

جذب بخارات تولوئن توسط نانو زئولیت در بستر ثابت و سیال

سجاد انصاری^۱، محمدجواد جعفری^۱، رویاصدقی^۲، منصور رضازاده آذری^۱، رضوان زنده‌دل^{۱*}

۱. گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

سابقه و هدف: تولوئن بعنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌ها در صنایع مختلفی مانند پتروشیمی و رنگ مطرح می‌باشد. این ترکیب با تأثیر سمی بر سیستم تنفسی و عصبی شناخته شده است. جذب حلال‌ها بر روی بستر مناسب یک روش کنترل مؤثر برای ترکیبات فرار می‌باشد. جذب در بستر ساکن و سیال انجام می‌یابد. هدف از این مطالعه بررسی میزان جذب بخارات تولوئن بر روی بستر ثابت و سیالی از نانو زئولیت Y می‌باشد. **روش بررسی:** بخارات تولوئن در رنج غلظتی ۱۰۰-۳۰ پی پی ام به شکل دینامیک تهیه گردید بطوریکه جریان ثابتی از بخارات تولوئن در راکتور وجود داشت. با ۲ گرم نانو زئولیت Y میزان جذب بخارات تولوئن با کمک دستگاه گاز کروماتوگرافی مجهز به دتکتور یونیزاسیون شعله ای بررسی شد. اثر فاکتورهای مختلف مثل نوع بستر، دبی جریان هوا برای سیال سازی بستر، میزان ظرفیت جذب بخارات تولوئن مورد مطالعه قرار گرفت.

یافته‌ها: در بررسی میکروسکوپ الکترونی روبشی از نانو زئولیت Y قطر ذرات $154/34 \pm 8/59$ نانومتر تخمین زده شد. جذب بخارات دینامیک تولوئن با غلظت ۳۰-۱۰۰ پی پی ام توسط ۲ گرم نانو زئولیت Y در رنج زمانی ۵۰-۴۰ دقیقه اشباع گردید. نتایج نشان می‌دهد دبی ۳ لیتر بر دقیقه جریان مناسبی برای سیال سازی بستر فراهم می‌سازد. ظرفیت جذب بستر ثابت ۴۱/۴۵ میلی‌گرم و بستری سیال ۶۲/۶۵ میلی‌گرم تولوئن به ازای ۲ گرم نانو زئولیت Y ارزیابی شد.

نتیجه‌گیری: کوچک شدن سایز ذرات جاذب سبب بالا بردن جذب می‌گردد ولی چسبندگی ذرات در بستر ثابت کار آیی جاذب را کاهش می‌دهد. در بستری سیال به دلیل وجود جریان هوا چسبندگی ذرات نانو کاهش یافته و جذب بخارات تولوئن افزایش یافته است. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت بستری سیال برای جذب بر روی نانو ذرات مناسب‌تر از بستر ثابت می‌باشد.

واژگان کلیدی: نانو زئولیت Y، تولوئن، بستری سیال

مقدمه

یکی از روش‌های رایج برای کنترل و حذف حلال‌ها استفاده از جاذب‌هاست. امروزه جاذب‌های مختلفی مانند رزین‌های تبادل یونی (۹)، زئولیت‌ها (۱۰)، کربن فعال (۱۱) و جاذب‌های پلیمری جهت حذف حلال‌ها استفاده می‌گردند. از مهم‌ترین معایب به‌کارگیری جاذب‌ها خاصیت اشباع‌شدگی آن‌هاست (۱۲). برای کاهش این ایراد از افزایش سطح جاذب با نانو کردن ذرات استفاده می‌گردد (۱۳). برای به‌کارگیری جاذب‌ها بستر به شکل ثابت و سیال قابل استفاده است که در بستری سیال از جریان هوا برای به حرکت درآوردن جاذب استفاده می‌شود. از مزیت‌های سیستم سیال شده می‌توان به سرعت بالاتر برای انتقال جرم بین جاذب و جزء جذب‌شونده اشاره نمود (۱۴).

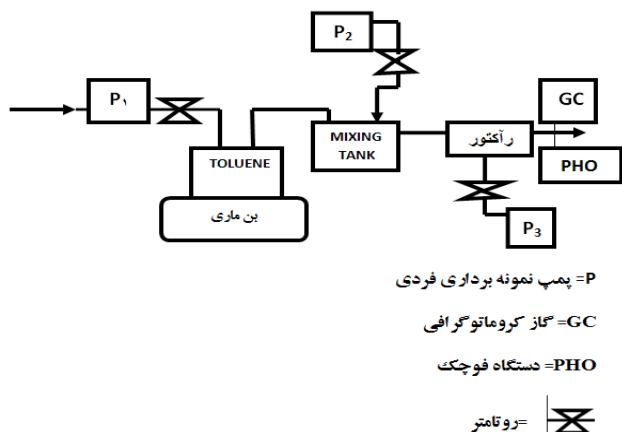
زئولیت‌ها بر اساس تعریف معدن شناسان کریستال‌های آلومینوسیلیکات هستند که به‌طور طبیعی حفراتی در شبکه کریستالی آن‌ها وجود دارد و اندازه این حفرات برای هر زئولیت مقدار مشخصی می‌باشد. زئولیت‌ها بلورهای بسیار متخلخل با شبکه‌ای از مجاری ریز میکروسکوپی می‌باشند (۱۵) و به دلیل ویژگی‌های ساختاری برای منظورهای مختلفی از جمله به‌عنوان کاتالیزور (۱۶)،

تولوئن ترکیبی با ساختار آروماتیک است که به‌عنوان آلاینده در صنایع مختلف وجود دارد. این ماده در فرآیند تولید سوخت کک به‌عنوان محصول فرعی ایجاد می‌شود. همچنین تولوئن به‌عنوان حلال در صنایع رنگ، چسب و جوهر به کار می‌رود. فشار بخار بالای این ترکیب منجر به فراریت زیاد می‌شود که موجب مواجهه تنفسی در افراد تماس یافته می‌گردد (۱). مواجهه شغلی با تولوئن از طریق قرار گرفتن در معرض حلال‌های شیمیایی در پالایشگاه‌های نفت، خطوط لوله نفت، نفت‌کش‌ها و مغازه‌های تعمیر خودرو، کف‌اشی‌ها و نقاشان رخ می‌دهد (۲). این ماده با تأثیر بر سیستم عصبی سبب خستگی و سرگیجه می‌گردد (۳). از عوارض دیگر مواجهه با این ماده می‌توان به افت شنوایی (۴)، اختلالات متابولیسمی (۵)، مشکلات سایکولوژیکی (۶)، نقصان حافظه و یادگیری (۷) اشاره نمود و این ماده به‌عنوان محرک تنفسی مطرح می‌باشد (۸).

* نویسنده مسئول مکاتبات: Zendehtdel76@yahoo.com

شد بطوریکه مقداری تولوئن در یک ایمپینجر ریخته هوا با کمک یک پمپ نمونه بردار فردی SKC مدل EX-44-224 (پمپ شماره ۱) با دبی مشخص به داخل ایمپینجر دمش گردید تا بخارات تولید شده با هوا مخلوط و به سمت تانک ذخیره هدایت شود. با استفاده از پمپ نمونه بردار فردی (پمپ شماره ۲) با دبی مشخص هوایی به درون تانک دمش شد تا جریانی از بخارات تولوئن درون راکتور برقرار گردد. شایان ذکر می باشد که جریان هوا توسط روماتر در مسیر تولید بخارات مورد کنترل قرار گرفت (شکل ۳).

غلظت بخارات تولوئن درون راکتور توسط گاز کروماتوگرافی مجهز به دتکتور یونیازسیون شعله ای SHIMATSU مدل GC-17A تعیین گردید. همچنین غلظت بخارات تولوئن در هر لحظه با کمک دستگاه فوچک مجهز به دتکتور فوتو یونیازسیون مدل PhoCheck Tiger و با دقت $\pm 0.5\%$ ارزیابی شد.



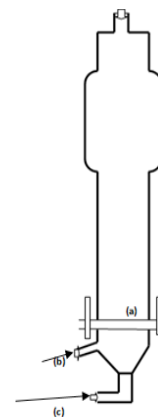
شکل ۲- نمای شماتیک مجموعه تهیه بخارات تولوئن

بستری از نانوزئولیت Y حاوی ۲ گرم جاذب تهیه گردید. میزان جذب بخارات تولوئن با ارزیابی تغییرات غلظت بخارات تولوئن در زمان های مختلف تعیین و زمان اشباع جاذب مشخص شد. همچنین با اتصال یک پمپ نمونه بردار فردی (پمپ شماره ۳) به راکتور با فلویی در رنج ۰/۵ تا ۴ لیتر بر دقیقه سیال سازی بستر ممکن گردید و میزان جذب بخارات تولوئن در خروجی راکتور (شکل ۲) بررسی شد. یکی از پارامترهای مهم در بررسی کار آیی بسترها اندازه گیری ظرفیت اشباع جذب می باشد. ظرفیت اشباع جذب به مفهوم مقدار جرم آلاینده جذب شده در ۱۰۰ میلی گرم جاذب است (۲۱). در این مطالعه جهت تعیین ظرفیت جذب بسترها ابتدا جریانی از بخار تولوئن به میزان $3/3 \pm 35$ پی پی ام در راکتور بستر جاذب تولید شد. جهت تعیین مقدار بخارات جریان یافته در راکتور در مدت زمان اشباع شدن جاذب از روش اشباع سازی بخارات تولوئن (۱۴) استفاده ایمنی شغلی استفاده گردید. در این روش از بخارات تولوئن درون

تعویض کننده یونی (۱۷) و غربال مولکولی (۱۸) مورد استفاده قرار می گیرند. زئولیت ها دارای انواع طبیعی و سنتزی می باشند که از انواع سنتزی می توان به انواع X و USY و Y اشاره نمود. زئولیت Y مولکولی با قطر منافذ بزرگ است که از $SiO_2-Al_2O_3$ سنتز می شود و نسبت Si به Al در زئولیت Y مقدار ۲/۳ می باشد (۱۹). به کارگیری بسترهای نانو برای حذف حلال ها یک روش مهم کنترلی می باشد. از طرفی این بسترها به شکل ثابت و سیال قابل ارائه می باشند. با توجه به اهمیت کنترل حلال ها در محیط کار در این مطالعه میزان جذب بخارات تولوئن با استفاده از جذب سطحی بر روی بستری ثابت و سیال از نانو زئولیت Y بررسی شده است.

مواد و روش ها

تمام مواد شیمیایی مورد استفاده در این مطالعه همچون بنزن (به عنوان ماده استاندارد داخلی در شناسایی تولوئن) و تولوئن از شرکت مرک فراهم شد. نانوزئولیت Y با توجه به روش ارائه شده در مطالعات قبلی در آزمایشگاه تهیه گردید (۲۰) و جهت تأیید ساختار نانو از میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده شد. جهت بررسی میزان جذب بخارات تولوئن از سیستم راکتور بستری سیال حلقوی با بدنه استوانه ای به حجم ۸۰۰ میلی لیتر با فیلتر شیشه ای (جهت سیال سازی بستر) و با درجه تخلخل صفر (P250) با قطر منافذ ۱۶۰ تا ۲۵۰ میکرون استفاده گردید (شکل ۲). تمامی آزمایش ها زیر هود آزمایشگاهی و با رعایت نکات ایمنی و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد انجام یافت.

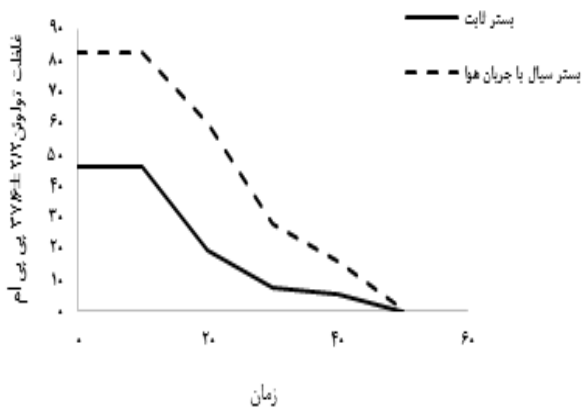


a: فیلتر بستر سیال ، b: ورود بخارات آلاینده، c: ورود هوا

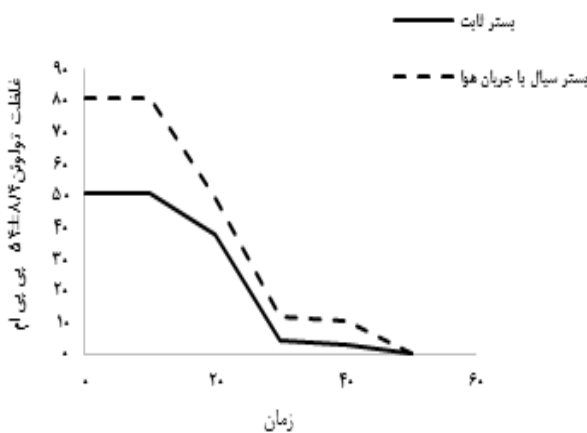
شکل ۱. نمای شماتیک راکتور بستر جاذب مورد استفاده در تحقیق

جهت بررسی جذب بخارات تولوئن توسط بستر جاذب غلظت هایی در رنج ۳۰-۱۰۰ پی پی ام مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه جریانی از بخارات تولوئن به شکل دینامیک درون راکتور تولید شد. برای این منظور از روش اشباع سازی بخارات تولوئن (۱۴) استفاده

در نمودارهای ۱ تا ۳ میزان درصد جذب بخارات تولوئن در سه غلظت $۰.۳۷/۶ \pm ۲/۲$ ، $۰.۳۷/۶ \pm ۲/۲$ ، $۰.۳۷/۶ \pm ۲/۲$ پی پی ام در بسترهای ثابت و سیال از نانوزئولیت Y مشخص شده است. نتایج نشان می دهد در بستر ثابت و سیال از نانوزئولیت Y برای جریان دینامیک تولوئن در ۱۰ دقیقه بیشترین مقدار جذب وجود دارد و پس از آن به تدریج میزان جذب کاهش می یابد بطوریکه در زمان ۴۰ دقیقه برای بستر ثابت و ۵۰ دقیقه برای بستر سیال جذب اشباع می گردد و غلظت بخارات تولوئن در راکتور به مقدار اولیه نزدیک می شود. نتایج نشان می دهد درصد جذب بخارات تولوئن با غلظت های مختلف در بستر سیال بیشتر از بستر ثابت می باشد. میزان بالاترین درصد جذب بسته به غلظت بخارات تولوئن در بستر ثابت از ۴۶/۴۷ تا ۵۴/۵۸ درصد و در بستر سیال از ۸۰/۸۱ تا ۸۴/۴۷ درصد متغیر است.



نمودار ۱. درصد جذب بخارات تولوئن در دو بستر ثابت و سیال

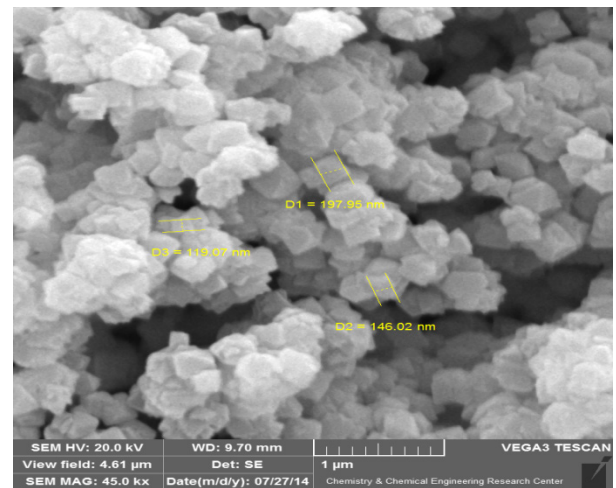


نمودار ۲. درصد جذب بخارات تولوئن در دو بستر ثابت و سیال

راکتور بر روی جاذب با دبی ۰.۲ لیتر بر دقیقه و در مدت زمان اشباع شدن بستر (۴۰ دقیقه جهت بستر ثابت و ۵۰ دقیقه در بستر سیال) نمونه برداری و تعیین مقدار انجام یافت. در مراحل بعد با حضور بستر ثابت و سیالی از نانو زئولیت Y میزان غلظت جریان یافته از تولوئن تعیین گردید. با استفاده از تفاضل مقدار تولوئن نمونه برداری شده با حضور و بدون بستر جاذب میزان ظرفیت اشباع در بستر ثابت و سیال تعیین گردید.

یافته ها

تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از ذرات زئولیت Y مشخص می کند که اندازه ذرات در حد نانو بوده بطوریکه میزان قطر ذرات $۱۵۴/۳۴ \pm ۸/۵۹$ نانومتر تخمین زده شد.



شکل ۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نانوزئولیت Y

جهت بهینه سازی شرایط سیال سازی بستر با هوا، از یک غلظت $۸/۱۶$ پی پی ام استفاده گردید. برای سیال سازی بستر سیال با جریان هوا از دبی های $۰/۳$ و ۱ و ۲ و ۳ و ۴ لیتر بر دقیقه استفاده شد. نتایج جدول ۱ نشان می دهد میزان درصد جذب بخارات تولوئن در دبی ۳ لیتر بر دقیقه و در زمان های مختلف بیشترین مقدار است بنابراین دبی ۳ لیتر بر دقیقه به عنوان دبی بهینه در آزمایش ها دیگر بکار گرفته شد.

جدول ۱. میزان درصد جذب جاذب در دبی های مختلف

دبی	۰/۳	۱	۲	۳	۴	زمان (دقیقه)
درصد جذب						
۰	۶۰/۸۶	۷۵/۳۹	۷۷/۷۹	۸۱/۹۷	۷۸/۹۶	۰
۱۰	۶۰/۸۶	۷۵/۳۹	۷۷/۷۹	۸۱/۹۷	۷۸/۹۶	۱۰
۲۰	۴۶/۰۷	۶۴/۲۲	۵۴/۹۷	۶۴/۵۲	۶۲/۱۱	۲۰
۳۰	۳/۲۲	۱۳/۰۱	۱۱/۴۴	۱۰/۱۲	۱۲/۱۲	۳۰
۴۰	۰	۰	۰	۵/۱۸	۱/۱۸	۴۰

و همکاران برای جذب ترکیبات فرار از سیال سازی بستر نانو کربن فعال با فلوی ۳ لیتر بر دقیقه استفاده شده است (۱۴).

میزان درصد جذب بخارات تولوئن برای تمامی غلظت‌ها در بسترسیال بالاتر از بستر ثابت می‌باشد بطوریکه ظرفیت اشباع سازی جاذب در بسترسیال ۵۰ درصد بیشتر از بستر ساکن است. چسبندگی ذرات جاذب در بستر ثابت سبب کاهش کار آبی جاذب می‌گردد در حالی که در بسترسیال به دلیل وجود جریان هوا چسبندگی ذرات نانو کاهش یافته و شرایط مناسب‌تری برای جذب بخارات تولوئن به وجود می‌آید. در مطالعه آقای لیو و همکاران میزان جذب ترکیبات آلی فرار در بسترسیالی از نانو ذرات افزایش یافته است (۲۵). بیشترین درصد حذف بخارات تولوئن در مطالعه آقای پیرتو و همکاران توسط بسترسیالی از TiO_2 ۷۷ تا ۱۰۰ درصد گزارش گردید (۲۶). میزان جذب بخارات تولوئن با بکار گیری جاذب پلیمری (Ambersorb ۶۰۰) در بسترسیال توسط آقای سونگ و همکاران بسیار بهتر از بستر ثابت گزارش شد (۲۷). در مطالعه آقای شی و همکاران با استفاده از گرانول کربن فعال جذب تولوئن در محلول‌های آبی را بررسی نمودند و بررسی‌ها نشان داد جذب در بسترسیال بهتر انجام می‌یابد (۲۸).

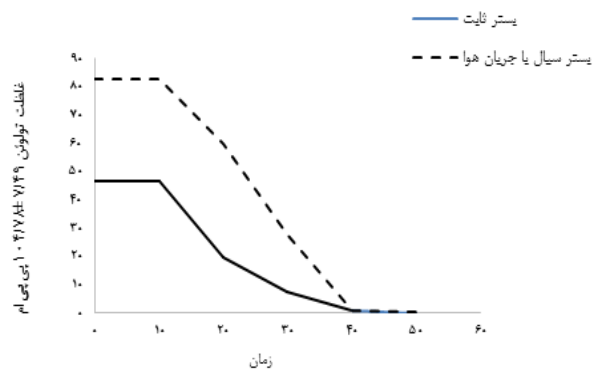
تولوئن به‌عنوان یک آلاینده شایع در صنایع دیده می‌شود. مقدار حد مجاز پذیرفته شده مواجهه شغلی در ایران جهت تولوئن ۲۰ ppm می‌باشد گزارش‌های متعدد نشان می‌دهد میزان غلظت بخارات تولوئن در بسیاری از صنایع در حدود ۵ تا ۵۰ پی پی ام تخمین زده شده است (۲۴). در این مطالعه مشخص گردید با تهیه بسترسیالی از ۲ گرم نانو زئولیت Y در غلظت ۵۰ پی پی ام با وجود تزریق مداوم تولوئن به راکتور میزان غلظت تولوئن در خروجی بستر به مدت ۲۰ دقیقه پایین‌تر از حدود مجاز نگه‌داشته می‌شود. با ارزیابی نتایج این مطالعه می‌توان به این بحث دست یافت که برای جذب جریانی مداومی از بخارات آلاینده استفاده از جاذب‌هایی در اندازه ذرات نانو در بسترسیال بسیار مناسب‌تر بستر ثابت است.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همکاری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی دانشکده بهداشت برای فراهم کردن هزینه‌های لازم جهت اجرای این پروژه تشکر می‌گردد. همچنین از کارشناسان آزمایشگاه دانشکده بهداشت شهید بهشتی کمال تشکر به عمل می‌آید.

References

1. Weisel CP. Benzene exposure: an overview of monitoring methods and their findings. *Chemico-biological interactions*. 2010;184(1):58-66.



نمودار ۳. درصد جذب بخارات تولوئن در دو بستر ثابت و سیال

نتایج بررسی ظرفیت جذب در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که ظرفیت جذب برحسب میلی گرم جذب تولوئن به ازای ۱۰۰ گرم جاذب، در بسترسیال بالاتر از ظرفیت جذب در بستر ثابت می‌باشد.

جدول ۲. ظرفیت اشباع جاذب در بستر ثابت و سیال از نانو زئولیت Y

نوع بستر	ظرفیت جاذب
ثابت	۴۱/۴۵
سیال با جریان هوا	۶۲/۶۵

بحث

کاهش اندازه ذرات جاذب‌ها به دلیل افزایش سطح جاذب سبب بالا رفتن کار آبی جاذب می‌شود از طرفی کاهش اندازه ذرات سبب افت فشار شدیدی در بستر ثابت می‌گردد (۱۲). به‌منظور کاهش این مشکل در این مطالعه بستری سیال از نانو ذرات بررسی شد. جهت سیال سازی بستر زئولیت Y جریان هوا با افزایش فلوی از ۰/۵ تا ۴ لیتر بر دقیقه بکار گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد بالا بردن فلوی تا ۳ لیتر بر دقیقه سبب افزایش میزان درصد جذب بخارات تولوئن می‌گردد. ایجاد بسترسیال با کمک جریان هوا در فلوی مناسب به دلیل به حرکت درآوردن ذرات بستر سبب بالا رفتن سطح تماس آلاینده با جاذب و افزایش کار آبی جاذب می‌گردد. از طرفی بالا بردن فلوی در مقدار ۴ لیتر بر دقیقه منجر به کاهش جذب می‌شود که به دلیل متلاطم شدن بستر سبب کاهش سطح تماس آلاینده و جاذب شده و میزان درصد جذب کاهش یافته است. در مطالعه آقای مفیدی

2. Wallace L. Environmental exposure to benzene: an update. *Environmental health perspectives*. 1996;104(6):1129-35.
3. 2014; Available from: www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp.
4. Morata TC, Fiorini AC, Fischer FM, Colacioppo S, Wallingford KM, Krieg EF, et al. Toluene-induced hearing loss among rotogravure printing workers. *Scandinavian journal of work, environment & health*. 1997;289-98.
5. Fischman CM, Oster JR. Toxic effects of toluene: a new cause of high anion gap metabolic acidosis. *JAMA*. 1979;241(16):1713-715.
6. Grasso P, Sharratt M, Davies D, Irvine D. Neurophysiological and psychological disorders and occupational exposure to organic solvents. *Food and chemical toxicology*. 1984;22(10):819-52.
7. Rosenberg NL, Kleinschmidt-DeMasters B, Davis KA, Dreisbach JN, Hormes JT, Filley CM. Toluene abuse causes diffuse central nervous system white matter changes. *Annals of neurology*. 1988;23(6):611-14.
8. 2014; Available from: www.monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol71/mono71-36.pdf.
9. Stockdale A. *The Use of Cation Exchange Resins in Natural Water Trace Metals Research* Lancaster University: Lancaster University; 2005.
10. Rahmani AR, Mahvi AH, Mesdaghinia AR and Nasser S. Investigation of ammonia removal from polluted waters by Clinoptilolite zeolite. 2004;1(2):127-37.
11. Faulconer EK, von Reitzenstein NVH, Mazyck DW. Optimization of magnetic powdered activated carbon for aqueous Hg (II) removal and magnetic recovery. *Journal of hazardous materials*. 2012;199:9-14.
12. Qi G, Wang Y, Estevez L, Duan X, Anako N, Park A-HA, et al. High efficiency nanocomposite sorbents for CO₂ capture based on amine-functionalized mesoporous capsules. *Energy&Environmental Science*. 2011;4(2):444-52.
13. Faghihian H, Moayed M, Firooz A, Irvani M. Synthesis of a novel magnetic zeolite nanocomposite for removal of Cs⁺ and Sr²⁺ from aqueous solution: Kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies. *Journal of colloid and interface science*. 2013;393:445-51.
14. Mofidi A, Asilian H, Jafari AJ. Adsorption of volatile organic compounds on fluidized activated carbon bed. *Health Scope*. 2013;2(2):84-9.
15. Zendehdel M, Solimannejad M Interaction between NaY Zeolite and boric Acid: a preliminary computational study. *Chemistry of Solid Materials*. 2013;1(2):57-63.
16. Weitkamp J. Zeolites and catalysis. *Solid State Ionics*. 2000;131(1):175-88.
17. Ahmed S, Chughtai S, Keane MA. The removal of cadmium and lead from aqueous solution by ion exchange with Na Y zeolite. *Separation and purification technology*. 1998;13(1):57-64.
18. Ghazi-Khansari M, Zendehdel R, Pirali-Hamedani M, Amini M. Determination of morphine in

the plasma of addicts in using Zeolite Y extraction following high-performance liquid chromatography. *Clinica Chimica Acta*. 2006;364(1):235-8.

19. Lutz W. Zeolite Y: Synthesis, Modification, and Properties—A Case Revisited. Hindawi Publishing Corporation. 2014;2014:1-21.
20. Kalhor M, Khodaparast N, Zendehtdel M. Facile synthesis of 2-arylbenzimidazoles by nano-CuY zeolite as an efficient and eco-friendly nanocatalyst. *Letters in Organic Chemistry*. 2013;10(8):573-7.
21. Amber I, Odekhe RO and Sanusi SY. Experimental determination of the adsorption capacity of synthetic Zeolite A/water pair for solar cooling applications. *Journal of Mechanical Engineering Research*. 2012; 4(4): 142-47.
22. Brosillon S, Manero M-H, Foussard J-N. Mass transfer in VOC adsorption on zeolite: experimental and theoretical breakthrough curves. *Environmental science & technology*. 2001;35(17):3571-575.
23. Wang J, Zhang Y, Feng C, Li J, Li G. Adsorption Capacity for Phosphorus Comparison among Activated Alumina, Silica Sand and Anthracite Coal. *Journal of Water Resource and Protection*. 2009;4, 260-64.
24. ACGIH T. BEIs. Threshold limits values for chemical substances and physical agents Biological exposure indices Cincinnati: ACGIH; 2007.
25. Liu K-Y, Wey M-Y. Filtration of nano-particles by a gas–solid fluidized bed. *Journal of hazardous materials*. 2007;147(1):618-24.
26. Prieto O, Feroso J, Irusta R. Photocatalytic degradation of toluene in air using a fluidized bed photoreactor. *International Journal of Photoenergy*. 2007;2007:1-8.
27. Song W, Tondeur D, Luo L, Li J. VOC adsorption in circulating gas fluidized bed. *Adsorption*. 2005;11(1):853-58.
28. Shi J, Zhao X, Hickey RF, Voice TC. Role of adsorption in granular activated carbon-fluidized bed reactors. *Water environment research*. 1995;67(3):302-9.
29. Pires J, Carvalho A, de Carvalho MB. Adsorption of volatile organic compounds in Y zeolites and pillared clays. *Microporous and Mesoporous Materials*. 2001;43(3):277-87.
30. Fuertes A, Marban G, Nevskaja D. Adsorption of volatile organic compounds by means of activated carbon fibre-based monoliths. *Carbon*. 2003;41(1):87-96.
31. Khan FI, Ghoshal AK. Removal of volatile organic compounds from polluted air. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2000;13(6):527-45.

Toluene vapors adsorption in the fixed and fluidized bed by Nano-Zeolite

Ansari S¹, Jafari MJ¹, Sedghi R², Rezazadeh Azari M¹, Zendehtdel R^{1*}

Background and Objectives: Toluene is one of the most contaminations in the industries such as petrochemicals and painting. This compound are known with toxic effect on the respiratory and nervous system. Adsorption of solvents in a suitable bed is an effective controlling method for volatile components. Adsorption have been evaluated in the fixed and fluidized bed. The goal of this study is investigation of toluene vapors adsorption on a fixed and fluidized bed of Nano-zeolite Y.

Materials and Methods: Dynamic concentration of toluene vapors in the range of 30-100 ppm were obtained which stable flow of toluene vapors was generated. Toluene vapors adsorption with 2 g of Nano-zeolite Y was assessed by gas chromatography equipped with flame ionization detector. Various parameters such as type of bed, air flow rate for bed fluidization, and toluene absorption capacity was investigated.

Results: Size of zeolite Y particle was estimated $154/34 \pm 8/59$ nm by scanning electron microscopy. Dynamic adsorption of toluene in the concentration of 30-100 ppm was saturated in the time of 40-50 min by 2 g Nano-zeolite Y. The results show flow rate of 3 L/min provide suitable flow for bed fluidization. Toluene vapors adsorption in the fluidized bed was higher than the fixed bed. Adsorption capacity of fixed and fluidized bed for 100 g of Nano-zeolite Y was evaluated 45/45 and 62/65 mg, respectively.

Conclusion: Smaller particle size increased the adsorption level but adhesion of particles in the fixed bed reduce the adsorption efficiency. In the fluidized bed, due to air flow, adhesion of nanoparticles was reduced and the adsorption of toluene vapors have been increased. It can be concluded that fluidized bed of Nano-particles adsorption is better than fixed bed.

Keywords: Nano-zeolite Y, Toluene, Fluidized bed

1. Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health, School of health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. Department of Chemistry, Faculty of Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

*Corresponding Author: Zendehtdel76@yahoo.com