



مطالعه عملکرد منیزیم با ظرفیت صفر در احیاء کروم از محلول های آبی

نویسندگان: عبدالمطلب صید محمدی^۱، مجتبی زیوری^۲، قربان عسگری^۳، علیرضا رحمانی^۴
محمد رضا سمرقندی^۵

۱. استادیار مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۲. کارشناس ارشد گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی همدان

۳. نویسنده مسئول: استادیار مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان

تلفن: ۰۸۱۱۸۳۸۰۰۲۶ Email: Asgari@umsha.ac.ir

۴. استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۵. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان

چکیده

مقدمه: کروم از جمله فلزات سنگینی است که به دلیل فراوانی استفاده در مصارف مختلف و عدم تصفیه مناسب فاضلاب صنایع به سهولت وارد منابع آبی شده و منجر به آلودگی وسیع آنها می شود. از این رو در این مطالعه احیاء شیمیایی کروم شش ظرفیتی توسط گرانول منیزیم و تاثیر پارامترهای مختلف بر عملکرد آن مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی: پژوهش حاضر یک مطالعه تجربی آزمایشگاهی بوده که از فلز منیزیم با ظرفیت صفر به منظور احیاء کروم شش ظرفیتی استفاده شده است. نمونه های مائی حاوی کروم شش ظرفیتی به صورت سنتتیک با استفاده از آب مقطر تهیه گردید. مراحل مختلف انجام آزمایشات در ارلن های ۲۵۰ میلی لیتری شیشه ای در دستگاه شیکر انکوباتور انجام گردیده و اثر فاکتورهای مختلف نظیر تغییرات pH محلول، غلظت های مختلف منیزیم، غلظت اولیه کروم، دما، زمان تماس و عوامل مداخله کننده مورد بررسی قرار گرفت. در خاتمه غلظت کروم در زمان های مختلف با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر و در طول موج ۵۴۰ نانومتر قرائت گردید.

یافته ها: نتایج مطالعه اخیر حاکی از آنست که راندمان حذف کروم با استفاده از منیزیم صفر ظرفیتی با افزایش غلظت منیزیم، افزایش غلظت اولیه کروم و دما افزایش و با افزایش pH محلول کاهش داشته است. بیشترین کارایی حذف در زمان ۱۰ دقیقه از انجام واکنش در $pH=3$ ، غلظت منیزیم ۰/۷ گرم در لیتر و کروم اولیه ۱۵۰ میلی گرم در لیتر به میزان ۹۲/۲٪ بوده است. همچنین وجود اسید هیومیک، سختی و قلیائیت به عنوان عوامل مداخله کننده سبب کاهش کارایی حذف کروم در این فرایند شده است. با افزایش زمان تماس نیز راندمان حذف افزایش یافته است.

نتیجه گیری: فلز منیزیم بدلیل خصوصیات منحصر به فرد از جمله بالا بودن پتانسیل اکسیداسیون و احیاء، سهولت دسترسی و بالا بودن استاندارد یون منیزیم در آب قادر است به نحو چشمگیری در حذف کروم موثر بوده و در فرایند حذف کروم در محلول های مائی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: کروم شش ظرفیتی، احیاء شیمیایی، منیزیم صفر ظرفیتی

طلوع بهداشت

فصلنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال دوازدهم

(ویژه نامه بهداشت محیط)

شماره: چهارم - ۱۳۹۲

شماره مسلسل: ۴۲

تاریخ وصول: ۱۳۹۱/۹/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۰۹

مقدمه

تامین آب آشامیدنی سالم و بهداشتی یکی از مهم ترین چالش های فراروی انسان علی الخصوص برای جمعیت عظیمی از مردم در کشورهای در حال توسعه است. کاهش ذخایر آبی به دلیل استفاده بی رویه از منابع آب سطحی و زیر زمینی از یک سو و آلودگی منابع آبی قابل دسترس به علت تخلیه کنترل نشده پساب های صنعتی و دیگر فعالیت های انسانی و فرآیندهای طبیعی از سوی دیگر در تشدید مشکلات در خصوص تامین آب آشامیدنی تاثیر بسزایی گذاشته است (۱). از میان انواع آلاینده های موجود در محیط، آلودگی منابع آبی به انواعی از فلزات سمی با عنایت به گسترش روز افزون استفاده از آنها در فرآیندهای مختلف صنعتی و تجاری بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. عمده فلزات سنگین نظیر کروم، آرسنیک، جیوه، کادمیم، نیکل، سرب و ... به دلیل پتانسیل سمیت زائی اثرات سوء متعدد فیزیولوژیکی بر سلامت انسان، ناشی از خاصیت تجمعی این آلاینده ها در بافت های بیولوژیکی از طریق زنجیره غذایی دارند (۲،۳). کروم شش ظرفیتی از جمله مهم ترین این گروه از فلزات است که در راس فهرست آلاینده های سمی دارای اولویت از جانب آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا قرار گرفته است (۴،۵). این عنصر در بسیاری از ترکیبات نظیر قارچ کش ها، صنایع چرم سازی، آبکاری الکتریکی، رنگ و رنگدانه سازی، شیشه سازی، تولید کودهای شیمیایی، ذوب فلزات و متالورژی کاربرد دارد (۶،۷). این دامنه وسیع کاربرد سبب شده است سالانه مقادیر زیادی از آن به همراه فاضلاب یا سایر زائدات این قبیل صنایع به محیط تخلیه شده و



افزایش غلظت آن در آب های سطحی و زیر زمینی را سبب شود. ورود بیش از اندازه این ماده از طریق پساب تصفیه خانه ها به محیط و بالا رفتن غلظت آن در منابع متعدد آبی منجر به تدوین مقررات سختگیرانه در خصوص این ماده معدنی در پساب و منابع آب آشامیدنی شده است. آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا جهت جلوگیری از افزایش غلظت کروم در منابع آب حد قابل قبول غلظت کروم شش ظرفیتی را در فاضلاب های دفع شونده به آب های سطحی در حد ۰/۱ میلی گرم در لیتر و جهت حفظ و ارتقاء سطح بهداشت عمومی جامعه حد قابل قبول آن را در آب های آشامیدنی در حد ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر تعیین کرده است (۹۸). مطالعات مختلف نشان داده است که تجمع بیش از حد این فلز می تواند تاثیرات نامطلوبی بر روی کارکرد ارگانسیم های مختلف بدن نظیر کبد، کلیه، سیستم خون ساز، سیستم اعصاب، دستگاه گوارش، پوست و همچنین باعث ایجاد سرطان در بافت های مختلف بدن شود (۱۰). بر خلاف آلاینده های آلی که اغلب به صورت بیولوژیکی تجزیه شده و به فرم های بی خطر تبدیل می شوند، کروم و دیگر ترکیبات معدنی از گروه فلزات سنگین چنین پتانسیلی را برای تبدیل به اجزاء بی خطر ندارند (۱۰). استخراج در حلال، ترسیب شیمیایی، تبادل یون، استخراج الکتریکی، فرآیندهای غشایی و جذب مهمترین روش های مورد استفاده برای حذف کروم شش ظرفیتی از محیط های آبی هستند (۱۱،۱۲). هزینه بالای بهره برداری و نگهداری، لزوم استفاده از مواد شیمیایی در مقادیر بالا، مشکلات دفع پساب و عدم حذف کامل فلزات سنگین از جمله کروم از معایب روش های فوق می باشد که کاربرد آن را



سطح فلز منیزیم بدلیل ترسیب کمتر هیدروکسید آن نسبت به سایر فلزات تا حدودی کمتر است (۱۶). لذا در این مطالعه با عنایت به خصوصیات منحصر به فرد منیزیم، از جمله راندمان بالا در حذف آلاینده ها، هزینه های سرمایه گذاری و هزینه های طولانی مدت عملیاتی و سادگی فرایند عملکرد منیزیم صفر در حذف کروم شش ظرفیتی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در این پژوهش تاثیر عوامل مختلف همچون تغییرات pH، اثر زمان تماس، غلظت اولیه کروم، اثر دما، تاثیر اسید هیومیک، سختی و قلیائیت به عنوان عوامل مداخله کننده و دوز منیزیم صفر به صورت منقطع مورد بررسی گرفت.

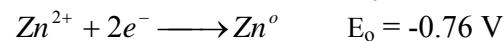
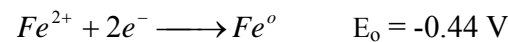
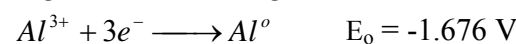
روش بررسی

پژوهش حاضر، یک مطالعه تجربی آزمایشگاهی بوده که در آزمایشگاه گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان در مقیاس آزمایشگاهی طی مدت زمان ۳ ماه انجام شد. تمامی آزمایشات به منظور بررسی متغیرها در شرایط هوایی و در ارلن های به حجم ۲۵۰ میلی لیتری پوشیده شده با فویل آلومینیومی انجام شد. در این پژوهش، منیزیم فلزی گرانوله با درجه خلوص ۹۹٪ در اندازه ۱ تا ۲ میلی متر از شرکت مرک آلمان خریداری و بدون هر گونه پیش تصفیه ای مورد استفاده قرار گرفت. در جدول ۱ مشخصات گرانول های منیزیم صفر نشان داده شده است

غلظت های مورد استفاده کروم شش ظرفیتی از محلول ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر دی کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) خریداری شده از شرکت مرک تهیه و در مراحل مختلف آزمایش مورد استفاده قرار

با محدودیت هایی همراه نموده است (۱۳). در سالیان اخیر فرایندهای احیاء شیمیایی به منظور حذف بسیاری از آلاینده های آلی و معدنی مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این فرایند از فلزاتی نظیر آهن با ظرفیت صفر (Fe^0) و آلومینیم با ظرفیت صفر (Al^0) به منظور حذف آلاینده ها استفاده شده است. در سیستم های مائی و در حین کاربرد این روش، Fe^0 به آهن فرو (Fe^{2+}) و Al^0 نیز به یون Al^{3+} اکسید شده و از این طریق موجبات احیاء آلاینده ها را فراهم نموده است. در این میان استفاده از آلومینیوم بیش از آهن با ظرفیت صفر بدلیل مشکلات استفاده از آهن از جمله نیاز به دوز بالا، طولانی بودن زمان واکنش، غیر فعال شدن سطح آهن در اثر رسوب هیدروکسید آهن و ورود آن به آب مورد استفاده قرار گرفته است (۱۴).

منیزیم با ظرفیت صفر یکی از فلزاتی است که در سالیان اخیر مورد توجه قرار گرفته است و تحقیقاتی جهت شناسایی پتانسیل احیاء کنندگی آن انجام شده است. این عنصر یک فلز غیر سمی و دوستدار محیط زیست است که دارای پتانسیل احیاء بالا (۲/۳۶۳) در مقایسه با Fe^0 (۰/۴۴) و Al^0 (۱/۶۷۶) می باشد (۱۵).



از آنجائی که واکنش فلزات صفر ظرفیتی یک واکنش اکسیداسیون و احیاء محسوب می شود با افزایش پتانسیل احیاء یون فلزی، اکسیداسیون فلز و کاهش آلاینده هر دو افزایش می یابد. از دیگر دلایل استفاده از منیزیم بالا بودن ثابت حلالیت هیدروکسید منیزیم در مقایسه با آهن است. این بدین معناست که شدت انفعال



منیزیم صفر جهت تعیین تاثیر غلظت اولیه کروم مورد بررسی قرار گرفته شد.

اثر دما بر حذف کروم: در ادامه در مقادیر کروم اولیه، pH محیط و منیزیم صفر بهینه با تنظیم دمای شیکر انکوباتور دما در دامنه ($15^{\circ}C$ و $25^{\circ}C$ و $35^{\circ}C$ و $45^{\circ}C$) تنظیم شده و تاثیر آن بر سرعت انجام واکنش با انجام نمونه برداری و تعیین غلظت کروم باقیمانده تعیین شد.

اثر عوامل مداخله کننده: به منظور تعیین تاثیر عوامل مداخله کننده در فرایند حذف کروم در شرایط بهینه بهره برداری مقادیر 10 mg/L اسید هیومیک، 100 mg/L سختی و 200 mg/L قلیائیت به نمونه ها افزوده شده و در زمان های مختلف نمونه برداری و قرائت نمونه ها انجام شد. برای تعیین و اندازه گیری کروم از روش رنگ سنجی بر اساس روش های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب در حضور نشانگر ۱ و ۵ دی فنیل کاربازاید در محیط اسیدی و استفاده از اسپکتروفتومتر مدل DR ۵۰۰۰ در طول موج ۵۴۰ نانومتر استفاده شد. به منظور اختلاط نمونه ها از دستگاه شیکر انکوباتور مدل Pars Zama و از دستگاه ORP متر مدل HQ40d جهت تعیین پتانسیل اکسیداسیون و احیاء نمونه ها استفاده شد.

گرفت. بررسی اولیه نشان داد حداکثر راندمان حذف در زمان تماس ۱۰ دقیقه حاصل می شود، بنابراین در کلیه مراحل آزمایشات در زمان ۱۰ دقیقه صورت گرفته است. در ادامه مراحل مختلف انجام آزمایشات به شرح ذیل می باشد. به منظور تعیین اثر بخشی تغییرات pH محیط آبی بر کارایی حذف کروم در غلظت ثابت ۵۰ میلی گرم بر لیتر، با استفاده از اسید کلریدریک ۱ نرمال و سود ۱ مولار pH را در مقادیر ۱۱، ۹، ۷، ۵ و ۳ تنظیم نموده و به هر یک از ظروف مقدار ۰/۷ گرم در لیتر از گرانول منیزیم با ظرفیت صفر اضافه شده است. بشرها را پس از پوشاندن با فویل آلومینیومی در شیکر انکوباتور قرار داده و در زمان های مشخص عملیات نمونه برداری و قرائت غلظت کروم باقیمانده انجام شده است.

بررسی تاثیر مقدار منیزیم با ظرفیت صفر: در این مرحله از انجام آزمایشات و پس از تعیین pH بهینه محیط و در غلظت اولیه کروم به میزان ۵۰ میلی گرم بر لیتر، مقادیر مختلف منیزیم با ظرفیت صفر ($0/15$ ، $0/35$ ، $0/5$ ، $0/7$ و 1 g/L) به ظروف واکنش اضافه شده و مجدداً مراحل انجام واکنش در انکوباتور و نمونه برداری همانند روش قبل انجام شد. برای تنظیم pH از اسید کلریدریک و سود استفاده شد. بررسی تاثیر غلظت اولیه کروم: غلظت های متفاوت کروم (150 ، 50 ، 75 ، 100 ، 25) در مقادیر بهینه pH محیط و

پارامتر	ضریب	اندازه	جرم	سطح ویژه
جدول ۱: مشخصات منیزیم با ظرفیت صفر مورد استفاده در پژوهش	یکنواختی	موثر	مولکولی	
مشخصات	۲	۱mm	g/mol	m ² /g
			۳۱/۲۴	۰/۱۸۰۴



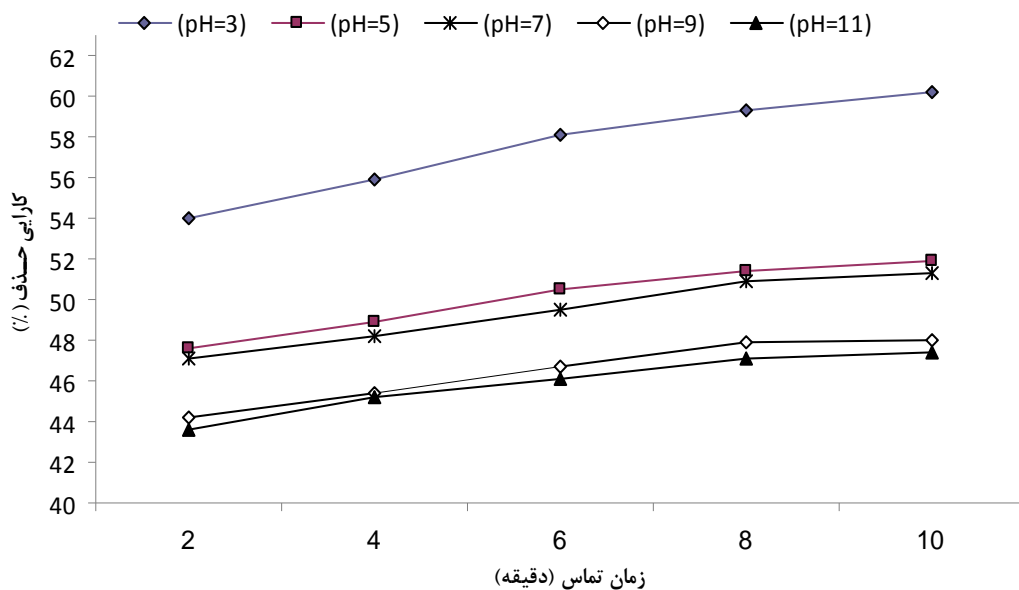
یافته ها

نتایج انجام مراحل مختلف این پژوهش بر اساس اشکال ۱ تا ۴ به شرح ذیل می باشد.

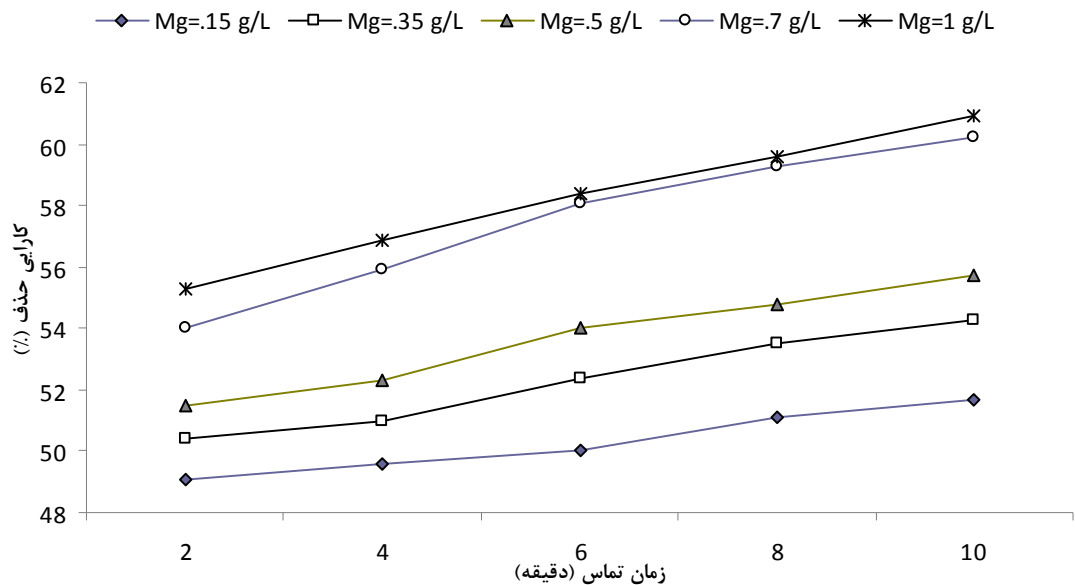
تأثیر pH محیط در حذف کروم:

نتایج بررسی اثر pH بر حذف کروم در فاصله زمانی ۲ تا ۱۰ دقیقه در حضور ۰/۷ گرم در لیتر گرانول فلز منیزیم صفر ظرفیتی در دمای ۲۵ °C و در ۱۰۰ CC محلول با غلظت اولیه ۵۰ میلی گرم در لیتر از کروم در شکل ۱ نشان داده شده است. بر این اساس، کارایی حذف کروم در pH ۱۱،۹،۷،۵،۳ به ترتیب برابر با ۶۰/۲٪، ۴۷/۴٪، ۵۱/۳٪، ۵۱/۹٪، ۵۱/۳٪ و ۴۸/۴٪ پس از گذشت زمان ۱۰ دقیقه از انجام فرایند بوده است.

نتایج بررسی تأثیر دوز منیزیم در حذف کروم در فاصله زمانی ۲ تا ۱۰ دقیقه در pH = ۳ که در مرحله قبل به عنوان بهینه انتخاب شد در دمای ۲۵ °C با غلظت اولیه ۵۰ میلی گرم در لیتر از کروم در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داده شده در شکل ۲ مویید این نتیجه است که با افزایش مقدار منیزیم اضافه شده در محلول، راندمان حذف افزایش می یابد به گونه ای که راندمان حذف کروم ۶۰/۹٪ و ۶۰/۲٪، ۵۵/۷٪، ۵۴/۳٪، ۵۱/۷٪ در مقادیر متفاوت دوز منیزیم ۰/۷، ۰/۵، ۰/۳۵، ۰/۱۵، ۰/۰۵ گرم در لیتر حاصل شده است. هر چند در مقادیر ۰/۷ و ۱ گرم منیزیم اضافه شده در محلول در نهایت و در زمان ۱۰ دقیقه کارایی حذف اختلاف چندانی با هم نداشته و غلظت ۰/۷ گرم به عنوان بهینه انتخاب گردید.



شکل ۱: تأثیر pH در حذف کروم در حضور ۰/۷ g/L گرانول فلز منیزیم صفر ظرفیتی در دمای ۲۵ °C و غلظت اولیه کروم ۵۰ میلی گرم در لیتر



شکل ۲: تاثیر دوز منیزیم در حذف کروم در فواصل زمانی مختلف در $\text{pH}=3$ ، دمای 25°C و غلظت اولیه 50 میلی گرم کروم در لیتر

بررسی اثر دما بر حذف کروم:

نتایج تاثیر تغییرات دما در حذف کروم در فاصله زمانی ۲ تا ۱۰ دقیقه در pH بهینه و غلظت اولیه کروم برابر با 100 میلی گرم در لیتر در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج منتج از شکل ۴ بیانگر آنست که با افزایش دما میزان حذف کروم سیر صعودی داشته است. بنحوی که در زمان ۱۰ دقیقه از انجام فرایند در دماهای ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتیگراد راندمان حذف کروم به ترتیب ۸۸/۶، ۹۰/۷، ۹۲/۷ و ۹۶ درصد بوده است.

تغییرات پتانسیل اکسیداسیون و احیاء:

روند تغییرات پتانسیل اکسیداسیون و احیاء (ORP) در فرایند حذف کروم در فاصله زمانی ۰ تا ۱۰ دقیقه از انجام واکنش در حضور منیزیم به مقدار 0.7 g/L ، دمای 25°C و $\text{pH}=3$ نشان دهنده آنست که مقدار ORP در ابتدا و در حین اضافه نمودن منیزیم صفر $3/365+$ بوده است که با شروع فرایند همواره روند

تاثیر تغییرات غلظت اولیه کروم:

نتایج تاثیر غلظت های مختلف کروم در دامنه $150-25$ میلی گرم در لیتر در فواصل زمانی مختلف بر کارایی حذف آن در فرایند در شکل ۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در شکل ۳ در تمامی غلظت های کروم مورد مطالعه در یک فاصله زمانی کوتاه (۲ دقیقه اول) کاهش شدیدی در غلظت نهایی کروم اتفاق افتاده و به دنبال آن روند تغییرات غلظت کروم برای تمامی مقادیر کروم اولیه به طور مشابه کاهش محسوسی مشاهده نشده است. همچنین نتایج این مرحله از انجام آزمایشات بیانگر آنست که با افزایش غلظت اولیه کروم در محلول، راندمان حذف افزایش یافته است. بر این اساس با گذشت ۱۰ دقیقه از انجام آزمایشات در مقادیر ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر به ترتیب ۳۵/۴، ۶۰/۲، ۷۹/۳، ۹۰/۷ و ۹۲/۲ درصد کروم طی فرایند اکسیداسیون و احیاء در حضور منیزیم گرانوله صفر ظرفیتی حذف شده است.

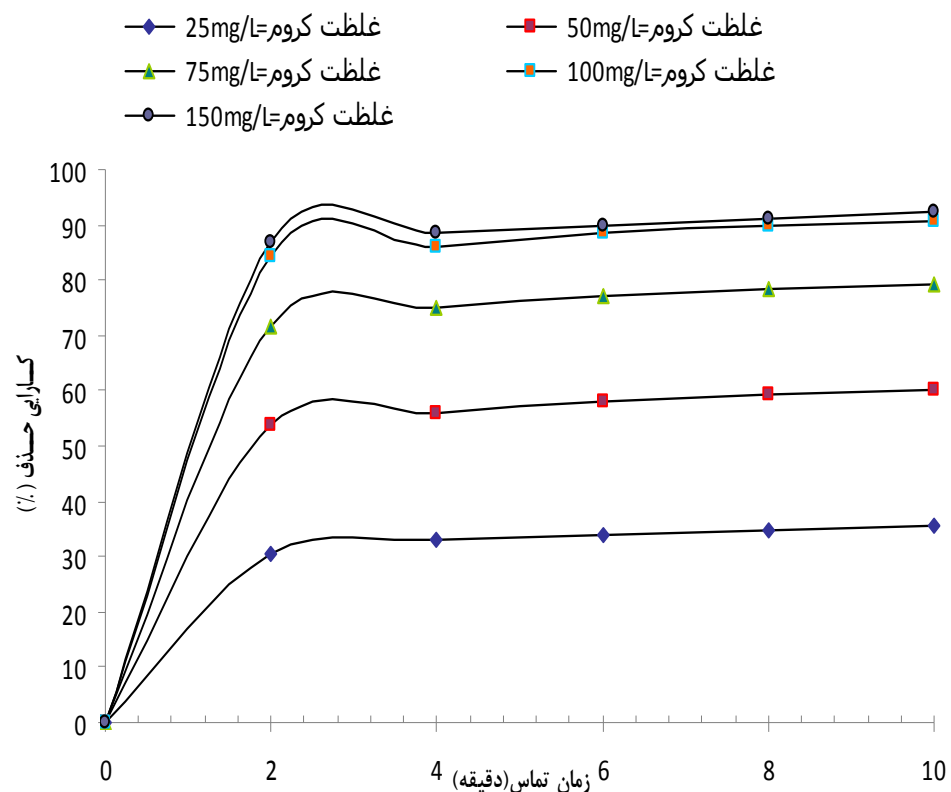


نتایج این بخش از مطالعه نشان داد که هر سه عامل انتخاب شده به عنوان مداخله کننده بر کارایی فرایند در حذف کروم تاثیر گذار بوده اند به گونه ای که با اضافه شدن اسید هیومیک، قلیائیت و سختی به ترتیب ۵، ۷ و ۱۰ درصد راندمان حذف کروم کاهش یافت. این در حالیست که تاثیر همزمان این عوامل مداخله کننده بر حذف کروم کمتر از تاثیر هریک از سختی و قلیائیت به صورت مجزا بود.

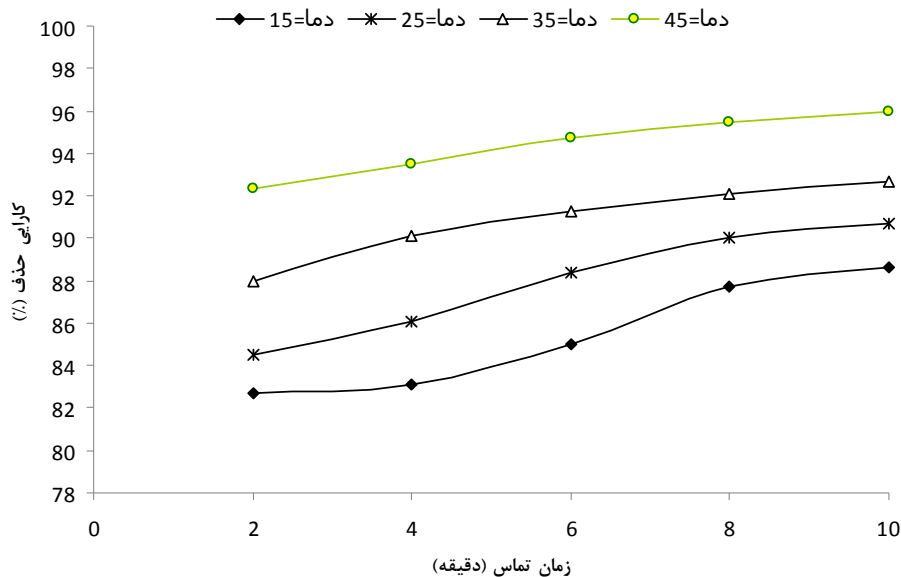
کاهش یافته و پس از ۱۰ دقیقه به ۱۶۱/۴- رسیده است که بیانگر وجود محیط کاملاً "احیایی می باشد.

بررسی اثر عوامل مداخله گر بر حذف کروم:

تاثیر عوامل مداخله گر اسید هیومیک، سختی و قلیائیت به ترتیب در مقادیر ۱۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر و تاثیر توام آنها در حذف کروم در طی زمان ۱۰ دقیقه با حضور 0.7 g/L منیزیم در pH بهینه در ۱۰۰ میلی لیتر محلول و غلظت اولیه ۱۰۰ میلی گرم کروم در لیتر در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۳: تاثیر تغییرات غلظت اولیه کروم در حذف کروم در فواصل زمانی مختلف در $\text{pH} = 3$ ، دمای 25°C و 0.7 g/L منیزیم صفر



شکل ۴: تاثیر تغییرات دما در حذف کروم در $\text{pH}=3$ ، 0.7 g/L منیزیم و غلظت اولیه 100 میلی گرم کروم در لیتر

بحث و نتیجه گیری

محیط قلیایی احتمالاً می تواند ناشی از ایجاد کمپلکس منیزیم و هیدرات های کروم بر سطح ماده واکنش گر (منیزیم صفر) باشد (۱۸). نتایج مطالعات مشابه نیز صحت اطلاعات فوق را نشان داده است (۱۹). از دیگر پارامترهای مهم که می تواند بر عملکرد فرایند اکسیداسیون و احیاء تاثیر گذار باشد غلظت ماده واکنش گر در محیط است (۲۰). در عمل با افزایش دوز ماده احیاء کننده میزان الکترون آزاد شده افزایش یافته و در نتیجه امکان احیاء مقدار بیشتر آلاینده وجود دارد (۲۱). نتایج مطالعه اخیر نیز حاکی از آنست که با افزایش مقدار منیزیم سرعت احیاء کروم افزایش می یابد هر چند با بالا رفتن ماده واکنش گر از حد معینی مجدداً راندمان حذف کروم کاهش محسوسی یافته است که می تواند به علت احیایی شدن محیط باشد بگونه ای که مقدار اضافی دوز تاثیر کمتری را در عمل احیاء ایفا می کند (۲۲). نتایج تاثیر غلظت اولیه کروم بر

pH محیط یکی از فاکتورهای بسیار کلیدی و موثر در واکنش های اکسیداسیون و احیاء همگام با سایر فرایندهای شیمیایی دیگر در حذف آلاینده های مختلف محیطی است (۷). هر چند نتایج تحقیقات انجام گرفته در این زمینه نشان داده است که تاثیر pH اولیه محیط بسته به نوع فرایند مورد استفاده و نوع آلاینده متفاوت است. نتایج تاثیر تغییرات pH در این مطالعه حاکی از آنست که احیاء کروم در محیط اسیدی ($\text{pH}=3$) با سرعت بیشتری نسبت به محیط خنثی و قلیایی انجام گرفته است. افزایش سرعت احیاء کروم در محیط اسیدی می تواند ناشی از این حقیقت باشد که هیچ رسوبی در سطح فلز صفر ظرفیتی ایجاد نمی شود و سطح فلز مستقیم در معرض محلول و آلاینده قرار گرفته و می تواند الکترون زیادی آزاد کند (۱۷). همچنین کاهش سرعت احیاء کروم در



عنایت به بالا بودن املاح و ترکیبات آلی در منابع آب و فاضلاب از اهمیت بی شماری برخوردار است. لذا در این مطالعه تاثیر اسید هیومیک، سختی و قلیائیت در مقادیر ۱۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر بر احیاء کروم با استفاده از منیزیم صفر مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی عوامل مداخله گر اسید هیومیک، سختی و قلیائیت به تنهایی بیانگر آنست که به ترتیب ۵، ۷ و ۱۰ درصد راندمان حذف کروم کاهش یافته است. سختی و قلیائیت موجبات تشکیل رسوب را بر روی سطح فلز(منیزیم) فراهم نموده و مسدود کردن انتقال الکترون را فراهم می آورند. اسید هیومیک نیز باعث تشکیل کمپلکس های اکسیژن گروه های مختلف و واکنش های آبگریزی در سطح Mg^{+2} شده که باعث کاهش در ظرفیت حذف آلایندگی ها می شود (۲۸، ۲۹، ۳۰). همچنین تاثیر توام این عوامل مداخله کننده در حذف کروم در شرایط بهینه کمتر از تاثیر هریک از سختی و قلیائیت به صورت مجزا بوده است که احتمالا ناشی از تاثیر عوامل فوق بر یکدیگر و بی اثر نمودن اثر آنها باشد. نتایج مطالعه اخیر بیانگر آنست که استفاده از فلز منیزیم با ظرفیت صفر پتانسیل مناسبی در حذف کروم از محیط های آبی دارد. بالا بودن پتانسیل اکسیداسیون و احیاء این فلز در مقایسه با آهن و آلومینیوم، سهولت دسترسی، بالا بودن استاندارد منیزیم در آب (150 mg/L) از جمله مزیت های استفاده از فلز منیزیم با ظرفیت صفر طی فرایندهای اکسیداسیون و احیاء می باشد. نتایج این مطالعه حاکی از آنست که کارایی حذف کروم در حضور منیزیم به عوامل متعدد از جمله pH محیط، دوز ماده احیاء کننده، مقدار اولیه کروم و دما بستگی دارد. در این راستا راندمان حذف کروم

حذف آن با استفاده از منیزیم که در شکل ۳ نشان داده است حاکی از آن است که با افزایش غلظت اولیه کروم راندمان حذف افزایش یافته است. نتایج مطالعات مشابه نیز نتایج این مطالعه را تایید نموده است و علت آن را بالا بودن پتانسیل اکسیداسیون و احیاء فلز منیزیم و ایجاد محیط کاملاً احیایی دانسته است که منجر به حذف آلایندگی های با غلظت بالا می شود (۱۹، ۲۳، ۲۴). دمای محیط فاکتور مهم دیگری است که می تواند سرعت واکنش های بیوشیمیایی را تحت تاثیر قرار دهد. در عین حال تاثیر دما در حذف آلایندگی ها در فرایندهای مختلف متفاوت می باشد به نحوی که در اغلب فرایندهای جذب با افزایش دما راندمان کاهش می یابد (۲۵، ۱۸). در فرایندهای اکسیداسیون و احیاء با افزایش دما سرعت واکنش افزایش یافته، احیاء محیط بیشتر شده در نتیجه آلایندگی بیشتری حذف شده و راندمان افزایش می یابد (۲۰، ۲۶). در مطالعه حاضر نیز که نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است با افزایش دما میزان حذف کروم سیر صعودی داشته است. واکنش فلزات صفر ظرفیتی یک واکنش اکسیداسیون و احیاء محسوب می شود از این رو تغییرات پتانسیل اکسیداسیون و احیاء در محیط می تواند نشانه سرعت انجام واکنش باشد (۲۷، ۱۵). در فرایند حذف کروم در فاصله زمانی ۰ تا ۱۰ دقیقه از انجام واکنش در شرایط بهینه، مقدار ORP در ابتدا و در حین اضافه نمودن منیزیم صفر $+365/3$ بوده است که با شروع فرایند همواره روند کاهشی داشته و پس از ۱۰ دقیقه به $-161/4$ رسیده است که بیانگر وجود محیط کاملاً احیایی می باشد. از دیگر فاکتورهای موثر بر کارایی فرایندهای فیزیکوشیمیایی عوامل مداخله کننده است که علی الخصوص با



نویسندگان مراتب سپاس و تشکر فائقه خود را از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی همدان جهت تامین اعتبار مالی طرح تحقیقاتی در قالب پایان نامه دوره کارشناسی ارشد (طرح شماره ۹۰۱۲۱۶۴۶۵۸) ابراز می دارد.

با کاهش pH محیط (pH=۳)، افزایش ماده احیاء کننده (بهینه ۰/۷ گرم در لیتر)، افزایش دما (۴۵ درجه سانتیگراد) و افزایش غلظت اولیه کروم (۱۵۰mg/L) افزایش داشته است. اسید هیومیک، سختی و قلیائیت به عنوان عوامل مداخله کننده در راندمان حذف کروم تاثیر گذار بوده و سبب کاهش راندمان حذف شده اند.

تشکر و قدردانی

References

- 1-Mollah MYA, Schennach R, Parga JR, et al. Electrocoagulation (EC) - science and applications. J Hazard Mater 2001; 84 (1): 29-41.
- 2-Rodrigues LA, Maschio LJ, Silva RE, et al. Adsorption of Cr (VI) from aqueous solution by hydrous zirconium oxide. J Hazard Mater 2010; 173 (1-3): 630-6.
- 3-Memon AR, Schroder P. Implications of metal accumulation mechanisms to phytoremediation. Environ Sci Pollut Res 2009; 16 (2): 162-75.
- 4-Bayramoğlu G, Yakup Arica M. Adsorption of Cr (VI) onto PEI immobilized acrylate-based magnetic beads: Isotherms, kinetics and thermodynamics study. Chem Eng J 2008; 139 (1): 20-8.
- 5-Ghanizadeh GH, Asgari G, Seid Mohammadi AM, Ghaneian MT. Kinetics and isotherm studies of hexavalent chromium adsorption from water using bone charcoal. Fresenius Environ. Bull 2012; 21(5):1296-1302.
- 6-Asgari G, Rahmani AR, Faradm J, Seid Mohammadi AM. Kinetic and Isotherm of Hexavalent Chromium Adsorption onto Nano Hydroxyapatite. JRHS 2012; 12(1): 45-53.
- 7-Shao-feng N, Yong L, Xin-hua X, Zhang-hua L. Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by iron nanoparticles. J Zhejiang Univ Sci 2005; 6B (10): 1022-27.
- 8-Selvi K, Pattabhi S, Kadirvelu K. Removal of Cr(VI) from aqueous solution by adsorption onto activated carbon. Bioresource Technol 2001; 80 (1): 87-9.
- 9-Arenas LT, Lima EC, dos Santos Jr AA, Vaghetti JCP, Costa TMH, Benvenuto EV. Use of statistical design of experiments to evaluate the sorption capacity of 1, 4-diazoniabicyclo.octane/silica chloride for Cr (VI) adsorption. Colloids and Surface A 2007; 297 (1-3): 240-8.



- 10-Choi HD, Cho JM, Baek K, Yang JS, Lee JY. Influence of cationic surfactant on adsorption of Cr (VI) onto activated carbon. *J Hazard Mater* 2009; 161 (2-3): 1565-8.
- 11-Zimmermann AC, Mecabô A, Fagundes T, Rodrigues CA. Adsorption of Cr(VI) using Fe-crosslinked chitosan complex (Ch-Fe). *J Hazard Mater* 2010; 179 (1-3): 192-6.
- 12-Chand R, Watari, T, Inoue K, Torikai T, Yada M. Evaluation of wheat straw and barley straw carbon for Cr(VI) adsorption. *Sep Purif Technol* 2009; 65 (3): 331-6.
- 13-Wu Y, Zhang S, Guo X, Huang H. Adsorption of chromium(III) on lignin. *Bioresource Technol* 2008; 99 (16): 7709-15.
- 14-Huang YH, Zhang TC. Effects of dissolved oxygen on formation of corrosion products and concomitant oxygen and nitrate reduction in zero-valent iron systems with or without aqueous Fe²⁺. *Water Res* 2005; 39 (9): 1751-60.
- 15-Kumar GS, Suresh S. Studies on dechlorination of DDT (1, 1, 1-trichloro-2, 2-bis (4-chlorophenyl) ethane) using magnesium/palladium bimetallic system. *J Hazard Mater* 2007; 139 (1): 146-53.
- 16-Kumar PA, Chakraborty S. Fixed-bed column study for hexavalent chromium removal and recovery by short-chain polyaniline synthesized on jute fiber. *J Hazard Mater* 2009; 162 (2-3): 1086-98.
- 17-Daneshvar N, Salari D, Aber S. Chromium adsorption and Cr(VI) reduction to trivalent chromium in aqueous solutions by soya cake. *J Hazard Mater* 2002; 94 (1): 49-61.
- 18-Soner AH. Cr (VI) removal from aqueous solution by iron (III) hydroxide-loaded sugar beet pulp. *Process Biochem* 2005; 40 (3-4): 1443-52.
- 19-Rana P, Mohan N, Rajagopal C. Electrochemical removal of chromium from wastewater by using carbon aerogel electrodes. *Water Res* 2004; 38 (12): 2811-20.
- 20-Kumar M, Chakraborty S. Chemical denitrification of water by zero-valent magnesium powder. *J Hazard Mater* 2006; 135 (1-3): 112-21.
- 21-Luk GK, Au-Yeung WC. Experimental investigation on the chemical reduction of nitrate from groundwater. *Adv Environ Res* 2002; 6 (4): 441-53.
- 22-Wang Q, Cissoko N, Zhou M, Xu X. Effects and mechanism of humic acid on chromium (VI) removal by zero-valent iron (Fe⁰) nanoparticles. *Phys Chem Earth* 2011; 36 (9-11): 442-46.



- 23-Erdem M, Gur F, Tumen F. Cr (VI) reduction in aqueous solutions by siderite. *J Hazard Mater* 2004; 113 (1-3): 217-22.
- 24-Chun L, Hongzhang C, Zuohu L. Adsorptive removal of Cr (VI) by Fe-modified steam exploded wheat straw *Process Biochem* 2004; 39 (5): 541-45.
- 25-Karaoglu MH, Zor S, Ugurlu M. Biosorption of Cr(III) from solutions using vineyard pruning waste. *Chem Eng J* 2010; 159 (1-3): 98-106.
- 26-Wang Q, Qian H, Yang Y, Zhang Z, Naman C, Xu X. Reduction of hexavalent chromium by carboxymethyl cellulose-stabilized zero-valent iron nanoparticles. *J Contam Hydrol* 2010; 114 (1-4): 35-42.
- 27-Engelmann MD, Doyle JG, Cheng IF. The complete dechlorination of DDT by magnesium/palladium bimetallic particles. *Chemosphere* 2001; 43 (2): 195-8.
- 28-Liu T, Rao P, Lo IMC. Influences of humic acid, bicarbonate and calcium on Cr (VI) reductive removal by zero-valent iron *Sci Total Environ* 2009; 407 (10): 3407-14.
- 29-Dries J, Bastiaens L, Springael D, Kuypers S, Agathos SN, Diels L. Effect of humic acids on heavy metal removal by zero-valent iron in batch and continuous flow column systems. *Water Res* 2005; 39 (15): 3531-40.
- 30-Liu T, Rao P, Mak MSH, Wang P, Lo IMC. Removal of co-present chromate and arsenate by zero-valent iron in groundwater with humic acid and bicarbonate. *Water Res* 2009; 43 (9): 2540-48.



Study on Hexavalent Chromium Reduction Using Zero-Valent Magnesium in Aqueous Solution

Seid-mohammadi A(Ph.D)¹, Zivari M (MS.c)², Asgari G (Ph.D)³, Rahmani AR (Ph.D)⁴, Samarghandi MR(Ph.D)⁵

1. Assistant Professor, Research Center of Social Health Determinants, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

2. MS.c student in Environmental Health Engineering, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

3. Corresponding Author: Assistant Professor, Research Center for Health Sciences, Department of Environmental Health Engineering, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

4. Professor, Department of Environmental Health Engineering, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

5. Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

Abstract

Introduction: Chromium is an extremely important heavy metal which is used in different industries. It can be found in water resources due to insufficient treatment of industrial wastewater. The goal of this study was to survey the feasibility of application of hexavalent chromium reduction using granular magnesium as reducing agent and to investigate the affects of various operational parameters.

Methods: In this experimental study, zero-valent magnesium was used for the removal of hexavalent chromium from aqueous solution. Synthetic solution of chromium was prepared from dionized water. Several experimental steps was done in 250 ml glass beakers in a shaker incubator device and different operational parameters such as pH of solution, initial concentration of chromium, temperature, contact times, magnesium dose and intercurrent factors were investigated. Concentration changes of chromium were determined with spectrophotometer at an absorbance wavelength of 540 nm.

Results: The results indicated that chromium removal efficiency, using zero-valent magnesium, increases with contact times, magnesium dose, initial concentration of chromium and temperature. However, chromium removal efficiency decreased with increasing pH of solution. The highest removal efficiency was achieved in pH 3, initial concentration of chromium at 150 mg/L and magnesium at dose of 0.7 g/L, respectively. In addition, the presence of humic acid, hardness and alkalinity in solution extensively decreased the chromium removal efficiency.

Conclusion: The results showed that zero-valent magnesium, due to high oxidation and reduction potential, can be extensively effective for removing hexavalent chromium in aqueous solution.

Keywords: Hexavalent chromium, Reduction, Zero-valent magnesium, Aqueous solution