

مقایسه ظرفیت جذب سووفلوران بر روی بسترهای کربنی آغشته به ذرات اکسید

تیتانیوم در مقیاس نانو و غیر نانو

فرانک نجاریان^۱، فریده گللبابایی^{۲*}، اصغر قهری^۳، کمال اعظم^۴

- ^۱ گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
^۲ گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
^۳ گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران.
^۴ مرکز تحقیقات بهداشت، ایمنی و محیط، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران.
^۵ گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۴، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۴

چکیده

مقدمه: سووفلوران جزء گازهای هوشبری مورد استفاده در اتاق‌های عمل می‌باشد که در مطالعات مختلفی مواجهه شغلی با آن در مراکز درمانی و یا تحقیقاتی گزارش شده است. با توجه به روند افزایشی مصرف گاز هوشبری سووفلوران و اثرات مضر آن به همراه اکسید نیتروز بر سلامتی پرسنل در مواجهه مانند زایمان زودرس، ناهنجاری‌های جنینی و افزایش سقط خود بخودی، حذف آن از هوای محیط کار بویژه مراکز درمانی توسط روش‌های ارزان قیمت و بهینه امری ضروری می‌باشد. بدین منظور در این مطالعه به بررسی جذب سطحی سووفلوران از هوا توسط دو کامپوزیت شامل جذب کربن فعال/نانو اکسید گرافن/نانو اکسید تیتانیوم و جذب کربن فعال/نانو اکسید گرافن/اکسید تیتانیوم پرداخته شد.

روش کار: در این مطالعه ابتدا به تثبیت نانو ذرات و ذرات اکسید تیتانیوم بر روی کامپوزیت‌های کربنی زغال فعال/نانو اکسید گرافن پرداخته شد، سپس به منظور تعیین ویژگی‌های آن‌ها از آزمایشات تفرق اشعه ایکس (XRD)، ایزوترم جذب اسپکتروفوتومتری مادون قرمز با تبدیل فوری (FTIR) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (FE-SEM) استفاده شد. پس از تعیین ویژگی‌های جذب، نقطه شکست و ظرفیت جذب سطحی سووفلوران توسط هر دو جذب سطحی در شرایط کاملا یکسان، با استفاده از معادله ویلر اصلاح شده محاسبه گردید. در نهایت جهت آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزارها و ابزارهای Microsoft Office Excel 2016 و SPSS Statistic version 21 IBM استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تعیین ویژگی‌های نانو کامپوزیت‌های مورد مطالعه (XRD و FE-SEM) نشان داد که عمل تثبیت نانو ذرات و ذرات بزرگ اکسید تیتانیوم به خوبی انجام شده است، نتایج BET نیز نشان داد تثبیت نانو ذرات اکسید تیتانیوم بر روی بستر کربنی باعث کاهش مساحت سطحی ویژه جذب در مقایسه با جذب حاوی ذرات اکسید تیتانیوم می‌گردد. همچنین نتایج FTIR، گروه‌های عاملی هر دو جذب را مشخص کرد. در نهایت ظرفیت جذب سطحی سووفلوران برای بسترهای کربنی آغشته به نانو ذرات و ذرات اکسید تیتانیوم به ترتیب برابر با ۲۴۰/۷ و ۲۱۰/۵ میلی گرم سووفلوران در هر گرم جذب محاسبه شد ($P\text{-Value} < 0/001$).

نتیجه گیری: نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد در شرایط یکسان، جذب کربنی آغشته به نانو ذرات اکسید تیتانیوم نسبت به جذب آغشته به ذرات اکسید تیتانیوم دارای ظرفیت جذب بالاتری برای جذب سووفلوران می‌باشد، که این افزایش می‌تواند در نتیجه تغییرات شیمی سطح (افزایش گروه‌های عاملی) در کامپوزیت‌های حاوی نانو ذرات اکسید تیتانیوم باشد.

کلمات کلیدی: گازهای هوشبری هالوژن دار، سووفلوران، کربن فعال، نانو صفحات اکسید گرافن، اکسید تیتانیوم

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: fgolbabaie@sina.tums.ac.ir

مقدمه

گازهای هوشبری هالوژن دار از دسته ترکیبات آلی فرار و جزء هالوکربن‌ها می باشند. فلوران‌ها (ایزو، سوو و دسفلوران)، مایعات فرار شفافی هستند که در دمای اتاق غیرقابل احتراق و انفجار هستند (۱، ۲). سووفلوران جهت هوشبری استنشاقی برای القا و نگهداری هوشبری عمومی استفاده می‌شود و در هوشبری مدرن همراه با دسفلوران جایگزین ایزوفلوران و هالوتان شده‌است که معمولاً در ترکیب با اکسید نیتروز و اکسیژن تجویز می‌شود (۳).

در سراسر دنیا سالیانه میلیون‌ها لیتر گازهای هوشبری مصرف می‌شوند. بررسی‌های انجام شده در سال‌های گذشته حاکی از کاهش مصرف ایزوفلوران و افزایش مصرف سووفلوران است که به علت ریکاوری سریع و عدم وجود اثرات محرک سووفلوران نسبت به ایزوفلوران می‌باشد (۴، ۵). با توجه به روند مصرف این گازها طی سال‌های گذشته می‌توان احتمال داد که میزان مصرف امروزی این گازها به بیش از چندین برابر رسیده است. به دلایل فوق در آینده نزدیک در سراسر دنیا سووفلوران به همراه اکسید نیتروز دو گاز رایج مورد استفاده در بیهوشی بیماران خواهند شد و با توجه به نشستی‌های موجود در دستگاه‌های هوشبری در اتاق‌های عمل، مواجهه شغلی با این مواد و کنترل آن‌ها از اولویتهای مهم در مهندسی بهداشت حرفه ای خواهد گردید (۴-۶).

اثرات مضر گازهای هوشبری زائد بر سلامتی افراد در مواجهه، موضوع مهم و بحث انگیز در دهه‌های اخیر بوده است. در مطالعاتی ایجاد موتاسیون‌های ژنتیکی، سرطان، هیپاتیت، بیماریها و نارسائی کلیوی و اختلالات روانی- حرکتی در اثر مواجهه با مقادیر کم گازهای هالوژن دار گزارش شده‌است. ولی دلایل قطعی ارائه نشده است. با این وجود دلایل واضح در ارتباط با میزان مواجهه مزمین با گازهای هوشبری و سقط خودبخودی جنین، زایمان زودرس و ناهنجاریهای مادرزادی در بین پرسنل زن اتاق عمل وجود دارد (۷-۱۴).

امروزه پیشرفتهای خوبی در زمینه کنترل آلودگی

گازهای بیهوشی زائد هوا از قبیل استفاده از سیستم‌های دفع مواد زائد، سیستم‌های تهویه عمومی موثر (تعویض هوای اتاق: حداقل ۱۵ بار در ساعت) و موضعی، نگهداری دوره ای پیشگیرانه تجهیزات بیهوشی و مشخص نمودن نشستی‌ها صورت پذیرفته است ولی با این وجود مقداری آلودگی هوا به این گازها حتی در بیمارستان‌های مدرن وجود دارد (۱۵، ۱۶)، لذا همچنان کنترل گازهای هوشبری هالوژن دار در اتاق‌های عمل و ریکاوری جزء اولویتهای اصلی محسوب می‌گردد. از مهم‌ترین روشهای موجود در جذب و واجذب گازهای آلی، می‌توان به روش‌های متراکم کردن و جذب سطحی اشاره نمود. متراکم کردن برای جداسازی ترکیبات با نقطه جوش بالای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت بالای ۵۰۰۰ پی پی ام استفاده می‌شوند. کارایی این روش به فشار و دمای به کار برده شده، غلظت ترکیب و فشار بخار ترکیب خالص بستگی دارد. به علت تفاوت‌های ۱۳۰ درجه سانتی‌گرادی بین نقطه جوش اکسیدنیتروز، سووفلوران و اکسیژن نمی‌توان به راحتی از این روش برای جداسازی گاز استفاده نمود. بنابراین چون وزن مولکولی سووفلوران برابر ۲۰۰ و نقطه جوش آن ۵۸/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، روش جذب سطحی می‌تواند گزینه خوبی برای حذف سووفلوران باشد.

امروزه روشهای جدید بسیاری بر پایه نانومواد برای حذف ترکیبات هالوژنه (HC)، H_2S ، و VOCs از هوا با استفاده از استخراج فاز گاز جامد (SGPE) معرفی شده است. از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نانو جاذب‌هایی مانند نانوگرافن (NG)، کربن فعال (AC)، نانو اکسید گرافن (NGO)، نانوذرات اکسید تیتانیوم ($NPsTiO_2$)، باعث افزایش ظرفیت جذب جاذب‌ها برای حذف گازهای فرار از هوا می‌گردد. اکسید تیتانیوم به عنوان یک جاذب مورد استفاد در کاهش مواجهه خطرناک با سووفلوران کاربرد دارد. به تازگی، بسیاری از جاذبها مانند کربن فعال، نانولوله های کربنی، نانو Bi_2O_3 ، NGO، MSN، مایعات یونی (ILS) و گرافن، به دلیل خواص بی نظیر آنها مانند اندازه ذرات، مساحت ویژه بالا، ظرفیت جذب و

1. Scavenging Systems

پایداری شیمیایی برای حذف ترکیبات فرار از هوا استفاده شده اند (۲۳-۱۷).

با توجه به مطالعات در جذب سطحی، دو گزینه برای انتخاب جاذب در جذب سطحی سووفلوران وجود دارد (۲۴):
 ۱- مواد متخلل کربنی ۲- زئولیت با سیلیس بالا. از طرفی دیگر، معیارهای یک جاذب خوب شامل: ۱- انتخاب پذیری بالا برای سووفلوران ۲- ظرفیت جذب سطحی بالا و واجد آسان می باشد (۲۵) با توجه به اثربخشی خوب نانوصفحات کربنی در جذب گازها (۲۶) و انتخاب پذیری کم کربن فعال نسبت به سووفلوران (۲۷)، در این مطالعه از کامپوزیت زغال فعال / نانو اکسید گرافن آغشته شده با دی اکسید تیتانیوم و نانو ذرات اکسید تیتانیوم به عنوان جاذب سووفلوران استفاده می گردد. کامپوزیت کربن فعال / نانو اکسید گرافن آغشته شده با فلز مذکور دارای مساحت سطحی و دانسیته فشرده بسیار بالایی نسبت به کربن فعال یا گرافن خالص می باشد.

روش کار

مطالعه حاضر بر روی دو نوع نانو کامپوزیت ساخته شده جهت بررسی ظرفیت جذب سووفلوران در مقادیر مختلف جاذب ها (۵ جرم) و با ۵ بار تکرار طبق مراحل زیر انجام پذیرفت:

الف - ساخت نانو کامپوزیت های مورد استفاده

در این مرحله ابتدا کربن فعال با اندازه ذرات ۴۰۰-۴۲۰ میکرون ساخت شرکت مرک آلمان، نانو اکسید گرافن ۶-۱۰ لایه با ضخامت ۳/۴-۷ نانومتر ساخت شرکت US NANO آمریکا، نانو اکسید تیتانیوم P25 با درجه خلوص ۹۹/۵٪ ساخت شرکت دگوسا آلمان و اکسید تیتانیوم بالک با درجه خلوص ۹۹٪ ساخت شرکت مرک آلمان تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. جهت ساخت نانو کامپوزیت های مورد مطالعه مقدار مشخص و یکسانی از اکسید تیتانیوم در مقیاس نانو و بالک بر روی بستر کربن فعال پوشیده شده با نانو اکسید گرافن، تثبیت شد.

ب- تعیین ویژگی بسترهای مورد مطالعه
 برای بررسی مشخصات نانو کامپوزیت های ذکر شده از دستگاه تفرق اشعه ایکس (XRD) جهت تعیین ساختار کریستالی کامپوزیت ها و از روش SEM-EDS برای تعیین میزان اکسید فلزی آغشته شده روی کامپوزیت ها استفاده شد. همچنین برای اندازه گیری قطر منافذ و سطوح موثر از روش BET و برای بررسی مورفولوژی آنها از SEM و در نهایت برای بررسی پیوندهای موجود در ساختار کامپوزیت های بدست آمده از FTIR استفاده شد.

ج- رسم منحنی کالیبراسیون و تعیین غلظت سووفلوران
 برای رسم منحنی کالیبراسیون از روش استاندارد خارجی استفاده شد و غلظت های استاندارد مختلفی از سووفلوران در گستره غلظتی ۰ تا ۵۰۰ ppm در کیسه های نمونه برداری تدلار ساخته شد. سپس مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از هوای حاوی سووفلوران موجود در کیسه های نمونه برداری برداشته شد و به دستگاه GC مجهز به دکتور FID مدل Varian CP 3800 دارای ستون موئینه به طول ۲۵ متر با قطر داخلی ۲۵۰ میکرومتر و ضخامت لایه فیلم ۰/۲ میکرومتر تزریق گردید. دمای تزریق ۲۰۰ درجه سانتی گراد بود و دمای ستون در این دستگاه از ۶۵ درجه و زمان ماند ۱ دقیقه با سرعت ۴ درجه در دقیقه به ۸۵ درجه سانتی گراد افزایش یافت. همچنین نسبت اسپیلیت ۱ به ۵ بود. در نهایت با توجه به مساحت پیک های بدست آمده از دستگاه GC و غلظت تزریقی سووفلوران منحنی کالیبراسیون رسم گردید.
 جهت تعیین غلظت بخارات سووفلوران مورد نظر قبل و بعد از راکتور بر حسب زمان از روش OSHA 106 (نمونه برداری با سرنگ گازتایت (Gastight) همیلتون ۱۰۰۰ میکرولیتری و آنالیز با گاز کروماتوگرافی مجهز به آشکارساز یونش شعله ای (GC-FID) استفاده شد.

د- تعیین ظرفیت جذب بسترهای مورد مطالعه
 جهت انجام آزمایشات مربوط به تعیین ظرفیت جذب از سیستم طراحی شده در مطالعه قبلی استفاده

جدول ۱: ویژگیهای بافتی کامپوزیت های مورد مطالعه

| D _p (nm) | S _{BET} (m ² /g) | V _{micro pores} (cm ³ /g) | V _{total pores} (cm ³ /g) | جاذب |
|---------------------|--------------------------------------|---|---|---------------------------|
| ۱/۷۵۳ | ۱۰۳۹/۵ | ۰/۴۲۵ | ۰/۴۵۵۱ | ACN-nGO-nTiO ₂ |
| ۱/۷۰۸ | ۱۰۴۹/۵ | ۰/۴۵۱ | ۰/۴۶۶۷ | ACN-nGO-bTiO ₂ |

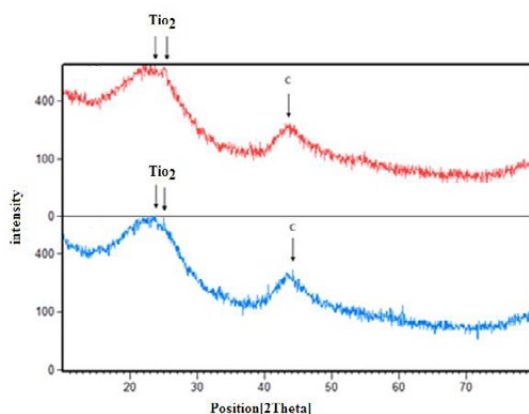
BET: specific surface area

a: شیب منحنی زمان نقطه شکست ۵۰ درصد در مقابل جرم جاذب
C₀: غلظت اولیه سوپرفلوران بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب می باشد.

نتایج یافته ها

الف- نتایج حاصل از تعیین ویژگی بسترهای مورد مطالعه نتایج حاصل از آزمایش BET که به منظور بررسی حجم، سطح و حفرات جاذب های مورد مطالعه استفاده گردید در جدول ۱ آورده شده است. همانطور که از نتایج مشخص است ویژگیهای بافتی بویژه مساحت ویژه جذب در کامپوزیت حاوی نانو ذرات اکسید تیتانیوم نسبت به کامپوزیت دیگر از نظر عددی ۱۰ واحد کمتر می باشد و این مقدار بسیار جزئی است.

نتایج حاصل از الگوی پراش پرتوی ایکس بسترهای مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه گردیده است. همانگونه که



شکل ۱: الگوی پراش اشعه ایکس جاذب های سطحی مورد مطالعه (پروفایل آبی: نانوکامپوزیت کربن فعال/نانوصفحات اکسید گرافن/نانو اکسید تیتانیوم، پروفایل قرمز: نانوکامپوزیت کربن فعال/نانوصفحات اکسید گرافن/اکسید تیتانیوم)

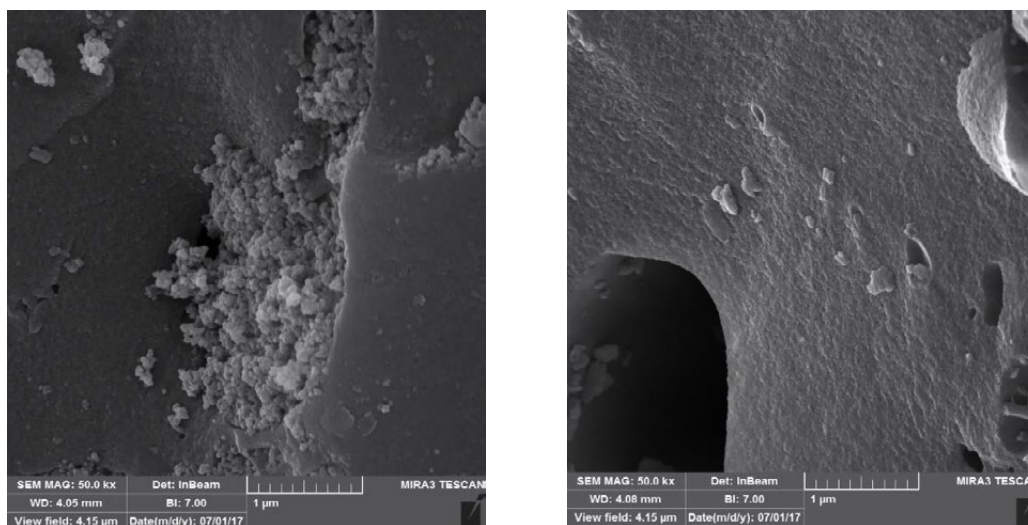
گردید (۲۴، ۲۸). در این سیستم به جای هوا از گاز بی اثر نیتروژن برای رقیق سازی و متعادل کردن غلظت ها استفاده گردید. همچنین یک راکتور بستر ثابت عمودی ساخته شده از پیرکس جهت مواجهه سوپرفلوران و جاذب ها به کار برده شد. برای انجام آزمایشات مقدار مشخصی جاذب داخل راکتور قرار داده می شد. پس از آن غلظت مشخصی (۵±۲۵) از سوپرفلوران به روش دینامیک اشباع بخار ساخته و به صورت پیوسته از جاذب ها عبور داده می شد. قابل ذکر است که به منظور تهیه اتمسفر استاندارد جهت کالیبراسیون دستگاه های آنالیز و انجام آزمایشات جذب سطحی به ترتیب از روش استاتیک و دینامیک مشابه مطالعه قبلی استفاده گردید (۲۸).

برای تعیین زمان نقطه شکست و ظرفیت جذب کامپوزت ها از روش ویلر اصلاح شده استفاده گردید. که ابتدا زمان نقطه شکست ۵۰ درصد با توجه به معادله زیر برای ۵ جرم جاذب (۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰ و ۴۵۰ میلی گرم جاذب) در غلظت ثابت ۲۵۰ پی ام و دبی ۰/۵ لیتر بر دقیقه و در دمای اتاق (۲۳±۰/۵ درجه سلسیوس) بدست آمد. جرم جاذبها قبل از انجام آزمایشات با استفاده از ترازوی دیجیتالی مدل Sartorius CP 225D ساخت کشور آلمان توزین گردید. سپس منحنی زمان های نقطه شکست (دقیقه) در مقابل جرم های (گرم) مختلف با استفاده از نرم افزار اکسل رسم گردید. پس از یافتن شیب خط منحنی هر کدام از کامپوزیت ها، با استفاده از دبی و غلظت آلاینده ظرفیت جذب با استفاده از معادله زیر بدست آمد.

$$We = aC_0Q$$

که در این معادله

We: ظرفیت جذب (گرم آنالیت بر گرم جاذب)



a. ACN-nGO-nTiO₂

a. ACN-nGO-bTiO₂

شکل ۲ تصاویر SEM کامپوزیت های مورد مطالعه a: نانوکامپوزیت کربن فعال/نانواکسید گرافن/نانواکسید تیتانیوم، b: بستر کامپوزیت کربن فعال/نانواکسید گرافن/اکسید تیتانیوم

جدول ۲: درصد ترکیبات موجود در ساختار کامپوزیت های مورد مطالعه

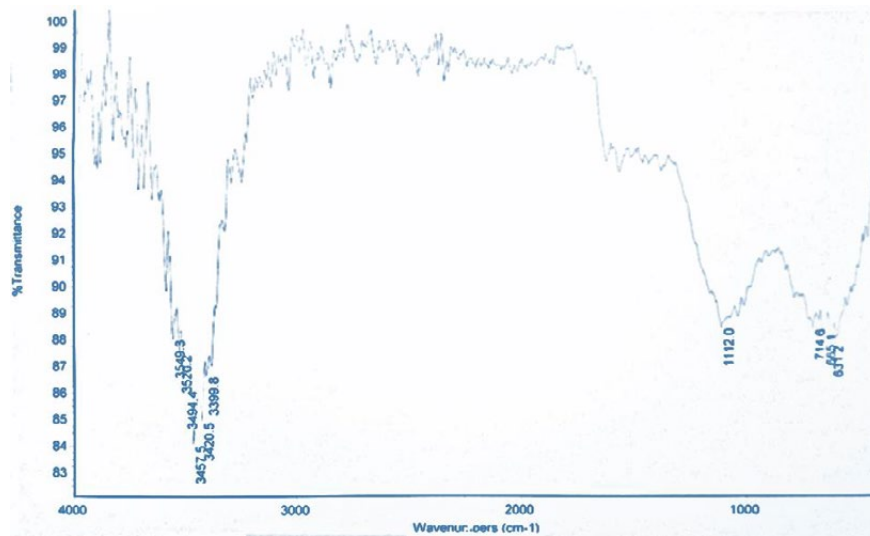
| Co | Ti | Cl | S | O | N | C | نام بستر |
|------|------|------|------|------|------|-------|---------------------------|
| ۰/۰۲ | ۴/۳۷ | ۰/۲۲ | ۰/۱۴ | ۱۸/۹ | ۶/۱۵ | ۷۰/۲ | ACN-nGO-nTiO ₂ |
| ۰/۰۳ | ۵/۲۵ | ۰/۳۳ | ۰/۱۶ | ۱۳/۲ | ۴/۹۱ | ۷۶/۱۳ | ACN-nGO-bTiO ₂ |

طیف سنجی مادون قرمز با تبدیل فوریر (FTIR) براساس جذب تابش و بررسی جهش های ارتعاشی مولکول ها و یون های چند اتمی انجام شد که در شکل ۳ ارائه شده است. نتایج نشان دهنده بیشتر بودن شدت پیکهای ارتعاشی پیوندهای موجود در ساختار کامپوزیت کربن فعال/نانواکسید گرافن/نانو ذرات اکسید تیتانیوم و متعاقباً بیشتر بودن گروه های عاملی در این کامپوزیت در مقایسه با کامپوزیت حاوی ذرات اکسید تیتانیوم است.

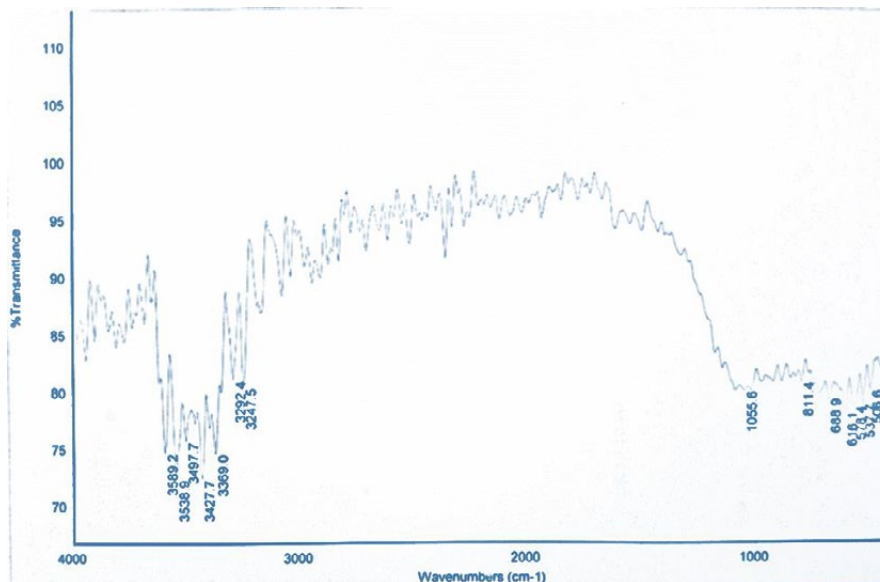
ب- نتایج حاصل از تعیین ظرفیت جذب سووفلوران در بسترهای مورد مطالعه مقادیر ظرفیت جذب هر کدام از جاذب ها به همراه پارامترهای تاثیر گذار (معادله: $We = aC_0Q$) در جدول ۳ و شکل ۴ مشخص شده است.

از نتایج ملاحظه می گردد، ساختار هردو بستر ثابت بوده و تغییر خاصی صورت نپذیرفته است و وجود پیک های اکسید تیتانیوم در بسترها نشانه بارگذاری صحیح و موفقیت آمیز نانو ذرات و ذرات اکسید تیتانیوم بر روی بسترهای کربنی می باشد.

تصاویر میکروسکوپی SEM در شکل ۲ نشان دهنده تثبیت ذرات و نانو ذرات اکسید تیتانیوم بر روی بسترهای کربنی می باشد. همچنین در شکل ۲-b مشخص است که نانو ذرات اکسید تیتانیوم به صورت کلوخه ای درآمده و باعث بسته شدن برخی از منافذ موجود در کربن فعال شده است. نتایج حاصل از آنالیز نمونه ها توسط دستگاه SEM-EDS (جدول ۲) نشان داد، ترکیبات اصلی زغال فعال، نانواکسید گرافن و اکسید تیتانیوم به ترتیب کربن، اکسیژن، نیتروژن و تیتانیوم می باشند.



a. ACN-nGO-nTiO₂



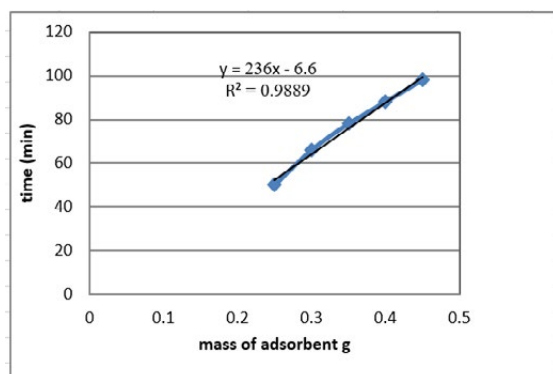
b. ACN-nGO-bTiO₂

شکل ۳ تصاویر FTIR کامپوزیت های مورد مطالعه a: نانوکامپوزیت کربن فعال/نانو اکسید گرافن/نانو اکسید تیتانیوم. b: نانوکامپوزیت کربن فعال/نانو اکسید گرافن/اکسید تیتانیوم

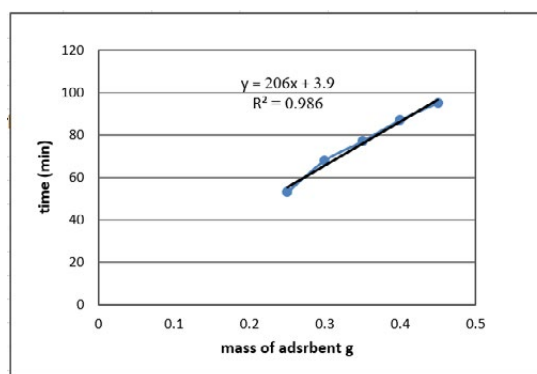
جدول ۳: مقادیر ظرفیت جذب سووفلوران بر روی کامپوزیت های مورد مطالعه

| P-value | میانگین ظرفیت جذب (mg/gr) | شیب خط (a) | هواگذر حجمی (cm ³ /min) | غلظت اولیه (gr/cm ³) | کامپوزیت | ردیف |
|---------|---------------------------|------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------|
| <0.001 | ۲۴۰/۷±۱/۰۸ | ۲۳۶ | ۵۰۰ | ۲/۵*۱۰ ^{-۶} | ACN-nGO-nTiO ₂ | ۱ |
| | ۲۱۰/۵±۰/۵۵ | ۲۰۶ | ۵۰۰ | ۲/۵*۱۰ ^{-۶} | ACN-nGO-bTiO ₂ | ۲ |

*میانگین±انحراف معیار، انحراف معیار از پنج بار تکرار محاسبه شده است



a. ACN-nGO-nTiO₂



b. ACN-nGO-bTiO₂

شکل ۴: منحنی ظرفیت جذب سووفلوران در کامپوزیت های مورد مطالعه a: نانوکامپوزیت کربن فعال/نانو اکسید گرافن/نانو اکسید تیتانیوم. b: نانوکامپوزیت کربن فعال/نانو اکسید گرافن/اکسید تیتانیوم

ذرات و ذرات اکسید تیتانیوم بر روی بستر نیز ساختار نمونه‌های به دست آمده از حالت پایه خود خارج نگردیدند (۳۲). با مشاهده الگوهای XRD نمونه‌های آغشته به نانوذرات و ذرات بالک اکسید تیتانیوم می‌توان پیک‌های مربوط به نانو ذرات اکسید تیتانیوم را در محدوده $(2\theta = 25.06, 22.19)$ و پیک‌های مربوط به ذرات اکسید تیتانیوم را در محدوده $(2\theta = 25.80, 23.85)$ مشاهده کرد. حضور این پیک‌ها در نمونه‌های کربنی آغشته به نانو ذرات و ذرات اکسید تیتانیوم، حضور و بارگذاری موفقیت آمیز نانو ذرات و ذرات را بر روی بسترهای مورد مطالعه تأیید می‌کند. در مطالعه چانگ هی کیم^۴ و همکاران نیز پس از بارگذاری نانو ذرات اکسید تیتانیوم بر روی جاذب کربن فعال پیک‌های مربوط به اکسید تیتانیوم در این محدوده قابل مشاهده بود (۳۳). همچنین نتایج حاصل از مطالعه یونگ لیانگ^۵ و همکاران نیز با پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد و این امر را تأیید می‌کند که می‌توان با داشتن الگوی پراش پرتو X نمونه پیش و پس از بارگذاری، موفقیت آمیز بودن عملیات بارگذاری را اثبات کرد (۳۴).

تصاویر مربوط به میکروسکوپ الکترونی روبشی می‌تواند به خوبی ساختار متخلخل بسترهای کربنی مورد استفاده در پژوهش را نشان دهد. همچنین تصاویر SEM نشان دهنده پوشش سطح ذرات کربن فعال با نانو ذرات

بحث

نتایج حاصل از BET نشان داد که بارگذاری نانو ذرات اکسید تیتانیوم نسبت به ذرات بالک اکسید تیتانیوم تا حدودی باعث کاهش سطح بستر و حجم منافذ شده است. یکی از دلایل کاهش سطح بستر مربوط به کلوخه شدن نانو ذرات و بسته شدن برخی از منافذ می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر با مطالعه تاجی زادگان و همکاران و همچنین مطالعه یانگ هونگ^۶ و همکاران هم‌خوانی داشت و در این مطالعات نیز با بارگذاری نانو ذرات بر روی بستر جاذب، سطح بستر کاهش یافت (۲۹، ۳۰). اما در مطالعه کارمونا^۳ و همکاران که به منظور حذف سولفید هیدروژن با درصد‌های متفاوت بارگذاری نانو ذرات آهن بر روی جاذب SBA-15 انجام شد، نتایج حاصل از آزمون BET نشان داد که با افزایش درصد بارگذاری نانو ذرات سطح ویژه جاذب افزایش یافت که این نتایج با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی ندارد (۳۱). با این وجود می‌توان بیان نمود که این کاهش یا اختلاف در مقدار مساحت ویژه جذب در کامپوزیت‌ها معنادار نمی‌باشد و نمی‌تواند در ظرفیت جذب سووفلوران تأثیر معناداری داشته باشد. بررسی‌های انجام یافته توسط XRD نشان داد که کامپوزیت‌های کربنی مورد مطالعه دارای ساختاری بین آمورف و گرافیت می‌باشند و پس از تثبیت نانو

4. Chang Hyo Kim
5. Yongye Liang

2. Yuanxing Huang
3. Carmona

مقدار شدت پیکهای مذکور در پروفایل های ارائه شده نشان دهنده بیشتر بودن گروه های عاملی اکسیژنی در کامپوزیت حاوی نانو ذرات اکسید تیتانیوم می باشد که می توانند نقش مهم و بسزایی در جذب سطحی سووفلوران داشته باشند. (۳۹-۴۱)

همانطور که گفته شد در این مطالعه بمنظور تعیین ظرفیت جذب بسترهای مورد مطالعه از روش ویلر اصلاح شده استفاده شد همانطور که در شکل ۴ مشخص است با ثابت بودن شرایط عملیاتی، با افزایش جرم جاذب، زمان نقطه شکست افزایش یافته و متعاقباً طبق معادله ویلر ظرفیت جذب جاذب افزایش می یابد. این نتایج با مطالعات گذشته همخوانی خوبی دارد (۴۲، ۴۳). با افزایش مقدار جاذب، مساحت سطحی ویژه و سایت های فعال افزایش یافته و دسترسی مولکول های سووفلوران به آن ها بیشتر شده و به آسانی جذب جاذب می شوند (۴۴-۴۶)

در مقایسه بین بسترهای مورد مطالعه، بستر کربنی آغشته به نانو ذرات اکسیدتیتانیوم نسبت به بستر آغشته به ذرات بالک اکسیدتیتانیوم دارای ظرفیت جذب بالاتری می باشد. جذب یک ترکیب خاص بر روی یک جاذب خاص به عوامل متعددی نظیر سطح فعال، مشخصات حفرات، گروه های عاملی سطح جاذب و ... بستگی دارد. همانطور که در نتایج BET مشاهده شد، مساحت سطحی و اندازه حفرات بستر ACN/nGO/nTiO₂ نسبت به ACN/nGO/bTiO₂ به مقدار جزئی کمتر است بنابراین نمی توان افزایش ظرفیت جذب را به این ویژگی بستر مورد نظر نسبت داد. بنابراین در ارتباط با علت ظرفیت جذب بیشتر کامپوزیت حاوی نانو اکسید تیتانیوم نمی توان ویژگیهای بافتی (تخلخل) را به تنهایی برای تشریح و توصیف جذب بیشتر به کار برد. از این رو می توان بیان نمود که شیمی سطح و گروه های عاملی موجود در سطح این کامپوزیت از طریق تعاملات سطحی تاثیر بیشتری در خواص جذبی بستر داشته است.

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر نشان داده شد که نانوکامپوزیت کربن فعال / نانو اکسید گرافن / نانو اکسید تیتانیوم نسبت

و ذرات TiO₂ می باشد، این موضوع در تغییر رنگ ذرات کربن فعال پس از پوشش دهی به خوبی قابل مشاهده است، این نتایج با مطالعه مفیدی و همکاران نیز همخوانی دارد. قاسمی و همکاران نیز نشان دادند که نانو ذرات اکسید تیتانیوم پس از بارگذاری بر روی جاذب ZSM-5 به صورت به هم چسبیده و کلوخه شده بر روی سطوح و منافذ جاذب نشست است (۳۵).

نتایج حاصل از SEM-EDS نشان می دهد هر دو بستر دارای عناصر C, N, O, S, Cl و Ti و Co در سطح و داخل خلل و فرج های کربن هستند. که ترکیبات اصلی بسترها شامل کربن، نیتروژن، اکسیژن و تیتانیوم می باشد. تمام نمونه ها حاوی عنصر اکسیژن هستند که نشان می دهد آنها دارای برخی گروه های عاملی اکسیژن دار بر روی سطح هستند. همچنین وجود عنصر Ti نشان دهنده تثبیت ذرات و نانو ذرات TiO₂ بر روی بسترها می باشد.

نتایج FTIR نشان می دهد پیک های محدوده $1055/6 \text{ cm}^{-1}$ و 1112 cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی نامتقارن C-O-C و پیوند C-O در اسیدها، الکلها، فنلها، اترها و استرها می باشد که متعلق به کربن متصل به گروه های (کربوکسیل و فنول)، (الکلها، اترها، استرها و کربوکسیلیک اسیدها) و (کتونها) است. همچنین پیک های محدوده $3420/5$ تا $3494/4 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به ارتعاشات کششی و خمشی O-H (گروه هیدروکسیل) است که متعلق به گروه های کربوکسیل (و/یا ارتعاش ملکول های آب) و هیدروکسیل (و/یا جذب شیمیایی آب) می باشد (۳۳، ۳۶، ۳۷). در نهایت پیک های محدوده $616,1 \text{ cm}^{-1}$ تا $688,9 \text{ cm}^{-1}$ در بسترهای آغشته به اکسیدتیتانیوم مربوط به ارتعاش کششی Ti-O می باشد که نشانگر نشستن نانو ذرات و ذرات اکسیدتیتانیوم بر روی بسترها می باشد. همچنین در مطالعه ژائونگ ژانگ^۶ و همکارانش مشاهده شد جاذب حاوی TiO₂ در مقایسه با جاذب کربن فعال دارای باند جذبی در محدوده 600 cm^{-1} می باشد که به ارتعاش کششی باند Ti-O مربوط می باشد که نتایج این مطالعه را تایید می کند (۳۸). نتایج

6. Zhaohong Zhang

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شد. بدینوسیله از مسئولین محترم آزمایشگاه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران قدردانی به عمل می آید.

به کامپوزیت حاوی ذرات اکسید تیتانیوم دارای ظرفیت جذب سووفلوران بالاتر می باشد. این تفاوت معنادار بین ظرفیت جذب کامپوزیت های مورد مطالعه در نتیجه تغییرات شیمی سطح و بیشتر بودن گروه های عاملی می باشد و ویژگیهای بافتی تأثیری بر این افزایش ندارند.

REFERENCES

1. Lawson CC, Rocheleau CM, Whelan EA, Hibert ENL, Grajewski B, Spiegelman D, et al. Occupational exposures among nurses and risk of spontaneous abortion. *American journal of obstetrics and gynecology*. 2012;206(4):327. e1-. e8.
2. Costi D, Cyna AM, Ahmed S, Stephens K, Strickland P, Ellwood J, et al. Effects of sevoflurane versus other general anaesthesia on emergence agitation in children. *The Cochrane Library*. 2014.
3. Sakai EM, Connolly LA, Klauck JA. Inhalation anesthesiology and volatile liquid anesthetics: focus on isoflurane, desflurane, and sevoflurane. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*. 2005;25(12):1773-88.
4. Sharma S, Jangra K. Desflurane in neurosurgery: Pros. *Journal of Neuroanaesthesiology and Critical Care*. 2017;4(4):81.
5. Elmer JM. An Analytical Comparison of Isoflurane Levels in Veterinary Operating Theaters. 2011.
6. Thoustrup Saber A, Sørig Hougaard K. 141. Isoflurane, sevoflurane and desflurane 2009.
7. Ghahri A, Golbabaie F, Vafajoo L, Mireskandari S, Yaseri M, Shahtaheri S. Removal of Greenhouse Gas (N₂O) by Catalytic Decomposition on Natural Clinoptilolite Zeolites Impregnated with Cobalt. *International Journal of Environmental Research*. 2017;11(3):327-37.
8. Shirangi A, Fritschi L, Holman CDAJ. Associations of unscavenged anesthetic gases and long working hours with preterm delivery in female veterinarians. *Obstetrics & Gynecology*. 2009;113(5):1008-17.
9. Shirangi A, Fritschi L, Holman C. Maternal occupational exposures and risk of spontaneous abortion in veterinary practice. *Occupational and environmental medicine*. 2008;65(11):719-25.
10. Chandrasekhar M, Rekhadevi P, Sailaja N, Rahman M, Reddy J, Mahboob M, et al. Evaluation of genetic damage in operating room personnel exposed to anaesthetic gases. *Mutagenesis*. 2006;21(4):249-54.
11. Hoerauf K, Wiesner G, Schroegendorfer K, Jobst B, Spacek A, Harth M, et al. Waste anaesthetic gases induce sister chromatid exchanges in lymphocytes of operating room personnel. *British journal of anaesthesia*. 1999;82(5):764-6.
12. Cornick-Seahorn J, Cuvelliez S, Gaynor J, McGrath C, Hartsfield S. Commentary and recommendations on control of waste anesthetic gases in the workplace. *Journal of the American Veterinary Medical Association (USA)*. 1996.
13. Guirguis S, Pelmeur P, Roy M, Wong L. Health effects associated with exposure to anaesthetic gases in Ontario hospital personnel. *Occupational and Environmental Medicine*. 1990;47(7):490-7.
14. Rogers B. Exposure to waste anesthetic gases--a review of toxic effects. *AAOHN journal: official journal of the American Association of Occupational Health Nurses*. 1986;34(12):574-9.
15. Wruck N, Riecke M, Kullik G. Anesthetic gas intermediate storage unit with adsorption characteristics which can be influenced electrically. *Google Patents*; 2012.
16. Safety O, Administration H. Anesthetic gases: guidelines for workplace exposures. 2010.
17. Mirzahosseini A. Assessing the emission levels of benzene from the fuel tanks doors of the vehicles in Tehran city, *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*. 2019;2(01): 49-54.
18. Paydar P, Zarandi AF. Air Pollution Method: A new method based on ionic liquid passed on mesoporous silica nanoparticles for removal of manganese dust in the workplace air. *Analytical Methods in Environmental*

- Chemistry Journal. 2019;2(01):5-14.
19. Jamshidzadeh C, Shirkhanloo H. A new analytical method based on bismuth oxide-fullerene nanoparticles and photocatalytic oxidation technique for toluene removal from workplace air. *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*. 2019;2(01):73-86.
 20. Hosseinabadi MB, Timoori S, Zarandi AF. Functionalized graphene-trimethoxyphenyl silane for toluene removal from workplace air by sorbent gas extraction method. *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*. 2019;2(2):45-54.
 21. Ebrahimi A, Salarifar A. Air pollution Analysis: Nickel paste on Multi-walled carbon nanotubes as novel adsorbent for the mercury removal from air. *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*. 2019;2(03):79-88.
 22. Arjomandi M, Shirkhanloo H. A review: Analytical methods for heavy metals determination in environment and human samples. *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*. 2019;2(03):97-126.
 23. Miranbeigi AA, Yousefi M, Abdouss M. Room temperature imidazolium-based ionic liquids as scavengers for hydrogen sulfide removal of crude oil. *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*. 2018;1(01):11-22.
 24. Ghahri A. Feasibility of simultaneous removal of anesthetic gases (nitrous oxide and sevoflurane) from the air stream using nanocarbon and zeolite composites. Iran: Tehran University of Medical Sciences; 2017.
 25. Sulbaek Andersen M, Sander S, Nielsen O, Wagner D, Sanford Jr T, Wallington T. Inhalation anaesthetics and climate change. *British journal of anaesthesia*. 2010;105(6):760-6.
 26. Jafarizaveh M, Shirkhanloo H, Golbabaie F, Tabrizi A, Azam K, Ghasemkhani M. Nobel method for xylene removal from air on nano activated carbon adsorbent compared to NIOSH approved carbon adsorbent. *Journal of Health and Safety at Work*. 2016;6(1):23-30. eng.
 27. Ries CR, Azmudéh A, Franciosi LG, Schwarz SK, MacLeod BA. Cost comparison of sevoflurane with isoflurane anesthesia in arthroscopic meniscectomy surgery. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*. 1999;46(11):1008-13.
 28. Ghahri A, Golbabaie F, Vafajoo L, Mireskandari SM, Yaseri M, Shahtaheri SJ, et al. Effects of acid modification of activated charcoal on adsorption of Sevoflurane as an anesthesia gas. *Journal of Health and Safety at Work*. 2018;8(2):103-20. eng.
 29. Huang Y, Cui C, Zhang D, Li L, Pan D. Heterogeneous catalytic ozonation of dibutyl phthalate in aqueous solution in the presence of iron-loaded activated carbon. *Chemosphere*. 2015;119:295-301.
 30. Tajizadegan H, Rashidzadeh M, Jafari M, Ebrahimi-Kahrizsangi R. Novel ZnO-Al₂O₃ composite particles as sorbent for low temperature H₂S removal. *Chinese Chemical Letters*. 2013;24(2):167-9.
 31. Reyes-Carmona Á, Soriano MD, Nieto JML, Jones DJ, Jiménez-Jiménez J, Jiménez-López A, et al. Iron-containing SBA-15 as catalyst for partial oxidation of hydrogen sulfide. *Catalysis today*. 2013;210:117-23.
 32. Rahmanzadeh E, Golbabaie F, Faghihi Zarandi A, Moussavi SG, Baneshi M. Investigation of activated carbon efficiency in hexavalent chromium adsorption from airflow. *Journal of Health and Safety at Work*. 2017;7(3):191-202. eng.
 33. Kim CH, Kim B-H, Yang KS. TiO₂ nanoparticles loaded on graphene/carbon composite nanofibers by electrospinning for increased photocatalysis. *Carbon*. 2012;50(7):2472-81.
 34. Liang Y, Wang H, Casalongue HS, Chen Z, Dai H. TiO₂ nanocrystals grown on graphene as advanced photocatalytic hybrid materials. *Nano Research*. 2010;3(10):701-5.
 35. GHASEMI Z, YOUNESI H, ZINATIZADEH A. Efficiency of Immobilized Nano TiO₂ on Fe-ZSM-5 Zeolite in Organic Pollutants Removal from Petroleum Refinery Wastewater. 2016.
 36. Hsu S-H, Huang C-S, Chung T-W, Gao S. Adsorption of chlorinated volatile organic compounds using activated carbon made from *Jatropha curcas* seeds. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 2014;45(5):2526-30.
 37. Li L, Liu S, Liu J. Surface modification of coconut shell based activated carbon for the improvement of hydrophobic VOC removal. *Journal of hazardous materials*. 2011;192(2):683-90.
 38. Zhang Z, Xu Y, Ma X, Li F, Liu D, Chen Z, et al. Microwave degradation of methyl orange dye in aqueous solution in the presence of nano-TiO₂-supported activated carbon (supported-TiO₂/AC/MW). *Journal of hazardous*

- materials. 2012;209:271-7.
39. Pan B, Xing B. Adsorption mechanisms of organic chemicals on carbon nanotubes. *Environmental science & technology*. 2008;42(24):9005-13.
40. Su F, Lu C. Adsorption kinetics, thermodynamics and desorption of natural dissolved organic matter by multiwalled carbon nanotubes. *Journal of Environmental Science and Health Part A*. 2007;42(11):1543-52.
41. Bansal RC, Goyal M. *Activated carbon adsorption*: CRC press; 2005.
42. Golbabaie F, Moradi Rad R, Omid L, Farhang Dehghan S, Roshani S. Comparison of adsorption isotherms and kinetics of naphthalene and phenanthrene at activated carbon beds in the organic n-hexane solution. *Health and Safety at Work*. 2015;5(2):63-74.
43. Balanay JAG, Crawford SA, Lungu CT. Comparison of toluene adsorption among granular activated carbon and different types of activated carbon fibers (ACFs). *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2011;8(10):573-9.
44. Rahmanzadeh E, Golbabaie F, Faghihi Zarandi A, Moussavi SG, Baneshi M. Investigation of activated carbon efficiency in hexavalent chromium adsorption from airflow. *Health and Safety at Work*. 2017;7(3):191-202.
45. Shir Khanloo H, Osanloo M, Qurban-Dadras O. Nobel Method for Toluene Removal from Air Based on Ionic Liquid Modified Nano-Graphen. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2015;6(1):1-5.
46. Moradi-Rad R, Omid L, Kakooei H, Golbabaie F, Hassani H, Abedin-Loo R, et al. Adsorption of polycyclic aromatic hydrocarbons on activated carbons: kinetic and isotherm curve modeling. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2015;6(1):43-9.

Comparative Study of the Sevoflurane Adsorption Capacity on Carbon Media Impregnated with Titanium Oxide Nanoparticles

Faranak Najarian¹, Farideh Golbabaie^{2*}, Asghar Ghahri^{3,4}, Kamal Azam⁵

¹ Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³ Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

⁴ Research Center for Health, Safety and Environment, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

⁵ Department of Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: Occupational exposure to sevoflurane as an anesthetic gases in hospitals, dental clinics and veterinary clinics has been reported in various studies. Considering the harmful effects of sevoflurane anesthetic gas on the health of exposed personnel such as reproductive, preterm delivery and fetal abnormalities and increased spontaneous abortion, it is necessary to remove them from the air of the work environment, especially the treatment centers, with inexpensive and optimal methods. This study was aimed to compare two oxide-titanium based on Activated Carbon/ Graphene Oxide Nanosheets in nano and non-nano scales.

Material and Methods: Titanium oxide particles and nanoparticles were coated on activated carbon/ Graphene Oxide Nanosheets adsorbents. The prepared sorbents were characterized by instrumental techniques such as BET, SEM, XRD, FTIR and SEM-EDS to determine their properties. After characterization, the breakthrough and adsorption capacity of sevoflurane on both adsorbents were determined using the modified wheeler equation. Finally, the software of Microsoft Office Excel 2016 and SPSS Statistic version 21 IBM were used for statistical analysis of data.

Results: the results of XRD, SEM-EDAX analysis were confirmed the stabilization of titanium oxide particles and nanoparticles on the sorbents. Furthermore, the FTIR results determined the functional groups on the sorbents. The BET results also were showed the coating of titanium oxide nanoparticles on composite decreased the specific surface area of adsorption in comparison to adsorption containing titanium oxide particles. The adsorption capacity of the activated carbon/ Graphene Oxide Nanosheets coated with titanium oxide nanoparticles and titanium oxide particles were 240.7 and 210.5 mg sevoflurane per gram of sorbent, respectively (p-value<0.001).

Conclusion: The results were concluded that composite of activated carbon/nano oxide graphene coated with titanium oxide nanoparticles has a higher adsorption capacity of sevoflurane than other composite coated with titanium oxide particle, under the same conditions. This increase can be as a result of changes in surface chemistry (increase of the functional groups) in composite.

Keywords: Halogenated Anesthetic Gases, Sevoflurane, Activated Carbon, Graphene Oxide Nanosheets, Titanium Oxide

*Corresponding Author: Farideh Golbabaie

Email Address: fgolbabaie@sina.tums.ac.ir

1. Introduction

Halogenated anesthetic gases such as sevoflurane, are still an important source of chemical hazard in the hospital environment. Considering the Occupational exposure to sevoflurane and its harmful effects on the health, it is necessary to remove them from the air.

Nowadays, many novel methods based on nanomaterials has been introduced for removal halogenated compounds. The physicochemical properties of nanosorbents such as Graphene(NG), Activated Carbon(AC), Graphene Oxide Nanosheets (NGO), Titanium Oxide (NPsTiO₂) were increased the adsorption capacity of sorbents for removal of volatile gases from air [1-5].

This study was aimed to compare two oxide-titanium based on activated carbon/nano graphene oxide in nano and bulk scales.

2. Material and Methods

Titanium oxide particles and nanoparticles were coated on Activated Carbon/ Graphene Oxide Nanosheets adsorbents. The prepared sorbents were characterized by instrumental techniques such as BET, SEM, XRD, FTIR and SEM-EDS to determine their properties. After characterization, the breakthrough and adsorption capacity of sevoflurane on both adsorbents were determined using the modified wheeler equation [6]. Finally the software of Microsoft Office Excel 2016 and SPSS Statistic version 21 IBM were used for

statistical analysis of data.

3. Results and Discussion

The results of XRD, SEM-EDAX analysis were confirmed the stabilization of titanium oxide particles and nanoparticles on the sorbents. This result was showed the composites has an intermediary structure between the amorphous and graphite state (Fig. 1, 2).

Furthermore, the FTIR results determined the functional groups on the sorbents. As shown in Fig. 3, the bands around 3410 and 1600 cm⁻¹ are assigned to the vibrations of O-H that belongs to carboxyl and hydroxyl groups, respectively, while the peak at 1400 cm⁻¹ and the around 1060 cm⁻¹ belong to band of C-O. Also absorption band at around 600 cm⁻¹ is assigned to the stretch vibration of Ti-O bond. Thus, TiO₂ particles are proved to be well-distributed on the surface of the composites.

The BET results also showed the coating of titanium oxide nanoparticles on activated carbon/ Oxide Graphene Nanosheets composite decreased the specific surface area of adsorption in comparison to adsorption containing titanium oxide particles (table. 1). This decrease can be as a result of clumping of nanoparticles and closing of some pores. The results of this study is agreement with previous *studies* of Taji Zadegan et al. and Yang Hong et al. [7, 8].

The adsorption capacity of the Activated Carbon/ Graphene Oxide Nanosheets coated with titanium oxide nanoparticles and titanium oxide particles were 240.7 and 210.5 mg sevoflurane per gram of sorbent, respectively (p-value<0.001)

4. Conclusion

The present investigation showed that composite of Activated Carbon/ Graphene Oxide Nanosheets coated with titanium oxide nanoparticles has a higher adsorption capacity of sevoflurane than Activated Carbon/ Graphene Oxide Nanosheets composite coated with titanium oxide particle, under the same conditions. This increase can be as a result of changes in surface chemistry (increase of the functional groups) in composite.

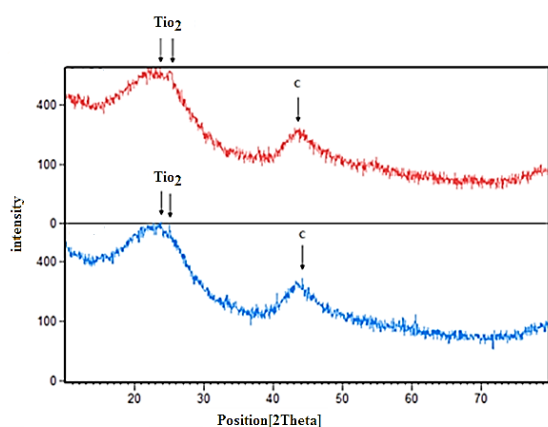
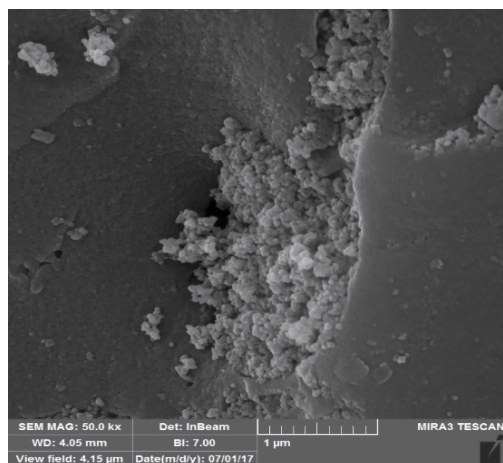
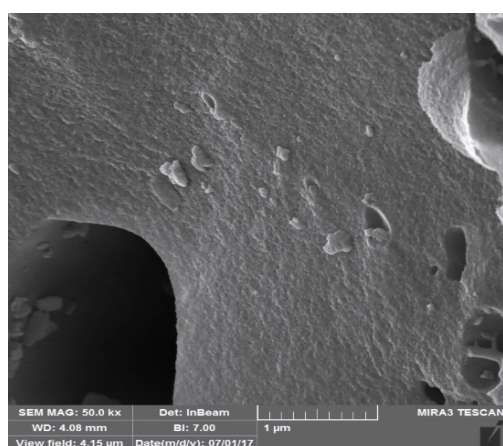


Fig. 1. XRD patterns of Composites (Red profile ACN-nGO-nTiO₂ and blue profile: ACN-nGO-bTiO₂)



a. SEM image of AC-nGO-nTiO2



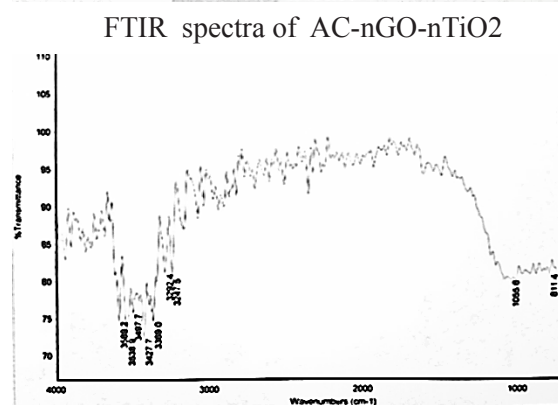
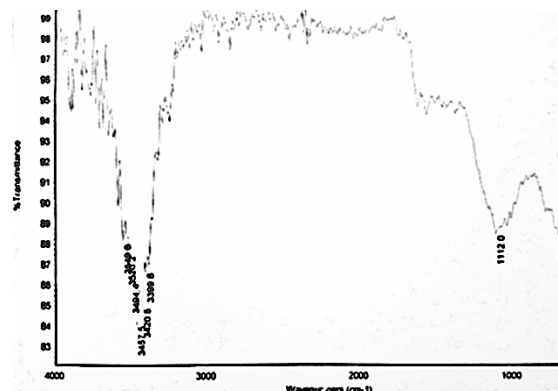
b. SEM image of AC-nGO-bTiO2

Fig. 2. SEM image of composites**Table 1.** BET of composites

| D_p | S_{BET} (m^2/g) | $V_{micro\ pores}$ (cm^3/g) | $V_{total\ pores}$ (cm^3/g) | composites |
|-------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| 1.75 | 1039.5 | 0.42 | 0.45 | ACN-nGO-nTiO ₂ |
| 1.70 | 1049.5 | 0.45 | 0.46 | ACN-nGO-bTiO ₂ |

5. References

- Ebrahimi A, Salarifar A. Air pollution Analysis: Nickel paste on Multi-walled carbon nanotubes as novel adsorbent for the mercury removal from air. *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*. 2019;2(03):79-88.
- Paydar P, Zarandi AF. Air Pollution Method: A new method based on ionic liquid passed on mesoporous silica nanoparticles for removal of manganese dust in the workplace air. *Analytical*

**Fig. 3.** FTIR spectra of composites

Methods in Environmental Chemistry Journal. 2019;2(01):5-14.

- Jamshidzadeh C, Shirkhanloo H. A new analytical method based on bismuth oxide-fullerene nanoparticles and photocatalytic oxidation technique for toluene removal from workplace air. *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*. 2019;2(01):73-86.
- Hosseinabadi MB, Timoori S, Zarandi AF. Functionalized graphene-trimethoxyphenyl silane for toluene removal from workplace air by sorbent gas extraction method. *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*. 2019;2(2):45-54.
- Arjomandi M, Shirkhanloo H. A review: Analytical methods for heavy metals determination in environment and human samples. *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*. 2019;2(03):97-126.
- Ghahri A, Golbabaei F, Vafajoo L, Mireskandari SM, Yaseri M, Shahtaheri SJ, et al. Effects of acid modification of activated charcoal on

adsorption of Sevoflurane as an anesthesia gas. *Journal of Health and Safety at Work*. 2018;8(2):103-20.

7. Huang Y, Cui C, Zhang D, Li L, Pan D. Heterogeneous catalytic ozonation of dibutyl phthalate in aqueous solution in the presence of iron-loaded activated carbon. *Chemosphere*. 2015;119:295-301.
8. Tajizadegan H, Rashidzadeh M, Jafari M, Ebrahimi-Kahrizsangi R. Novel ZnO–Al₂O₃ composite particles as sorbent for low temperature H₂S removal. *Chinese Chemical Letters*. 2013;24(2):167-9.