الیاف

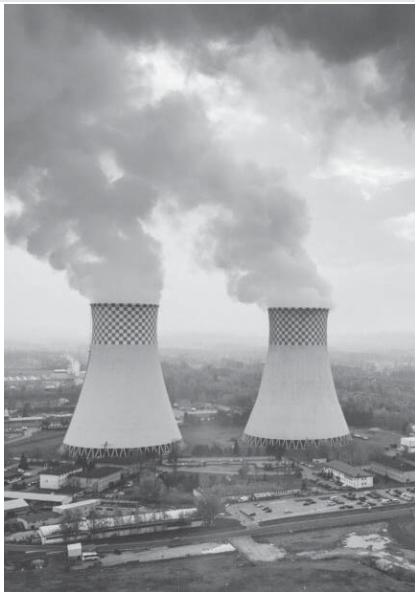
اصلاح فیلتر تنفسی با نانوالیاف کامپوزیتی حاوی نانوساختارهای ایمیدازولاتی

منصوره مهدوی زفرقندی[1]/ احمد اکبری[1]/ مهدی محمودیان[2]

چکیده

امروزه آلودگی هوا به چالشی بزرگ تبدیل شده است که سلامت بشر را تهدید می‌کند. برای مقابله با این تهدیدات استفاده از فیلترهای تنفسی یکی از راهکارهای موثر مطرح شده است. در این مطالعه از پلی‌استایرن به عنوان پلیمری ارزان و در دسترس برای تهیه نانوالیاف و اصلاح فیلترهای تنفسی استفاده شده است. در این راستا از نانوساختارهای مختلفی نظیر نانوذرات اکسید روی و نانوساختارهای ایمیدازولاتی برای افزایش سطح تماس و بهبود توانایی جذب آلودگی‌ها استفاده شده است.

فیلترهایی با مقادیر مختلف از نانوذرات تهیه و کارایی آنها بررسی شد. عملکرد فیلترها در آزمون‌های حذف ذرات معلق ریز، جذب گازهای COx، SOx و NOx سنجیده شد. نتایج نشان می‌دهد که کارایی فیلترهای اصلاح شده د ر مقایسه با فیلترهای مرسوم به صورت قابل ملاحظه‌ای بهبود پیدا کرده است .



۱-مقدمه

رشد جمعیت جهان، صنعتی شدن و شهرنشینی باعث تولید و انتشار مقادیر زیادی آلاینده در هوا شده که می‌تواند بر سلامتی انسان‌ها تأثیر جدی بگذارد.

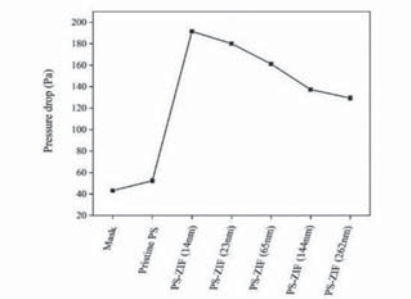
اخیراً در بسیاری از کشورهای توسعه یافته، غلظت آلاینده‌های موجود در هوا از حد آستانه که در دستورالعمل‌های کیفیت هوا که توسط سازمان بهداشت جهانی صادر شده است، بالاتر است.

آلودگی هوا به شدت کیفیت زندگی را کاهش می‌دهد و باعث ایجاد مشکل و خطرات جدی برای سلامت عمومی می‌شود.

در کلان‌شهرها به دلیل مشکلات شدید زیست محیطی، مردم از ماسک‌های تنفسی برای فیلتر هوای آلوده استفاده می‌کنند؛ در نتیجه با توجه به رشد چشمگیر آلاینده‌های هوا و شیوع انواع بیماری‌های واگیردار، به نظر می‌رسد در آینده استفاده از ماسک‌های تنفسی، به یکی از ملزومات مورد استفاده در جوامع بشری تبدیل شود.

بنابراین این ضرورت وجود دارد که تحقیقات بیشتری بر روی توسعه انواع جدیدتری از ماسک‌های تنفسی با به‌کارگیری علوم به روز مانند نانوفناوری انجام شود. مواد متخلخل به دلیل دارا بودن خواص منحصر به فرد و مطلوب از قبیل مساحت سطح بالا و اندازه منافذ بزرگ و قابل تنظیم توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. این مواد فوق‌العاده ، کاربردهای زیادی در زمینه جداسازی و ذخیره‌سازی گازها، سنسورهای شیمیایی، فوتوکاتالیست‌ها، زیست پزشکی، دارورسانی و تصفیه آب دارند.

چارچوبهای آلی–فلزی (MOFs) مواد هیبریدی متخلخل کریستالی متشکل از یون‌های فلزی هستند که توسط مولکول‌های آلی به یکدیگر متصل شده‌اند. این ساختارها را می‌توان از طریق طیف گسترده‌ای از یون‌های فلزی و اتصال‌دهنده‌های آلی سنتز کرد. چارچوبهای ایمیدازولا ت زئولیتی (ZIFs) زیرشاخه‌ای از ساختارهای MOF هستند که عمدتاً شامل پیوندهای



شکل ۱. افت فشار مشاهده شده در فیلترها

ایمیدازولیت و یون‌های فلزی به‌هم پیوسته هستند و از پایداری گرمایی و شیمیایی ویژه‌ای برخوردارند.

از رایجترین ساختارهای ZIF می‌توان به ZIF-۸ اشاره کرد که سنتز و تولید آن آسان است و عمدتاً از یون‌های Zn^{+2} و اتصال‌دهنده‌های ۲-متیل ایمیدازولات (MeIm-۲) تشکیل شده است.

نانو الیاف پلیمری، به عنوان یک دسته مهم از نانو مواد به دلیل نسبت سطح به حجم بالا، تخلخل بالا و ساختار متخلخل متصل خواص منحصر به فردی داشته و به طور گسترده در کاربردهای مختلف از جمله فیلتراسیون، مراقبت شخصی، بیو پزشکی و داروسازی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

در این تحقیق فیلترهای مورد استفاده در ماسک‌های تنفسی که اکنون به صورت تجاری موجود است، اصلاح شده است.

در این راستا از روش الکتروریسی جهت تشکیل نانوالیاف PS/ZIF-۸ برای ایجاد لایه‌ای در سطح این ماسک‌ها استفاده شد تا بتواند نقشی فعال در جذب آلودگی‌ها ایفا کند.

با بررسی‌های انجام شده مشخص شد که پلیمرهایی که قبلاً مورد استفاده قرار گرفته‌اند علی‌رغم خواص فیزیکی مطلوب دارای قیمت بالایی بوده و کاربرد آنها در ماسک صرفه اقتصادی نخواهد داشت. بنابراین در این مطالعه تصمیم بر آن شد که از پلیمری که به سهولت در دسترس بوده و قیمت پایینی داشته باشد استفاده شود و به همین دلیل پلی‌استایرن به عنوان ماده موردنظر انتخاب شد.

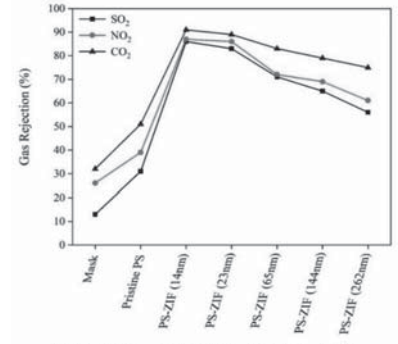
۲- مواد و روش‌های آزمایش

۲-۱- مواد

پلی‌استایرن (PS,MW=۱۰۰,۰۰۰)، PVA، ۲-متیل ایمیدازول، نمک نیترات روی شش آبه پتاسیم هیدروکسید و سدیم هیدروکسید از شرکت مرک خریداری شد. حلال دی متیل سولفوکسید (DMSO)، حلال N ، N – دی متیل‌فرمامید DMF متانول و اتانول نیز از شرکت سیگما-آلدریچ تهیه شد. همه مواد و حلال‌ها در گرید آزمایشگاهی و بدون هرگونه خالص‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند. آب دیونیزه نیز در این تحقیق استفاده شد.

۲-۲- سنتز نانو ساختارهای ZIF-۸

سنتز نانوساختارهای ایمیدازولاتی با اندازه‌های مختلف با روش ارائه شده در مرجع انجام شد.



شکل ۲. کارایی فیلترها در حذف گازها

۲-۳- سنتز ذرات اکسید روی

سنتز نانوذرات اکسید روی با روش ارائه شده در مرجع انجام شد.

در نهایت نانوذرات تهیه شده به صورت افزودنی در ساختار نانوالیاف سنتزی وارد شدند. برای این منظور می‌توان این نانوذرات را در محلول مورد استفاده برای تهیه نانوالیاف پراکنده‌سازی کرد و در فرایند الکتروریسی استفاده نمود.

۲-۴- تهیه نانوالیاف کامپوزیتی هیبریدی

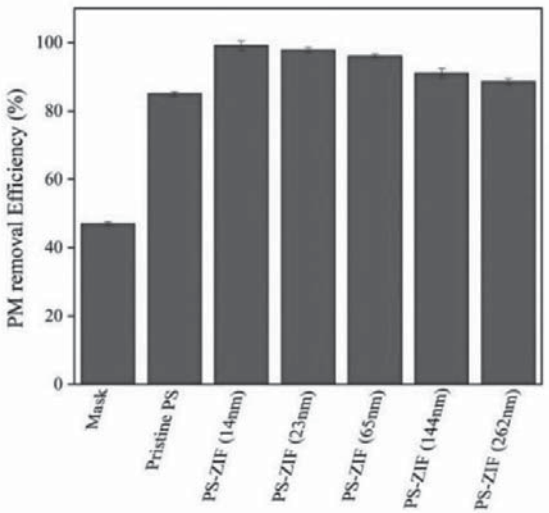
برای تهیه نانوالیاف کامپوزیتی ابتدا محلول پلیمری شامل ۲۰ درصد وزنی پلی استایرن در حلال DMF تهیه شد.

برای این منظور ۲ گرم گرانول پلی‌استایرن به ۸ میلی‌لیتر DMF اضافه شده و به مدت ۵ ساعت تحت همزن مغناطیسی با دور ۲۰۰ RPM در دمای اتاق حل شد. در مرحله بعد مقدار ۰/۰۱ گرم ZIF و ۰/۰۱ گرم از نانوذرات اکسید روی در محلول با استفاده از همزن فراصوت پراکنده شد. سپس محلول حاصل مجددا در مدت زمان ۱ ساعت تحت همزدن قرار گرفت.

در نهایت محلول تهیه شده در داخل سرنگ تزریق بارگذاری شده و برای فرآیند الکتروریسی مورد استفاده قرار گرفت (مقدار محلول استفاده شده ۷cc است). در نهایت عملکرد فیلترهای اصلاح شده بررسی شد. به این صورت که این فیلترهای نانوکامپوزیتی در ماسک‌های صورت تعبیه شده و تأثیر آنها در بهبود عملکرد ماسک در حذف آلودگی‌ها مورد مطالعه قرار گرفت.

۲-۵- تست نفوذپذیری یا فیلتراسیون

این تست برای بررسی کارایی فیلترها در حذف ذرات



شکل ۳. راندمان حذف ذرات معلق در فیلترهای اصلاح شده

ریز با ابعاد کمتر از ۲/۵میکرون و نیز حذف گازها مورد استفاده قرار گرفته است.

در این تست فیلترهای تهیه شده در مخزنی که توسط فیلتر به دو قسمت تقسیم میشود، قرار گرفته و هوای ورودی و خروجی به این مخزن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

برای اندازه‌گیری غلظت گازها از سنسورهای تخصصی این گازها استفاده شد. برای افزایش دقت و بررسی تکرار پذیری، هر تست سه بار تکرار شده و نتایج گزارش شده میانگین حاصل بوده است.

۳ -بحث و بررسی

نانوساختارهای ایمیدازولاتی و نانوذرات اکسید روی سنتز شده در ماتریس نانوالیاف وارد شده و این نانوالیاف به صورت لایه‌ای بر روی ماسک‌های تجاری موجود در بازار قرار گرفتند.

این لایه بسیار متراکم بوده و متشکل از الیاف بی‌بافت است. بعد از شناسایی نانوساختارها و نانوالیاف تهیه شده کارایی فیلترهای اصلاح شده مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۱ - تست های فیلتراسیون

۳-۱-۱- افت فشار

در شکل ۱ میزان افت فشار برای نانوالیاف کامپوزیتی حاوی ساختارهای ZIF تثبیت شده نشان داده شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان افت فشار برای ماسک اولیه ۴۳/۲ و برای ماسک اصلاح شده با نانوالیاف PS خالص حدود ۵۲/۴ پاسکال است.

افت فشار در همه فیلترهای کامپوزیتی حاوی ساختارهای ZIF بالاتر از ۱۲۰ پاسکال است به طوری که نانوالیاف کامپوزیتی دارای ZIF ۱۴NM بیشترین میزان افت فشار (۱۹۱ پاسکال) را نشان می‌دهد و با افزایش اندازه ذرات این مقدار کاهش پیدا کرده است و برای PS–ZIF (۲۶۲NM) به۱۲۹ پاسکال رسیده است.

افت فشار علیرغم اینکه افزایش پیدا کرده است ولی در فرایند تنفس با این فیلترها مشکلی را ایجاد نکرده و با ماسکهای N۹۵ موجود در بازار قابل مقایسه است.

۳-۱-۲-حذف گازها

در شکل ۲ نیز عملکرد نانوالیاف کامپوزیتی حاوی

ساختارهای ZIF تثبیت شده در حذف گازهای CO_2 ، NO_2 و SO_2 نشان داده شده است.

همان طور که مشاهده می شود بالاترین و کمترین درصد حذف گازها به ترتیب مربوط به گاز CO_2 و SO_2 است.

میزان حذف گاز CO_2توسط فیلتر اصلاح شده با پلی‌استایرن خالص حدود ۵۱ درصد است که با وارد کردن ذرات ZIF(۱۴NM) این مقدار به ۹۱ درصد رسیده و برای گاز SO_2 و NO_2 این مقدار به ترتیب برابر ۸۶ و ۸۷ درصد است.

همچنین با افزایش اندازه ذرات عملکرد فیلترها در حذف تمامی گازهای آلاینده به طور پیوسته‌ای کاهش پیدا کرده است، به طوری که درصد حذف گازهای CO_2 ، NO_2 و SO_2 توسط فیلتر نانوکامپوزیتی ZIF–PS–(۲۶۲NM) به ترتیب برابر ۷۵ درصد ، ۶۱ درصد و ۵۶ درصد است.

با توجه به استفاده از نانوساختارهای ایمیدازولاتی و اکسید روی، این ذرات به صورت فعال در جذب گازهای CO_2 ، CO_2 و SO_2 نقش دارند.

این جذب می‌تواند حاصل برهم‌کنش‌های فیزیکی یا شیمیایی باشد. بنابراین اندازه مولکولی این گازها و همچنین وجود گروه‌های عاملی مربوطه می‌تواند در راندمان مشاهده شده تأثیر داشته باشد.

راندمان بیشتر در حذف گاز CO_2 می‌تواند ناشی از برهمکنش گروه‌های آمینی ساختار ایمیدازولاتی با این گاز باشد.

۳-۱-۳- حذف ذرات معلق

در شکل ۳ نیز عملکرد نانوالیاف کامپوزیتی حاوی ساختارهای ZIF تثبیت شده در حذف ذرات معلق نشان داده شده است.

کارایی ماسک تجاری در حذف ذرات ۴۷ درصد و ماسک اصلاح شده با نانوالیاف PS ، ۸۵ درصد است.

وارد کردن ساختارهای ZIF به کامپوزیت باعث بهبود عملکرد نانوالیاف در حذف ذرات معلق شده است، به طوری که با وارد کردن ZIF (۱۴NM) عملکرد حذف ذرات به ۹۹ درصد در فیلتر دارای PS-ZIF (۱۴NM) رسیده است.

قابل‌ذکر است که با افزایش اندازه ذرات میزان بازدهی نانوالیاف در حذف ذرات زیر ۲/۵ میکرون به طور ناچیزی کاهش پیدا کرده است.

٤ - نتیجه‌گیری

با مشاهده نتایج مشخص میشود که اصلاح فیلترهای تنفسی موجود در بازار به صورت ماسک‌های سه‌لایه با نانوالیاف پلی‌استایرنی کارایی آنها را بهبود می‌بخشد و وارد کردن نانوساختارهای ایمیدازولاتی در ماتریس نانوالیاف نیز تا حد قابل ملاحظه‌ای باعث بهبود قابلیت فیلتراسیون ماسک می‌شود.

نانوساختارهای ZIF با اندازه ۱۴ نانومتر بهترین عملکرد را داشته و علیرغم افزایش افت فشار از ۴۰ تا ۱۸۰ پاسکال کارایی آن در حذف ذرات زیر۲/۵میکرون و گازهای CO_2 ، NO_2 و SO_2 به ترتیب ۹۹ ، ۹۰ ، ۸۹ و ۸۶ به دست آمد.

پی‌نوشت:

۱- دانشگاه کاشان

۲- دانشگاه ارومیه