Archive of SID

Arak Medical University Journal (AMUJ) *Original Article*
2015; 18(102): 49-56

Total Suspended Solids Removal from Leachate using Electrochemical, Fenton and Electro-Fenton Processes

Davarkhah Rabbani [1], Mohammad Reza Rezaeimofrad[1], Ashraf Mazaheri[1], Mohadeseh Mosayebi[2]*

1- Department of Environmental Health, Kashan University of Medical Science, Kashan, Iran.
2- Faculty of Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran.

Received: 9 May 2015, Accepted: 12 Aug 2015

Abstract

Background: The growth of population, improvement of quality of life and the development of industries have led to increase in the rate of urban and industrial waste. As the leachate of the waste has a lot of pollution, influences harmfully human health and the environment. Researches have shown that the advanced oxidation processes (AOPs) such as Fenton and Fenton-related processes can reduce chemical oxygen demand (COD) of the leachate effectively.

Materials and Methods: In this paper, the rate of decrease in the total suspended solids (TSS) of leachate from a composting facility in Isfahan was studied using electrochemical, Fenton and electro-Fenton processes. These processes were conducted at reaction times 0, 20, 40, and 60 minutes, with the currents of 0.5, 1 and 1.5A and hydrogen peroxide dosages 1000, 2000, and 3000 mg/L.

Results: In the three mentioned processes, the most TSS removal was observed at the first 40 minute of the reactions. Among the studied processes, the electro-Fenton removed up to 92.4% of the TSS and was recognized as the most effective method. Furthermore, electrochemical and Fenton removed 41.7% and 60.3% of the TSS, respectively.

Conclusion: Therefore, decreasing the TSS of leachate could change its qualities and reduce the leachate pollution and the adverse environmental effects.

Keywords: Leachate treatment, electrochemical, Fenton, Electro-Fenton

*Corresponding Author:
Address: Faculty of Health, Kashan University of Medical Science, Iran
Email: m_mosayebi_88@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقاله پژوهشی

مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک

سال ۱۸، شماره ۹ (شماره پیاپی ۱۰۲)، آذر ۱۳۹۴، ۵۶-۴۹

حذف جامدات معلق موجود در شیرابه زباله با استفاده از فرایندهای الکتروشیمیایی، فنتون و الکتروفنتون

داورخواه ربانی[۱]، محمدرضا رضایی مفرد[۲]، اشرف مظاهری[۲]، محدثه مسیبی[۳*]

۱- دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران.

۲- مربی، گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۲۱

چکیده

زمینه و هدف: افزایش جمعیت، بهبود سطح کیفیت زندگی و توسعه صنایع باعث افزایش نرخ تولید زباله های شهری و صنعتی گردیده است. شیرابه حاصل از زباله، به دلیل آلودگی زیاد، اثرات نامطلوب فراوانی بر سلامت انسان و محیط زیست دارد. تحقیقات نشان می دهند که فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته نظیر فنتون و فرایندهای وابسته به فنتون می‌توانند به شکل موثر تقاضای اکسیژن شیمیایی (COD) شیرابه را کاهش دهند.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، میزان کاهش کل جامدات معلق (TSS) موجود در شیرابه زباله کارخانه کمپوست اصفهان از طریق فرآیندهای الکتروشیمیایی، فنتون و الکتروفنتون مورد بررسی قرار گرفت. این فرآیندها در زمان های صفر، ۲۰، ۴۰ و۶۰ دقیقه با شدت جریان‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ آمپر و غلظت پراکسیدهیدروژن برابر با ۱۰۰۰، ۲۰۰۰و۳۰۰۰(میلی گرم بر لیتر) انجام گرفتند.

یافته‌ها: در هر سه فرآیند مورد بررسی، بیشترین مقدار حذف TSS، پس از ۴۰ دقیقه از شروع آزمایش مشاهده شد. در بین فرآیندهای مورد بررسی، فرآیند الکتروفنتون با حذف ۹۲/۴ درصد به عنوان موثرترین روش شناخته شد. به علاوه، روش‌های فنتون و الکتروشیمیایی نیز به ترتیب ۶۰/۳ درصد و ۴۱/۷ درصد از TSS موجود در شیرابه را حذف نمودند.

نتیجه‌گیری: بنابراین، کاهش ذرات معلق موجود در شیرابه باعث تغییر ویژگی‌های آن می‌شود و آلودگی و اثرات نامطلوب زیست محیطی آن را می‌کاهد.

واژگان کلیدی: تصفیه شیرابه، الکتروشیمیایی، فنتون، الکتروفنتون

***نویسنده مسئول:** ایران، کاشان، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، دانشکده بهداشت

Email: m_mosayebi_88@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در یک‌صد سال اخیر، افزایش رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی، تغییر در شیوه تولید محصولات و عادات مصرفی مردم، هم‌چنین توسعه صنعت و فناوری باعث افزایش نرخ تولید زباله شهری و صنعتی گردیده است. بر اساس آمارهای منتشر شده، نرخ تولید زباله جامد شهری در سال ۱۹۹۴ میلادی معادل ۱/۳ بیلیون تن در روز (معادل ۶۶۶ گرم برای هر نفر در روز) بوده است، لیکن در سال ۲۰۰۸ نرخ تولید زباله با افزایش ۳۱ درصد به مقدار ۱/۷ بیلیون تن در روز رسیده است(۱). نرخ تولید زباله در داخل کشور نیز بالا است، به‌طوری که جمع‌آوری و دفع این مواد به‌صورت یک معضل درآمده است. آمار منتشرشده از سوی سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران نشان می‌دهد که ایران از نظر تولید زباله در رتبه دهم جهان قرار دارد(۲). زباله‌های تولید شده، در محل‌های دفن و یا محل‌های تهیه کود کمپوست، در معرض تغییرات شدید فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قرار می‌گیرند و در اثر نفوذ آب باران در محل‌های دفن و با انجام فرایندهایی مانند کاهش اندازه و خرد شدن زباله‌ها در تهیه کود کمپوست، مایع بسیار آلوده‌ای به نام شیرابه تولید می‌شود. این مایع دارای رنگ تیره و بوی تعفن شدید می‌باشد که حاوی غلظت بالایی از مواد معلق و محلول آلی و معدنی است. شیرابه ممکن است حاوی غلظت بالای چندین آلاینده خطرناک به صورت همزمان باشد. شیرابه زباله از مایعات بسیار آلوده و سمی حاصل می‌شود که باعث ایجاد اثرات نامطلوب در محیط زیست می‌گردد(۳). به دلیل مخاطره‌آمیز بودن این مایع برای آب‌های زیرزمینی، سطحی و خاک لازم است که در کنترل، جمع‌آوری، تصفیه و دفع آن دقت کافی مبذول گردد. شیرابه جمع آوری شده تحت اثر مکانیزم‌های مختلف شروع به نفوذ و حرکت در میان لایه‌های خاک زیرین کرده و پس از طی مسیری به سفره آب زیرزمینی تحتانی وارد می شود. افزایش غلظت این مواد در آب زیرزمینی ممکن است به حدی برسد که از استانداردهای مجاز تجاوز کرده و آب های زیرزمینی آلوده شوند(۴). تصفیه شیرابه به دلیل وجود انواع آلودگی‌ها اغلب مهم‌ترین نگرانی در مدیریت مواد زائد شهری می‌باشد. از این رو، شیرابه‌ها باید قبل از رها شدن در محیط زیست تا رسیدن به استاندارد تخلیه تصفیه شوند(۵، ۶). به دلیل ترکیبات متفاوت شیرابه در مکان های مختلف، تاکنون روش جامعی برای تصفیه آن ارائه نشده است. از جمله روش‌های پیشنهاد شده برای حذف جامدات معلق می‌توان به کواگولاسیون و الکتروکواگولاسیون (انعقاد و لخته‌سازی)(۷، ۸)، استفاده از صافی‌ها(۹)، لاگون‌ها(۱۰)، بیورآکتورهای غشایی(۱۱)، شناورسازی(۱۲) و ته‌نشینی(۱۳) اشاره نمود.

محوی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از ۲/۵ گرم بر لیتر منعقدکننده پلی‌فریک‌سولفات، حدود ۵۱ درصد از TSS شیرابه را حذف نمودند(۱۴). عبدالعزیز و همکاران (۲۰۰۷) نیز حدود ۹۹ درصد از جامدات معلق شیرابه یک لندفیل نیمه هوازی را با استفاده از منعقدکننده آلوم حذف نمودند(۱۵). هم چنین، ساقی و همکاران (۱۳۸۹) با مطالعه بر روی شیرابه های محل دفن زباله همدان، حدود ۵۸/۳۷ درصد TSS را به وسیله‌ی منعقدکننده آلوم با غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و مقدار PH برابر با ۲ حذف نمودند(۱۶).

مهم‌ترین تفاوت بین روش الکتروشیمیایی (الکتروکواگولاسیون) و انعقاد شیمیایی، نحوه ایجاد لخته ها می‌باشد. در روش انعقاد شیمیایی، اضافه کردن منعقدکننده‌های شیمیایی به پساب، سبب ترسیب و جداسازی آلاینده می‌شود، در حالی که در روش الکتروشیمیایی، عمل جداسازی با استفاده از یون‌های فلزی و تشکیل هیدروکسیدها در محیط صورت می‌گیرد(۱۷). واکنش های صورت گرفته در الکترودها به صورت روابط زیر می‌باشند(۱۸):

واکنش در آند:

$$Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}{}_{(aq)} + 2e^- \quad (۱$$

$$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^- \quad (۲$$

واکنش در کاتد:

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_{2\,(g)} + 2OH^- \quad (۳$$

www.SID.ir

Archive of SID

روش‌های اکسیداسیون پیشرفته می‌توانند آلاینده های غیرقابل تجزیه بیولوژیکی را به مواد قابل تجزیه بیولوژیکی غیر سمی تبدیل نمایند و آلودگی‌های قابل تجزیه بیولوژیکی را نیز به مواد معدنی و دی‌اکسیدکربن تبدیل کنند(رابطه ۴)(۱۹). فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته مانند روش فنتون و الکتروفنتون بر مبنای تولید رادیکال هیدروکسیل عمل می‌کنند و جهت تصفیه و یا بهبود تجزیه‌پذیری مورد استفاده قرار می‌گیرند(۲۲-۲۰).

$$AOPs \rightarrow OH^{o} \rightarrow CO_2 + H_2O + InorganicIons \quad (۴$$
$$Pollutant$$

در فرایند فنتون، یون آهن و پراکسید هیدروژن موادی هستند که با توجه به میزان اثربخشی و هزینه‌های اقتصادی، مقدار آن‌ها تعیین می‌شود(۲۳). هم‌چنین فرآیند الکتروفنتون ترکیبی از فرآیندهای الکتروشیمیایی (الکتروکواگولاسیون) و اکسیداسیون فنتون است که مزایای هر دو روش را دارا می‌باشد(۲۴).

به دلیل غلظت بالای آلودگی شیرابه، استفاده از فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته علاوه بر کاهش COD، می‌تواند غلظت ذرات معلق را نیز کاهش دهد. در این تحقیق با انجام مطالعات آزمایشگاهی بر روی نمونه‌ای از شیرابه کارخانه کمپوست شهر اصفهان و کاهش TSS آن به روش های الکتروشیمیایی، فنتون و الکتروفنتون، کارایی هر یک از این روش‌ها در حذف TSS به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه بنیادی – کاربردی، نمونه شیرابه مورد بررسی از کارخانه کمپوست اصفهان تهیه شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. به‌منظور جلوگیری از بروز تغییرات در ویژگی های نمونه، قبل از انجام فرایندهای مورد نظر، نمونه در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد(۲۵). جدول ۱ مشخصات شیرابه مورد بررسی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات شیرابه مورد مطالعه قبل از انجام فرایند

پارامترها	مقدار
BOD_5 (mg/L)	14820
COD (mg/L)	48500
BOD_5 / COD	0.3
pH	7.5
TS (mg/L)	44900
TSS (mg/L)	14900
EC (ms/cm)	4.95
Alkalinity (mg/L $CaCO_3$)	3400
Sulfate (mg/L)	600
Turbidity (NTU)	883.33

هنگام انجام هر فرآیند، ابتدا محفظه ذخیره نمونه اصلی کاملا مخلوط شد و سپس بر اساس تجربیات مطالعات پیشین، مقدار ۵۰۰ میلی‌لیتر از آن در راکتوری از جنس پلکسی گلاس ریخته شد و مقدار pH آن با استفاده از اسید سولفوریک به ۳ کاهش یافت(۲۶). عدم اختلاط محفظه موجب ته نشینی ذرات جامد و ناهمگن شدن نمونه ها در مراحل مختلف می‌گردد. پس از کاهش pH، مقدار TSS شیرابه اندازه‌گیری شد و به‌عنوان TSS اولیه در مطالعات استفاده گردید. تمام آزمایش ها در محدوده دمایی ۵±۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام پذیرفتند. هم‌چنین به‌منظور همگن‌سازی نمونه در حین فرآیند، محتویات رآکتور به کمک همزن مغناطیسی مخلوط شد.

در فرآیند فنتون، ترکیب $FeSO_4 . 7H_2O$ مورد نیاز به نمونه افزوده و سپس محلول ۳۰ درصد H_2O_2 به‌تدریج اضافه شد. مقادیر اضافه شده بر اساس غلظت‌های H_2O_2 برابر با ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شدند. سپس در زمان‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه از شروع واکنش‌ها، نمونه‌گیری انجام گرفت. اندازه‌گیری TS طبق روش ۲۵۴۰B و اندازه‌گیری TDS طبق روش ۲۵۴۰C کتاب روش های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب انجام شد(۲۵). به منظور دقت بیشتر، اندازه گیری TSS بر اساس فرمول زیر صورت گرفت:

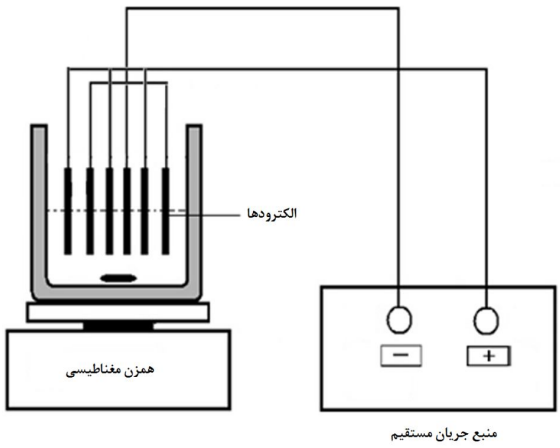
(۵ TDS(کل جامدات محلول)-TS(کل جامدات)=TSS(کل جامدات معلق)

www.SID.ir

Archive of SID

به منظور انجام واکنش های الکتروشیمیایی، ۶ عدد الکترود آهنی با سطح مقطع ۲/۸× ۱۵/۵ سانتی‌مترمربع (سطح مستغرق ۲/۸ × ۶ سانتی‌متر مربع) و ضخامت ۱ میلی‌متر با فاصله ۱/۵ سانتی‌متر از یکدیگر به‌صورت عمود داخل راکتور قرار گرفتند. سپس از یک منبع جریان مستقیم، شدت جریان های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ آمپر وارد سیستم شد (شکل ۱). نمونه گیری و اندازه گیری TSS طبق روش فوق صورت پذیرفت.

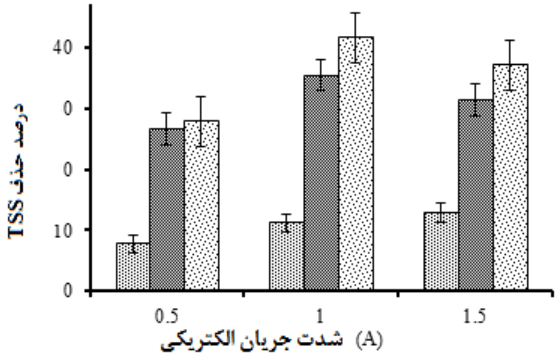
در روش الکتروفنتون، محلول ۳۰ درصد H_2O_2 در غلظت‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر به نمونه شیرابه افزوده شد. با توجه به پیشنهاد محققان به منظور افزایش کارایی عمل اکسیداسیون، محلول H_2O_2 به تدریج و به صورت قطره‌ای به نمونه‌ها افزوده گردید. هم‌چنین، مانند روش الکتروشیمیایی، ۶ الکترود آهنی در راکتور قرارگرفت و شدت جریان‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ آمپر در آن‌ها اعمال شد. نمونه گیری و انجام آزمایش بر طبق روش ذکر شده در فرایند فنتون انجام گرفت. سپس نتایج حاصل از آزمایشات به روش تحلیل واریانس دو عاملی در نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.



شکل ۱. راکتور فرایندهای الکتروشیمیایی و الکتروفنتون

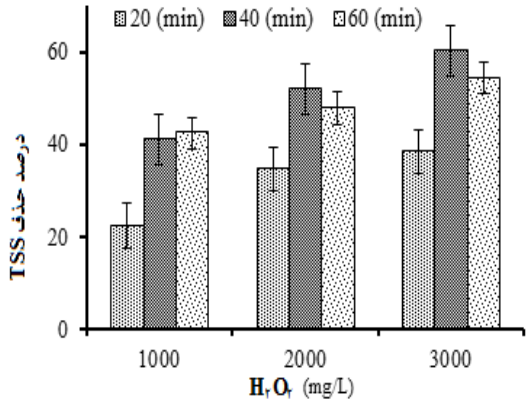
یافته‌ها

مقدار درصد حذف TSS شیرابه به روش الکتروشیمیایی در زمان واکنش و شدت جریان‌های الکتریکی مختلف در نمودار ۱ نشان داده شده است. نتایج تحلیل آماری نشان می دهد که در بازه اطمینان ۹۵ درصد، تفاوت معنی داری در مقدار درصد حذف TSS با افزایش شدت جریان الکتریکی وجود دارد ($p<0/05$). این تغییر از ۱ به ۱/۵ آمپر در بازه دقت ۹۵ درصد محسوس نمی‌باشد.



نمودار ۱. درصد حذف TSS در زمان واکنش و شدت جریان‌های مختلف طی فرایند الکتروشیمیایی

نمودار ۲ مقدار درصد حذف TSS به روش فنتون در زمان واکنش و غلظت‌های مختلف H_2O_2 را نشان می‌دهد. مطالعات آماری نشان داد که تغییر در غلظت‌های H_2O_2 تغییرات معنی‌داری در نتایج واکنش دارد($p<0/05$).



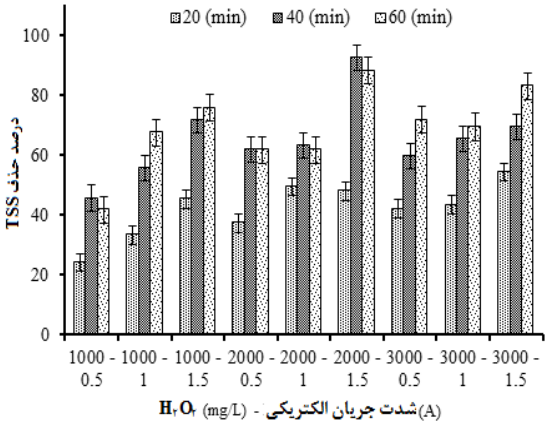
نمودار ۲. درصد حذف TSS در زمان واکنش و غلظت‌های مختلف H_2O_2 در فرایند فنتون

تاثیر فرآیند الکتروفنتون در حذف TSS از شیرابه زباله در نمودار ۳ نشان داده شده است. همان گونه که این نمودار نشان می دهد، بیشترین درصد حذف TSS در شدت

www.SID.ir

Archive of SID

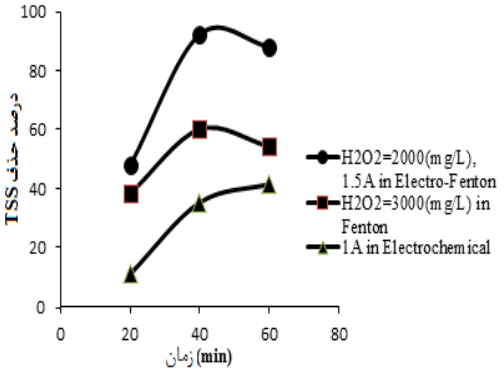
جریان ۱/۵ آمپر، غلظت H_2O_2 برابر ۲۰۰۰ (میلی گرم بر لیتر) و ۴۰ دقیقه پس از شروع آزمایش به دست آمده است.



نمودار ۳. درصد حذف TSS به روش الکتروفنتون در زمان واکنش، شدت جریان و غلظت‌های مختلف H_2O_2

بحث

نمودار ۴ بیشترین مقدار حذف TSS فرآیندهای الکتروشیمیایی، فنتون و الکتروفنتون را نشان می دهد. بر طبق این نمودار، بیشترین مقدار حذف TSS از شیرابه زباله در روش الکتروشیمیایی ۴۱/۷ درصد می‌باشد که در شدت جریان ۱ آمپر و پس از ۶۰ دقیقه از شروع واکنش مشاهده می‌شود. در فرآیند الکتروشیمیایی با انحلال فلز آند، لخته های هیدروکسید تشکیل شده موجب حذف آلاینده‌ها می شوند که نسبت به روش انعقاد شیمیایی، مواد شیمیایی کمتر مصرف شده و میزان لجن تولیدی کاهش می یابد(۲۷). در فرآیند فنتون با افزایش غلظت H_2O_2 درصد حذف TSS افزایش می یابد، به گونه‌ای که بیشترین حذف TSS به مقدار ۶۰/۳ درصد در مقدار H_2O_2 با غلظت ۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر و در زمان واکنش ۴۰ دقیقه به وقوع می‌پیوندد (نمودار ۲ و نمودار ۴). افزایش غلظت H_2O_2 موجب افزایش تولید رادیکال هیدروکسیل گشته و حذف بیشترآلاینده‌ها را در پی‌دارد. در فرآیندهای فنتونی تعیین مقدار مناسب پراکسیدهیدروژن و آهن دوظرفیتی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. استفاده از مقدار زیاد پراکسیدهیدروژن موجب بالا آمدن لجن و کاهش ته‌نشینی آن می‌شود(۲۸)، هم‌چنین استفاده از مقدار زیاد آهن دو ظرفیتی سبب افزایش تولید لجن و مقدار TDS و هدایت الکتریکی (EC) می گردد(۲۹). در روش الکتروفنتون، از آند آهن به عنوان منبع Fe^{2+} استفاده می شود و یون Fe^{2+} به طور مداوم در محیط تولید می شود. به منظور تولید رادیکال هیدروکسیل از H_2O_2 به‌عنوان عامل اکسیدکننده استفاده می‌شود(۲۴). مطالعات آزمایشگاهی نشان می دهند که روش الکتروفنتون در مقایسه با روش‌های الکتروشیمیایی و فنتون کارایی بیشتری در حذف TSS از شیرابه زباله دارد، هم‌چنین میزان لجن کمتری نسبت به فرایند فنتون تولید می کند.



نمودار ۴. حداکثر مقدار حذف TSS در فرآیندهای الکتروشیمیایی، فنتون و الکتروفنتون

لخته‌های تشکیل شده در این فرآیندها ته‌نشین می‌شوند، اما گاز هیدروژن تولید شده درکاتد در فرآیندهای الکتروشیمیایی و الکتروفنتون به لخته ها متصل شده و بعضی از لخته ها را به حالت شناور درمی آورد. این پدیده در تصفیه شیرابه در مقیاس گسترده حائز اهمیت می باشد، زیرا می توان لخته‌های تولید شده را با روش‌های مناسب جداسازی نمود. شیرابه ای که جامدات آن حذف شده باشد، آلودگی آن به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد و آلودگی های محیط زیستی آن به حداقل می‌رسد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، حذف کل جامدات معلق (TSS) موجود در شیرابه زباله کارخانه کمپوست اصفهان از طریق فرآیندهای الکتروشیمیایی، فنتون و الکتروفنتون مورد

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی قرار گرفت. مقدار TS شیرابه خام مورد مطالعه برابر ۴۴۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و TSS آن برابر ۱۴۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش شدت جریان، غلظت H_2O_2 و زمان واکنش حذف TSS افزایش می‌یابد. در اغلب موارد، بیشترین مقدار حذف پس از ۴۰ دقیقه از شروع آزمایش مشاهده شد. در روش الکتروشیمیایی، بیشترین مقدار درصد حذف TSS برابر با ۴۱/۷ درصد می‌باشد که در شدت جریان ۱ آمپر و پس از ۶۰ دقیقه از شروع آزمایش مشاهده گردید. هم‌چنین بیشترین درصد حذف TSS در روش فنتون به مقدار ۶۰/۳ درصد در غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر H_2O_2 و ۴۰ دقیقه پس از شروع واکنش مشاهده شد. در روش الکتروفنتون نیز مقدار ۹۲/۴ درصد از TSS پس از ۴۰ دقیقه از شروع آزمایش در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر H_2O_2 و شدت جریان ۱/۵ آمپر حذف گردید. از این رو، این روش کارایی بیشتری نسبت به دو روش دیگر دارد و به عنوان روشی مناسب جهت کاهش TSS از شیرابه زباله پیشنهاد می‌شود. با توجه به نیاز به مواد شیمیایی و انرژی الکتریکی در مقیاس گسترده، این روش به علت هزینه‌بر بودن با محدودیت‌هایی مواجه است. از این رو پیشنهاد می گردد این روش به عنوان روش تکمیلی بعد از روش‌های کم‌هزینه‌تر نظیر روش‌های بیولوژیکی مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی به شماره ۹۲۱۱۲ می باشد که با حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کاشان انجام شده است. بدین وسیله نویسندگان از آن معاونت کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایند.

منابع

1. Foo K, Hameed B. An overview of landfill leachate treatment via activated carbon adsorption process. Journal of hazardous materials. 2009; 171(1):54-60.

2. Yazdandad H, Sadegh Z, editors. Landfill leachate treatment methods in Mashhad. The first national conference on sustainable urban development. 2011.[persian]

3. Bohdziewicz J, Kwarciak A. The application of hybrid system UASB reactor-RO in landfill leachate treatment. Desalination. 2008; 222(1): 128-34.

4. Badv K, Saadabadi F. Study of the parameters affecting aquifer contamination in waste landfill. The Sixth Conference of Iranian Hydraulic. 2007:50-60[persian]

5. Welander U, Henrysson T, Welander T. Biological nitrogen removal from municipal landfill leachate in a pilot scale suspended carrier biofilm process. Water research. 1998; 32(5): 1564-70.

6. Mohan S, Gandhimathi R. Removal of heavy metal ions from municipal solid waste leachate using coal fly ash as an adsorbent. Journal of hazardous materials. 2009; 169(1):351-9.

7. Sadeddin K, Naser A, Firas A. Removal of turbidity and suspended solids by electro-coagulation to improve feed water quality of reverse osmosis plant. Desalination. 2011; 268(1): 204-7.

8. Guida M, Mattei M, Della Rocca C, Melluso G, Meriç S. Optimization of alum-coagulation/flocculation for COD and TSS removal from five municipal wastewater. Desalination. 2007; 211(1):113-27.

9. KHazaei M, Nabizade R, Naddafi K, Nooriye N, Omidi A. suspended solids removal from the effluent of aeration lagoon using Horizontal Roughing Filter. Qom university medical science journal. 2010:42-7[persian]

10. Türker U, Okaygün M, Almaqadma S. Impact of anaerobic lagoons on the performance of BOD and TSS removals at the Haspolat (Mia Milia) Wastewater Treatment Plant. Desalination. 2009; 249(1):403-10.

11. Amin M, Fazeli S, Setare P, Hasani A, editors. The use of membrane bioreactor Flat sheet for treatment of esfahan sewage-south treatment plant The sixteenth National Conference of iranian Environmental Health. Tabtiz university of medical sciences. 2013.[persian]

12. Borne KE, Fassman EA, Tanner CC. Floating treatment wetland retrofit to improve

www.SID.ir

Archive of SID

stormwater pond performance for suspended solids, copper and zinc. Ecological engineering. 2013; 54:173-82.
13. Lee S, Maniquiz-Redillas MC, Kim L-H. Settling basin design in a constructed wetland using TSS removal efficiency and hydraulic retention time. Journal of Environmental Sciences. 2014; 26(9):1791-6.
14. Mahvi AH, Dehghani MH, Kiani G, Barani M. Evaluating the Performance of Three Different Coagulants for Treatment of leachate of the Isfahan compost plant. Health System Research. 2012;8(1):146-55.[persian]
15. Aziz HA, Alias S, Assari F, Adlan MN. The use of alum, ferric chloride and ferrous sulphate as coagulants in removing suspended solids, colour and COD from semi-aerobic landfill leachate at controlled pH. Waste Management & Research. 2007; 25(6):556-65.
16. Samadi M, Saghi M, Shirzad M, Hasanvand J, Rahimi S. Comparison of diffrent coagulants efficiency for treatment of Hamedan landfills leachate site. Iranian Journal of Health and Environment. 2010;3(1):75-82.
17. Hashemi H, Bagheri A. Treatment of Old Leachate by Electro-Coagulation: A Case Study for Leachate of Kahrizak Landfill in Tehran. Water and wastewater. 2013;3:112-2.[persian]
18. Martínez-Huitle CA, Brillas E. Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods: a general review. Applied Catalysis B: Environmental. 2009; 87(3):105-45.
19. Kishimoto N, Nakagawa T, Asano M, Abe M, Yamada M, Ono Y. Ozonation combined with electrolysis of 1, 4-dioxane using a two-compartment electrolytic flow cell with solid electrolyte. Water research. 2008; 42(1):379-85.
20. Poyatos JM, Muñio M, Almecija M, Torres J, Hontoria E, Osorio F. Advanced oxidation processes for wastewater treatment: state of the art. Water, Air, and Soil Pollution. 2010; 205(1-4):187-204.
21. Karimi B, Rajaei M, Habibi M, Esvand M, Abdollahy M. Effect of UV/H 2 O 2 advanced oxidation processes for the removal of naphthalene from the water solution. Arak Medical University Journal. 2013;16(9):50-64.[persian]
22. Dehghani S, Jonidi Jafari A, Farzadkia M, Gholami M. Investigation of the efficiency of Fenton's advanced oxidation process in sulfadiazine antibiotic removal from aqueous solutions. Arak Medical University Journal. 2012;15(7):19-29.[persian]
23. Mohajeri S, Aziz HA, Isa MH, Zahed MA, Adlan MN. Statistical optimization of process parameters for landfill leachate treatment using electro-Fenton technique. Journal of hazardous materials. 2010; 176(1):749-58.
24. Eslami A, Moradi M, Ghanbari F, Raei Shaktaee H. Study on Performance of Electro-Fenton for Color Removal from Real Textile Wastewater Based on ADMI. Journal of Color Science and Technology. 2013:173-80.[persian]
25. Wef AA. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC. 1998.
26. Umar M, Aziz HA, Yusoff MS. Trends in the use of Fenton, electro-Fenton and photo-Fenton for the treatment of landfill leachate. Waste Management. 2010; 30(11):2113-21.
27. Razavi M, Saeidi M, Jabbari E. The effect of operating conditions on the removal efficiency of phosphate, nitrate and COD from laundry wastewater using electrocoagulation with aluminum electrodes. Ecology journal.2012;3:84-75.[persian]
28. Kim J-S, Kim H-Y, Won C-H, Kim J-G. Treatment of leachate produced in stabilized landfills by coagulation and Fenton oxidation process. Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers. 2001; 32(5):425-9.
29. Gogate PR, Pandit AB. A review of imperative technologies for wastewater treatment II: hybrid methods. Advances in Environmental Research. 2004; 8(3):553-97.

www.SID.ir