

بررسی عملکرد فرایند الکتروشیمیایی در تصفیه‌ی فاضلاب‌های شور حاوی فنل شیبه سازی شده

سمیه اکبری^۱، عبدالمطلب صید محمدی^۲، جواد فردمال^۳، قربان عسگری^{۴*}

^۱ کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
^۲ دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم اجتماعی مؤثر بر سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
^۳ دانشیار، گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، مرکز تحقیقات علوم مد سازی بیماری‌های غیرواگیر، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
^۴ دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم اجتماعی مؤثر بر سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* نشانی نویسنده مسؤول: همدان، بلوار شهید فهمیده، دانشگاه علوم پزشکی همدان، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط، قربان عسگری
E-mail: asgari@umsha.ac.ir

وصول: ۹۳/۱۱/۱، اصلاح: ۹۴/۱/۱۵، پذیرش: ۹۴/۳/۷

چکیده

زمینه و هدف: فنل، از جمله ترکیبات آلی سمی موجود در فاضلاب‌های شور می‌باشد که به دلیل قرار گرفتن در ردیف آلاینده‌های متقدم، اجرای تصفیه و رعایت استاندارد غلظت فنل جهت تخلیه‌ی پساب به محیط زیست را ضروری می‌نماید. در این مطالعه، عملکرد فرایند الکتروفتون در تصفیه‌ی فاضلاب شور حاوی فنل و میزان حذف COD مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه‌ی تجربی یک راکتور به حجم یک لیتر، مجهز به چهار الکترود آهن و جریان برق مستقیم جهت حذف فنل و COD مورد استفاده قرار گرفت. تاثیر پارامترهای بهره‌برداری از جمله غلظت اولیه‌ی فنل، غلظت پراکسید هیدروژن، غلظت الکترولیت، pH، دانسیته‌ی جریان، زمان تماس و نوع اتصال الکترودها بررسی شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل نشان داد این فرایند با استفاده از الکترودهای آهن با اتصال تک قطبی موازی قادر به حذف فنل از فاضلاب‌های شور به میزان ۹۶ درصد و راندمان حذف COD برابر ۵۹ درصد در شرایط عملیاتی pH برابر ۳، غلظت اولیه‌ی فنل ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پراکسید هیدروژن با دانسیته‌ی جریان ۱۵ میلی‌آمپر بر سانتی‌متر مربع در زمان ۱۰ دقیقه می‌باشد.

نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان داد فرایندهای الکتروشیمیایی به دلیل محتوای شوری و هدایت الکتریکی بالا در فاضلاب‌های شور می‌توانند جایگزین بهتری نسبت به سایر روش‌ها در نظر گرفته شوند.

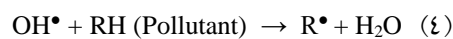
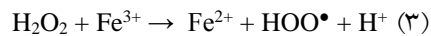
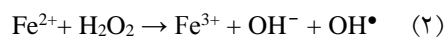
واژه‌های کلیدی: فنل، الکتروشیمیایی، COD، فاضلاب شور

مقدمه

لیتر برسد (۱). صنایعی از قبیل چرم سازی، دباغی، پتروشیمی، پالایشگاه‌های نفت و صنایع استخراج روغن از منابع تولید فاضلاب شور به‌شمار می‌روند (۲-۴). مهم‌ترین مشکل این فاضلاب‌ها عدم کارایی

فاضلاب‌های شور به فاضلاب‌هایی اطلاق می‌شوند که میزان املاح موجود در آنها از مقادیر مجاز غلظت نمک بالاتر و به بیش از ۱۰ گرم بر

پلاسمولیز و کاهش فعالیت سلولی در تصفیه‌ی بیولوژیکی اشاره نمود (۱۳-۱۰). الکتروفنتون نیز از دسته‌ی فرایندهای ترکیبی حاصل از اکسیداسیون فنتون و الکتروکواگولاسیون می‌باشد. در این روش یون Fe^{2+} و H_2O_2 به‌طریق الکتریکی و به‌ترتیب در سطح الکتروود آند قربانی (واکنش ۱) و الکتروود کاتد تولید می‌شود (واکنش ۲-۴) (۱۴). رادیکال هیدروکسیل حاصل از واکنش پراکسید هیدروژن و یونهای آهن با بیشترین پتانسیل اکسیداسیون و احیاء قادر به تخریب بیشتر آلاینده‌ها می‌باشد (۱۳، ۱۵).



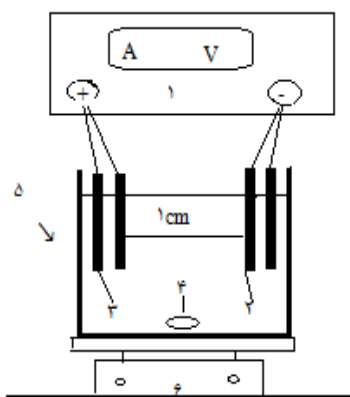
در مطالعه‌ای که توسط موسوی در سال ۲۰۰۹ بر حذف فنل از فاضلاب شور توسط فرایند ازن زنی کاتالیستی و بیولوژیکی انجام گردید، مشاهده شد تلفیق این دو فرایند راندمان خوبی در حذف فنل از فاضلاب شور دارد (۱۶).

به‌هنگام تصفیه‌ی چنین فاضلاب‌هایی، چالش عمده غلظت بالای نمک و تجزیه‌پذیری سخت این مواد است که تصفیه‌ی فاضلاب‌های شور حاوی فنل را به یکی از چالش‌های زیست محیطی

سیستم‌های تصفیه‌ی بیولوژیکی ناشی از تاثیر منفی شوری بر متابولیسم رشد میکروبی است. مشکل عمده‌ی دیگر زمانی حادث می‌شود که ترکیبات غیر قابل تجزیه‌ی بیولوژیکی نظیر فنل نیز به آن‌ها اضافه شود (۲).

فنل یکی از انواع ترکیبات آروماتیک و جزء آلاینده‌های متقدم می‌باشد که از اتصال یک گروه هیدروکسیل و یک حلقه‌ی بنزنی تشکیل شده است (۵-۶). بر اساس موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران حداکثر غلظت مجاز فنل در منابع آب آشامیدنی ۵ دهم میکروگرم در لیتر می‌باشد. همچنین حداکثر مقدار مجاز آن در خروجی تصفیه‌خانه‌ها در صورتی که تخلیه در مورد آب‌های سطحی و نیز مصارف آبیاری صورت پذیرد، ۱ میلی‌گرم در لیتر است (۷).

روش‌های متعددی همچون روش‌های بیولوژیکی، شیمیایی، فیزیکی و حرارتی به‌منظور حذف فنل از فاضلاب‌های شور مورد مطالعه قرار گرفته است (۹، ۸). هر کدام از روش‌های فوق دارای معایبی می‌باشند که از آن جمله می‌توان به راندمان پایین و عدم حذف کامل ترکیبات آلی مقاوم به تجزیه در فرایند فیزیکی و شیمیایی، ایجاد سمیت توسط یون سدیم جهت فعالیت میکروارگانیسم‌ها،



۱. منبع تولید انرژی الکتریکی
۲. الکتروود آند (آهن)
۳. الکتروود کاتد (آهن)
۴. آهنربای مغناطیسی
۵. سلول الکتروشیمیایی
۶. همزن مغناطیسی

شکل ۱: طرح شماتیک سلول الکتروشیمیایی فرایند الکتروفنتون

سپس با محلول اسید کلریدریک یک نرمال تمیز گردید و مجدداً با آب مقطر دوبار تقطیر شستشو داده می‌شد (۱۸). کلیه آزمایش‌های این تحقیق در دمای محیط انجام گرفت. متغیرهای مورد مطالعه در فرایند براساس مطالعات مشابه، انتخاب و در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. فنل باقی مانده در نمونه‌ها طبق دستورالعمل D_{5530} (روش رنگ سنجی ۴ آمینو آنتی پیرین) استاندارد متد اندازه‌گیری شد (۱۹، ۴).

یافته‌ها

بررسی تاثیر نحوه اتصال الکترودها

در این مرحله تاثیر سه نوع اتصال تک قطبی موازی (Monopolar-parallel, Mp-p)، سری (Monopolar-serial, Mp-s) و دو قطبی سری (Bipolar-serial, Bp-s) انجام یافت. طبق نتایج ارایه شده در نمودار بیشترین راندمان مربوط به اتصال تک قطبی موازی به دست آمد. همچنین براساس مطالعات آماری، میانگین این پارامتر برابر ۶۳ و ۳۳ درصد با انحراف معیار ۱۲ و ۵ صدم درصد گزارش گردید.

بررسی تاثیر pH

نتایج حاصل از این بخش در نمودار (۲) مشاهده می‌شود. همان‌گونه که نشان داده شده است بیشترین راندمان حذف فنل در $pH=3$ در مدت زمان ۱۰ دقیقه برابر ۷۴ درصد می‌باشد. با افزایش pH راندمان حذف کاهش یافت. به گونه‌ای که در $pH=8$ در مدت زمان ۱۰

تبدیل نموده است (۱۷). لذا در این تحقیق کاربرد فرایند الکتروفتون در تصفیه فاضلاب‌های شور حاوی غلظت بالای فنل مورد بررسی قرار گرفته است.

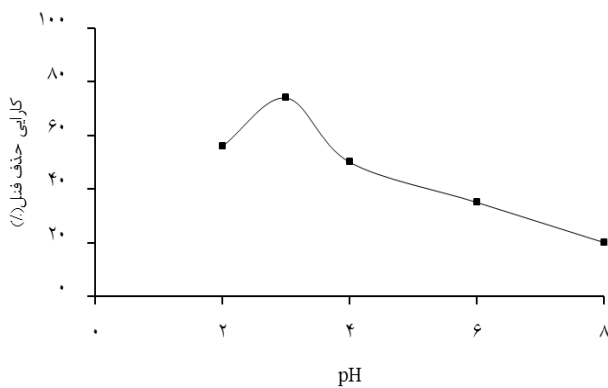
مواد و روش‌ها

مطالعه‌ی حاضر یک مطالعه‌ی تجربی است که در سال ۱۳۹۱ و در یک راکتور با جریان منقطع در آزمایشگاه آب و فاضلاب دانشکده‌ی بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان به انجام رسید. راکتور مورد استفاده در این پژوهش از جنس پلکسی گلاس به حجم مفید ۱ لیتر و مجهز به ۴ الکتروود از جنس آهن بود. ابعاد این تیغه‌ها $1 \times 50 \times 150$ میلی-متر بوده و در هر آزمایش از ۴ تیغه با فاصله‌ی ۵ دهم سانتی‌متر استفاده گردید (شکل ۱).

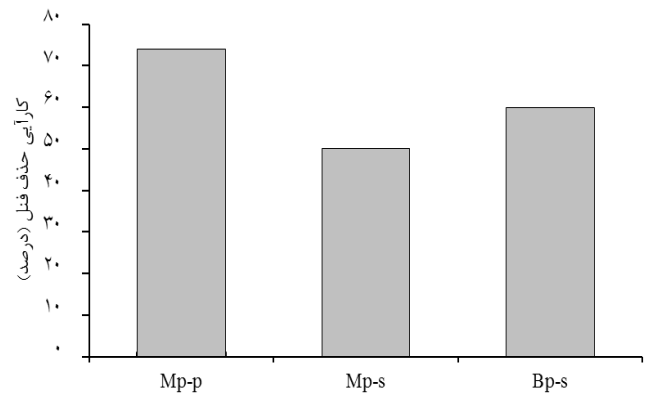
برای هم زدن محلول و ایجاد اختلاط از یک مگنت مغناطیسی و برای تامین انرژی الکتریکی آزمایش‌ها از یک منبع تغذیه‌ی جریان برق مستقیم DC استفاده شد. کلیه ترکیبات شیمیایی مورد استفاده، از ساخت شرکت مرک آلمان بود. غلظت‌های مختلف کلرید سدیم به‌عنوان عامل شوری به آب شهر اضافه گردید. محلول استوک فنل با حل کردن مقدار معینی فنل در آب به‌دست آمد و غلظت‌های مورد نظر از محلول استوک تهیه شد. قبل از هر آزمایش جهت ممانعت از مداخله‌گرها ابتدا الکترودها با آب مقطر دوبار تقطیر، شسته و

جدول ۱: شرایط انجام آزمایشات (۱۲، ۱۳)

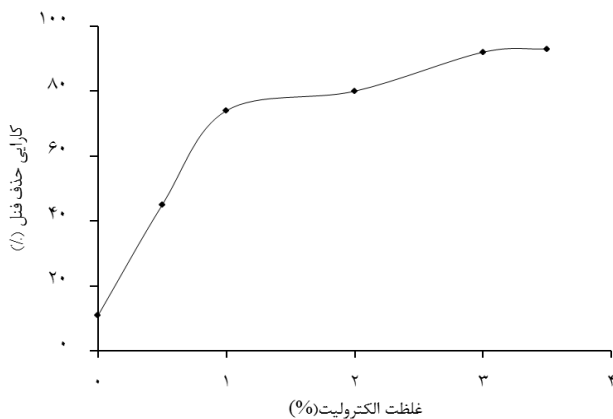
هدف آزمایش	شدت جریان mA/cm^2	pH	غلظت فنل (mg/L)	مدل اتصال	غلظت الکترولیت (%)	غلظت پراکسید هیدروژن (mg/L)	زمان تماس (min)
تاثیر نحوه اتصال	۱۰	۳	۵۰۰	Mp-p, Mp-s, Bp-s	۲	۱۵۰	۱۰
تاثیر pH	۱۰	۲-۸	۵۰۰	Mp-p	۲	۱۵۰	۱۰
تاثیر شدت جریان	۲-۲۲	۳	۵۰۰	Mp-p	۲	۱۵۰	۱۰
تاثیر غلظت الکترولیت	۱۵	۳	۵۰۰	Mp-p	۱-۴	۱۵۰	۱۰
تاثیر زمان، غلظت پراکسید	۱۵	۳	۵۰۰	Mp-p	۳	۰-۳۰۰	۵-۲۰
تاثیر غلظت فنل	۱۵	۳	۵۰۰-۲۰۰۰	Mp-p	۳	۱۵۰	۱۰



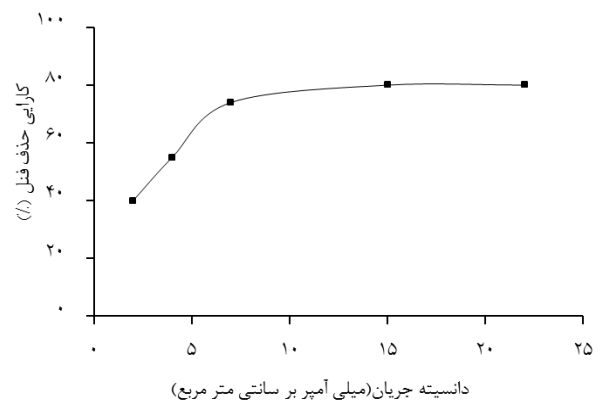
نمودار ۲: تأثیر pH بر کارایی حذف فنل (فصل ۲) 500 mg/L ، زمان 10 min ، $A = 10 \text{ mA/cm}^2$ ، $\text{H}_2\text{O}_2 = 150 \text{ mg/L}$ ، غلظت الکترولیت ۲ درصد



نمودار ۱: تأثیر اتصال الکترودها بر کارایی حذف فنل (فصل ۲) 500 mg/L ، زمان 10 min ، $A = 10 \text{ mA/cm}^2$ ، $\text{H}_2\text{O}_2 = 150 \text{ mg/L}$ ، غلظت الکترولیت ۲ درصد



نمودار ۴: تأثیر غلظت کلرید سدیم بر کارایی حذف فنل (فصل ۲) 500 mg/L ، زمان 10 min ، $A = 15 \text{ mA/cm}^2$ ، $\text{H}_2\text{O}_2 = 150 \text{ mg/L}$ ، $\text{pH} = 3$



نمودار ۳: تأثیر دانسیته جریان بر کارایی حذف فنل (فصل ۲) 500 mg/L ، زمان 10 min ، $A = 10 \text{ mA/cm}^2$ ، $\text{H}_2\text{O}_2 = 150 \text{ mg/L}$ ، $\text{pH} = 3$ ، غلظت الکترولیت ۲ درصد

بررسی تأثیر غلظت کلرید سدیم

نمودار (۴) نتایج حاصل از این مرحله را ارائه می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد با افزایش این پارامتر از ۳۰ گرم بر لیتر راندمان حذف تغییر اندکی می‌یابد. در این مرحله، غلظت بهینه‌ی نمک ۳۰ گرم بر لیتر انتخاب گردید. همچنین میزان هدایت الکتریکی اولیه در غلظت‌های ۴-۳-۲-۱ درصد نمک برابر ۵۱ و ۷ دهم-۳۶ و ۸۸ صدم-۲۷ و ۶ دهم-۱۷ و ۹ صدم هزار میکرو زیمنس بر سانتی متر گزارش گردید. میانگین این پارامتر برابر ۶۵ و ۸۳ صدم درصد با انحراف معیار ۳۲ و ۳ صدم به دست آمد.

تعیین بررسی تأثیر غلظت H_2O_2 در راندمان حذف فنل و COD

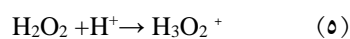
در نمودار (۵) اثر غلظت‌های مختلف این پارامتر

دقیقه راندمان ۲۰ درصد به دست آمد. میانگین این پارامتر برابر ۴۷ درصد با انحراف معیار ۲۰ و ۵۶ صدم گزارش گردید.

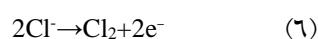
بررسی تأثیر دانسیته‌ی جریان

در این مرحله نتایج اثر دانسیته‌ی جریان‌های مختلف در نمودار (۳) ترسیم شده است. همانگونه که نشان داده شده است، افزایش جریان الکتریکی منجر به افزایش راندمان حذف فنل گردید و پس از مقدار مشخصی راندمان تغییر چندانی نیافت. بیشترین راندمان در جریان الکتریکی ۱۵ میلی‌آمپر بر سانتی متر مربع در زمان ۱۰ دقیقه برابر ۸۰ درصد حاصل گردید و با افزایش جریان به ۲۲ میلی‌آمپر راندمان پس از گذشت ۱۰ دقیقه تغییر چندانی نداشت. این پارامتر دارای میانگین ۶۵ و ۸ دهم درصد با انحراف معیار ۱۷ و ۶۹ صدم می‌باشد.

در قطبی سری مورد نیاز خواهد بود (۲۱،۲۰). در اتصال دو قطبی دو سلول الکتروشیمیایی برای به-دست آوردن اکسیداسیون آندی کافی برای داشتن مساحت سطحی بالاتر نسبت به الکترودهای تک-قطبی با هم فعالیت می‌کنند. در نتیجه با دانسیته‌ی جریان مشابه برای هر دو نوع اتصال شدت جریان بالاتری در دو قطبی‌ها مورد نیاز است (۲۲). pH یکی از پارامترهای بهره‌برداری مؤثر در اجرای فرایند اکسیداسیون پیشرفته از جمله الکتروفتون می-باشد. این پارامتر در تعیین میزان تجزیه‌ی پراکسید هیدروژن، تولید رادیکال هیدروکسیل و تعیین نوع و گونه‌ی آهن محلول نقش دارد (۲۳). رادیکال هیدروکسیل از عوامل اصلی تخریب مواد آلی در فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته می‌باشد. براساس مطالعات قبلی بهترین عملکرد فرایند الکتروفتون در pH = ۲-۴ گزارش شده و بررسی‌ها نشان داده است بیشترین خاصیت اکسیداسیون رادیکال هیدروکسیل در pH اسیدی می‌باشد. به گونه‌ای که قدرت اکسیداسیون و احیای این رادیکال در pH اسیدی ۲/۸-۲/۶۵ ولت و در شرایط قلیایی به ۱/۹ ولت کاهش پیدا می‌کند (۲۴). در pH کمتر از ۳ پراکسید هیدروژن به یون اگزونیوم ($H_3O_2^+$) تبدیل می‌گردد. این یون به دلیل ایجاد خاصیت الکتروفیلیک، سبب افزایش پایداری پراکسید هیدروژن و کاهش واکنش آن با یونهای آهن فرو می‌گردد (واکنش ۵) (۲۵).



تجزیه‌ی یون کلرور در فاضلاب شور، سبب تولید بیشتر اسید هیپوکلروس در pH اسیدی می‌گردد که خود یک عامل اکسیداسیون قوی در تجزیه فنل محسوب می‌گردد (واکنش ۶، ۷) (۲).



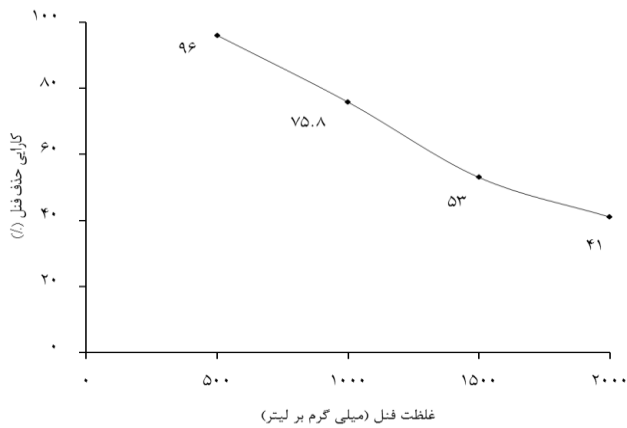
در حذف فنل و COD مشخص گردیده است. در این مرحله از آزمایش‌ها، با افزایش غلظت پراکسید راندمان حذف فنل افزایش یافت و به مقدار ۹۸ درصد رسید. در غلظت‌های بالاتر از ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر راندمان حذف پس از گذشت ۱۰ دقیقه به میزان ثابتی رسید و با راندمان حذف ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر برابر گردید. همچنین در غیاب پراکسید هیدروژن راندمان حذف به ۳۱ درصد کاهش یافت. میانگین این پارامتر برابر ۷۳ درصد با انحراف معیار ۲۶ و ۵۷ صدم به دست آمد. در این مرحله میزان COD واکنش نسبت به متغیر پراکسید هیدروژن سنجیده شد. با افزایش غلظت پراکسید راندمان حذف COD افزایش یافت و مشاهدات نشان داد که روند حذف در غلظت‌های بالای ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر با تغییرات اندکی مواجه است. غلظت بهینه‌ی پراکسید هیدروژن با توجه به نتایج حاصل ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در ادامه‌ی فرایند مورد استفاده قرار گرفت. براساس داده‌های آماری میانگین این پارامتر برابر ۳۴ و ۵۸ صدم با انحراف معیار ۱۸ و ۱۸ صدم گزارش گردید.

بررسی تاثیر غلظت اولیه فنل در کارایی فرایند

جهت انجام این مرحله زمان ثابت ۱۰ دقیقه انتخاب شد و نمونه‌ها در پایان این زمان مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج حاصل در نمودار (۵) نشان داد، با افزایش غلظت اولیه‌ی فنل از ۵۰۰ میلی‌گرم به ۲۰۰۰ میلی‌گرم راندمان حذف از ۹۶ درصد به ۴۱ درصد کاهش یافت. همچنین نتایج حاصل از مطالعه‌ی آماری نشان داد این پارامتر دارای میانگین ۶۶ و ۴۵ صدم درصد با انحراف معیار ۲۱ و ۱۴ صدم می‌باشد.

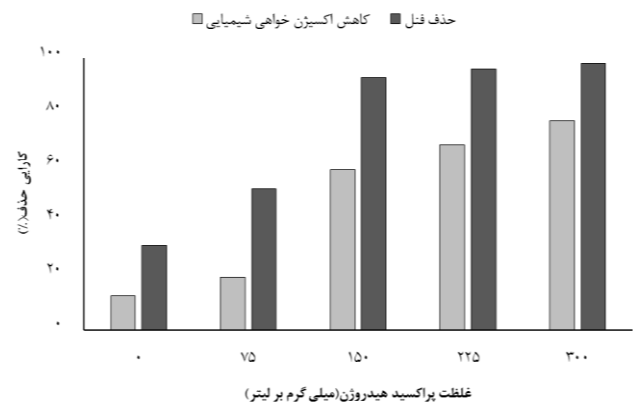
بحث

در فرایندهای الکتروشیمیایی در حالت تک قطبی موازی جریان در بین تمام الکترودهای موجود در راکتور به یک میزان تقسیم شده و در نتیجه اختلاف پتانسیل کمتری در مقایسه با اتصال تک-



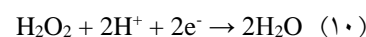
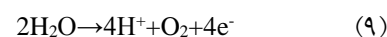
نمودار ۶: تأثیر غلظت‌های مختلف فنل بر کارایی حذف فنل (pH=۳، A=15mA/cm²، غلظت الکترولیت ۳ درصد) H₂O₂=۱۰۰ mg/L

باشند. لذا افزایش غلظت کلرید سدیم، سبب افزایش هدایت الکتریکی و تسریع سرعت واکنش-های شیمیایی می‌گردد. از طرفی متعاقب کنترل‌یز کلرید سدیم، کلر آزاد تولید می‌گردد که این امر نیز به نوبه‌ی خود حذف بیشتر فنل را حاصل می‌کند (۳۱). کاهش راندمان حذف فنل در غلظت‌های بالای کلرید سدیم را می‌توان این‌گونه توصیف نمود که با افزایش غلظت کلرید سدیم کاتیون‌های موجود در الکترولیت بر سطح کاتد جذب شده و در اثر تجمع کاتیون‌ها نسبت کمتری از مولکول‌های فنل به سطح کاتد رسیده است که همین امر خود کاهش کارایی را در خواهد داشت (۳۲). پراکسید هیدروژن به‌عنوان منبع تولید رادیکال هیدروکسیل در واکنش فتون حایز اهمیت می‌باشد. کاهش راندمان با افزایش غلظت پراکسید را می‌توان این‌چنین بیان نمود که در غلظت‌های بالا، پراکسید هیدروژن به‌عنوان مداخله‌گر با رادیکال هیدروکسیل عمل نموده و نقش بازدارندگی را در تشکیل رادیکال هیدروکسیل در پی خواهد داشت (۳۳). طبق واکنش (۳)، ماده‌ی حد واسط رادیکال دی‌اکسیل نیز در غلظت‌های بالای هیدروژن پرکساید تشکیل می‌گردد که قدرت اکسیداسیون کمتری نسبت به هیدروکسیل دارد (۱۴). همچنین راندمان حذف COD با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن افزایش یافت. از دیگر



نمودار ۵: تأثیر غلظت‌های مختلف پراکسید هیدروژن و زمان‌های تماس بر راندمان حذف فنل و COD (فنل ۰٫۰۰ mg/L، pH=۳، A=15mA/cm²، غلظت الکترولیت ۳ درصد)

pH بهینه در این مطالعه، ۳ به‌دست آمد که با مطالعات قبل نیز همخوانی دارد (۲۶، ۲۷). با افزایش انحلال الکتروود آند در دانسیته‌ی جریان بالا میزان تولید آهن دوظرفیتی در محیط تسریع می‌شود (۱۳). اهمیت آهن دوظرفیتی در واکنش به‌حدی است که بدون آن عملکرد پراکسید هیدروژن در حذف آلاینده‌ها دچار اختلال می‌گردد. همچنین میزان تولید رادیکال هیدروکسیل در ارتباط مستقیم با غلظت پراکسید هیدروژن موجود در محیط واکنش می‌باشد (۲۹، ۲۸). در این بررسی میزان کارایی در دانسیته‌ی جریان‌های بالاتر افزایش قابل ملاحظه‌ای در پی نداشت و مطالعات متعددی این نتیجه را گزارش نموده‌اند (۱۵، ۳۰). از علت‌های وقوع این امر می‌توان به وقوع واکنش‌های مداخله‌گر اشاره نمود. تشکیل یون هیدروژن در کاتد (واکنش ۸)، انتشار گاز اکسیژن از سطح آند (واکنش ۹) و تجزیه‌ی پراکسید هیدروژن به مولکول‌های آب در ولتاژهای بالا (واکنش ۱۰) سبب کاهش کارایی فرایند می‌گردند (۲۳).



فاضلاب‌های شور به‌دلیل حضور آنیون‌ها و کاتیون‌های مولد شوری دارای هدایت الکتریکی بالا می‌-

بالا در محلول می‌گردد که این امر کاهش دانسیته‌ی جریان در فرایند الکتروفتون را در پی داشت که طبعاً در بحث اقتصاد و انرژی موثر خواهد بود. لذا می‌توان این روش را جهت پیش تصفیه‌ی فاضلاب-های شور حاوی انواع آلاینده‌های مقاوم به تجزیه‌ی زیستی و سمی پیشنهاد کرد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش حاصل بخشی از پایان نامه دانشجویی با عنوان «بررسی عملکرد فرایند الکتروشیمیایی در تصفیه‌ی فاضلاب‌های شور حاوی فنل شبیه سازی شده» مصوب معاونت تحقیقات و فناوری و خدمات بهداشتی درمانی دانشگاه علوم پزشکی همدان در سال ۹۳ با کد ۹۳۰۱۲۶۲۵۹ می‌باشد که با حمایت مالی آن دانشگاه اجرا شده است.

پارامترهای تاثیرگذار بر فرایند الکتروفتون غلظت آلاینده‌ی ورودی به راکتور می‌باشد. همان‌گونه که از نتایج مشخص است با افزایش غلظت آلاینده راندمان حذف کاهش یافت. با وجود افزایش غلظت در شرایط ثابت عملیاتی از آنجاکه میزان یکسانی از اکسیدکننده‌ی رادیکال هیدروکسیل و یون کلرور تولید می‌گردد، در نتیجه فرایند تجزیه با وجود افزایش غلظت آلاینده به‌علت کاهش میزان تماس و مواجهه، به‌طور کامل صورت نمی‌گیرد (۳۴). از طرفی دیگر، این امر را می‌توان به مصرف رادیکال هیدروکسیل توسط محصولات حد واسط تولیدی حاصل از اکسیداسیون به غلظت‌های بالای فنل نسبت داد (۳۵).

طبق نتایج به‌دست آمده افزایش pH کاهش کارایی فرایند را سبب گردید. افزایش شوری بر کارایی فرایند موثر بود. به‌گونه‌ای که در فاضلاب-های شور وفور یون‌ها سبب ایجاد هدایت الکتریکی

References

- Shokrollahzadeh S, Azizmohseni F, Golmohammad F, Shokouhi H, Khademhaghighat F. Biodegradation potential and bacterial diversity of a petrochemical wastewater treatment plant in Iran. *Bioresour technol.* 2008; 99(14):6127-33.
- Lin SH, Shyu CT, Sun MC. Saline wastewater treatment by electrochemical method. *Wat Res.* 1998;32(4):1059-66.
- Gerhart V, Kane R, Glenn E. Recycling industrial saline wastewater for landscape irrigation in a desert urban area. *J Arid Environ.* 2006;67(3):473-86.
- Moussavi G, Barikbin B, Mahmoudi M. The removal of high concentrations of phenol from saline wastewater using aerobic granular SBR. *Chem Eng J.* 2010;158(3):498-504.
- Yavuz Y, Kopal AS, Ogutveren UB. Treatment of petroleum refinery wastewater by electrochemical methods. *Desalination.* 2010;258(1):201-5.
- Busca G, Berardinelli S, Resini C, Arrighi L. Technologies for the removal of phenol from fluid streams: A short review of recent developments. *J Hazard Mater.* 2008;160(2-3):265-88.
- Ahmadi M, Vahabzade F, Moffarrah E, Aliabadi M. Application of advanced oxidation of dephenolization of olive oil mill wastewater processing by fentons s reagent. *Iran J Health Environ.* 2004;23-5.[Persian]
- Lefebvre O, Moletta R. Treatment of organic pollution in industrial saline wastewater: a literature review. *Water Res.* 2007;40(20):3671-82.
- Lay WC, Liu Y, Fane AG. Impacts of salinity on the performance of high retention membrane bioreactors for water reclamation: a review. *Water Res.* 2010;44(1):21-40.
- Martins AF, Wilde ML, Vasconcelos TG, Daniell M, Henriques M. Nonylphenol polyethoxylate degradation by means of electrocoagulation and electrochemical Fenton. *Sep Purif Technol.* 2006;50(2):249-55.
- Vyrides I, Stuckey D. Adaptation of anaerobic biomass to saline conditions: Role of compatible solutes and extracellular polysaccharides. *Enzyme Microb Tech.* 2009;44(1):46-51.
- Kim Y, Logan BE. Simultaneous removal of organic matter and salt ions from saline wastewater in bioelectrochemical systems. *Desalination.* 2012;308:115-21.

13. Atmaca E. Treatment of landfill leachate by using electro-Fenton method. *J Hazard Mater.* 2009;163(1):109-14.
14. Kurt U, Apaydin O, Gonullu MT. Reduction of COD in wastewater from an organized tannery industrial region by Electro-Fenton process. *J Hazard Mater.* 2007;143(1-2):33-40.
15. Mohammadi AS, Mehralipour J, Shabanlo A, Roshanaie GH, Barafreshpour M, Asgari GH. Comparing the Electrocoagulation and Electro-Fenton Processes for Removing Nitrate in Aqueous Solution for Fe Electrodes. *J Mazand Univ Med Sci.* 2013;56-67. [Persian]
16. Moussavi G, Khavanin A, Alizadeh R. The investigation of catalytic ozonation and integrated catalytic ozonation/biological processes for the removal of phenol from saline wastewaters. *J Hazard mater.* 2009;171(1-3):175-81.
17. Lin W, Hua Z, Xuhui M, Fuxing G, Electrochemical oxidation process combined with UV photolysis for the mineralization of nitrophenol in saline wastewater, *Sep Purif Technol.* 2011, 77(1), 18-25.
18. Sundarapandiyan S, Chandrasekar R, Ramanaiah B, Krishnan S, Saravanan P. Electrochemical oxidation and reuse of tannery saline wastewater. *J hazard mater.* 2010;180(1):197-203.
19. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Waters and Wastewaters. 21std. Washington, DC: American Public Health Association (APHA); 2005.
20. Mollah MYA, Schennach R, Parga JR, Cocke D. Electrocoagulation (EC)-science and applications. *J Hazard Mater.* 2001;84(1):29-41.
21. Modirshahla N, Behnajady M, Mohammadi-Aghdam S. Investigation of the effect of different electrodes and their connections on the removal efficiency of 4-nitrophenol from aqueous solution by electrocoagulation. *J Hazard Mater.* 2008;154(1):778-86.
22. Kobya M, Bayramoglu M, Eyvaz M. Techno-economical evaluation of electrocoagulation for the textile wastewater using different electrode connections. *J Hazard Mater.* 2007;148(1):311-8.
23. Orkun MO, Kuleyin A. Treatment performance evaluation of chemical oxygen demand from landfill leachate by electro-coagulation and electro-fenton technique. *Environ Prog Sustain E.* 2012;31(1):59-67.
24. Babuponnusami A, Muthukumar K. Degradation of Phenol in Aqueous Solution by Fenton, Sono-Fenton and Sono-photo-Fenton Methods. *Clean-Soil, Air, Water.* 2011;39(2):142-7.
25. Rahmani AR, Mehralipour J, Shabanlo N, Zaheri F, Poureshgh Y, Shabanlo A. performance evaluation of advanced electrochemical oxidation process with the using persulfate in degradation of acid blue 113 from aqueous solutions. *J Sabzevar Univ Med Sci.* 2014:797-807. [persian]
26. Ghanbari F, Tehrani AM, Mahdipour F, Mirshafaeen S, Moradi M. Evaluation of electrocoagulation processeffect in decolorization of dyeing wastewater by using Al/Fe & Al/Cu electrodes. *J Sabzevar Univ Med Sci.* 2014:716-25. [Persian]
27. Liu Y, Yuan D, Yan J-M, Li Q, Ouyang T. Electrochemical removal of chromium from aqueous solutions using electrodes of stainless steel nets coated with single wall carbon nanotubes. *J Hazard Mater.* 2011;186(1):473-80.
28. Wang CT, Chou WL, Chung MH, Kuo YM . COD removal from real dyeing wastewater by electro-Fenton technology using an activated carbon fiber cathode. *Desalination.* 2010;253(1-3): 129-34.
29. Sundarapandiyan S, Chandrasekar R, Ramanaiah B, Krishnan S, Saravanan P. Electrochemical oxidation and reuse of tannery saline wastewater. *J hazard mater.* 2010;180(1-3):197-203.
30. Eslami A, Moradi M, Ghanbari F, Mehdipour F. Decolorization and COD removal from real textile wastewater by chemical and electrochemical Fenton processes: a comparative study. *J Environ Health Sci Eng.* 2013;11(1):31.
31. Guven G, Perendeci A, Tanyolac A. Electrochemical treatment of simulated beet sugar factory wastewater. *J Chem Eng.* 2009;151(1-3):149-59.
32. Wang C-K. Short review: Current trends and future challenges in the application of sono-Fenton oxidation for wastewater treatment. *Susta Environ Res.* 2012;22(5):271-8.
33. Xu XR, Li XY, Li XZ, Li HB. Degradation of melatonin by UV, UV/H₂O₂, Fe²⁺/H₂O₂ and UV/Fe²⁺/H₂O₂ processes. *Sep Purif Technol.* 2009; 68(2): 261-6.
34. Ghalwa NA, Hamada M, Shawish HM, Shubair O. Electrochemical degradation of linuron in aqueous solution using Pb/PbO₂ and C/PbO₂ electrodes. *Arabian J Chem.* 2011;1-12.
35. Zhou M, Lei L, Barton G. Electro-Fenton method for the removal of methyl red in an efficient electrochemical system. *Sep Purif Tech.* 2007;57(2):380-7.

An Investigation of the Performance of Electrochemical Process in Simulated Phenolic Saline Wastewater Treatment

Somaye Akbari,

M.Sc .Environmental Health, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Abdolmotaleb Seid-mohammadi,

Associated Professor, Environmental Health, Social Determinants of Health Research Center, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

Javad Faradmal,

Associated Professor, Biostatistics, Department of Biostatistics and Epidemiology, Modeling of Noncommunicable diseases Research center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

***Ghorban Asgari,**

Associated Professor, Environmental Health, Social Determinants of Health Research Center, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

Received:21/01/2015, Revised:04/04/2015, Accepted:28/05/2015

Corresponding Author:

Ghorban Asgari,
Hamadan University of Medical
Sciences, Hamadan, Iran
E-mail: asgari@umsha.ac.ir.com

Abstract

Background: Phenol is one of the toxic saline wastewater pollutants that is considered as priority pollutants since it is necessary treatment and reached the phenol concentration to the level of effluent discharge standard before discharge into the environment. In this study the performance of electro-Fenton process in phenolic saline waste water treatment and the removal degree of COD were investigated.

Materials and Methods: In this experimental study a reactor (1 litre) which was equipped to four iron electrodes and a DC power supply used to remove phenol and COD. The effect of operating parameters such as phenol initial concentration, H₂O₂ dosage, electrolyte concentration, pH, current density, connection time and type of electrode connection were investigated.

Results: The results showed that this process using iron electrodes with parallel monopole connections is able to leave out the phenol from saline waste water by 96% and the removal COD equals 59% in operating conditions: pH= 3, initial phenol concentration=500mg/l, H₂O₂ concentration = 150 mg/L, Hydrogen peroxide at a current density = 15 mA/cm² at 10 minutes.

Conclusion: The results showed that electrochemical processes can be considered as a better suitable substitute rather than other methods due to saline content and high electrical conductivity in saline wastewater.

Keywords: Phenol, electrochemical, COD, saline wastewater