



بررسی قابلیت یک منسوج سه بعدی به عنوان فیلتر غبارگیر کولر آبی

علی زمانی^۱ / مجید خانیزاده^۱ / محمدرضا بابائی^۱

چکیده

در این پژوهش قابلیت یک منسوج سه بعدی برای استفاده به عنوان فیلتر غبارگیر کولر آبی بررسی می شود. هدف تعیین بهترین نمونه فیلتر از لحاظ بیشترین طول عمر و بازدهی و همچنین کمترین افت فشار اولیه است. ۱۴ نمونه فیلتر مرکب، متشکل از پارچه سه بعدی دوجداره در دو ضخامت ۱۲ و ۲۲ میلی متر به عنوان نگهدارنده مکانیکی و لایه های اسپان باند و ملت بلون در وزن های ۱۷، ۲۰ و ۲۵ گرم بر مترمربع و یک لایه پارچه تار پودی به عنوان لایه پوششی طراحی و تولید شد. نتایج و داده ها با تحلیل آماری ANOVA و با استفاده از آزمون SNK در سطح اطمینان ۹۹ درصد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد فیلتر متشکل از پارچه دوجداره ضخیم تر و لایه اسپان باند ۲۵ گرمی بهترین عملکرد را دارد.

۱- مقدمه

آلودگی محیط زیست در دهه های اخیر به عنوان یک معضل جهانی مطرح شده است. آلودگی هوا و آلاینده های گرد و غبار موجود در هوا یکی از مهمترین آلودگی های محیط زیست است.

بنا به اعلام سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا، میزان

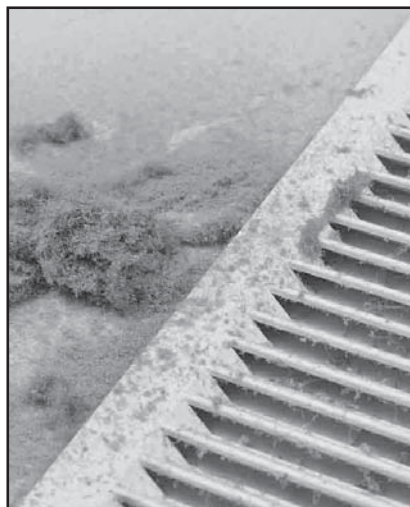
آلودگی هوای داخل اتاق به طور میانگین ۲ تا ۵ برابر آلودگی هوای بیرون است. بنابراین تصفیه هوا از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است.

به طور کلی برای فیلتراسیون و عملیات جداسازی ناخالصی از یک سیال، سازوکارهای متفاوتی وجود دارد و با توجه به همین سازوکارها منسوج مورد نظر برای فیلتراسیون انتخاب می شود.

محیط فیلتر به عنوان ماده نفوذپذیر مورد استفاده برای یک فیلتر، برای جداسازی ذرات فیلتر شونده از جریان سیال تعریف می شود.

توسعه الیاف مصنوعی و فناوری منسوجات بی بافت در گسترش استفاده از محیط فیلتر منسوج پایه بسیار تأثیرگذار بوده است. انعطاف پذیری بالا در جدا کردن ذرات معلق در هوا مهمترین مزیت یک محیط فیلتر منسوج پایه است.

از آنجایی که منسوجات دوجداره حلقوی تار، به



واسطه ساختار سه بعدی خود، خواص متفاوتی نسبت به منسوجات معمولی دارند می توانند گزینه کاربردی مناسبی در جهت بهبود خواص فیلتراسیون فیلترهای منسوج پایه باشند.

با توجه به خواص مطلوبی نظیر نفوذپذیری هوای بالا، جذب و انتقال رطوبت مناسب، مقاومت فشرده و مقاومت سطحی خوب، این منسوج به عنوان لایه بستر و نگهدارنده در فیلتر غبارگیر انتخاب شده است.

۲- مواد و روش ها

پارچه دوجداره علاوه بر عملکرد فیلتراسیون آن،

پایداری لازم را برای فیلتر فراهم آورده است چرا که سرعت جریان سیال در کانال کولر می تواند به راحتی ساختار تک لایه منسوجات آسیب رساند. علاوه بر این به جهت بهبود عملکرد فیلتراسیون نیاز به یک جزء مکمل نیز وجود دارد که این عنصر مکمل با آزمایش بین سه گزینه مورد پژوهش تار-پودی، اسپان باند و ملت بلون انتخاب شده است. همچنین با بررسی تأثیر ضخامت منسوج سه بعدی این عامل نیز به عنوان یک متغیر تأثیرگذار مورد بررسی قرار گرفته است.

نکته مهم در استفاده و فراهم نمودن چندلایه با بازده فیلتراسیون متفاوت، فیلتر شدن ذرات بزرگ تر در لایه ابتدایی و ذرات کوچکتر در لایه بعدی است.

بنابر کمبود اطلاعات در دسترس در مبحث فیلتراسیون هوای داخل اتاق و تصفیه هوای خروجی کانال های کولر آبی پر کاربرد در ایران به کمک فیلترهای منسوج پایه و پیشنهاد محیط فیلتر ترکیبی با بهره وری بالاتر و کاراتر، پژوهش پیش رو صورت پذیرفته است. هدف این مقاله معرفی محیط فیلتر پیشنهادی و اثبات کارایی آن است. همچنین هدف دیگر ارائه راه حلی برای حل معضل ورود ناخواسته ریزگردها به اتاق، به واسطه استفاده از کولرهای آبی است.

در این پژوهش پارچه های سه بعدی پلی استری به کار



شکل ۱. نمایی از روش آزمایش

غبار نمونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شده است. به منظور سهولت کار مقادیر به دست آمده برای هر فیلتر به عنوان افت فشار اولیه فیلتر و دبی حجمی اولیه هوای خروجی از آن فیلتر نامگذاری شده است. سپس بازدهی فیلترها، عمر و در آخر دبی حجمی نهایی هوای خروجی از فیلترها مورد بررسی قرار گرفته است.

به این منظور داده‌ها و نتایج به کمک تحلیل آماری ANOVA و نرم‌افزار آماری SPSS بررسی و معنادار بودن تأثیر هر بخش تعیین شده است. از آزمون SNK در سطح اطمینان ۹۹ درصد استفاده شده است.

برای مقایسه افت فشار در نمونه‌ها، اختلاف ارتفاع مورب مایع فشارسنج به عنوان معیاری در نظر گرفته و تبدیل به اختلاف فشار شده است.

این اختلاف فشار به منظور افت فشار اولیه در نظر گرفته شده است. به کمک آزمون SNK بر روی داده‌ها، تأثیر نمونه‌های مختلف بر افت فشار مورد بررسی قرار گرفته است.

نتیجه حاصل مطابق شکل ۲ نشان می‌دهد، نمونه‌های دارای لایه ملت‌بلون بیشترین افت فشار را ایجاد کرده است و نمونه‌های دارای پارچه تار-پودی دارای کمترین افت فشار هستند.

این رویه را می‌توان چنین تحلیل نمود که علت افت فشار کمتر در نمونه‌های تار-پودی، کمتر بودن تراکم سطحی و حضور کمتر الیاف در واحد سطح است.

این روند در نمونه‌ها با وزن واحد سطح کمتر نیز مشاهده می‌شود. در بررسی میزان دبی حجمی اولیه، میزان اولیه در حالت عدم حضور فیلتر ۷۸۳ فوت مکعب بر دقیقه و سرعت اولیه ۹/۲۵ متر بر ثانیه ثبت شده است.

پس از ثبت داده‌ها و به‌کارگیری آزمون SNK بر روی آنها مشاهده شد که نمونه‌های دارای لایه ملت‌بلون با وزن واحد سطح ۲۰ و ۲۵ گرم، کمترین

شده برای آزمایش پس از توزین به درون کیف شیردار نصب شده بر روی دستگاه وارد شده است.

در ادامه پس از جای گذاری فیلتر و ثبت شدن اختلاف ارتفاع ۱/۵ میلی‌متر به عنوان افت فشار اولیه با باز شدن شیر کیف، ورود آهسته و پیوسته گرد و غبار به جریان هوا رخ خواهد داد. شمای کلی روش آزمایش چیدمانی مطابق شکل ۱ دارد.

مطابق استاندارد EN۷۹۹ زمانی که افت فشار به ۲۵۰ تا ۴۰۰ پاسکال برای ذرات ریز و درشت برسد، عمر فیلتر تمام شده است.

در این پژوهش به دلیل آنکه فشار ایجاد شده توسط دمنده مورد استفاده حداکثر ۱۰۰ پاسکال است معیار جدیدی تعریف شده است و افت فشار ثانویه ۱۵ پاسکال به عنوان معیار پایان عمر فیلتر تعیین شده است.

بر اساس رابطه ۱ میزان افت فشار معادل اختلاف ارتفاع مورب ۷/۵ میلی‌متر در لوله فشارسنج است. در نتیجه هنگامی که مایع درون لوله فشارسنج به اندازه این مقدار افزایش پیدا کند، تغذیه گرد و غبار به سیستم متوقف شده و بر این اساس میزان گرد و غبار وارده شده به سیستم برای هر فیلتر به دست می‌آید. به کمک مقدار به دست آمده می‌توان عمر و بازدهی فیلتر را به ترتیب به کمک روابط ۲ و ۳ محاسبه کرد. همچنین پس از پایان آزمایش وزن گرد و غبار درون فیلتر و گرد و غبار انباشت شده در پشت آن، ثبت شده است.

که در آنها E_s بازدهی فیلتراسیون، M_p مقدار ذرات قرار گرفته روی فیلتر، G_T مقدار کل ذرات عبور کرده از فیلتر و G_T مقدار کل ذرات ورودی به فیلتر است.

۳- نتایج و بحث

پس از انجام آزمایش‌ها و گردآوری داده‌ها، ابتدا افت فشار و دبی حجمی جریان خروجی بدون تغذیه گرد و

گرفته شده در دو ضخامت ۱۲ و ۲۲ میلی‌متر بافته شده است.

نمونه‌های بی‌بافت استفاده شده نیز از نوع اسپان‌بند و ملت‌بلون بوده و هر دو از جنس پلی پروپیلن تهیه شده است. وزن‌های مصرفی در این پژوهش با توجه به میزان نفوذپذیری هوا در این منسوجات و کارایی آنها در ۳ گروه ۱۷، ۲۰ و ۲۵ گرم بر مترمربع انتخاب شده است. نمونه تار-پودی مورد آزمایش نیز با تراکم پودی ۷ و تراکم تار ۹ (نخ بر سانتیمتر) و با نخ پنبه نمره NE ۳۰ بر روی ماشین بافندگی ماکویی بافته شده است.

با استفاده از نخ پلی استر نمره NE ۴۰ و به کار گرفتن روش دوخت، دو جزء مجزای فیلتر کامپوزیتی به هم متصل شده است.

به منظور فراهم آوردن امکان مقایسه داده‌ها، پس از تنظیم اولیه کولر و کانال انتقال جریان هوای آن، اختلاف ارتفاع مورب مایع لوله فشارسنج در حالت عدم حضور فیلتر ثبت شده است. ارتفاع ۱/۵ میلی‌متر و اختلاف ارتفاع عمودی آن ۰/۳۷۵ میلی‌متر به دست آمده است.

این اختلاف ارتفاع نشان‌دهنده آن است که هرچه فاصله از فن بیشتر شود تغییر در جریان و فشار رخ خواهد داد. بر اساس رابطه ۱ به اندازه ۳ پاسکال اختلاف فشار بین دو نقطه انتخاب شده در کانال وجود دارد و این اختلاف فشار در تمامی آزمایش‌ها لحاظ شده است.

همچنین برای اندازه‌گیری دبی حجمی هوای خروجی کولر از بادسنجی با پراب پروانه‌ای در فاصله ۵۰ سانتیمتری فیلتر بهره گرفته شده است.

به دلیل بیشترین تمرکز خطوط جریان در کانالهای مربعی در مرکز سطح مقطع، بادسنج مذکور در مرکز سطح مقطع کانال نصب شده است. گرد و غبار تهیه



شکل ۲. نمودار مقایسه‌ای افت فشار اولیه نمونه‌های مختلف



نمونه‌های دوجداره ضخیم با پوشش اسپان باند ۲۵ گرمی، کمترین دبی حجمی را دارند. همچنین نمونه دوجداره نازک با پوشش اسپان باند ۱۷ گرمی کمترین مقاومت را در برابر عبور جریان از خود نشان داد.

روند به دست آمده از نتایج دبی با توجه به این اصل که نمونه با وزن بیشتر دارای مقدار بیشتری الیاف در سطح است و از طرفی حضور بیشتر الیاف باعث بیشتر شدن مقاومت در برابر جریان می‌شود، قابل تأیید است.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد افت فشار رابطه مستقیمی با نفوذپذیری هوا دارد.

در پژوهش انجام شده، نشان داده شد پارچه تار-پودی با بیشترین میزان نفوذپذیری، کمترین افت فشار را دارد. همچنین در نمونه‌های بی‌بافت با افزایش گرماژ شاهد کاهش تخلخل و نفوذپذیری هوا هستیم. بنابراین استفاده از نمونه با گرماژ بیشتر، افت فشار بیشتری در پی دارد.

با بررسی دبی حجمی هوای خروجی از هر نمونه، مشاهده شد استفاده از لایه ملت‌بلون به علت افت فشار زیاد و لایه تار-پودی به علت بازدهی پایین عملاً کارایی لازم را ندارند.

در این بررسی عملکرد بهتر نمونه‌های دوجداره نازک مشاهده شد که فقط از این منظر نسبت به نمونه‌های

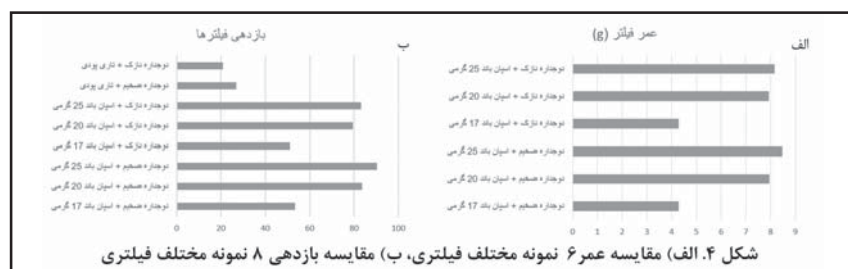
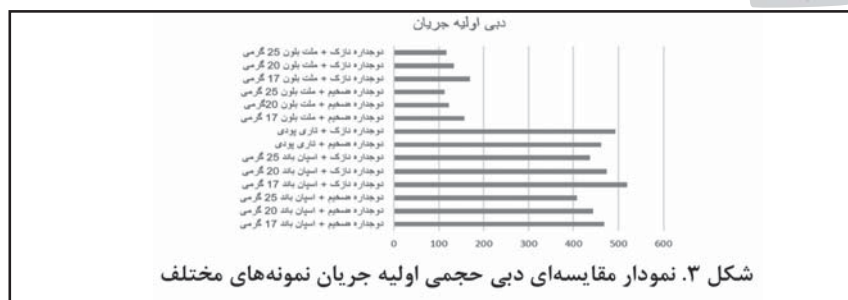
دوجداره ضخیم برتری دارند، اما از دیدگاه عملکرد کلی و طول عمر برتری با نمونه‌های دوجداره ضخیم است.

همچنین مشاهده شد دبی حجمی نهایی جریان خروجی پس از پر شدن فیلتر و تمام شدن طول عمر آن رابطه عکس با تخلخل فیلتر دارد. بنابراین هرچه میزان نفوذپذیری بالاتر باشد، دبی حجمی نهایی جریان خروجی نیز بیشتر خواهد شد.

بر اساس نتایج به دست آمده از ۱۴ نمونه و آزمون‌های آماری، نمونه فیلتر کامپوزیتی تشکیل شده از پارچه‌های دوجداره ضخیم و لایه اسپان باند ۲۵ گرمی بهترین فیلتر در بین نمونه‌ها است.

پی‌نوشت:

۱- دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر



علاوه بر نمونه‌های دارای ملت‌بلون، نمونه‌های دارای پارچه تار-پودی نیز به علت بازدهی کم و عبور دادن ذرات گرد و غبار مورد بررسی قرار نگرفته است.

بررسی آماری صورت پذیرفته نتایج، نشان داد نمونه‌های پوشش یافته با اسپان باند ۱۷ گرمی در یک گروه قرار گرفته است و کمترین عمر یا گنجایش نگهداری ذرات را از خود نشان داده است.

در نهایت با مقایسه داده‌ها نشان داده شد که نمونه دوجداره ضخیم به همراه لایه اسپان باند ۲۵ گرمی بالاترین طول عمر را دارد.

روندها و نتایج بیان شده در باره طول عمر و بازدهی فیلتر به ترتیب در شکل ۴.الف و ب نشان داده شده است.

در بررسی میزان طول عمر نمونه‌ها علاوه بر بازدهی، میزان ذرات جذب شده عامل اثرگذار است.

از طرفی نمونه با تخلخل، ضخامت و وزن واحد سطح بیشتر می‌تواند ذرات بیشتری را در خود حبس نموده و میزان جذب ذرات را بالا ببرد. بنابراین نتیجه حاصل، یعنی بیشتر بودن طول عمر نمونه دوجداره ضخیم به همراه لایه اسپان باند ۲۵ گرمی قابل قبول خواهد بود.

در مقایسه و بررسی نهایی ۶ نمونه باقی مانده از نظر دبی حجمی نهایی با توجه به آزمون آماری صورت پذیرفته و مقایسه داده‌ها مشاهده شد که

دبی خروجی را داشته و همچنین دو نمونه دوجداره نازک با پارچه تار-پودی و اسپان باند ۱۷ گرمی کمترین مقاومت را در برابر جریان از خود نشان داده است.

در مقایسه نموداری که در شکل ۳ نشان داده شده است نیز این نتیجه قابل مشاهده است. روند دست یافته به عنوان نتیجه بررسی میزان دبی را می‌توان با روند افت فشار نمونه‌ها مرتبط دانست، به گونه‌ای که نمونه دارای افت فشار بیشتر، مقاومت در برابر جریان بیشتری از خود نشان می‌دهد و بنابراین دبی خروجی کمتری نیز خواهد داشت.

در روند بررسی بازده فیلتر به علت آنکه نمونه‌های پوشش داده شده با ملت‌بلون دبی حجمی اولیه کم و افت فشار اولیه زیادی از خود نشان داده است در این بخش مورد بررسی قرار نگرفته است.

در بررسی داده‌های مابقی نمونه‌ها مشاهده شد که نمونه‌های دارای پارچه تار-پودی کمترین و نمونه دوجداره ضخیم دارای اسپان باند ۲۵ گرمی بالاترین میزان بازدهی را دارد.

علت بازدهی کم نمونه‌های تار-پودی عبور دادن مقدار بیشتری از ذرات به نسبت سایر نمونه‌ها است و این رویه حاصل کم بودن حضور الیاف در سطح، ضخامت کم نمونه و در کل، عدم فراهم آوردن سازوکارهای جذب ذرات از جمله جذب به روش اینرسی است.

همچنین در روند بررسی طول عمر فیلتر نیز