بررسی کارایی حذف فتوکاتالیستی بخار تولوئن با استفاده از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم تثبیت‌شده بر روی زئولیت سنتزی نوع ۵

حسن اصیلیان مهابادی[۱]، علی خوانین[۱]، مجتبی نخعی پور[۲]، حسن ایروانی[۳]، سمیه آرزومندان[۴]، حسین شجاعی فرح آبادی[۵*]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۰۳ تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۶

چکیده

زمینه و هدف: ترکیبات آلی فرار به دلیل اثرات مختلف بر روی سلامت افراد، از نگرانی‌های زیست‌محیطی به شمار می‌آیند. این ترکیبات گروه بزرگی از مواد ازجمله تولوئن را شامل می‌شوند، امروزه بکار بستن بسترهای کاتالیستی یکی از راه‌های کنترلی این آلاینده‌ها می‌باشد که در این تحقیق به بررسی کارایی حذف فتوکاتالیستی بخار تولوئن با استفاده از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) تثبیت‌شده بر روی زئولیت سنتزی نوع ۵ (ZSM-5) پرداخته شده است.

روش بررسی: ابتدا بستر ZSM-5 به‌صورت گرانول تهیه شد. سپس نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم با نسبت وزنی ۵ درصد بر روی آن تثبیت شدند. به‌منظور تعیین ویژگی‌های بسترها از آنالیزهای BET، BJH، XRD، EDS و SEM استفاده شد. درنهایت عملکرد بسترها در حذف بخار تولوئن در دو غلظت ۵۰ppm و ۳۰۰ppm در سیستم دینامیک موردبررسی قرار گرفت..

یافته‌ها: نتایج حاصل از آزمایش‌های دستگاهی نشان داد که ZSM-5 دارای سطوحی متخلخل با سطح ویژه ۳۵۶/۴ m^2/g بوده که بعد از کلسینه کردن در دمای ۴۵۰°c به ۳۳۲/۵ m^2/g کاهش یافت. نتایج حاصل از فرایند تجزیه فتوکاتالیستی نشان داد که بستر $ZSM\text{-}5/TiO_2$ بهترین کارایی را در غلظت ۵۰ppm داشته به‌طوری‌که موفق به حذف ۴۲٪ بخارهای تولوئن گردید.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج کسب‌شده در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که تثبیت نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر روی زئولیت ZSM-5 می‌تواند روش مناسبی جهت حذف بخارهای تولوئن و دیگر آلاینده‌های مشابه باشد.

کلیدواژه‌ها: دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2)، تولوئن، فتوکاتالیست، زئولیت ZSM-5.

مقدمه

رشد صنعت، همراه با دستاوردهای مهمی که برای انسان داشته، منجر به تولید آلودگی‌های زیاد و در پی آن مشکلات زیادی مانند گرم شدن کره زمین، تخریب لایه ازون، باران‌های اسیدی، تشعشعات ماورای بنفش و آلودگی هوا و خاک شده است [۱، ۲]. ترکیبات آلی فرار (VOCs) گروه بزرگی از مواد ازجمله تولوئن را شامل می‌شوند که موجب آلوده شدن هوای محیط کار، محیط‌زیست و فضاهای بسته مسکونی می‌شوند. امروزه ۷۸٪ تولوئن از منابع نفتی، ۹٪ آن از طریق جداسازی طی فرایند پیرولیز کردن گازوئیل در حین ساخت اتیلن و پروپیلن و ۴٪ به‌عنوان ماده جانبی دیگر فرایندهای صنعتی تهیه می‌گردد [۳] که در مواردی نظیر رنگ، تینر، حلال، لاستیک و چسب مورداستفاده قرار می‌گیرد [۴، ۵]. تولوئن بر سیستم اعصاب مرکزی اثر گذاشته که به‌صورت بی‌حسی، احساس ضعف و شادمانی ظاهرشده و به دنبال آن موجب به هم خوردن تعادل، لرزش، احساس وزوز در گوش، تار شدن دید، هذیان‌گویی، عدم قدرت در کنترل عضلات ارادی و تشنج و درنهایت منجر کما می‌شود [۶]. در سال‌های اخیر، فرآیند اکسیداسیون پیشرفته Advanced (Oxidation Processes) به‌عنوان یکی از راهکارهای جایگزین و امیدوارکننده جهت تصفیه دامنه وسیعی از ترکیبات آلی، توجه زیادی را به خود معطوف کرده است [۷، ۸]. یکی از فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته، اکسیداسیون فتوکاتالیستی (Photocatalytic

۱- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران.

۳- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۴- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۵- (نویسنده مسئول) کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. hosein.shojaee@modares.ac.ir

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

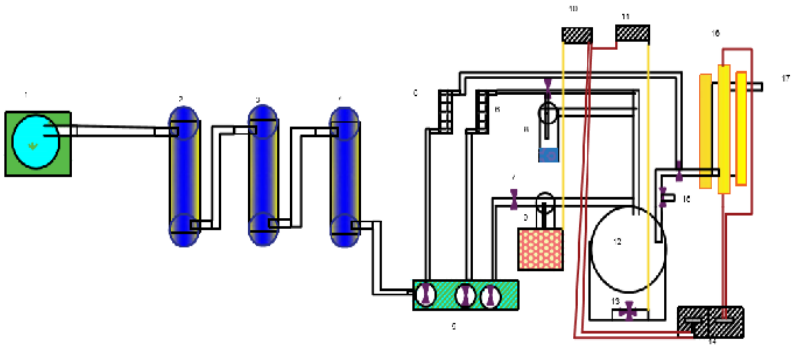
Oxidation) می‌باشد که با تابش پرتوی ماورا بنفش فعال می‌شود [۹]. در این فرایند از مواد نیمه‌هادی دارای شکاف باند مناسب، نظیر دی‌اکسید تیتانیوم یا اکسید روی به‌عنوان کاتالیست استفاده می‌شود. دی‌اکسید تیتانیوم از اکسیدهای فلزی است که در زندگی روزمره کاربرد فراوانی دارد [۱۰]. این ماده پودر سفیدرنگی است که دارای سه فاز بلوره‌ای آناتیس، روتایل و بروکیت است. روش اکسیداسیون فتوکاتالیستی مبتنی بر تجزیه نوری بوده و در دما و فشار معمولی اتاق انجام می‌شود و ازاین‌رو نسبت به سایر روش‌های پاک‌سازی هوا مانند جذب در کربن فعال یا اسکرابر مقرون‌به‌صرفه تر است [۱۱]. بسترهای جاذب سطحی می‌توانند به‌عنوان پایه‌هایی برای نگهداری کاتالیست‌ها عمل کنند [۱۲]. مواد مختلفی نظیر زئولیت‌های طبیعی و تجاری، کربن فعال و دیاتومیت به‌عنوان بستر در فرایندهای فتوکاتالیستی و کاتالیستی استفاده می‌شوند و مهم‌ترین فاکتورهایی که در انتخاب یک بستر مطرح است میزان تخلخل، سطح ویژه و ترکیب و ساختار آن می‌باشد [۱۳]. زئولیت سنتزی ZSM-5 دارای میزان سیلیکای بالایی (SI/Al >۵) می‌باشد. در حال حاضر ساخت تعداد زیادی زئولیت با میزان سیلیکای بالا به روش سنتز گزارش‌شده است که شامل: فری سیلیکات، برو سیلیکات، ZSM-5,11,12, 21, 34,NU-1,FU–1 می‌باشد که ازاین‌بین سیلیکالیت و ZSM–5 دارای اهمیت تجاری می‌باشند(۱۴). با توجه به مطالب فوق و اهمیت ارائه روشی جهت کنترل آلاینده‌های محیطی، در این تحقیق به بررسی کارایی ZSM-5 در حذف بخار تولوئن با استفاده از خاصیت فتوکاتالیستی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم تثبیت‌شده بر روی آن پرداخته‌شده است.

روش بررسی

زئولیت ZSM-5 به‌صورت گرانول در مش ۴۰–۲۰ و دی‌اکسید تیتانیوم ($NANO\text{-}TiO_2\text{-}P25$) حاوی ۳۰٪ آناتاز و ۷۰٪ روتایل از شرکت Degussa آلمان تهیه گردید. با توجه به مطالعات صورت گرفته، در این تحقیق ۵٪ نانوذره بر روی بستر نشانده شد [۱۵]. به این صورت که در ابتدا مقدار مشخصی از TiO_2 وزن و داخل بطری شیشه‌ای ریخته و جهت ایجاد سوسپانسیون یکنواخت در داخل دستگاه التراسونیک به مدت ۴۰ دقیقه گذاشته شد و بعد از آن زئولیت ZSM-5 به آن افزوده و محلول را در داخل دستگاه شیکر تحت دما ۵±۳۲ به مدت ۱۸ ساعت قرار گرفت تا نانوذرات به‌صورت یکنواخت بر روی بستر و حفرات آن نشسته و دوغاب آن با استفاده از پمپ خلأ، قیف بوخنر و صافی واتمن شماره ۴۲ جدا و در انتها به‌منظور خشک شدن کامل نمونه باقی‌مانده بر روی صافی، با استفاده از بوته چینی در داخل کوره (OVEN) در دمای ۱۱۰°C به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. در انتها جهت کلسینه کردن نمونه، با استفاده از کوره آزمایشگاه با نرخ دمایی ۵ °C/Min از دمای اتاق به دمای ۴۵۰°C رسانده و در آن دما به مدت ۴ ساعت قرار داده شد [۱۶]. به‌منظور تعیین مشخصه‌های ساختاری و بلوره‌ای نمونه‌ها، از هر یک از آن‌ها، آنالیزهای طیف‌سنجی پراش انرژی پرتو ایکس(EDS و XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM) گرفته شد. جهت تعیین مساحت سطح ویژه و اندازه منافذ از ((Brunauer-Emmet-Teller (BET) و حجم کلی نمونه‌ها به روش (Barrett-Joyner-Halenda (BJH)) با استفاده از جذب – واجذب گاز نیتروژن صورت گرفت. همان‌طور که در شکل شماره ۱ آورده شده است، در این مطالعه یک راکتور شیشه‌ای از جنس کوارتز به‌صورت استوانه‌ای با مشخصات: طول ۲۲ cm، قطر خارجی ۲۲ mm و قطر داخلی ۲۰ mm، دارای یک ورودی از قسمت پایین و یک خروجی در جهت عکس از قسمت بالای آن به‌گونه‌ای که یک لامپ UV در داخل (مرکز راکتور) و سه لامپ دیگر در قسمت بیرونی راکتور قرار می‌گیرد، توسط محقق ساخته شد. با توجه به مطالعات صورت گرفته مشخص شد که نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در برابر UV_A با طول‌موج ۳۵۶ nm بیشترین خاصیت فتوکاتالیستی را

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

دارند [۱۷]. لذا در این تحقیق از ۴ لامپ UV_A با توان ۶ W که طول‌موجی در دامنه ۱۰±۳۶۵ nm را ایجاد کرده، استفاده شد. دو طرف راکتور به‌وسیله (Poly tetrafluoroethylen) PTFE که در برابر مواد شیمیایی مقاوم بوده، درزبندی گردید. به دلیل زمان‌بر بودن اندازه‌گیری‌های متعدد در حین کار، امکان استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی غیرممکن بوده، به همین جهت از دستگاه قرائت مستقیم مدل Phocheck Tiger ساخت کمپانی انگلستان بر اساس آشکارساز یونش نوری Photo Ionisation Detector) جهت فراهم نمودن سرعت عمل و اندازه‌گیری در زمان‌های مختلف استفاده شد. جهت اطمینان از صحت و دقت دستگاه، در ابتدای کار کالیبره شد و همچنین در حین کار چند نمونه به دستگاه گاز کروماتوگرافی تزریق گردید که اختلافی مشاهده نشد. با توجه به وجود غلظت های بالای تولوئن در محیط های صنعتی و کارگاهی جهت بررسی میزان کارایی بستر ZSM-5 در فرایند فتوکاتالیستی، به میزان ۳ g از بستر را در راکتور ریخته و میزان کارایی آن را در شرایط دمای محیطی ۲۷±۲ °C و رطوبت ۵±۳۰٪ و دبی ورودی ۱l/min در دو غلظت ۵۰ppm و ۳۰۰ppm با استفاده از معادله شماره (۱) مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به مطالعات صورت گرفته، شرایط آزمایشگاهی مذکور مطلوب می‌باشد [۱۸]. با توجه به اینکه میزان راندمان حذف در زمان‌های اولیه ثابت نبوده و در حال کاهش است میزان راندمان حذف در چند بازه زمانی تا تثبیت راندمان محاسبه گردید. جهت حذف خطای ناشی از جذب آلاینده توسط راکتور، راکتور بدون بستر نیز مورد بررسی قرار گرفت. سیستم تراکم سازی در این تحقیق به‌گونه‌ای بوده که هوای تولیدشده به‌وسیله پمپ دمنده با دبی ۱min ابتدا برای حذف ناخالصی‌ها و رطوبت از ستون‌های حاوی سیلیکاژل و زغال فعال عبور نموده و بعد از تقسیم شدن به سه مسیر جداگانه، یک مسیر به ایمپینجر حاوی تولوئن به‌عنوان آلاینده و مسیر دوم به ایمپینجر حاوی آب مقطر جهت تنظیم رطوبت هدایت می‌گردد. درنهایت به همراه مسیر سوم جهت اختلاط، به محفظه اختلاط هدایت می‌شوند. جهت مستقل بودن تبخیر تولوئن از دمای محیط، ایمپینجر حاوی تولوئن به سیستم کنترل دما مجهز و دما در محدوده مشخص ثابت گردید. جهت جلوگیری از اثر داغ شدن پمپ بر روی دمای هوای ورودی، از دو پمپ هم نوع به‌صورت متناوب استفاده گردید. تمامی این اتصالات به‌وسیله شیلنگ‌ها و گیره‌هایی که با تولوئن واکنش



شکل ۱– طرح شماتیک از سیستم دینامیک. ۱: پمپ، ۲: تله CO_2، ۳: زغال فعال، ۴: سیلیکاژل، ۵: شیر تقسیم، ۶: روتامتر، ۷: شیر، ۸: ایمپینجر حاوی آب (رطوبت ساز)، ۹: ایمپینجر حاوی تولوئن، ۱۰: ترموستات، ۱۱: رطوبت‌سنج دیجیتال، ۱۲: ظرف اختلاط، ۱۳: فن اختلاط، ۱۴: پریز برق، ۱۵: محل سنجش غلظت آلاینده قبل از راکتور، ۱۶: راکتور، ۱۷: خروجی راکتور

C_{in}: تراکم ورودی به راکتور برحسب ppm یا mg/m^3

C_{out}: تراکم خروجی راکتور برحسب ppm یا mg/m^3

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

نداده متصل و خروجی هوای آلوده به داخل هود هدایت شد.

یافته‌ها

نتایج حاصل از آزمایش BET و BJH در جدول شماره ۱ و نمودار شماره ۱ آورده شده است با توجه به نتایج، نمونه زئولیتZSM-5 دارای سطح ویژه ۳۶۵,۴m^2/g بوده که بعد از تثبیت نانوذرات بر روی آن به ۳۳۲,۵ m^2/g کاهش یافت.

تصاویر حاصل از آزمایش SEM در شکل شماره ۲ آورده شده است، همچنین نتایج طیف‌سنجی پرتوایکس (EDS) در شکل شماره ۳ ارائه گردیده است.

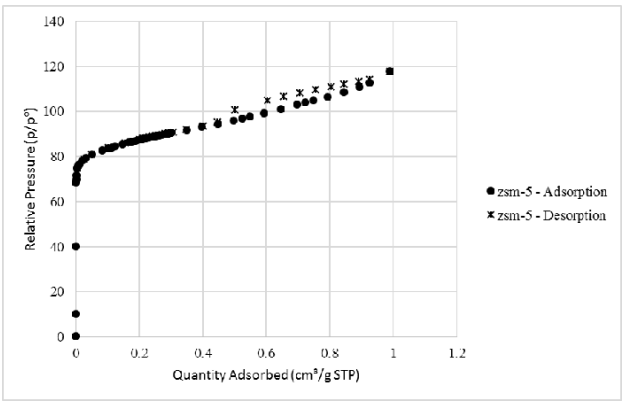
نتایج آزمایش XRD از بسترهای ZSM-5 و ZSM-5/TiO_2، در شکل شماره ۴ ارائه گردیده است.

نتایج مربوط به فرایند فتوکاتالیستی: نمودار شماره ۲ زمان نقطه ظهور و اشباع راکتور خالی را در دو غلظت تعریف‌شده نشان می‌دهد. همچنین نمودار شماره ۳ نتایج حاصل از حذف فتوکاتالیستی بستر ZSM-5-TiO_2 را نشان می‌دهد.

بعد از قرار دادن راکتور بدون بستر در مسیر جریان، زمان اشباع در راکتور خالی برای هر دو غلظت کمتر از ۱۸ ثانیه به دست آمد که با توجه به حجم راکتور می‌توان از آن چشم‌پوشی کرد. با توجه به نمودار شماره ۴ بعد از قرار دادن بستر ZSM-5-TiO_2 با غلظت ورودی ۵۰ppm، میزان حذف آلاینده از جریان هوای آلوده در زمان‌های ۱۷۰ و ۲۶۰ دقیقه، به ترتیب ۱۰۰٪ و ۵۰٪ بوده و بعدازآن میزان راندمان حذف به ۴۲٪ کاهش و تثبیت گردید. با افزایش غلظت ورودی از ۵۰ppm به ۳۰۰ppm، میزان راندمان بستر در حذف آلاینده کاهش یافت، به‌گونه‌ای که در ۴۰ دقیقه اول، خروجی راکتور غلظت صفر را نشان داده و بعد از ظهور تا ۱۴۲ دقیقه بیش از ۵۰٪ غلظت ورودی را حذف و بعد از تثبیت غلظت خروجی موفق به حذف ۱۸٪ غلظت خروجی شد. لذا با افزایش غلظت از ۵۰ppm به ۳۰۰ppm، از میزان کارایی بستر کاسته شده و زمان نقطه ظهور کاهش یافت.

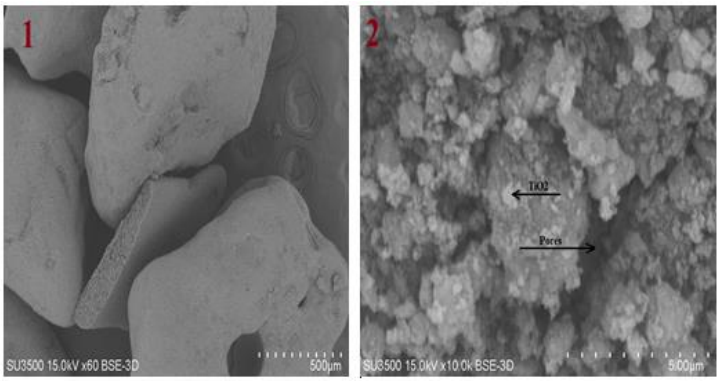
جدول ۱- ویژگی‌های مورفولوژی بستر (BET و BJH)

نمونه	surface area (m2/g)	point surface Single area (m^2/g)
ZSM-5	۳۶۵,۴	۳۳۰,۰۳
ZSM-5/TiO2	۳۳۲,۵	۳۱۲,۸

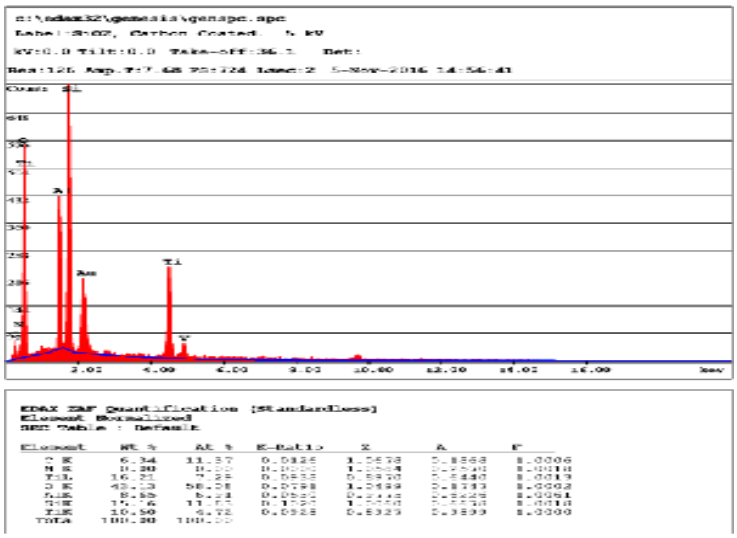


نمودار ۱- الگوی جذب- واجذب ZSM-5

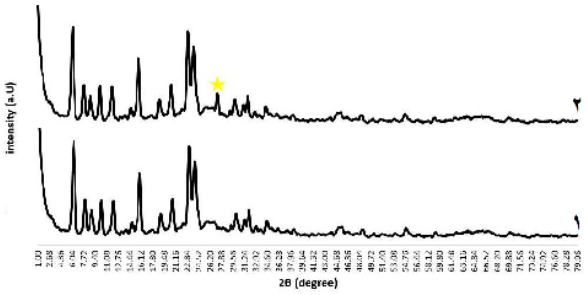
[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]



شکل ۲- تصاویر SEM، ۱) بستر ZSM-5، ۲) بستر $ZSM\text{-}5/TiO_2$



شکل۳- نتایج حاصل از آزمایش EDS

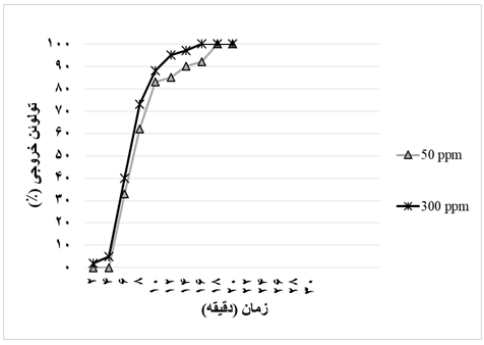


شکل ۴- الگوی XRD. ۱: بستر ZSM- 5. ۲: $ZSM\text{-}5/TiO_2$ (پیک مربوط به TiO_2 به‌صورت ستاره مشخص شده است.)

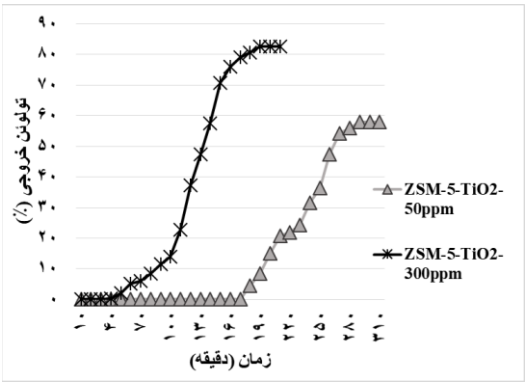
بحث و نتیجه‌گیری

سطح کاتالیزور مهم‌ترین عامل مؤثر بر فعالیت کاتالیزوری است. نتایج حاصل از آزمایش BET و BJH نشان داد که بستر ZSM-5 دارای سطح ویژه $۳۵۶,۴ m^2/g$ بوده که بعد از تثبیت نانوذرات بر روی آن و کلسینه کردن به $۳۳۲,۵ m^2/g$ کاهش یافت. مشخص‌شده است که مساحت سطحی زیاد تنها یکی از عوامل مؤثر در بالا بودن کارایی یک جاذب در جذب

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]



نمودار ۲- زمان اشباع برای راکتور خالی. دبی:l/m ۱، دما: °C ۲۷±۲، رطوبت: ۵±۳۰٪ غلظت:ppm ۵۰ و ppm ۳۰۰



نمودار ۳- حذف فتوکاتالیستی تولوئن. دبی:l/min 1، دما: °C ۲۷±۲ ، رطوبت: ۵±۳۰٪ ، غلظت:ppm ۵۰ و ppm ۳۰۰

آلاینده است و وجود خاصیت تخریبی آلاینده‌های آلی در دی‌اکسید تیتانیوم عاملی برای جبران کاهش سطح بستر طی تثبیت نانوذرات می‌باشد [۱۹]. در مطالعه‌ای که dahestani و همکاران انجام داده‌اند نیز بعد از کلسینه کردن دیاتومیت، میزان سطح ویژه آن کاهش یافت [۲۰]. در مطالعه‌ای که قاسمی و همکاران با استفاده از نانوذرات TiO_2 و بستر ZSM-5 به حذف آلاینده‌های آلی پساب پرداختند، سطح ویژه ZSM-5 سنتز شده m^2/g ۳۹۹,۷ به دست آمد [۲۱]. همچنین با توجه به نتایج BET، میانگین اندازه حفرات ZSM-5، m^2/g ۳۳۰ می‌باشد. با توجه به تقسیم‌بندی IUPAC و نتایج به‌دست‌آمده از الگوی جذب – واجذب گاز نیتروژن، الگوی ZSM-5 شبیه به الگوی نوع اول IUPAC می‌باشد، به‌طوری‌که در فشار پائین جذب بالا بوده و بعدازآن با شیب یکنواخت افزایش می‌یابد که با نتایج مطالعه قاسمی و همکاران هم‌خوانی دارد [۲۱].

رطوبت یکی دیگر از فاکتورهایی بوده که بر روی کارایی فعالیت فتوکاتالیستی مؤثر می‌باشد که در این تحقیق بر روی ۵±۳۰٪ تنظیم گردید. رنگ کوی و همکاران در مطالعه‌ای که در آن حذف فرمالدهید از جریان هوا در شرایط مختلف آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند بهترین رطوبت برای فعالیت فتوکاتالیستی را در محدوده ۴۰٪_۳۰٪ اعلام کردند [۲۲]. نتایج حاصل از SEM نشان داد که ZSM-5 دارای سطحی متخلخل و حفرات سطحی می‌باشد. با توجه به تصاویر حاصل از SEM و الگوی XRD می‌توان حضور نانوذرات TiO_2 را بر روی سطح بستر ZSM-5 مشاهده کرد که به‌صورت یکنواخت نشسته‌اند. نتایج حاصل از آنالیز EDS نشان داد که ترکیبات سیلیس و آلومینیوم در ساختار ZSM-5 وجود داشته و نسبت SI/AL مناسب فعالیت‌های کاتالیستی و فتوکاتالیستی می‌باشد. با افزایش غلظت از ۵۰ppm به ۳۰۰ppm راندمان حذف فتوکاتالیستی کاهش یافت به‌طوری‌که از ۴۲٪ به ۱۸٪ رسید. غلظت مواد آلی در زمان به کارایی فوتونی در طول اکسیداسیون فتوکاتالیستی بستگی دارد در غلظت بالا مواد آلی سطح فتوکاتالیست اشباع از آلاینده شده و درنتیجه منجر به غیرفعال شدن کاتالیزور می‌گردد [۲۳]. با افزایش غلظت، میزان نشت خروجی از بستر نیز افزایش می‌یابد. چراکه غلظت آلاینده بالاتر ممکن است به زمان تماس بیشتری با جاذب نیاز داشته باشد [۲۴]. مطالعات مشابه زیادی نیز با مقایسه تأثیر غلظت بر کارایی حذف فتوکاتالیستی به نتایج مشابه دست‌یافته‌اند که در این میان مطالعه می‌توان به مطالعه رضایی و همکاران اشاره کرد. در مطالعه‌ی آن‌ها حذف تولوئن با استفاده از فرایند فتوکاتالیستی TiO_2 مورد بررسی قرار گرفت و با افزایش غلظت ورودی میزان راندمان حذف کاهش یافت [۲۵]. همچنین بامطالعه chen و همکاران در حذف تولوئن با استفاده از zsm-5 و کامپوزیت PSSF و مطالعه رضایی و همکاران در جذب تولوئن از هوای آلوده با استفاده از کربن فعال و اکسید منگنز و منیزیم نیز هم‌خوانی دارد [۲۶، ۲۷].

در این مطالعه بعد از طراحی و ساخت سیستم

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

دینامیک غلظت سازی و تهیه و تثبیت نانوذرات بر روی بستر، به حذف بخار تولوئن از جریان هوا پرداخته شد. در این تحقیق، بیشترین راندمان حذف تولوئن با استفاده از کاتالیست $ZSM\text{-}5/TiO_2$، ۴۲٪ به دست آمد. با توجه به یافته‌های این پژوهش و شرایط انجام تحقیق نظیر مقدار ۳g بستر موجود در راکتور می‌توان گفت استفاده از نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم جهت پوشش زئولیت ZSM-5 روش مناسبی جهت حذف تولوئن می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌شود این سیستم ترکیبی جذب و فتوکاتالیست برای حذف سایر ترکیبات آلی فرار در فاز گازی موردمطالعه قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

با توجه به اینکه این مقاله برگرفته از بخشی از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای دانشگاه تربیت مدرس بوده، لذا نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از کمیته تحقیقات دانشگاه تربیت مدرس همچنین از گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای این دانشگاه که با حمایت‌های مالی و معنوی خود ما را در انجام این تحقیق کمک کردند تشکر نمائیم.

منابع

1.Ramirez AM, Demeestere K, De Belie N, Mäntylä T, Levänen E. Titanium dioxide coated cementitious materials for air purifying purposes: preparation, characterization and toluene removal potential. Build Enviro. 2010;45(4):832-8.

2.Wei Z, Sun J, Xie Z, Liang M, Chen S. Removal of gaseous toluene by the combination of photocatalytic oxidation under complex light irradiation of UV and visible light and biological process. J Hazard Mater. 2010;177(1):814-21.

3.Fishbein L. An overview of environmental and toxicological aspects of aromatic hydrocarbons II. Toluene. Sci Total Environ. 1985;42(3):267-88.

4.Organization WH. Air quality guidelines for Europe. 2000.

5.Jahangiri MAM. Health Risk Assessment of Harmful Chemicals: Case Study in a Petrochemical Industry. Iran Occup Health J. 2011;7(4):4-0.

6.Goodwin TM. Toluene abuse and renal tubular acidosis in pregnancy. Obstet Gynecol. 1988;71(5):715-8.

7.Semple SE, Dick F, Cherrie JW. Exposure assessment for a population-based case-control study combining a job-exposure matrix with interview data. Scand J Work Environ Health. 2004:241-8.

8.Berry R, Brown V, Coward S, Crump D, Gavin M, Grimes C, et al. Indoor Air Quality in Homes: Part 1, the Building Research Establishment Indoor Environment Study. London, Construction Research Communications. 1996.

9.Thiruvenkatachari R, Vigneswaran S, Moon IS. A review on UV/TiO 2 photocatalytic oxidation process (Journal Review). Korean J Chemi Engineer. 2008;25(1):64-72.

10.Tejasvi R, Sharma M, Upadhyay K. Passive photo-catalytic destruction of air-borne VOCs in high traffic areas using TiO 2-coated flexible PVC sheet. Chemi Engineer J. 2015;262:875-81.

11.Mo J, Zhang Y, Xu Q, Lamson JJ, Zhao R. Photocatalytic purification of volatile organic compounds in indoor air: a literature review. Atmos Environ. 2009;43(14):2229-46.

12.Valipour FAr A, Jonydi Jafari A, Khavanin A. Bio-aerosol absorption in the workplace with using Iranian natural zeolite. Iran Occup Health J. 2013;10(1):79-86. [Persian].

13.Hadjar H, Hamdi B, Jaber M, Brendlé J, Kessaissia Z, Balard H, et al. Elaboration and characterisation of new mesoporous materials from diatomite and charcoal. Microporous Mesoporous Mater. 2008;107(3):219-26.

14.Baerlocher C, McCusker LB, Olson DH. Atlas of zeolite framework types: Elsevier; 2007.

15.Najarian F, Safinejad M, Irvani H. Determining the efficiency of ZSM-5 zeolite impregnated with nanoparticles of titanium dioxide in the photocatalytic removal of styrene vapors. J Occup Hyg Engineer. 2017;3(4):61-7.

16.Changsuphan A, Wahab MIB, Oanh NTK. Removal of benzene by ZnO nanoparticles coated on porous adsorbents in presence of ozone and UV. Chemi Engineer J. 2012;181:215-21.

17.Thiruvenkatachari R, Vigneswaran S, Moon IS. A review on UV/TiO_2 photocatalytic oxidation process. Korean J Chemic Engineer. 2008;25(1):64-72.

18. Rismanchian M, Keshavarzi R. Removal of gaseous toluene by using of the photocatalytic activity of TiO_2 coated on foam nickel metal.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

2013.10. [Persian]

19.Zhu YP, Li M, Liu YL, Ren TZ, Yuan ZY. Carbon-doped ZnO hybridized homogeneously with graphitic carbon nitride nanocomposites for photocatalysis. J Physic Chemist. 2014;118(20):10963-71.

20.Dehestaniathar S, Khajelakzay M, Ramezani-Farani M, Ijadpanah-Saravi H. Modified diatomite-supported $CuO–TiO_2$ composite: Preparation, characterization and catalytic CO oxidation. J Tai Instit Chemi Engineer. 2016;58:252-8.

21.Ghasemi Z, Younesi H, Zinatizadeh A. Efficiency of Immobilized Nano TiO2 on Fe-ZSM-5 Zeolite in Organic Pollutants Removal from Petroleum Refinery Wastewater. Journal of Water and Wastewater (parallel title); Ab va Fazilab [Persian] 2016;27(2):22-33.

22.Rangkooy HA, Rezaee A, Khavanin A, Jafari AJ, Khoopaie AR. A Study on Photocatalytic Removal of Formaldehyde from Air Using ZnO Nanoparticles Immobilized on Bone Char. Qom Uni MedSci J. 2011;7(2).

23.Huang H, Liu G, Zhan Y, Xu Y, Lu H, Huang H, et al. Photocatalytic Oxidation of Gaseous Benzene under VUV Irradiation over TiO 2/Zeolites Catalysts. Catalys Today. 2017;281:649-55.

24.DeSilva FJ. Activated carbon filtration. water quality products. 2000:16.

25.Rezaee A, Khavanin A, Saraf Mamoori R, Hajizadeh E, Vali pour F. Elimination of toluene by Application of ultraviolet irradiation on TiO_2 nano particles photocatalyst(Persian). J Militar Med. 2007;9(3):217-22.

26.Rezaei F, Moussavi G, Riyahi Bakhtiari A, Yamini Y. Toluene adsorption from waste air stream using activated carbon impregnated with manganese and magnesium metal oxides. Iran J Health Enviro. 2016;8(4):491-508.

27.Chen H, Zhang H, Yan Y. Adsorption dynamics of toluene in structured fixed bed with ZSM-5 membrane/PSSF composites. Chemi Engineer J. 2013;228:336-44.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

Efficiency evaluation of the photocatalytic removal of toluene vapour by titanium dioxide nanoparticles immobilized on ZSM-5 zeolite

Hasan Asilian Mahabady[1], Ali Khavanin[1], Mojtaba Nakhaei Pour[2], Hasan Irvani[3], Somayeh Arezoomandan[4], Hossein Shojaee-Farah Abady*[4]

Received: 2016/12/23 Revised: 2017/09/25 Accepted: 2017/10/08

Abstract

Background and aims: Volatile organic compounds (VOCs) are of environmental concern because of their adverse effects on human health. VOCs contain a large group of substances like toluene. Today application of catalytic beds is one the ways to control these kinds of emissions. In this study photocatalytic removal of toluene vapour by titanium dioxide nanoparticles immobilized on ZSM-5 zeolite have been investigated.

Methods: First, the bed of ZSM-5 was prepared in the form of granules. Next, titanium dioxide nanoparticles with ratios of 5 wt% were stabilized on it. To determine their characteristics, samples were used from BET, BJH and SEM analyses. Finally, the performance of the beds in the removal of toluene vapors at two concentrations of ppm 50 and 300 ppm in the dynamical system was investigated.

Results: The result of tests showed that ZSM-5 has a porous surfaces with surface area of 356.4 m2/g. That after the calcination at temperature of 450°c it decreased to 332.5m2/g. The results of the photocatalytic degradation process showed that the best performance of ZSM-5/TiO_2 bed was at concentration of 50 ppm, so that was able to remove 42% toluene vapors.

Conclusion: According to the results obtained in this study, it can be concluded that stabilization of titanium dioxide nanoparticles on the ZSM-5 zeolite can be a good method to remove toluene vapors and other similar pollutants.

Keywords: Titanium dioxide (TiO2), Toluene, Photocatalytic process, ZSM-5 zeolite.

1. Associate Professor, Department of Occupational Health, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2. MSc, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
3. MSc, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4. MSc, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
5. (**Corresponding author**) MSc, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. hosein.shojaee@modares.ac.ir

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]