.*, 35: 2219-2224.
Sawalha, M.F (2009) "Peralta-Videa, J.R. Duarte-Gardea, M. Gardea-Torresdey, J.L. Removal of copper, lead and zinc from contaminated water by mechanism", *Bioresource Technology*, 99, 4438-4444
Malkoc, E. Nuhoglu, Y., (2008) "Investigations of nickel removal from aqueous solutions using tea factory waste". *Journal of hazardous materials*, 127, 120-128.
Sushree Swarupa Tripathy, Jean-Luc Bersillon, Krishna Gopal, (2006) "Removal of fluoride from drinking water by adsorption onto alum-impregnated activated alumina", *Separation and Purification Technology* 50 310-317.
Sen Gupta, S. Bhattacharyya, K.G. Immobilization of pb, cd and Ni ions on kaolinite and montmorillonite surfaces from aqueous medium, *Journal of Environmental Management*, 2008, 87(1), 46-58

Removal of nickel from aqueous solutions by magnetic coated nanoparticles

Saeed Abdollahi Shiroudi
**Expert of sewage plant and equipment exploitation and master of water
and sewage engineering of Islamic Azad University of Bandar Abbas**
cheshme.kille@gmail.com

Abstract

Heavy metals are among the most common pollutants commonly found in high concentrations in sewage industries, causing serious damage to the environment and endangering human health. Nickel is considered an important pollutant of the environment and is considered to be a toxic pollutant at concentrations above the limit, which interferes with human health and biological activity of the cell. In this study, the adsorption of this metal from aqueous solutions was investigated using sand-coated magnetic nanoparticles. The effect of pH, adsorbed dose, was studied by a discontinuous method. The results of this study showed that the adsorbent adsorption was highest at pH = 7, the initial concentration of nickel was 5 mg / L, and the adsorbent dose was 0.1 g. Therefore, magnetic nanoparticles coated with sand had a lot of potential in removing nickel from aqueous solutions due to high adsorption capacity.

Keywords: magnetic nanoparticles, nickel, sand, Adsorption