

روش سالم سازی پساب های صنعتی با حذف کروم شش ظرفیتی

سارا بنفشه افشان^۱، احمد جنیدی جعفری^{۲*}، علی اسرافیلی^۳، روشنک رضایی کلانتری^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۲. استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۳. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: احمد جنیدی جعفری، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران،

تهران، ایران

jonidi.a@iums.ac.ir

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۵

تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۵

نحوه استناد به این مقاله:

Banafsheafshan S, Jonidi jafari A, Rezaei Kalantary R, Esrafilly A. Purification Method of Industrial Waste Water with Hexavalent Chromium Removal. Community Health 2016; 3(3):219-27.

چکیده

زمینه و هدف: پساب های صنایع چرم سازی و آب کاری، از متداول ترین منابع ورود کروم به آب های پذیرنده می باشند. لذا هدف از این مطالعه، سنتز کامپوزیت فیبر کربن فعال / اکسید روی جهت حذف کروم شش ظرفیتی از آب های آلوده بود.

روش و مواد: این مطالعه به صورت بنیادی- کاربردی در آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام گردید. در این مطالعه روش سل ژل برای تثبیت نانو ذرات اکسیدروی بر روی فیبر کربن فعال به کار گرفته شد و با استفاده از کامپوزیت فیبر کربن فعال- اکسید روی سنتز شده، کروم تحت تابش نور فرابنفش تجزیه شد. بعد از طراحی و ساخت راکتور، محلول استوک کروم شش ظرفیتی، با استفاده از حل کردن دی کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) در آب مقطر دو بار تقطیر، تهیه گردید. تأثیر پارامترها شامل غلظت ماده آلاینده، مقدار کامپوزیت و pH مورد مطالعه قرار گرفت. غلظت باقیمانده کروم، به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه گیری گردید. ویژگی های کامپوزیت سنتز شده با گراف XRD، تصویر SEM و آنالیز BET مشخص شد.

یافته ها: نتایج XRD، فاز شش وجهی اکسید روی را نشان داد. نتایج SEM، توزیع مناسب اکسید روی بر روی سطح فیبر کربن فعال را نشان داد. مساحت سطح BET مربوط به ظرفیت جذب کامپوزیت را نشان داد.

نتیجه گیری: در شرایط بهینه غلظت اولیه کروم ۵ میلی گرم بر لیتر میزان کامپوزیت ۲/۵ گرم بر لیتر و pH برابر ۳ بازده حذف سامانه پس از گذشت ۱۲۰ دقیقه برابر ۸۵٪ بود.

واژگان کلیدی: فیبر کربن فعال- اکسید روی، پرتوتابی فرابنفش، کروم شش ظرفیتی

مقدمه

یکی از مهم ترین آلاینده های منابع آب، فلزات سنگین می باشند که جزء آلاینده های سمی درجه اول طبقه بندی می شوند و از آن جهت که نمی توانند به آلاینده های با سمیت کمتر تفکیک شوند، در محیط تجمع یافته و بسیار خطرناک هستند (۱ و ۲). این آلاینده ها دارای خطرات زیست محیطی و برای سلامت انسان زیان آور هستند (۳).

کروم از طریق تخلیه فاضلاب های صنعتی مثل چرم سازی، نساجی، آب کاری فلزات، پرداخت فلز، رنگریزی، تولید نیشکر، کارخانه های شیمیایی، تصفیه سنگ معدن و مواد (نفتی، تولید رنگ، کودسازی و...) به منابع آب وارد می شود (۴ و ۵). کروم موجود در پساب های صنعتی و همچنین در طبیعت در دو حالت اکسایش ۳+ و ۶+ یافت می شود. کروم شش ظرفیتی در مقایسه با کروم سه ظرفیتی تقریباً ۱۰۰ برابر سمی، سرطان زا و

فتوکاتالیست ZnO پایداری شیمیایی، هزینه پایین و اکسیدکننده قوی و تجزیه کننده خوب می باشد. اخیراً به عنوان فتوکاتالیست در تصفیه فاضلاب برای تجزیه فتوکاتالیستی استفاده می شود و به دو شکل پودر معلق و یا بی تحرک کردن بر روی بستر استفاده می شود. نانوذرات ZnO معلق دارای مساحت سطح بالا، به راحتی گردهم می آیند ولی مشکل در بازیافت و استفاده کم از نورآفتاب و جذب کم می باشد در نتیجه مدت زمان طولانی برای رسیدن به تجزیه کامل آلاینده نیاز دارند بنابراین کاربرد تکنولوژی اکسیداسیون فتوکاتالیستی را محدود می کند بنابراین بسیار مهم است که فتوکاتالیست ZnO برای بهبود راندمان فتوکاتالیستی بر روی بستر بی تحرک شود (۶). ACF بر اساس توسعه ترکیبی از تکنولوژی فیبر کربن فعال و تکنولوژی کربن فعال و نسل سوم از محصولات کربن فعال بعد از پودر و گرانول کربن فعال می باشد که خاصیت جذب و ظرفیت جذب بسیار بالایی دارد. خاصیت جذب بالای فیبر کربن فعال، واکنش فتوکاتالیستی غلظت بالای ZnO با آلاینده در محیط را فراهم می کند. ترکیب فعالیت فتوکاتالیستی ZnO و جذب ACF باعث ماهیت خوب ته نشینی و جداسازی برای بازیافت کاتالیست می شود. شرایط مطلوبی برای تصفیه فاضلاب و روش جدیدی برای بهبود راندمان تجزیه فتوکاتالیستی ZnO می شود.

بنابراین هدف این مطالعه تولید کامپوزیت فیبر کربن فعال-اکسید روی جهت حذف کروم از فاضلاب سنتتیک با استفاده از فرایند فتوکاتالیستی با تحریک اشعه فرابنفش تعیین می شود.

روش و مواد

این مطالعه به صورت بنیادی- کاربردی در آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام گردید. به طور کلی مراحل تحقیق شامل تهیه مواد و وسایل مورد نیاز، ساخت محلول استوک کروم شش ظرفیتی، طراحی و ساخت راکتور، آزمایشات فتوکاتالیستی، تجزیه و تحلیل داده ها بود که در ادامه شرح داده شده است. فیبرهای پلی اکریلو نیتریل کربونیزه (T-300) از شرکت توریکای ژاپن تهیه گردید. تمام مواد شیمیایی استفاده شده از قبیل نترات روی،

جهش زا است. سازمان جهانی بهداشت سرطان زا بودن کروم شش ظرفیتی در انسان را تأیید کرده است. حضور عمده کروم در محلول های آبی به شکل آنیون های کرومات و دی کرومات می باشد. حداکثر مجاز کروم در آب آشامیدنی، توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به شماره ۱۰۵۳، ۰/۰۱ میلی گرم بر لیتر تعیین گردیده است (۶). مطالعه ای که اخیراً توسط Beaumont و همکارانش انجام شد، نشان داد که در گروهی که از آب آشامیدنی حاوی کروم استفاده می کردند در مقایسه با گروهی که از آب آشامیدنی سالم (بدون کروم) استفاده می کردند، میزان مرگ و میر ناشی از سرطان معده به صورت چشمگیری افزایش داشته است (۷). مطالعه Zhang و همکارانش نشان داد که افزایش در سرطان ریه در روستاییانی که در معرض آب آشامیدنی حاوی کروم بوده اند رخ داده است (۸).

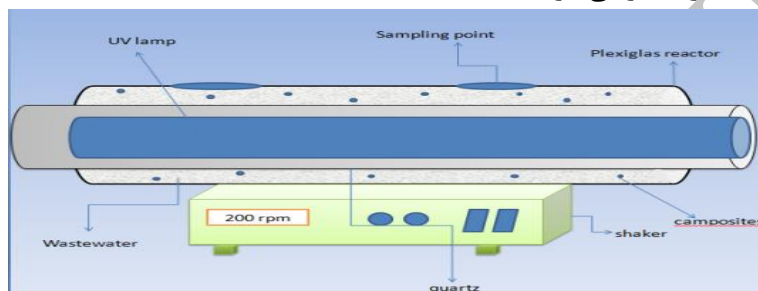
با این تفاسیر، با توجه به مشکلات و خطراتی که کروم شش ظرفیتی برای سلامت انسان، محیط زیست، گیاهان و حیوانات ایجاد می کند و همچنین در برخی موارد با ارزش بودن بازیافت آن از پساب، تکنیک های مختلفی از جمله فرایند ترسیب شیمیایی، اسمز معکوس و الکترودیالیز برای حذف یا بازیافت کروم توسط پژوهشگران زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است (۹-۱۱). امروزه فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته، بدلیل کارایی بسیار بالا و همچنین عدم تولید آلاینده های ثانویه بسیار مورد توجه قرار گرفته و برای حذف انواع مختلفی از آلاینده ها از جمله فلزات سنگین مورد استفاده قرار گرفته اند (۱۲). در فرایند های اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از تولید رادیکال های هیدروکسیل ترکیباتی که با استفاده از اکسید کننده های قوی از قبیل کلر و ازن از بین نمی روند، تخریب می شوند. رادیکال های هیدروکسیل در محیط های آبی با استفاده از H_2O_2 ، H_2O_2/UV ، H_2O_2/TiO_2 و UV/ZnO و سایر روش ها تولید می گردند (۱۳).

ZnO به خاطر انرژی مستقیم و انرژی تحریک شده پیوندی در دمای اتاق و طول زیاد پیوند آن، به عنوان یک ماده نیمه هادی مهم مطرح است. انرژی پیوند در ZnO حدود ۶۰ میلی الکترون ولت می باشد. از مزایای

آماری استفاده شد.

مشخصات راکتور

راکتور مورد استفاده از دو قسمت تشکیل شده است. قسمت درونی با قطر ۴ سانتی متر از جنس کوارتز، محفظه ای برای لامپ UV-A (۴۰ وات) با طول موج ۳۶۵ نانومتر است. قسمت بیرونی راکتور از جنس پلکسی گلس به قطر ۵/۵ سانتی متر، حاوی محلولی به حجم یک لیتر است. در طول آزمایشات محلول به طور مداوم توسط شیکر هم زده شد. دور راکتور با فویل آلومینیوم پوشیده شد.



شکل ۱- شماتیک راکتور استفاده شده در مطالعه حاضر

آزمایشات با سیستم batch بر روی استایر در راکتوری به حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر در شرایط (۲۰۰ rpm دور استایر، دمای ۲۵ درجه) انجام گرفت. عوامل مورد بررسی در این پژوهش، شامل غلظت اولیه کروم شش ظرفیتی (۲۵، ۱۵، ۵، ۳، ۷)، دز کاتالیست (۱، ۲، ۲/۵) و زمان واکنش ۳۰ تا ۱۲۰ دقیقه بود که در شرایط هوازی به میزان ۲ L/min انجام شد. برای آغاز آزمایش های فتوکاتالیستی، ابتدا محلول حاوی کامپوزیت و کروم شش ظرفیتی، در تاریکی بعد از ۳۰ دقیقه به تعادل رسید. بعد از به تعادل رسیدن لامپ UV روشن و محلول به طور مداوم توسط shaker بهم زده شد. آزمایشات با ثابت نگه داشتن سه متغیر و تغییر دادن یک متغیر انجام گردید. در فاصله های زمانی مشخص تعیین شده برای انجام آزمایش، ۱۰ میلی لیتر از نمونه با سرنگ برداشته و با فیلتر غشایی ۰/۴۵ میکرون، فیلتر می شد. غلظت باقی مانده Cr (VI) به روش ۱،۵ دی فنیل کاربازید با اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر مشخص شد. درصد حذف Cr (VI) از طریق اختلاف بین غلظت اولیه (C_0) و نهایی (C_{final}) محاسبه

دی کرومات پتاسیم، دی فنیل کاربازید، هیدروکسید آمونیوم، اسید کلریدریک و سود یک نرمال محصول شرکت مرک آلمان، در درجه بندی آزمایشگاهی بودند و در تمام آزمایشات از آب دیونیزه استفاده شد. بعد از تهیه مواد شیمیایی محلول استوک کروم شش ظرفیتی (۱۰۰۰ mg/l) با استفاده از حل کردن دی کرومات پتاسیم در آب دیونیزه تهیه شد. سپس محلول های استاندارد برای آزمایش ها با استفاده از رقیق نمودن محلول استوک تهیه گردید. جهت تنظیم pH نیز از اسید کلریدریک و سود یک نرمال استفاده گردید. در این مطالعه، از نرم افزار [®]Excel برای برخی از محاسبات

روش تهیه ACF/ZnO

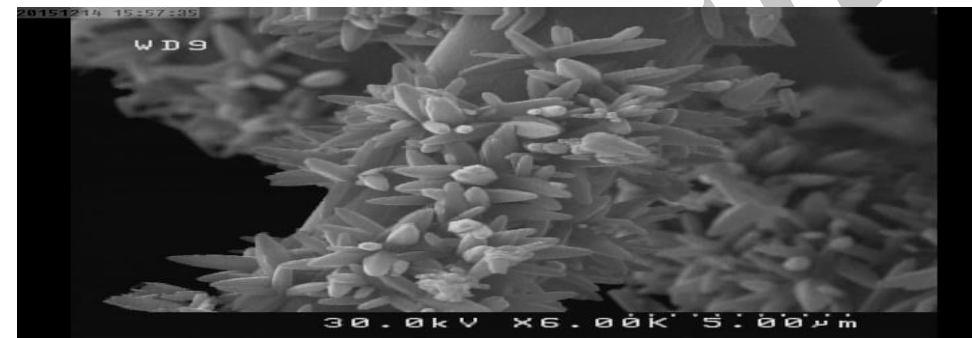
برای فعال کردن فیبر های پلی اکریلو نیتریل کربونیزه (T-300) از کوره، دو مرحله استفاده کردیم، فیبر های پلی اکریلو نیتریل کربونیزه (T-300) در دمای ۵۵۰ درجه حرارت داده شد و فیبر کربن با جریان بخار و نیتروژن در دمای ۸۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه فعال شد فیبر کربن فعال حاصله با آب دیونیزه شسته شد و در دمای محیط به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید (۱۴). سپس، الیاف فعال شده ریز شد. از الیاف کربن ریز شده به مقدار ۲ گرم وزن و نیترات روی ۰/۱ مولار را با اضافه کردن ۱/۴۸ گرم از نیترات روی به بالن ژوژه ۵۰ میلی لیتری و به حجم رساندن با آب مقطر تهیه نمودیم سپس مقدار ۲ گرم ACF به ۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۱ مولار نیترات روی اضافه و در دمای اتاق بهم زدیم و ۵ میلی لیتر آمونیوم هیدروکسید (۲۸-۲۵٪) به آرامی (قطره قطره) به مخلوط اضافه شد و به مدت پنج ساعت بر روی استایرر بهم زده شد و سپس در ۵۰۰ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت حرارت داده شد بدین ترتیب کامپوزیت ZnO/ACF آماده شد (۱۵).

گردید.

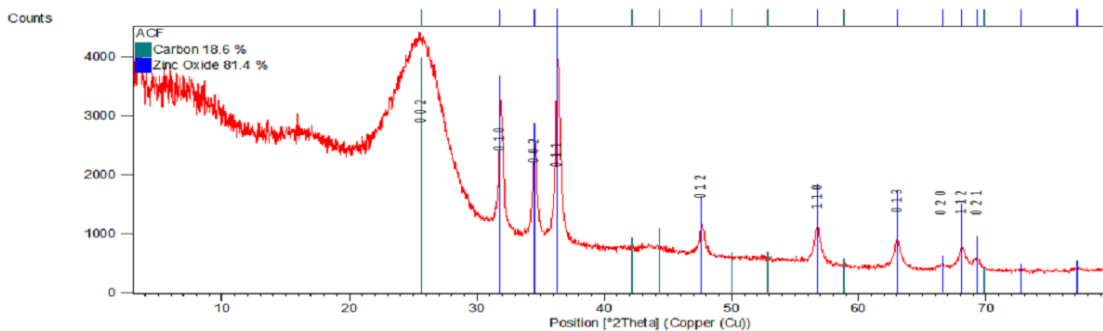
مشخصات کامپوزیت برای اطمینان از پوشش دهی مناسب نانوذرات بر روی فیبر و تعیین مورفولوژی ACF و ACF/ZnO تصویر (SEM) تهیه گردید. پراش اشعه ایکس (XRD) کامپوزیت ACF/ZnO گرفته شد.

یافته ها

یافته های اصلی مطالعه از چند بخش شامل تعیین مشخصات نانوکامپوزیت سنتز شده، بررسی تأثیر متغیرهای انتخابی مانند تأثیر (pH)، دز نانوکامپوزیت ACF/ZnO، زمان واکنش و غلظت اولیه کروم) بر فرایند حذف تشکیل شده است.



شکل ۲. عکس میکروسکوپ الکترونی (SEM) نانو کامپوزیت سنتز شده (ACF/ZNO)



شکل ۳. الگوی XRD کامپوزیت سنتز شده

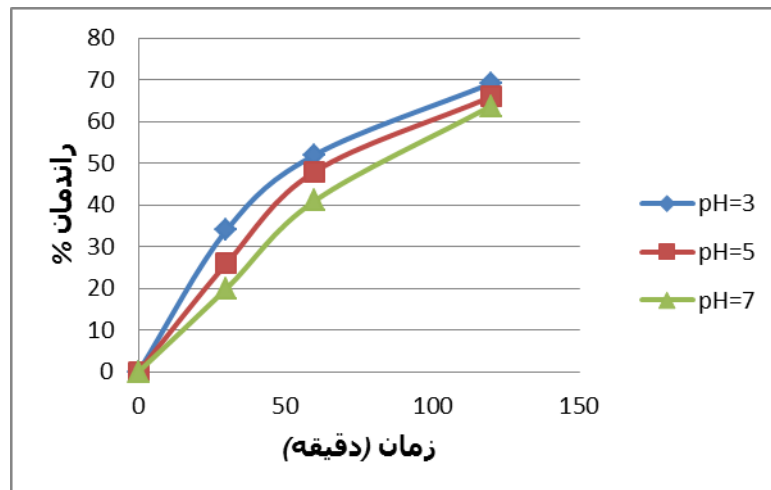
بررسی تأثیر عامل ها (متغیرهای) انتخابی بر فرایند حذف

بررسی تأثیر pH محلول بر فرایند

نتایج حاصل از تأثیر عامل pH بر راندمان حذف کروم در شکل ۴ آورده شده است. همچنان که در این شکل مشاهده می گردد، راندمان حذف کروم توسط این فرایند با عامل pH رابطه عکس داشته است، به عبارت دیگر با

شده را نشان می دهد پیک در $2\theta = 25/6$ مربوط به (002) الگوی الیاف کربن فعال می باشد و پیک ها در $2\theta = 31/36, 37/3, 47/6, 57/8, 63, 66/6, 68, 69/2$ مربوط به $(010), (011), (002), (012), (110), (113), (020), (112), (021)$ نشان دهنده ZnO می باشند. مساحت سطح BET، ACF و ACF/ZnO به ترتیب برابر ۷۹۸ و $574 \text{ m}^2/\text{g}$ بود.

افزایش pH میزان حذف کروم کاهش یافته است. بطوریکه راندمان حذف بعد از ۱۲۰ دقیقه در pH های ۳، ۵ و ۷ به ترتیب ۶۹/۵، ۶۵/۹ و ۶۳/۷٪ به دست آمد.

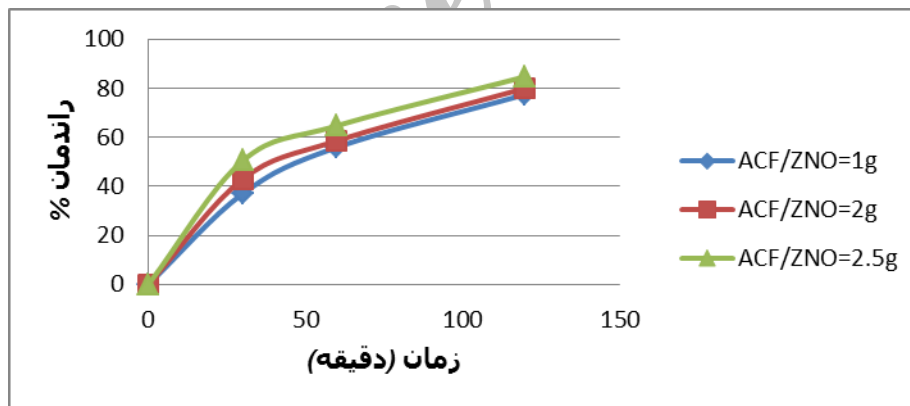


شکل ۴. تأثیر pH اولیه محلول بر راندمان حذف فتوکاتالیستی کروم توسط نانو کامپوزیت ZnO/ACF

این شکل نشان می دهد افزایش راندمان حذف کروم از ۷۷/۵ به ۸۴/۷٪ در اثر افزایش دز نانوکامپوزیت از ۱ به ۲/۵ رخ داده است. این شکل همچنین نشان می دهد که با افزایش زمان تماس از ۳۰ به ۱۲۰ دقیقه راندمان حذف کروم در مقدار دز نانوکامپوزیت ۲/۵ گرم بر لیتر از ۵۰/۴٪ به ۸۴/۷۱٪ رسیده است.

بررسی تأثیر دز نانوکامپوزیت ZnO/ACF و زمان واکنش بر فرایند حذف

شکل ۵ یافته های حاصل از تأثیر دز نانوکامپوزیت ZnO/ACF بر کارایی فرایند حذف کروم را نشان می دهد. شکل ۵ همچنین یافته های حاصل از تأثیر زمان واکنش بر فرایند حذف را نشان می دهد. همان طور که



شکل ۵. تأثیر دز کاتالیست بر راندمان حذف فتوکاتالیستی کروم توسط نانو کامپوزیت ZnO/ACF

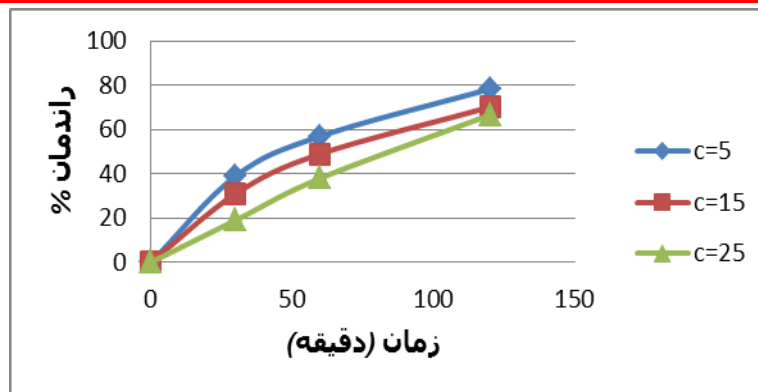
۶۶/۶٪ رسیده است. این شکل همچنین نشان می دهد که با افزایش زمان تماس از ۳۰ به ۱۲۰ دقیقه راندمان حذف کروم در غلظت اولیه کروم ۵ میلی گرم بر لیتر، راندمان حذف از ۳۹٪ به ۷۸/۳٪ رسیده است.

بحث

مشکلات ناشی از کروم در محیط زیست، عمدتاً به کروم شش ظرفیتی مربوط می گردد که در غلظت های بالا به صورت کرومات می تواند سمی و سرطانزا باشد و بر

بررسی تأثیر غلظت اولیه کروم بر فرایند حذف

در شکل ۶ یافته های حاصل از تأثیر غلظت اولیه کروم بر کارایی فرایند حذف به تصویر کشیده شده است. همچنان که در این شکل مشاهده می گردد، غلظت اولیه کروم رابطه عکس با راندمان حذف دارد به طوری که با افزایش غلظت اولیه کروم میزان راندمان حذف کاهش می یابد. در این شکل مشاهده می گردد که با افزایش غلظت اولیه کروم از ۵ به ۲۵ میلی گرم بر لیتر، راندمان از ۷۸/۳٪ به



شکل ۶. تأثیر غلظت اولیه بر راندمان حذف فتوکاتالیستی کروم توسط نانو کامپوزیت ZnO/ACF

زمینی ۱۶ $\mu\text{g/L}$ وجود دارد. حداکثر مجاز آن در آب آشامیدنی ۰۵/۰ mg/L تعیین شده است.

در تعیین مشخصات نانوکامپوزیت سنتز شده به طور کلی می توان به این نتیجه رسید که پخش شدن منظم نانوذرات باعث بالابردن قابلیت فرایند فتوکاتالیستی می شود. ضمن اینکه، توزیع نانوذرات اکسید روی در سطح خارجی الیاف می باشد که این قضیه به بالابردن پتانسیل حذف کمک زیادی می کند چرا که براحتی توسط نور UV فعال می شوند و همچنین در این صورت، سطح خوبی را برای حذف آلاینده فراهم می کنند.

نتایج مشابهی در آنالیز تصاویر SEM و گراف XRD مطالعه حاضر در مقایسه با نتایج مطالعه Guihua Chen و همکاران در سال ۲۰۱۴ که تصاویر XRD گرفته شده از کامپوزیت ACF/ZNO فاز شش وجهی در سطح های (۱۰۰)، (۰۰۲)، (۱۰۱)، (۱۰۲)، (۱۱۰)، (۱۰۳) را نشان داد و Kan Zhang و همکاران در سال ۲۰۱۰ در بررسی الگوی XRD کامپوزیت ACF/ZNO، پیک های اکسید روی ورتزیت شش وجهی و پیک های $25/3^\circ$ و $43/5^\circ$ سطح (۰۰۲) و (۱۰۰) مربوط به گرافیت در ACF را مشاهده کردند و از مقایسه گراف های ZNO و ACF مشخص کردند که کامپوزیت ACF/ZNO شامل ZNO ورتزیت و گرافیت در ACF می باشد.

بررسی تأثیر عامل ها (متغیرهای) انتخابی بر فرایند حذف

بررسی تأثیر pH محلول بر فرایند

در مطالعه ای که توسط بابایی و همکارانش برای حذف کروم شش ظرفیتی از محلول آبی با استفاده از نانو ذرات مگنتیت تثبیت شده با تفاله چای انجام گرفت نیز نتایج

سلامتی انسان تاثیر گذار است میزان ۱۰ میلی گرم آن در هر کیلوگرم وزن بدن به نکرز کبدی، نفریت و مرگ منجر می شود. مقادیر کم آن نیز منجر به ایجاد التهاب در مخاط دستگاه گوارش می شود. در میزان های بالا به نظر می رسد که در ایجاد سرطان های دستگاه گوارشی در انسان دخیل باشد. همچنین شواهد محکمی در دست است که نشان می دهد کروم، شانس سرطان ریه را در کارگران در معرض تماس افزایش می دهد. همچنین بروز سرطان پروستات و سینوس آرواره ای در کارگرانی که در صنایع استفاده کننده کروم کار کرده اند، گزارش شده است. از دیگر مخاطرات کروم، ایجاد درماتیت های پوستی و ناراحتی های مخاطی غشاء معده می باشد. مهم ترین علامت مسمومیت با کروم، اثر آن بر روی پوست و مخاط می باشد. به این معنی که در پوست حالتی شبیه سوختگی ایجاد می شود. همچنین مخاط بینی صدمه می بیند و در مسمومیت های نسبتاً پیشرفته دیواره میانی بینی زخم و اغلب سوراخ می شود. آبریزش چشم، ورم ملتحمه، هپاتیت مزمن همراه با حالت تهوع و استفراغ، کاهش اشتها و تورم کبدی از معضلات تماس مکرر حتی با مقادیر کم کروم می باشد. کرومات ها و دی کرومات ها ایجاد عوارض خونی به خصوص کم شدن گلبول های قرمز می نمایند. مطالعات انجام شده نشان می دهد که کروم شش ظرفیتی به خوبی از جداره گلبول های قرمز گذشته و به قسمت گلوبین در هموگلوبین اتصال می یابد. همچنین در رابطه با کروم شش ظرفیتی، صدمات ژنتیکی چون آسیب به DNA و اختلال در نوکلئیدها گزارش شده است. پژوهش های فدرال نشان داد که بطور متوسط در آب های سطحی $10 \mu\text{g/L}$ و در آب های زیر

بالا مانع از عمل اثر که از رسیدن فوتون به سطح فوتوکاتالیست میشود علاوه بر این با افزایش غلظت کروم، یون های جذب شده بر روی سطح فوتوکاتالیست احتمالا افزایش می یابد، به دلیل جذب بیش از حد کروم بر روی سطح کاتالیست محل های فعال احتمالا پوشیده شده و بر روی تولید رادیکال هیدروکسید و همچنین بر روی فعالیت تأثیر می گذارد (۲۲).

نتیجه گیری

کامپوزیت ACF/ZnO با روش سل ژل تهیه شد. مساحت سطح ACF (BET) بعد از تثبیت ZnO بر روی ACF کاهش یافت. تصویر SEM نشان داد که ذرات ZnO به صورت پراکنده بر روی ACF پراکنده شده اند. نتایج XRD، فاز شش وجهی ZnO را نشان داد. بر اساس نتایج آزمایشات فتوکاتالیتیکی می توان گفت که با افزایش ACF/ZnO و افزایش زمان واکنش، حذف کروم شش ظرفیتی افزایش می یابد، که یک دلیل برای این قضیه می تواند افزایش محل های جذب و همچنین افزایش تولید الکترون های آزاد در باند رسانا باشد. همچنین با افزایش مقدار اولیه غلظت کروم میزان حذف کروم کاهش یافت، در غلظت های پایین کروم راندمان احیا بیشتر از غلظت های بالا مشاهده گردید، به طور کلی با توجه به یافته های این مطالعه می توان روش نانوذرات اکسید روی تثبیت شده بر روی الیاف کربن فعال در حضور اشعه UV را به عنوان یک روش موثر و کارا جهت حذف کروم معرفی کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد می باشد، اعتبار مالی این پروژه در قالب طرح با شماره ۲۵۶۸۸ توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران تأمین گردیده که نویسندگان مقاله مراتب تشکر و سپاسگزاری خود را از مسئولین این دانشگاه، اعلام می دارند.

REFERENCES

1. Mahvi AH, Naghipour D, Vaezi F, Nazmara S. Teawaste as an adsorbent for heavy metal removal from industrial wastewaters. 2005.
2. Belay AA. Impacts of chromium from tannery effluent and evaluation of alternative treatment options. Journal of Environmental Protection. 2010;1(01):53.
3. Babel S, Kurniawan TA. Cr(VI) removal from synthetic wastewater using coconut shell charcoal and commercial activated carbon modified with oxidizing agents and/or chitosan. Chemosphere. 2004;54(7):951-67.

مشابهی برای تأثیر عامل pH در حذف کروم گزارش گردید (۱۶). مطالعات دیگری نیز بیان کرده اند که میزان حذف کروم در محیط های اسیدی بسیار سریع تر از محیط های قلیایی و خنثی می باشد (۱۷). یافته های مطالعه حاضر همچنین با یافته های Yuan و همکارانش و Chowdhury و همکارانش که به ترتیب از مگنتیت اصلاح شده با مونت موری لونیت و مگنتیت به تنهایی برای حذف کروم شش ظرفیتی در شرایط اسیدی استفاده کرده اند، در تطابق بوده است (۱۸ و ۱۹).

بررسی تأثیر دز نانوکامپوزیت ZnO/ACF و زمان واکنش بر فرایند حذف

زمان واکنش نیز به عنوان زمان مورد نیاز برای رسیدن به اهداف مورد نظر در یک فرایند تصفیه، یکی از متغیرهای مهم به منظور طراحی و راهبری یک فرایند تصفیه آب و فاضلاب می باشد. نتایج مشابهی توسط مطالعات دیگر برای تأثیر دز کاتالیست و زمان تماس بر کارایی فرایند گزارش شده است، این مطالعات بیان کرده اند که راندمان حذف کروم هم با دز کاتالیست و هم با زمان تماس رابطه مستقیم دارد، به عبارت دیگر با افزایش دز کاتالیست و زمان ماند راندمان حذف کروم نیز افزایش می یابد (۱۶ و ۲۰). نتایج این مطالعه با یافته های شیرزاد سبینی و بابایی در تطابق می باشد (۲۰ و ۲۱).

از مشاهدات بالا می توان توضیح داد که در غلظت های بالا مانع از عمل اثر که از رسیدن فوتون به سطح فوتوکاتالیست میشود علاوه بر این با افزایش غلظت کروم، یون های جذب شده بر روی سطح فوتوکاتالیست احتمالا افزایش می یابد، به دلیل جذب بیش از حد کروم بر روی سطح کاتالیست محل های فعال احتمالا پوشیده شده و بر روی تولید رادیکال هیدروکسید و همچنین بر روی فعالیت تأثیر می گذارد (۲۲).

بررسی تأثیر غلظت اولیه کروم بر فرایند حذف

از مشاهدات بالا می توان توضیح داد که در غلظت های

4. Li H, Bi S, Liu L, Dong W, Wang X. Separation and accumulation of Cu (II), Zn (II) and Cr (VI) from aqueous solution by magnetic chitosan modified with diethylenetriamine. *Desalination*. 2011;278(1):397-404.
5. Dönmez G, Aksu Z. Removal of chromium (VI) from saline wastewaters by *Dunaliella* species. *Process Biochemistry*. 2002;38(5):751-62.
6. Shirzad SM, Samarghandi M, Azizian S, Kim W, Lee S. The removal of hexavalent chromium from aqueous solutions using modified holly sawdust: equilibrium and kinetics studies. *Environmental Engineering Research*. 2011;16(2):55-60.
7. Beaumont JJ, Sedman RM, Reynolds SD, Sherman CD, Li LH, Howd RA, et al. Cancer mortality in a Chinese population exposed to hexavalent chromium in drinking water. *Epidemiology (Cambridge, Mass)*. 2008;19(1):12-23.
8. Zhang JD, Li XL. [Chromium pollution of soil and water in Jinzhou]. *Zhonghua yu fang yi xue za zhi [Chinese journal of preventive medicine]*. 1987;21(5):262-4.
9. Sun J-M, Shang C, Huang J-C. Co-removal of hexavalent chromium through copper precipitation in synthetic wastewater. *Environmental science & technology*. 2003;37(18):4281-7.
10. Hafez A, El-Manharawy M, Khedr M. RO membrane removal of unreacted chromium from spent tanning effluent. A pilot-scale study, Part 2. *Desalination*. 2002;144(1):237-42.
11. Ribeiro AB, Mateus EP, Ottosen LM, Bech-Nielsen G. Electrodialytic removal of Cu, Cr, and As from chromated copper arsenate-treated timber waste. *Environmental science & technology*. 2000;34(5):784-8.
12. Dąbrowski A, Hubicki Z, Podkościelny P, Robens E. Selective removal of the heavy metal ions from waters and industrial wastewaters by ion-exchange method. *Chemosphere*. 2004;56(2):91-106.
13. Chang HT, Wu N-M, Zhu F. A kinetic model for photocatalytic degradation of organic contaminants in a thin-film TiO₂ catalyst. *water research*. 2000;34(2):407-16.
14. Oh W-C, Bae J-S. Preparation of Fe-ACF/TiO₂ Composites and their Photocatalytic Degradation of Waste Water. *Journal of the Korean Ceramic Society*. 2008;45(11):667-74.
15. Zhang K, Oh W-C. Photocatalytic Degradation of Methylene Blue by ACF/TiO₂ and ACF/ZnO Composites under UV Light. *Korean Journal of Materials Research*. 2010;20(1):31-6.
16. Babaei AA BZ AM, Jaafarzadeh N, Goudarzi G. Evaluating the Performance of Magnetic Nanoparticles stabilized by tea-waste in the removal of Cr+6 from aqueous solutions. *Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences*. 2012;21(7):124-33.
17. Aghakhani A, Mousavi SF, Mostafazadehfard B, Rostamian R, Seraje I. Application of some combined adsorbents to remove salinity parameters from drainage water. *Desalination* 2011; 275: 217-23.
18. Jung Y, Choi J, Lee W. Spectroscopic investigation of magnetite surface for the reduction of hexavalent chromium. *Chemosphere* 2007; 68:1968-75.
19. Yuan P, Fan M, Yang D, He H, Liu D, Yuan A, et al. Montmorillonite -supported magnetite nanoparticles for the removal of hexavalent chromium from aqueous solutions. *J Hazardous Mat* 2009; 166:821-9.
20. Shirzad Siboni M, SMT, Rahmani A.R, Khataee A.R, Bordbar M., Samarghandi M.R. Photocatalytic Removal of Hexavalent Chromium and Divalent Nickel from Aqueous Solution by UV Irradiation in the Presence of Titanium Dioxide Nanoparticles. *Iran J Health & Environ.* 2011;3(3):261-70.
21. Babaei AA BZ, Ahmadi M, Jaafarzadeh N, Goudarzi G. Evaluating the Performance of Magnetic Nanoparticles stabilized by tea-waste in the removal of Cr+6 from aqueous solutions. *Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences*. 21(7):124-33.
22. Li F-t, Zhao Y, Liu Y, Hao Y-j, Liu R-h, Zhao D-s. Solution combustion synthesis and visible light-induced photocatalytic activity of mixed amorphous and crystalline MgAl₂O₄ nanopowders. *Chemical engineering journal*. 2011;173(3):750-9.

Original Article

Purification Method of Industrial Waste Water with Hexavalent Chromium Removal

Sara Banafsheafshan¹, Ahmad Jonidi jafari^{2*}, Roshanak Rezaei Kalantary³, Ali Esrafilly²

1. Master Student of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2. Professor of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

3. Assistant Professor of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

* **Corresponding Author:** Ahmad Jonidi jafari; Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Email: jonidi.a@iums.ac.ir

Received: 23 April 2016

Accepted: 29 June 2016

Published: 18 August 2016

How to cite this article:

Banafsheafshan S, Jonidi jafari A, Rezaei Kalantary R, Esrafilly A. Purification Method of Industrial Waste Water with Hexavalent Chromium Removal. Community Health 2016; 3(3):219-27.

Abstract

Background and Objective: Common sources of chromium in wastewater are electroplating and leather industries. Thus, the aim of this study is synthesis activated carbon fiber/zinc oxide composite to remove of Cr (VI) from polluted water.

Materials and Methods: The immobilization of zinc oxide (ZNO) on activated carbon fiber (ACF) was accomplished by Sol-gel method and synthesized activated carbon fiber composite (ACF/ZNO), was used to reduction of chromium under ultraviolet light from aqueous solution. And characterized by BET, SEM, XRD. After the design of the reactor, hexavalent chromium stock solution, using a solution of potassium dichromate (K₂Cr₂O₇) in distilled water, were prepared. The residual concentration of chromium was analyzed by the 1,5-diphenylcar-bazide method using a spectrophotometer at a wave length of 540 nm.

Results: The XRD results showed that a typical hexagonal phase for ZnO. The SEM results showed that zinc oxide were distributed on the ACF surface. It showed that the BET surface area was related to adsorption capacity for composite. Parameters effect, including concentration of pollutants, composite dose and pH were studied.

Conclusion: In optimal conditions, initial chromium concentration of 5 mg/l, composite dose 2.5 g/l and a pH of 3, after 120 minutes, system removal efficiency was 85%.

Keywords: Activated carbon fiber/zinc oxide, UV, Chromium (VI)