

بررسی کارایی حذف زایلن از جریان هوای آلوده با استفاده از فرآیند ازن زنی کاتالیزوری به کمک پامیس اصلاح شده با نیترات منیزیم

محمد رضا سمرقندی، قربان عسگری، علیرضا رحمانی، زهرا دارائی*
گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۳/۲۳ : تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۹

چکیده

زمینه و هدف: زایلن یکی از انواع ترکیبات آلی فرار است که باعث اختلال در سیستم عصبی مرکزی و مشکوک به سرطانزایی می باشد. نگرانی در مورد مواجهه شغلی با ترکیبات آلی فرار افزایش یافته است. بنابراین قبل از تخلیه به محیط زیست، بایستی از جریان هوای آلوده تصفیه شوند.

روش بررسی: پژوهش حاضر از نوع تجربی و در مقیاس آزمایشگاهی انجام شده است. راکتور مورد استفاده دارای پمپ هوا، فیلتر ترکیبی زغال فعال و سیلیکاژل، پمپ تزریق سرنگی، دستگاه مولد ازن، مخزن شیشه ای بود. آنالیز نمونه ها با روش ۱۵۰۱ Niosh Manual Analytic Method با استفاده از دستگاه گازکروماتوگراف مجهز به آشکارساز یونش شعله ای انجام شد و عملکرد فرآیند ازن زنی کاتالیزوری، ازن زنی ساده، پامیس اصلاح شده در حذف غلظت های مختلف زایلن از جریان هوای آلوده در شرایط یکسان با هم مقایسه شد.

نتایج: نتایج نشان داد که در ازن زنی کاتالیزوری، زمان اشباع بستر با افزایش غلظت از ۵۰ ppm به ۲۰۰ ppm، از ۱۲ ساعت به ۸ ساعت کاهش می یابد. در حالیکه زمان اشباع بستر برای سیستم جذب بر روی پامیس اصلاح شده بین ۹ تا ۵ ساعت بوده است. هم چنین کارایی بستر جاذب پامیس اصلاح شده و ازن زنی کاتالیزوری با افزایش غلظت زایلن در ورودی راکتور کاهش می یابد.

نتیجه گیری: باتوجه به عملکرد فرآیند ازن زنی کاتالیزوری و افزایش راندمان حذف زایلن در مقایسه با فرآیند ازن زنی ساده و سیستم جاذب پامیس اصلاح شده این فرآیند به عنوان روشی نویدبخش و جایگزین سیستم های رایج حذف ترکیبات آلی فرار پیشنهاد می گردد.

کلمات کلیدی: زایلن، ازن زنی کاتالیزوری، پامیس، نیترات منیزیم

مقدمه

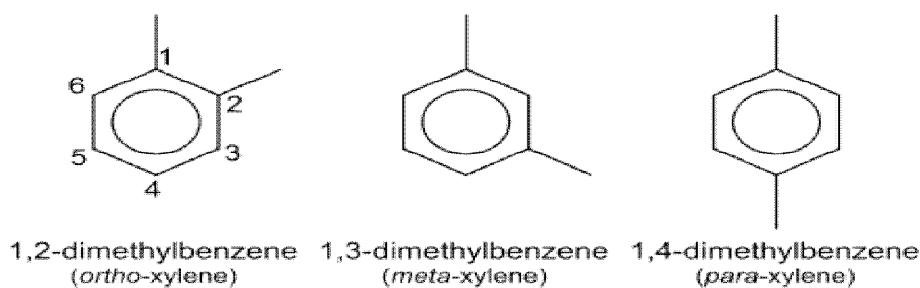
در اتمسفر بیش از ۵۰۰ ترکیب آلی فرار شناخته شده است.^۱ براساس تعریف WHO ترکیبات آلی فرار (volatile Organic Compounds) یا VOCs به ترکیباتی گفته می شود که نقطه جوش زیر $260-270^{\circ}\text{C}$ دارند. همچنین مواد آلی فرار مواد مایع یا جامدند که دارای کربن آلی (کربن متصل به کربن، هیدروژن، نیتروژن یا گوگرد) بوده و با سرعت چشمگیری تبخیر شوند.^۲ ترکیبات فوق می توانند از منابع مختلف شامل وسایل نقلیه موتوری، مخازن ذخیره و توزیع سوخت، تبخیر حلال ها، صنایع، فرآیندهای احتراق و... انتشار یابند. وسایل نقلیه موتوری مهمترین منبع انتشار VOCs هستند. VOCs در دو دهه اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته است زیرا نقش مهمی در آلودگی هوا و تشکیل اکسیدان های فتوشیمیایی مانند ازن و PAN در تروپوسفر دارند و در انسان ها باعث مشکلاتی نظیر سوزش چشم، سمیت کبد، اثر بر سیستم عصبی، جهش زایی و سرطانزایی می شوند.^۳ یکی از این ترکیبات، زایلین با فرمول شیمیایی C_8H_{10} و دارای سه نوع ایزومر متا، ارتو و پارا می باشد. شکل ۱ ساختار زایلین را نشان می دهد. زایلین مشکوک به ایجاد اختلال در سیستم عصبی مرکزی است و جزء گروه E که مشکوک به سرطانزایی هستند طبقه بندی شده است حد مجاز تماس با زایلین 100 ppm می باشد.^۴

جهت کنترل انتشار و حذف آلاینده های آلی از هوا، تکنولوژی های مختلفی مانند رقیق سازی بوسیله سیستم تهویه، جذب، اکسیداسیون کاتالستی یا گرمایی، اکسیداسیون

فتوکاتالستی، پلاسما و... به کار برده شده است.^۵ در سیستم های تصفیه هوا، بستر های جذبی متخلخل مانند کربن فعال و ژئولیت به علت سطح ویژه و ظرفیت جذب بالا، بارها استفاده شده اند اما تکنیک های جذب فقط باعث انتقال آلودگی از هوا به جسم جامد می شوند و کاربرد این روش به دلیل اشباع بستر جاذب و کاهش کارایی و نیاز به احیای مجدد بستر با محدودیت هایی مواجه شده است.^۶

در سالهای اخیر برخی محققان روشهای اکسیداسیون فتوکاتالستی ماوراء بنفش (UV-PCO) را برای حذف ترکیبات آلی فرار به کار برده اند از مهمترین معایب این روش انتشار ترکیبات جانبی در طول فرآیند، اشغال مکان های فعال در سطح کاتالست و غیر فعال شدن کاتالست، طول عمر کوتاه لامپ UV و در نتیجه هزینه بالای فرآیند می باشد.^۷

از جمله روش های موثر جهت حذف آلاینده های آلی فرار از هوا، اکسیداسیون شیمیایی با گاز ازن است. هرچند ازن به عنوان یک اکسیدکننده ی قوی می تواند بسیاری از آلاینده های جزئی و مقاوم موجود در محیط های آبی و هوا را حذف کند ولی به دلیل برخی از مشکلات نظیر اکسیداسیون جزئی آلاینده ها و تولید محصولات جانبی که ممکن است در برخی موارد سمی تر از آلاینده ی اولیه باشد و یا تاثیر سوء باقیمانده ازن بر روی سلامتی انسان، کاربرد آن در تصفیه هوا با محدودیت هایی مواجه شده است.^۸ امروزه ازن زنی کاتالیزوری مورد توجه قرار گرفته است. دراین فرایند کاتالست کار ازن را تسهیل می کند و رادیکال فعال هیدروکسیل تشکیل می شود.



شکل ۱: ساختار زایلن

حذف آلاینده های هوا بررسی شده است. موسوی و همکاران مطالعه ای بر روی حذف زایلن از جریان هوای آلوده با استفاده از ازن زنی کاتالیزوری انجام دادند. نتایج نشان داد که کارایی فرآیند ازن زنی در حذف زایلن بیش تر از کربن فعال و ازن زنی به تنهایی بود. کربن فعال در حضور ازن به عنوان کاتالیزور عمل کرده و باعث افزایش راندمان تجزیه زایلن شده است.^۳

Einaga و همکاران، اکسیداسیون بنزن با ازن بر روی کاتالیست های پوشش داده شده با اکسید منگنز را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که سرعت اکسیداسیون بنزن به صورت خطی با سطح ویژه کاتالیست افزایش یافت. صرف نظر از نوع پوشش کاتالیست در حقیقت سرعت تخریب ازن برای اکسیداسیون بنزن با پوشش های کاتالیست بیشتر بوده است.^۴

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تجربی با رویکرد کاربردی، کارایی سیستم پامیس اصلاح شده، ازن زنی ساده (SOP)، ازن زنی کاتالیزوری (COP) در حذف زایلن از جریان هوای آلوده مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور، یک واحد پایلوت در آزمایشگاه شیمی محیط دانشکده بهداشت طراحی و راه اندازی شد. سیستم مورد استفاده در شکل ۲ نشان داده شده است. مایع زایلن با خلوص ۹۹/۵ درصد از شرکت مرک آلمان و پامیس از منطقه قروه کردستان تهیه گردید. هوای مورد نیاز توسط یک دستگاه پمپ هوا تامین و جهت خشک شدن و حذف هر گونه

این رادیکال مواد سمی و ترکیبات آلی مقاوم را به ترکیبات معدنی و یا ترکیبات حد واسط قابل تجزیه بیولوژیکی و مواد سمیت کم تر تبدیل می کند.^۵ در این فرایندها، به منظور افزایش راندمان فرآیند ازن زنی مواد متنوعی نظیر اکسیدهای منیزیم با پایه آلومینا، ماسه طبیعی و ژئولیت به عنوان جاذب، کاتالیست و همچنین پایه ای برای تثبیت کاتالیست ها، مورد استفاده قرار گرفته است.^۱ پوکه معدنی یکی از انواع سنگهای معدنی است که در بیشتر نقاط دنیا یافت می شود. این ماده در ایران در اکثر نقاط بخصوص در منطقه تیکمه داش آذربایجان به وفور یافت می شود. سیلیکای موجود در پامیس (SiO₂)، ۷۰-۶۰ درصد می باشد. از جمله کاربردهای پامیس استفاده بعنوان بستر جاذب، بستر فیلتراسیون، بستر بیوفیلم یا کاتالیست و جاذب آلاینده های هوا، حذف کدورت در فرآیند فیلتراسیون شنی تند و حذف فلزات سنگین و حذف پاتوژنها بوده است.

اصلاح سطح مواد جاذب به روش های مختلف باعث تغییر بار سطحی و افزایش راندمان این جاذب ها شده است دراین خصوص ترکیبات مختلفی از قبیل فلزات، ترکیبات سورفاکتانت و غیره کاربرد دارد.^{۱۱} نانوذرات MgO از مگنیزیت طبیعی به دست می آید و در نواحی آذربایجان غربی ایران یافت می شود. نانوذرات MgO یک کاتالیزور کارآمد در فرآیند ازن زنی محسوب می شود و ویژگی های آن شامل واکنش پذیری بالا، ظرفیت جذب و سطح ویژه ی بالا می باشد، نانوذرات MgO آلودگی ایجاد نمیکند و سمی نیست.^{۱۲،۱۳}

در چندین مطالعه کارایی فرآیند ازن زنی کاتالیزوری در

و پس از خنک شدن در دسیکاتور، در کوره الکتریکی با دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت حرارت داده شد^{۱۳،۱۲}. جهت تعیین ترکیب پامیس خام و اصلاح شده از تکنیک پرتو ایکس (XRD) استفاده شد.

به منظور نمونه برداری آلاینده، از چارکول تیوب ساخت شرکت اس کی سی (SKC) استفاده و برای استخراج نمونه ها، حلال دی سولفید کربن (CS₂) به میزان ۱ میلی لیتر به کار برده شد. برای آنالیز نمونه ها دستگاه گاز کروماتوگراف با آشکار ساز یونش شعله ای (GC - FID) ساخت شرکت SHIMADZU[®] Japan دارای ستون به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر و کاربرد گاز حامل طبق تکنیک Niosh Manual Analytic Method (NMAM) 1501 استفاده شد.

برنامه ریزی دمایی ستون به صورت ۵۰ درجه سانتی گراد برای ۱ دقیقه، افزایش دما تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد با سرعت ۱۰ درجه سانتی گراد در دقیقه تنظیم شد. دمای محل تزریق در حدود ۲۰۰ درجه سانتی گراد و دمای آشکار ساز ۲۵۰ درجه سانتی گراد تنظیم گردید. آزمایشات در دمای محیط (۲۷±۲)، فشار اتمسفر و تهویه مناسب انجام گرفت. همه آزمایشات ۳ بار تکرار شدند و میانگین آنها به عنوان مقدار آن پارامتر گزارش گردید^۵.

یافته ها

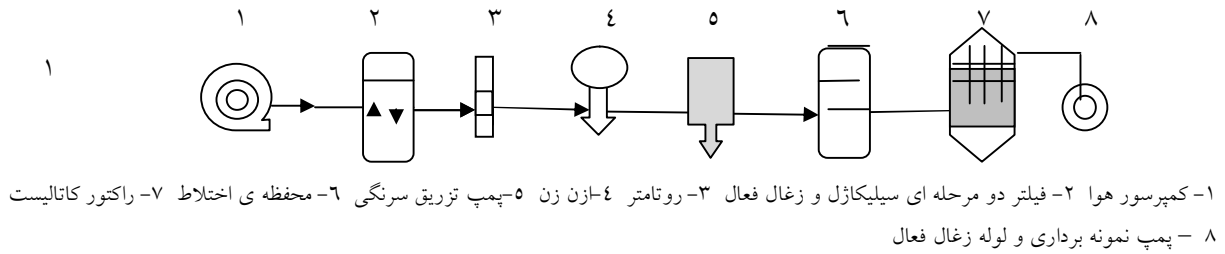
مشخصات کاتالیزور

همان طوری که در نمودار ۱ نشان داده شده است، قسمت عمده ساختار پامیس خام از کوآرتز با فرمول شیمیایی SiO₂ تشکیل شده است که این ساختار، بر مبنای آزمایش و مقایسه پیک موجود در منحنی با استفاده از کارت های استاندارد تعیین گردید.

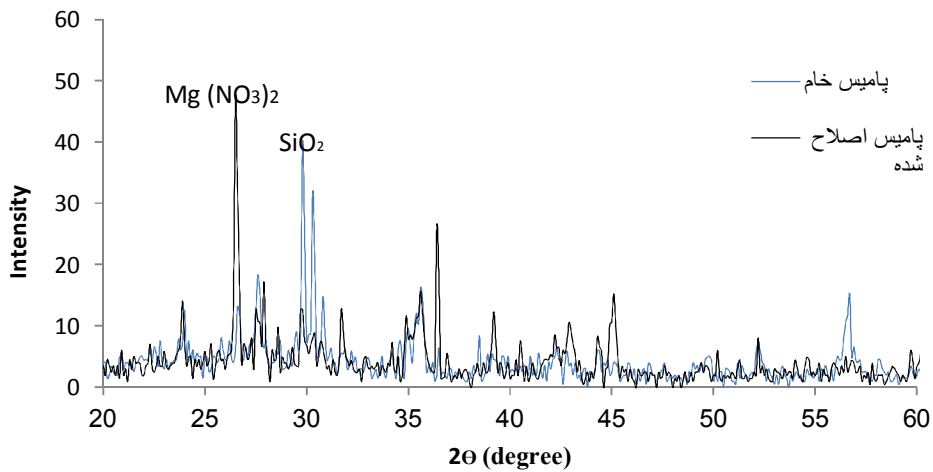
آلودگی احتمالی ترکیبات آلی از داخل ستون ترکیبی سیلیکاژل و زغال فعال عبور داده شد. برای تهیه هوای حاوی زایلین در غلظت های مورد نظر (۲۰۰-۵۰ ppm) از یک دستگاه سرنگ پمپ به همراه پمپ هوا استفاده شد. ازن توسط یک دستگاه ازن ساز ARDA مدل COG-OM تهیه شد. در این ژنراتور، ازن از طریق ایجاد تخلیه الکتریکی با جریان متناوب در یک دریچه تخلیه و با حضور اکسیژن یا هوای خشک تولید می شود. جهت تامین هوا و تولید دوز مورد نظر ازن از یک پمپ تزریق هوا مجهز به شیر تنظیم به همراه روتامتر استفاده شد. برای جلوگیری و کاهش نوسانات احتمالی و یکنواخت سازی جریان، قبل از راکتور حاوی بستر جاذب پامیس اصلاح شده، از یک محفظه اختلاط بافل دار استفاده شد. هوای حاوی زایلین و گاز ازن با جریان متقاطع از قسمت پایین وارد راکتور با جریان پیوسته گردید. راکتور شیشه ای مورد استفاده استوانه ای شکل و به ارتفاع ۰/۷ متر بود. برای قرار دادن پامیس اصلاح شده با نیترات منیزیم درون راکتور، در فاصله ۰/۲ متری از کف راکتور، صفحه ای مشبک نصب گردید و بستر پامیس اصلاح شده بر روی آن قرار داده شد^۳.

روش اصلاح پامیس

نمونه پامیس مورد استفاده در این تحقیق از منطقه قروه کردستان تهیه گردید. این نمونه ها ابتدا خرد شده و با استفاده از الک های استاندارد ASTM با اندازه ی مش ۸۰-۵۰ دانه بندی شد. ۵۲/۵۵ گرم نیترات منیزیم را در یک لیتر آب مقطر حل گردید. سپس ۳ میلی لیتر سود ۱ نرمال به محلول اضافه شد و در مرحله بعد، ۵۰ گرم پامیس دانه بندی شده در مدت یک ساعت توسط شیکر با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه به خوبی با محلول مذکور مخلوط گردید. سپس پامیس جدا شده در فور با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شده



شکل ۲: تصویر شماتیک سیستم آزمایشی مورد استفاده در مطالعه



نمودار ۱: XRD پامیس خام و اصلاح شده با نیترات منیزیم

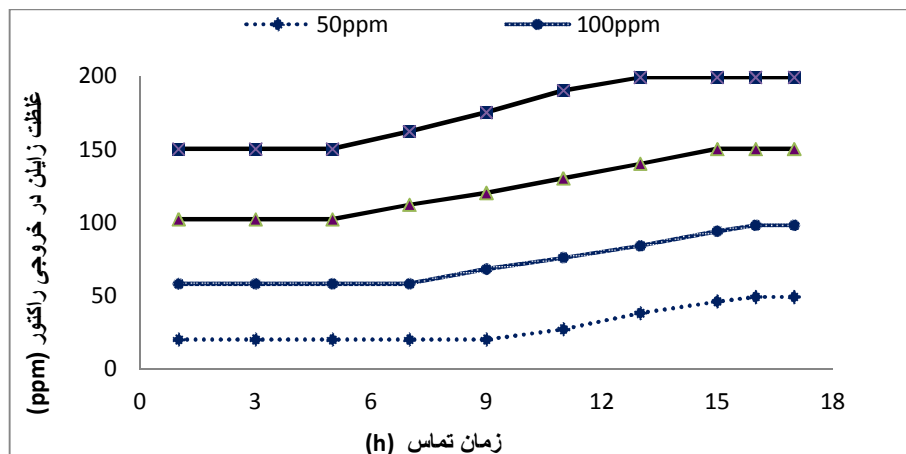
جاذب ۱۵ gr، رطوبت نسبی ۲۷٪ درصد و دمای 27 ± 2 درجه سانتی گراد ثابت نگه داشته شد و کارایی سیستم جاذب پامیس اصلاح شده برای غلظت های مختلف زایلن، مورد بررسی و آزمایش قرار گرفت. یافته ها نشان می دهد که هرچه غلظت زایلن در ابتدای سیستم افزایش می یابد، نقطه شکست و زمان اشباع بستر پامیس اصلاح شده کاهش می یابد. نتایج کارایی پامیس اصلاح شده در حذف زایلن در نمودار ۲ نشان داده شده است.

مشاهده پیک های جدید در پامیس اصلاح شده و مقایسه آنها با کارت های استاندارد نشان دهنده این است که پامیس به وسیله نیترات منیزیم اصلاح شده است.

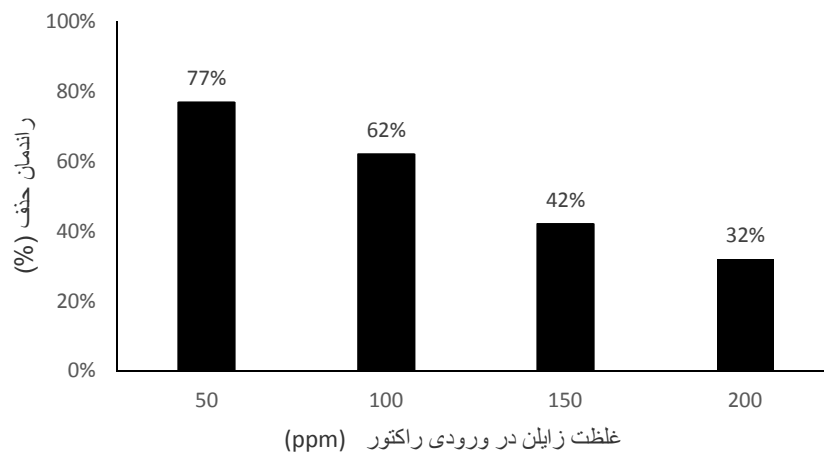
تعیین کارایی بستر جاذب پامیس در حذف زایلن از جریان هوای آلوده

در این مرحله از آزمایش، پارامترهای موثر بر کارایی سیستم شامل دبی جریان هوای ورودی به راکتور ۶ L/min، مقدار

بررسی کارایی حذف زایلن از جریان هوای آلوده با استفاده از فرآیند ازن زنی کاتالیزوری به کمک پامیس اصلاح شده با نیترات منیزیم



نمودار ۲: کارایی حذف زایلن در سیستم پامیس اصلاح شده با نیترات منیزیم



نمودار ۳: کارایی حذف زایلن در فرآیند ازن زنی ساده (زمان تماس ۱ ساعت)

از ۷۷٪ به ۳۲٪ کاهش می‌یابد. بنابراین بیشترین راندمان حذف زایلن در فرآیند ازن زنی در ۵۰ ppm و کمترین راندمان حذف در ۲۰۰ ppm می‌باشد.

تعیین کارایی ازن کاتالیزوری در حذف زایلن از جریان هوای آلوده

نتایج کارایی COP در حذف زایلن از جریان هوای آلوده در نمودار ۴ نشان داده شده است. در این مرحله از آزمایش، به منظور بررسی تاثیر COP از ترکیب دو روش SOP و بستر

تعیین کارایی ازن در حذف زایلن از جریان هوای آلوده

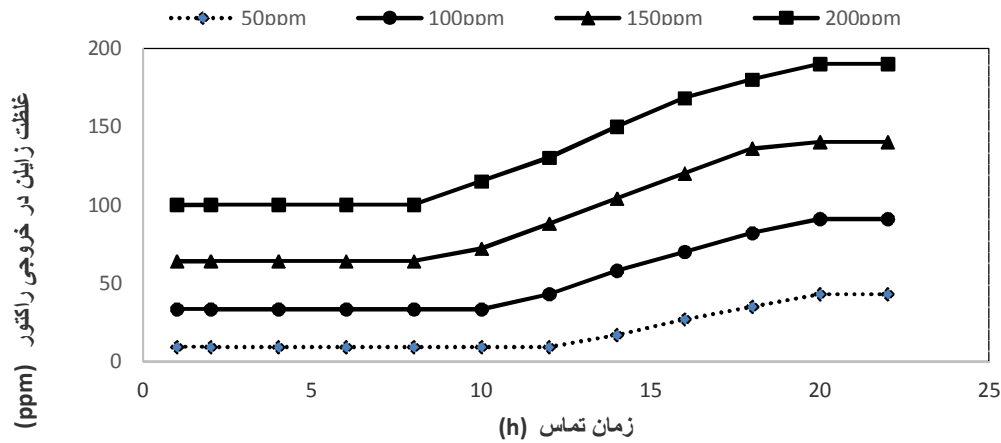
نمودار ۳ کارایی SOP در حذف زایلن از جریان هوای آلوده را نشان می‌دهد. در این مرحله از آزمایش، متغیرهای تاثیرگذار بر کارایی سیستم همانند مرحله قبل ثابت نگه داشته شد و فقط کارایی ازن زنی ساده برای غلظت‌های مختلف زایلن مورد بررسی و آزمایش قرار گرفت. همان‌طور که در نمودار نشان داده شده است، با افزایش غلظت زایلن در ورودی راکتور از ۵۰ ppm به ۲۰۰ ppm، راندمان حذف توسط گاز ازن

تعیین ظرفیت جذب زایلن در دو سیستم ازن زنی ساده و ازن زنی کاتالیزوری

در این بخش از مطالعه، حداکثر ظرفیت جذب ترکیبات BTEX بر حسب میلی گرم زایلن به ازای گرم پامیس، در دو سیستم پامیس اصلاح شده و ازن زنی کاتالیزوری با هم مقایسه گردید. جهت تعیین ظرفیت جذب از رابطه ۱ استفاده شده است.^{۱۵}

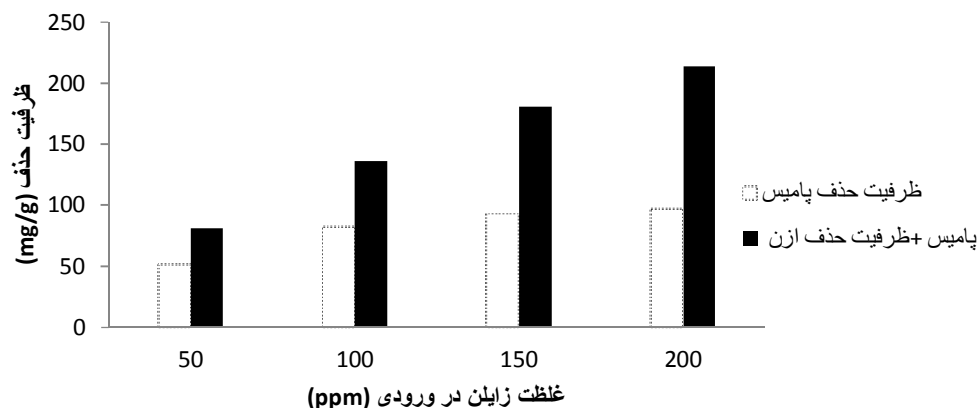
$$q_e = (C_0 - C_t) \times \frac{v}{m} \quad \text{رابطه (۱)}$$

جاذب پامیس اصلاح شده به عنوان کاتالیزور استفاده شد و پارامترهای تاثیرگذار بر کارایی سیستم شامل دبی جریان هوای ورودی به راکتور (۶ L/min)، مقدار جاذب (۱۵ gr)، رطوبت نسبی (۲۷٪) درصد و دمای 27 ± 2 درجه سانتی گراد ثابت نگه داشته شد. همانطور که در نمودار ۴ نشان داده شد، با افزایش غلظت زایلن در ابتدای سیستم، نقطه شکست و زمان اشباع بستر کاهش می یابد. با توجه به نمودارهای ۲ و ۴، زمان اشباع بستر و نقطه شکست در فرآیند ازن زنی کاتالیزوری نسبت به سیستم جذب بر روی پامیس اصلاح شده به تنهایی، دیرتر اتفاق می افتد.



نمودار ۴: کارایی حذف زایلن در فرآیند ازن زنی کاتالیزوری

بررسی کارایی حذف زایلن از جریان هوای آلوده با استفاده از فرآیند ازن زنی کاتالیزوری به کمک پامیس اصلاح شده با نیترات منیزیم



نمودار ۵: مقایسه ظرفیت حذف زایلن در دو سیستم جاذب پامیس اصلاح شده و ازن زنی کاتالیزوری

حذف تولوئن از جریان هوای آلوده مورد بررسی قرار دادند. یافته های آنها نشان داد که راندمان حذف تولوئن در فرآیند ازن زنی تنها کمتر از راندمان حذف زایلن توسط بستر جاذب کربوسیو و به طور میانگین کمتر از ۳۱٪ است. احتمالاً کوتاه بودن زمان ماند برای واکنش بین ازن و تولوئن می تواند دلیل اصلی این امر باشد. ولی در مطالعه کنونی، زمان ماند برای واکنش بین ازن و زایلن بالاست. از طرفی سطح ویژه کربوسیو با اندازه ۲/۳-۱/۸ میلی متر بر اساس آزمایش BET، m^2/g ۹۷۲ به دست آمد ولی سطح ویژه پامیس m^2/g ۵۴ می باشد^{۱۷،۱۶}.

همچنین یافته های حاصل از کارایی بستر جاذب پامیس اصلاح شده به تنهایی در حذف غلظت های مختلف زایلن از جریان هوای آلوده نشان داد که هنگام استفاده از این بستر، نقطه ظهور زایلن در خروجی (نقطه شکست) با افزایش غلظت زایلن از ۵۰ ppm به ۲۰۰ ppm، از ۹ ساعت به ۵ ساعت کاهش می یابد. بر این اساس، با افزایش غلظت زایلن در جریان هوای ورودی راکتور، کارایی حذف کاهش می یابد. پس جاذب های سطحی مانند پامیس به دلیل اشباع زود هنگام به ویژه در غلظت های بالای آلاینده و کاهش کارایی و نیاز به

که در این رابطه q_e : ظرفیت جذب (mg/g)، C_0 : غلظت اولیه (mg/l)، C_t : غلظت جذب شده (mg/l)، v : حجم جریان (l) و m : وزن جاذب (g) می باشد. با توجه به نمودار ۵ در شرایط رطوبت نسبی ۲۷٪، ظرفیت جذب زایلن در فرآیند ازن زنی کاتالیزوری با استفاده از پامیس اصلاح شده نسبت به پامیس اصلاح شده تنها، افزایش یافته است.

بحث و نتیجه گیری

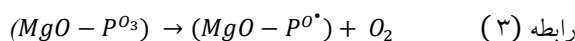
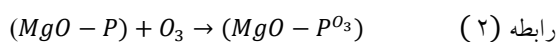
در این مطالعه، جهت نمایش بهتر کارایی فرآیند ازن زنی کاتالیزوری، حذف زایلن در دو سیستم ازن زنی ساده و بستر جاذب پامیس اصلاح شده با نیترات منیزیم نیز بررسی شد. یافته های حاصل از کارایی فرآیند SOP در حذف غلظت های مختلف زایلن از جریان هوای آلوده بیانگر آن است که راندمان حذف زایلن با استفاده از ازن به تنهایی بیشتر از راندمان حذف زایلن توسط بستر جاذب پامیس اصلاح شده و به طور میانگین بیشتر از ۴۰٪ می باشد. به طوری که با افزایش غلظت زایلن در ورودی راکتور از ۵۰ ppm به ۲۰۰ ppm، راندمان حذف توسط گاز ازن از ۷۷٪ به ۳۲٪ کاهش می یابد. سمرقندی و همکاران کارایی فرآیند ازن زنی کاتالیزوری با استفاده از کربوسیو در

است در حالیکه غلظت زایلین در خروجی راکتور در سیستم ازن زنی کاتالیزوری پس از اشباع بستر از غلظت زایلین در ورودی کمتر است.

در نمودار ۵، ظرفیت حذف بستر جاذب پامیس اصلاح شده و ازن زنی کاتالیزوری نشان داده شده است. در شرایط برابر، حداکثر ظرفیت جذب زایلین به ازای گرم جاذب پامیس در سیستم ازن زنی کاتالیزوری به ویژه در غلظت های بالاتر حدود ۲ برابر ظرفیت جذب در سیستم جاذب پامیس اصلاح شده می باشد که نشان دهنده کارایی بالاتر ازن زنی کاتالیزوری می باشد.

Kwong و همکاران، در مطالعه ای میزان حذف تولوئن در فرآیند ازن زنی کاتالیستی نسبت به فرآیند جذب سطحی ژئولیت و MCM-41 به صورت جداگانه، مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنها نشان داد که میزان حذف تولوئن در فرآیند ازن زنی کاتالیستی نسبت به فرآیند جذب سطحی ژئولیت و MCM-41 به صورت جداگانه، بیشتر است که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.^{۲۰}

نتایج نشان می دهند که جایگاههای اسید لوئیس جاذب سطحی، نقش کلیدی در تجزیه ازن به رادیکال های فعال دارد. مولکول ازن بر روی جایگاههای لوئیس پامیس اصلاح شده به اکسیژن مولکولی و اتم های فعال اکسیژن تجزیه می گردد. مکانیسم پیشنهادی تجزیه ازن بر روی جایگاههای فعال پامیس اصلاح شده با نیترات منیزیم در روابط ۲ تا ۵ ارائه شده است:



$(MgO - P)$ و $(MgO - P^{O_3})$ به ترتیب بیانگر

جایگاههای اسید لوئیس در جاذب سطحی و مولکول های ازن جذب شده بر روی پامیس اصلاح شده هستند و

احیای مجدد مناسب نیستند. این بسترهای جذبی بدون تغییر در ماهیت آلاینده، فقط باعث انتقال آلودگی از هوا به جسم جامد می شوند و زمانی که آلاینده خطرناک و برای محیط زیست مسئله ساز باشد، حذف آلاینده با محدودیت هایی مواجه خواهد شد.^{۱۶، ۱۷}

موسوی و همکاران در مطالعه ای حذف زایلین از جریان هوای آلوده با استفاده از فرآیند ازن زنی کاتالیزوری را بررسی نموده اند. نتایج این محققین نشان داد که کربن فعال برای کاربرد در غلظت های بالای زایلین مناسب نیست که با نتایج این قسمت از مطالعه مطابقت دارد.^۳

در این مطالعه، به منظور بهبود و ارتقاء عملکرد روش ازن زنی و بستر جاذب پامیس اصلاح شده و رفع محدودیت های این دو روش در حذف زایلین از جریان هوای آلوده، از روش ترکیبی ازن زنی کاتالیزوری استفاده شده است. همان طور که مشاهده می شود، ازن زنی کاتالیزوری راندمان قابل توجهی نسبت به روش های مجزای جذب بر روی پامیس اصلاح شده و ازن زنی دارد. به طوری که نقطه ظهور زایلین در خروجی (نقطه شکست) با افزایش غلظت از ۵۰ ppm به ۲۰۰ ppm از ۱۲ ساعت به ۸ ساعت کاهش می یابد؛ در حالی که این زمان برای سیستم جذب بر روی پامیس اصلاح شده، تنها بین ۹ تا ۵ ساعت بوده است. بنابراین زمان اشباع بستر و زمان پیدایش زایلین در خروجی راکتور در ازن زنی کاتالیزوری نسبت به روش بستر جاذب پامیس اصلاح شده به تنهایی، در شرایط یکسان بیشتر بوده است. چون در ازن زنی کاتالیزوری کاتالیست با ایجاد یک بستر محصور کننده و به دام افتادن ازن

و زایلین در نقطه (۴) باعث افزایش زمان ماندن $(MgO - P)$ و $(MgO - P^{O_3})$ در راکتور شده است.

و از طرفی به عنوان کاتالیزور عمل کرده و باعث تجزیه ازن $(MgO - P)$ و $(MgO - P^{O_3})$ در راکتور می شود که در تجزیه زایلین

تشکیل رادیکال فعال هیدروکسیل می شود که در تجزیه زایلین نقش مهمی دارد.^{۱۶، ۱۹}

غلظت زایلین در خروجی راکتور در سیستم پامیس اصلاح شده پس از اشباع بستر با غلظت زایلین در ورودی راکتور برابر

بررسی کارایی حذف زایلین از جریان هوای آلوده با استفاده از فرآیند ازن زنی کاتالیزوری به کمک پامیس اصلاح شده با نیترات منیزیم

جایگاههای اسید لوئیس، توسط H_2O اشباع و تغییر کند و ظرفیت جذب بستر کاهش یابد. در سایر مطالعات رطوبت ۵۰٪ را شرایط بهینه برای افزایش راندمان حذف ازن زنی کاتالیزوری اعلام کرده اند^{۳۸}.

Valdes و همکارانش در مطالعه ای بر روی ازناسیون بنزوتیزول بر روی کربن فعال و تاثیر خواص سطحی شیمیایی کربن گزارش نموده اند که ازن باعث افزایش تعداد سایت های فعال (جایگاه های اسید لوئیس) بر روی کربن فعال می گردد^{۳۹}.

تشکر و قدر دانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان می باشد. نویسندگان این مقاله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه که این طرح را از لحاظ مالی حمایت نموده اند، تشکر و قدردانی می نمایند.

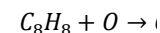
$(MgO - P^{O_2})$ ، نیز نشان دهنده ی گونه های اکسید سطحی می باشند^{۴۰}.

در مطالعات انجام شده، دو مکانیسم برای ازناسیون کاتالیستی VOCs پیشنهاد شده است:

مکانیسم اول: ازن و زایلین بر روی جاذب جذب می گردند و رادیوکال های آزاد مانند $(E^\circ = ۲/۴۲ \text{ v}) \cdot O^{\cdot}$ ، $(E^\circ = ۲/۸۰ \text{ v}) OH^{\cdot}$ برای واکنش های ثانویه با زایلین جذب شده بر روی جاذب تشکیل می شود.

مکانیسم دوم: در این مکانیسم ترکیبات BTEX بر روی جاذب جذب می گردند و به طور مستقیم با گاز ازن واکنش می دهند^{۱۶ و ۲۱}.

وقتی زایلین در محیط وجود دارد، اکسیژن اتمی طبق واکنش (۶)، به باند های C-H و C-C در زایلین حمله کرده و در صورت انجام واکنش به صورت کامل، آب و دی اکسید کربن تولید می شود^۴.



البته در رطوبت بالا ممکن است بعد از چند ساعت

منابع

1. Hoshi J-y, Amano S, Sasaki Y, Korenaga T. Investigation and estimation of emission sources of 54 volatile organic compounds in ambient air in Tokyo. *Atmospheric Environ* 2008;42(10):2383-93.
2. Thepanondh S, Varoonphan J, Sarutichart P, Makkasap T. Airborne volatile organic compounds and their potential health impact on the vicinity of petrochemical industrial complex. *Water Air Soil Pollut* 2011;214(1-4):83-92.
3. Moussavi G, Khavanin A, Mokarami H. Removal of Xylene from Waste Air Stream Using Catalytic Ozonation Process. *Iran J Health Environ* 2010;3(3):239-50. [In Persian]
4. Chao C, Kwong C, Hui K. Potential use of a combined ozone and zeolite system for gaseous toluene elimination. *J Hazard Mater* 2007;143(1):118.۳۷-
5. NIOSH manual of analytical methods. Issue3. Method hydrocarbons, aromatic (method 1501). 4th ed. Washington DC: DHHS (NIOSH) 2003.
6. Bina B, Pourzamani H, Rashidi A, and Amin M.M. (2011). Using Carbon Nanotubes to Remove ethylbenzene and xylene from Aqueous Solutions. *J Environ Public Health* doi: 10.1155/2012/817187. [In Persian]
7. Shim WG, Kim SC, Kang HC, et al. Influence of pretreatment methods on adsorption and catalytic characteristics of toluene over heterogeneous palladium based catalysts. *Appl Surf Sci* 2007;253(13):5868-75.
8. Kwong C, Chao CY, Hui K, Wan M. Removal of VOCs from indoor environment by ozonation over different porous materials. *Atmospheric Environ* 2008;42(10):2300-11.
9. Osenfeldt EJ, Linden KG, Canonica S, Von Gunten U. Comparison of the efficiency of OH radical formation

- during ozonation and the advanced oxidation processes O_3/H_2O_2 and UV/H_2O_2 . *Water Research* 2006; 40(20):3695-704
10. Nawrocki J, Kasprzyk-Hordern B. The efficiency and mechanisms of catalytic ozonation. *Appl Catal B Environ* 2010; 99(1-2): 27-42.
 11. Kitis M, Karakaya E, Yigit NO, et al. Heterogeneous catalytic degradation of cyanide using copper-impregnated pumice and hydrogen peroxide. *Water Research* 2005; 39(8):1652-62
 12. Moussavi Gh, Khavanin A, Alizadeh R. The integration of ozonation catalyzed with MgO nanocrystals and the biodegradation for the removal of phenol from saline wastewater. *Appl Catal B Environ* 2010; 97(1):160-7
 13. Moussavi Gh, Mahmoudi M. Degradation and biodegradability improvement of the reactive red 198 azo dye using catalytic ozonation with MgO nanocrystals. *Chem Eng J* 2009; 152(1):1-7
 14. Einaga H, Ogata A. Benzene oxidation with ozone over supported manganese oxide catalysis: effect of catalyst support and reaction conditions. *J Hazard Mater* 2009; 104: 1236-1241.
 15. Eba F, Gueu S, Eya A-mongbote A, et al. Evaluation of the absorption capacity of the natural clay from Bikougou (Gabon) to removal Mn(II) from aqueous solution. *Int J Eng Sci Technol* 2010; 2(10): 5001-5016.
 16. Samarghandi MR, Babae SA, Ahmadian M, et al. Performance Catalytic Ozonation over the Carbo-sieve in the Removal of Toluene from Waste Air Stream. *J Res Health Sci* 2014;14(3):227-32
 17. Samarghandi MR, Zarrabi M, Noori sepehr M, et al. Application of acidic treated pumice as an adsorbent for the removal of azo dye from aqueous solutions: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. *J Environ Health Sci Eng* 2012; 9:9.
 18. Li W, Oyama ST. Mechanism of ozone decomposition on a manganese oxide catalyst 2. Steady-state and transient kinetic studies. *J Am Chem Soc* 1998;120:9047-52.
 19. Willliam LH. *Industrial Air Pollution Control Systems*. 1th Ed. New York: McGraw-Hill Publishers, 1997.
 20. Kwong C, Chao C, Hui K, Wan M. Catalytic ozonation of toluene using zeolite and MCM-41 materials. *Environ Sci Technol* 2008;42(22):8504-9.
 21. Seto T, Kwon SB, Hirasawa M, Yabe A. Decomposition of toluene with surface-discharge micro plasma device. *Jpn J Appl Phys* 2005;44:5206-1
 22. Valdés H, Zaror CA. Heterogeneous and homogeneous catalytic ozonation of benzothiazole promoted by activated carbon: kinetic approach. *Chemosphere* 2006;65(7):1131-6.

The Efficiency of Xylene Removal from Air Stream by Using Catalytic Ozonation Process with Modified Pumice with $Mg(NO_3)_2$

Mohammad Reza Samarghandi¹, Ghorban Asgari², Alireza Rahmani³, Zahra Daraee^{4*}

1. Department of Environmental Health, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences and Health Services, Hamadan, Iran

2. Department of Environmental Health, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences and Health Services, Hamadan, Iran

3. Department of Environmental Health, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

4. MSc Student in Environmental Health, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences and Health Services, Hamadan, Iran

*E-mail: Zahra.daraee@yahoo.com

Received: 13 Jun 2015 ; Accepted: 31 Aug 2015

ABSTRACT

Background: Xylene is a volatile organic compound That cause central nervous system disorder and suspected cancer. Concern of occupational exposure to volatile organic compounds (VOCs) has been increasing. Thus before being discharged to the environment, it must be treated from polluted air stream.

Methods: The research study is of the experimental type and was carried out on a laboratory scale. The experimental equipmen including of an air compressor, silicagel filters and activated charcoal, Syringe Pump, an ozone generation and a fixed bed reactor. The sampling, xylene analyzing in samples were done with 1501 Niosh Manual Analytic Method by GC equipped with FID detector The performance of catalytic ozonation process was compared with that of single adsorption and ozonation in removal of several concentration of xylene under the similar experimental conditions.

Results: The results indicated that the catalytic ozonation concentration increased from 50 to 200 ppm, absorption break point and removal of xylene from hybrid reactor decreased from 12 to 8 h, while this time was between 9 and 5 h for pumice. When pumice and ozone come together, their synergistic effects increased on xylene degradation. Also the efficiency of absorbent decreased with the concentration increase of xylene.

Conclusion: With regard to high efficiency of catalytic ozonation process and increasing the xylene removal, the catalytic ozonation process is suggested as a promising and alternative technology for elimination of VOCs from the polluted air stream.

Key words: Xylene, Catalytic ozonation, Pumice, Magnesium nitrate.