INSO
21008
1st Edition
2020

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۱۰۰۸
چاپ اول
۱۳۹۸

فناوری نانو- مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف برای فیلتراسیون ذرات- مشخصه‌یابی، عملکرد و روش‌های آزمون

Nanotechnology – Air filter media containing nanofibres for filtration of particles - Characterization, performance and test methods

ICS: 13.340.30

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن تـوجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«فناوری نانو- مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف برای فیلتراسیون ذرات- مشخصه‌یابی، عملکرد و روش‌های آزمون»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
بیت الهی، علی (دکتری مهندسی مواد و متالورژی)	عضو هیئت علمی - دانشگاه علم و صنعت
دبیر:	
فریدی مجیدی، رضا (دکتری شیمی آلی)	عضو هیئت علمی - دانشگاه علوم پزشکی تهران
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسلامی‌پور، الهه (کارشناسی ارشد زیست‌شناسی)	کارشناس– کمیته استانداردسازی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
ایمان‌زاده، پرویز (فوق دیپلم مهندسی مکانیک)	مدیرعامل- شرکت آزاد فیلتر
پوی پوی، حسن (کارشناسی ارشد شیمی)	دبیر- کمیته استانداردسازی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
دادگری، نیکی (کارشناسی ارشد مواد و متالورژی)	کارشناس تحقیق و توسعه- شرکت فناوران نانومقیاس
سیفی، مهوش (کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)	کارشناس استاندارد - نایب رئیس کمیته فنی متناظر ISIRI/TC229
عسکری، مجید (کارشناسی ارشد مواد نانوتکنولوژی)	رئیس- هیئت مدیره شرکت توان پیشرو صنعت آوید
غیبی، علی (کارشناسی ارشد مهندسی نساجی)	مسئول تحقیق و توسعه- شرکت فناوران نانومقیاس

اعضا:	سمت و/یا محل اشتغال:
فروندی، محمد جواد (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	مدیر تولید- شرکت بهران فیلتر
فرهنگ دهقان، سمیه (دکتری مهندسی بهداشت حرفه ای)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی دانشگاه شهید بهشتی
گشتی آذر، سمانه (کارشناسی ارشد مواد و متالورژی)	کارشناس- ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
گلبابایی، فریده (دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی تهران
نادری، نادر (کارشناسی ارشد شیمی)	مدیرعامل - شرکت فناوران نانومقیاس
نجم‌الدین، نجمه (دکتری مهندسی مواد و متالورژی)	عضو هیئت علمی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
نگهدار جوزانی، مهدی (کارشناس مهندسی مکانیک)	رئیس- آزمایشگاه مرجع سازمان ملی استاندارد ایران
ویراستار:	
سیفی، مهوش (کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)	کارشناس استاندارد - نایب رئیس کمیته فنی متناظر ISIRI/TC229

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ز
مقدمه ح
۱ هدف و دامنهٔ کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها، کوته‌نوشت‌ها و یکاها ۲
۴ توصیف مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف برای فیلتراسیون ذرات ۵
۴-۱ مشخصات مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف ۶
۴-۱-۱ ریخت‌شناسی نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره ۶
۴-۱-۲ قطر نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره ۶
۵ روش‌های مشخصه‌یابی و اندازه‌گیری نانوالیاف مدیای فیلتر هوا ۶
۵-۱ مشخصه‌یابی ریخت‌شناسی با استفاده از تصویربرداری SEM یا FESEM ۶
۵-۲ اندازه‌گیری و محاسبه میانگین و توزیع اندازه قطر نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره ۷
۶ عملکرد مدیای فیلتر هوا ۷
۶-۱ روش‌های ارزیابی مرتبط با عملکرد مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف ۷
۶-۱-۱ الزامات عمومی ۷
۶-۱-۲ نفوذپذیری هوا ۷
۶-۱-۳ بازدهی فیلتراسیون ۸
۶-۱-۴ افت فشار ۸
۷ نتایج مشخصه یابی و اندازه گیری ۸
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) ساختار متداول مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف ۱۰
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) روش‌های اندازه‌گیری مشخصه‌های ساختاری نانوالیاف ۱۲
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) قالب گزارش آزمون برای مشخصات الزامی ۱۶
پیوست ت (آگاهی‌دهنده) قالب گزارش آزمون برای مشخصات آگاهی‌دهنده ۱۷
کتاب‌نامه ۱۸

پیش‌گفتار

استاندارد «فناوری نانو- مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف برای فیلتراسیون ذرات - مشخصه‌یابی، عملکرد و روش‌های آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوطه توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در هشتاد و سومین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد نانو مورخ ۱۳۹۸/۱۱/۷ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران براساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار وشیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منابع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

1- ISO/ TS 21237: 2019, Nanotechnologies –Air filter media containing polymeric nanofibres; Specification of characteristics and measurement methods

2- ISO 29463-3:2011, High efficiency filters and filter media for removing particles from air -- Part 3: Testing flat sheet filter media

مقدمه

ذرات معلق در هوا اندازه‌های مختلفی دارند، آسیب‌رسانی این ذرات صرف‌نظر از ماهیت شیمیایی آن‌ها با اندازه آن‌ها ارتباط دارد، لذا با توجه به پیشرفت صنعت در حوزه فناوری نانو و صنعتی شدن روزافزون شهرها در کشور، افزایش آلودگی هوا معضلی است که روزبه‌روز بیشتر باید به آن توجه کرد. در نتیجه استفاده از فیلترهای هوای رایج در بازار اثر زیادی در پیشگیری ورود این دسته ذرات به سامانه دستگاه‌هایی مانند خودروها، توربین‌های گازی، وسایل محافظت شخصی، جمع‌کننده‌های غبار ندارند، در نتیجه بهتر است در این دستگاه‌ها از فیلترهایی با قابلیت فیلتراسیون بالاتر استفاده شود.

مدیای فیلتر نقش بسیار مهمی در عملکرد فیلتراسیون گونه‌های مختلفی از فیلتر بازی می‌کند. امروزه به شکل متداولی از فیلترهای الکترواستاتیکی جهت افزایش بازدهی فیلترهای معمولی استفاده می‌شود. مشکل عمده این نوع فیلترها در این است که پس از رسیدن به نقطه اشباع چون نوع سازوکار فیلتراسیون ذرات آن‌ها الکترواستاتیکی است، بازدهی به شدت کاهش پیدا می‌کند. به همین جهت امروزه صنایع مرتبط، طبقه‌بندی فیلتری[1] جدیدی معرفی کرده‌اند به نام فیلترهای هوا حاوی نانوالیاف، در این نوع فیلترها بدون افزایش محسوس افت فشار، بازدهی بهبود یافته است.

در سال‌های اخیر، مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف به شکل گسترده‌ای در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. در نتیجه، استفاده از فیلترهای حاوی نانوالیاف به‌عنوان یکی از روش‌های فیلتراسیون با بازدهی بالا (اولیه و نهایی)، افت فشار پایین، قابلیت تمیزشوندگی، اقتصادی بودن و بهبود تبدیل انرژی در موتورهای احتراقی و کمپرسورها متداول شده‌است. مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف معمولا با پوشش دادن یک یا چند نوع نانوالیاف پلیمری (بسپاری)[2] بر سطح منسوج بی‌بافت دارای تخلخل، تولید می‌شود.

روش‌های گوناگونی مانند الکتروریسی[3]، نیروریسی[4] و غیره، برای تولید مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف استفاده می‌شود. با توجه به فرایند تولید، نانوالیاف می‌تواند ساختار بلوری، چگالی سطحی، ریخت‌شناسی[5] و قطر متفاوتی داشته باشد. به‌طور معمول از نانوالیاف‌های پلیمری مانند پلی‌آمید، پلی‌وینیلیدین فلوراید، پلی‌اکریلونیتریل و پلی‌یورتان در تولید مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف استفاده می‌شود. نانوالیاف می‌تواند بر انواع گوناگونی از بسترهای بی‌بافت و بافته، پوشش داده شود. علاوه بر این، نانوالیاف تولید شده می‌تواند شامل نانوالیاف سرامیکی، چندسازه[6] (پلیمری/ سرامیکی) و حاوی نانوذرات معدنی برای ایجاد عملکردی ویژه باشد.

1- Filter classification
2- Polymeric
3- Electrospinning
4- Forcespinning
5- Morphology
6- Composite

نانوالیاف به دلیل خصوصیاتی همانند سطح ویژه مؤثر[1] و تخلخل بالا و هم‌چنین ایجاد جریان لغزشی در برابر هوای عبوری، گزینه مناسبی برای ساخت بسترهای فیلترکننده ذرات زیرمیکرونی می باشند. قطر نانوالیاف به شکل قابل‌توجهی کمتر از قطر میکروالیافی است که عموما در فیلترها استفاده می‌شود. این ویژگی به سازوکار اینرسی[2] و رهگیری[3] امکان بیشتری برای بهبود بازدهی فیلتراسیون می‌دهد. سازوکار اینرسی زمانی اتفاق می‌افتد که به دلیل اینرسی، ذره ناخالصی از جریان هوا جدا می‌شود و رهگیری نیز زمانی اتفاق می‌افتد که یک ذره اینرسی کافی را ندارد تا از جریان هوا جدا شود اما به اندازه کافی به لیف نزدیک می‌شود تا اینکه نیروهای طبیعی ذره را به لیف بچسباند. اثر جریان لغزش[4]، در فیلترهای رایج اتفاق نمی‌افتد و این سازوکار در مدیای فیلتر حاوی نانوالیاف به دلیل کوچک بودن اندازه الیاف اتفاق می‌افتد، این اثر باعث گذر مقدار بیشتری از ذرات آلودگی در نزدیکی سطح نانوالیاف می‌شود. همین امر عامل افزایش بازدهی سازوکار اینرسی و رهگیری است. در نتیجه توانایی فیلتراسیون غشاء نانوالیاف، در افت فشار یکسان، در مقایسه با میکروالیاف، افزایش پیدا می‌کند.

علاوه‌براین، سطح ویژه مؤثر بسیار بالای نانوالیاف در تسهیل جذب آلودگی هوا نقش بسزایی ایفا می‌کند. تمام ویژگی‌های ذکر شده، در تولید محدوده وسیعی از فیلترهای هوای حاوی نانوالیاف در فیلتراسیون هوا اثرگذار است. حائز اهمیت است که چنین عملکرد فیلتراسیونی، به مشخصات و ویژگی‌های گوناگونی از نانوالیاف پوشش داده‌شده وابسته است. از جمله این مشخصات می‌توان به ریخت‌شناسی و قطر نانوالیاف موجود در مدیای فیلترهای هوا اشاره کرد. علاوه بر این، چگالی سطحی (گرماژ)[5] که در مدیای فیلترهای هوای رایج، حائز اهمیت نیست و در استانداردهای مرتبط با فیلتر ذکر نشده است، برای این طبقه از مدیای فیلترهای هوا می‌تواند درنظر گرفته شود. پیوست **الف** شکل الف-۱ طرحواره‌ای از برش عرضی مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف و شکل الف-۲ و الف-۳ تصاویر SEM[6] مرتبط با ریخت‌شناسی نانوالیاف را نشان می‌دهد.

لذا الزامات جدیدی را باید برای تولید مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف رعایت کرد و هدف از تدوین این استاندارد بیان الزاماتی است که در استانداردهای پیشین عنوان و بحث نشده است.

مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف در این استاندارد تنها زمانی قابل تایید است که روش‌های آزمون برای مجموعه مدیای فیلتر هوا و یا بخش‌هایی از آن، با موفقیت انجام شده باشد. این استاندارد ارتباط بین فروشنده و خریدار را تسهیل می‌کند.

1- Specific surface area
2- Initial impact
3- Interception
4- Slip flow effect
5- Grammage
6- Scanning electron microscope

فناوری نانو- مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف برای فیلتراسیون ذرات- مشخصه‌یابی، عملکرد و روش‌های آزمون

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد مشخصه‌یابی و عملکرد مدیای فیلتر هوای حاوی نانوالیاف و روش‌های آزمون مربوطه برای فیلتراسیون ذرات است. علاوه‌براین، مشخصات ساختاری، فیزیکی و شیمیایی نانوالیاف استفاده شده در مدیای فیلترهای هوا و روش‌های اندازه‌گیری برای تک‌تک مشخصات نیز در این استاندارد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

این استاندارد به بررسی مسائل ایمنی و سلامت نمی‌پردازد.

یادآوری ۱-روش‌های ارزیابی مرتبط با عملکرد فیلتراسیون مندرج در بند ۶ این استاندارد برای تمامی مدیاهای فیلتر هوا کاربرد دارد. جهت ارزیابی عملکرد فیلتراسیون مدیای فیلتر هوا از استانداردهای مرتبط که قبلا تدوین شده است، استفاده شود.

یادآوری ۲- برای تعیین خصوصیات بستره، خریدار و فروشنده به استانداردهای مرتبط مراجعه کنند.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی شماره ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، فناوری نانو – واژه‌نامه – قسمت ۱: اصطلاحات اصلی

۲-۲ استاندارد ملی شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، فناوری نانو - واژه نامه - قسمت ۲: نانو اشیاء

۲-۳ استاندارد ملی شماره ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۶، فناوری نانو - واژه نامه - قسمت ۶: مشخصه‌یابی نانوشیء

۲-۴ استاندارد ملی شماره ۳۴: سال ۱۳۹۴، تجهیزات تصفیه هوای ورودی به موتورهای احتراق داخلی و کمپرسورها (فیلتر)-آزمون عملکرد

۲-۵ استاندارد ملی شماره ۱۱۰۰۸: سال ۱۳۸۷، منسوجات نبافته – تعیین قابلیت نفوذ هوا – روش آزمون

2-6 ISO 16890:2016 (All parts), Air filters for general ventilation.

2-7 ISO 9912:2004, Agricultural irrigation equipment -- Filters for micro-irrigation -- Part 1: Terms, definitions and classification

2-8 ISO 9073-1:2000,Textiles -- Test methods for nonwovens -- Part 1: Determination of mass per unit area

2-9 ISO 9277:2010, Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption -- BET method

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها، کوته نوشت‌ها و یکاها

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ISO 16890:2016 و استاندارد ملی شماره ۳۴، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود:

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

۳-۱-۱

مدیای فیلتر

filter medium

ماده متخلخل نفوذپذیر استفاده‌شده در فیلتراسیون که در آن، ذرات فیلترشده به دام افتاده یا بر سطح آن نشانده می‌شوند.

[منبع: استاندارد ISO 9912-1:2004]

یادآوری – مدیای فیلتر مجموعه لایه(ها)ی نانوالیاف و بستره است.

۳-۱-۲

مدیای فیلتر حاوی نانوالیاف

filter medium containing nanofiber

مدیایی که حاوی الیافی در محدوده نانومقیاس است.

۳-۱-۳

نانومقیاس

nanoscale

گستره اندازه بین تقریبا یک نانومتر تا ۱۰۰ نانومتر است.

یادآوری- خواصی که از اندازه‌های بزرگتر برون‌یابی نمی‌شوند غالبا در این گستره اندازه نشان داده می‌شوند.

[منبع: زیربند ۲-۱، استاندارد ملی ایران - ایزو ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۳-۱-۴

نانوشیء

nano-object

هر قطعه مجزا از یک ماده با یک، دو یا سه بعد خارجی در *نانومقیاس* (۳-۱-۳) است.

یادآوری- ابعاد خارجی بعد دوم و سوم عمود بر بعد اول و همچنین عمود بر یکدیگر هستند.

[منبع: زیربند ۲-۲، استاندارد ملی ایران - ایزو ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۳-۱-۵

نانولیف

nanofibre

نانوشیئی (۳-۱-۴) با دو بعد خارجی در مقیاس نانو و بعد سوم که به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بزرگتر است.

یادآوری ۱- بزرگترین بعد خارجی لزوما در مقیاس نانو نیست.

یادآوری ۲- اصطلاحات نانولیفچه و نانورشته نیز می‌تواند استفاده شود.

یادآوری ۳- چنانچه ابعاد به‌طور قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر تفاوت داشته باشند (معمولا بیشتر از سه برابر)، ممکن است اصطلاحاتی مانند نانولیف یا نانوصفحه بر نانوذره ترجیح داده شود.

[منبع: زیربند۲-۵، استاندارد ملی ایران- ایزو ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۳-۱-۶

ذره

particle

قطعه کوچکی از ماده با مرزهای فیزیکی معین است.

یادآوری ۱- مرز فیزیکی را می‌توان به عنوان سطح مشترک نیز توصیف کرد.

یادآوری ۲- ذره می‌تواند به‌عنوان یک واحد جابه‌جا شود.

یادآوری ۳- این تعریف کلی از ذره برای *نانواشیاء* (۳-۱-۴) به‌کار می‌رود.

[منبع: زیربند ۳-۱، استاندارد ملی ایران – ایزو ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۳-۱-۷

هواسُل

aerosol

سامانه‌ای از ذرات جامد یا مایع معلق شده در گاز است.

[منبع: زیربند ۲-۱۲، استاندارد ملی ایران – ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۶]

۳-۱-۸

ریخت‌شناسی

morphology

ریخت‌شناسی به جهت‌گیری، ساختار، اندازه و شکل نانوالیاف پوشش داده شده بر سطح بستره گفته می‌شود.

۳-۱-۹

بستره

substrate

لایه پایه برای نشاندن نانوالیاف بر روی سطح آن است.

۳-۲ نمادها و کوته نوشت‌ها

SEM	Scanning Electron Microscope	میکروسکوپ الکترونی
FESEM	Field Emission Scanning Electron Microscope	میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی
BET	Brunauer–Emmett–Teller	برونر – امت – تلر
DSC	Differential Scanning Calorimetry	دستگاه آنالیز گرماسنجی روبشی تفاضلی
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy	طیف‌سنجی تبدیل فوریه فروسرخ
UV-Vis	Ultraviolet-Visible Spectrophotometry	طیف‌سنجی مرئی- فرابنفش
TGA	Thermo Gravimetric Analysis	آنالیز گرماوزن‌سنجی

۳-۳ نمادها و یکاها

- g/m^2 چگالی سطحی
- $cm^3/s/cm^2$ نفوذپذیری هوا
- Pa پاسکال

۴ توصیف مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف برای فیلتراسیون ذرات

این نوع مدیا جهت فیلتراسیون هواسل‌ها طراحی شده است. مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف عموما با نشاندن لایه(ها)ای از نانوالیاف پلیمری برای به دام‌اندازی ذرات زیرمیکرونی روی یک بستره مناسب و متخلخل به کمک روش‌های گوناگونی از جمله الکتروریسی تهیه می‌شود.

۴-۱ مشخصات مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف

۴-۱-۱ ریخت‌شناسی نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره

به‌منظور بررسی ریخت‌شناسی نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره طبق جدول ۱، باید از دستگاه‌های SEM یا FESEM استفاده شود. یکی از مزیت‌های استفاده از روش‌های تصویربرداری، بررسی مستقیم قطر و ریخت‌شناسی نانوالیاف است. نحوه آماده‌سازی نمونه نانوالیاف پوشش داده شده بر بستره در زیربند ۵-۱شرح داده شده است.

۴-۱-۲ قطر نانوالیاف پوشش داده شده بر بستره

به منظور اندازه‌گیری و محاسبه میانگین و توزیع اندازه قطر نانوالیاف پوشش داده شده بر بستره، طبق جدول ۱، از دستگاه SEM یا FESEM استفاده می‌شود. نحوه ارزیابی قطر نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره در زیربند ۲-۵ شرح داده شده است.

جدول ۱- مشخصات الزامی و روش‌های اندازه‌گیری آن‌ها

مشخصات مورد نیاز	روش اندازه‌گیری	روش جایگزین
ریخت‌شناسی نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره	آنالیز تصاویر SEM	آنالیز تصاویر FESEM
قطر نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره (میانگین ± انحراف از معیار بر حسب نانومتر)	آنالیز تصاویر SEM	آنالیز تصاویر FESEM

۵ روش‌های مشخصه‌یابی و اندازه‌گیری نانوالیاف مدیای فیلتر هوا

۵-۱ مشخصه‌یابی ریخت‌شناسی با استفاده از تصویربرداری SEM یا FESEM

برای بررسی قطر و ریخت‌شناسی نانوالیاف پوشش داده شده بر بستره مدیای فیلتر، از تصویربرداری SEM (یا FESEM) استفاده می‌شود، نحوه تصویربرداری میکروسکوپی موردنیاز برای بررسی قطر و ریخت‌شناسی سطح مدیای فیلتر، بین خریدار و فروشنده توافق می‌شود. گونه‌های مختلفی از ریخت‌شناسی نانوالیاف می‌تواند بر بازدهی نهایی مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف اثر بگذارد. در پیوست **الف** شکل الف-۳ تصاویری از ریخت‌شناسی مدیای فیلتر هوا ارائه شده است.

انتخاب آزمونه از نمونه آنالیز باید به نحوی باشد که نمونه‌برداری کاملا تصادفی انجام شود. سطح نمونه با نشاندن یک لایه رسانا پوشش داده می‌شوند. پس از پوشش‌دهی لایه رسانا بر سطح نمونه جهت انجام تصویربرداری، نمونه در محفظه خلاء دستگاه قرار می‌گیرد. برای ریخت‌شناسی در گزارش آزمون، حداقل سه تصویر با بزرگنمایی حداقل دوهزار برابر از سطح مدیای فیلتر هوای حاوی نانوالیاف گزارش می‌شود. برای

اینکه از سازگاری تصاویر اطمینان حاصل شود، بزرگنمایی اولیه، ولتاژ شتاب دهنده و نشانگر مقیاس کالیبره‌شده باید گزارش شود.

۲-۵ اندازه‌گیری و محاسبه میانگین و توزیع اندازه قطر نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره

برای اندازه‌گیری و محاسبه میانگین و توزیع اندازه قطر نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره در گزارش آزمون، حداقل پنج تصویر با بزرگنمایی حداقل ده‌هزار برابر، مشابه تصویر ارائه شده در پیوست **الف** شکل الف-۲ از سطح مدیای فیلتر هوای حاوی نانوالیاف گزارش می‌شود. نحوه تصاویر میکروسکوپی موردنیاز برای بررسی قطر نانوالیاف، بین خریدار و فروشنده توافق می‌شود. برای اندازه‌گیری و محاسبه میانگین و توزیع اندازه قطر الیاف، قطر ۱۰۰ لیف را به کمک ابزارهای مرتبط محاسبه کرده و سپس به روش آماری میانگین و انحراف از معیار آن محاسبه و گزارش می‌شود.

یادآوری – مدیای پوشش داده‌شده لازم است حاوی الیافی در محدوده نانومقیاس باشد.

۶ عملکرد مدیای فیلتر هوا

۶-۱ روش‌های ارزیابی مرتبط با عملکرد مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف

استانداردهای مشخصی برای بررسی عملکرد مدیای فیلتر هوا (فلت شیت)[1] پوشش داده‌شده با نانوالیاف برای کاربردهای مختلف استفاده می‌شود. مشخصات فیزیکی مدیای فیلتر هوا و خواص آن مانند افت فشار، بازدهی و نفوذپذیری هوا، و روش‌های آزمون مناسب آن در زیر بحث شده است.

۶-۱-۱ الزامات عمومی

هوای اتاق می‌تواند به‌عنوان منبع هوای آزمون به‌کار رود. دمای هوا در دستگاه آزمون ۵ ± ۲۳ °C و رطوبت نسبی کمتر از ۷۰٪ باشد. جریان خروجی ممکن است به خارج یا داخل تخلیه شود یا دوباره به گردش درآید.

۶-۱-۲ نفوذپذیری هوا

نفوذپذیری هوا یک عامل مهم در عملکرد مناسب مدیای فیلتر هوا است. تمام نمونه‌ها باید طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۰۰۸ ارزیابی شوند.

نمونه‌های آزمون نفوذپذیری هوا در اتمسفر استاندارد ارزیابی می‌شوند. تعداد نمونه‌های موردنیاز برای ارزیابی نفوذپذیری مدیای فیلتر هوای حاوی نانوالیاف، براساس توافق بین خریدار و فروشنده است.

یادآوری- گذر هوا همانگونه که اندازه‌گیری می‌شود باید ثبت شود.

1- Flat sheet filter media

۶-۱-۳ بازدهی فیلتراسیون

اندازه‌گیری و ارزیابی بازدهی فیلتراسیون طبق استاندارد ISO 29463-3 انجام می‌شود. بازدهی اولیه، با استفاده از روش شمارش ذرات در جریان پایین‌دستی و بالادستی مدیای فیلتر هوا تعیین می‌شود. در فرآیند آزمون می‌توان از هواسل تک ذره‌ای یا چندذره‌ای استفاده کرد.

بخشی از جریان هواسل آزمون از جریان بالادستی و پایین‌دستی مدیای فیلتر جهت ارزیابی و تعیین بازدهی، نمونه‌گیری می‌شود. نتایج این اندازه‌گیری‌ها در رسم منحنی بازدهی براساس اندازه ذرات برای مدیای فیلتر استفاده می‌شود.

تعداد نمونه‌های مورد نیاز جهت ارزیابی بازدهی مدیای فیلتر هوای حاوی نانوالیاف، براساس توافق بین خریدار و فروشنده تعیین می‌شود.

۶-۱-۴ اُفت فشار

اندازه‌گیری مقاومت به جریان هوا در مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف می‌تواند مطابق استاندارد، ISO 29463-3 ارزیابی و طبقه‌بندی شود.

درصورت امکان تمام اطلاعات مربوط به اُفت فشار به‌صورت جدول‌بندی شده در تمام مراحل آزمون ثبت می‌شوند. اندازه‌گیری اُفت فشار مدیای فیلتر به‌وسیله هوای خالص و پیش از تزریق ذرات آزمون عملکرد انجام می‌شود. اندازه‌گیری اُفت فشار زمانی انجام می‌شود که سامانه به حالت عملیاتی پایدار رسیده باشد.

۷ نتایج مشخصه‌یابی و اندازه‌گیری مشخصات الزامی

گزارش آزمون مشخصات الزامی حداقل شامل اطلاعات زیر باشد:

۷-۱ اطلاعات عمومی

- شماره کالا؛
- نام نمونه؛
- شرایط نگهداری پیش از آزمون؛
- نام تولیدکننده؛
- نوع بستره؛

۷-۲ مشخصات الزامی و نتایج اندازه‌گیری آن‌ها

- عنوان مشخصات؛
- روش آزمون؛
- تاریخ انجام آزمون؛

- نام آزمایشگاه؛
- نتایج آزمون؛

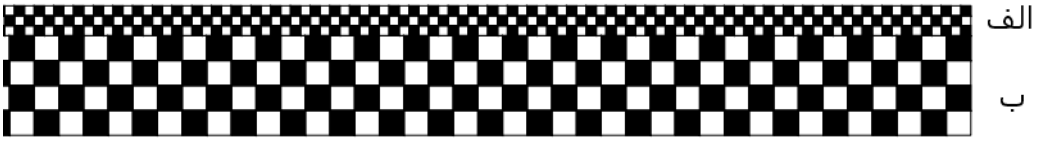
جداول پ-۱، پ-۲ و پ-۳ در پیوست **پ**، مثال‌هایی از فرم گزارش مشخصات الزامی ذکر شده در جـدول ۱ است.

جدول ت-۱ در پیوست **ت** نیز شامل مثال‌هایی از فرم گزارش مشخصات ذکر شده در پیوست **ب** است.

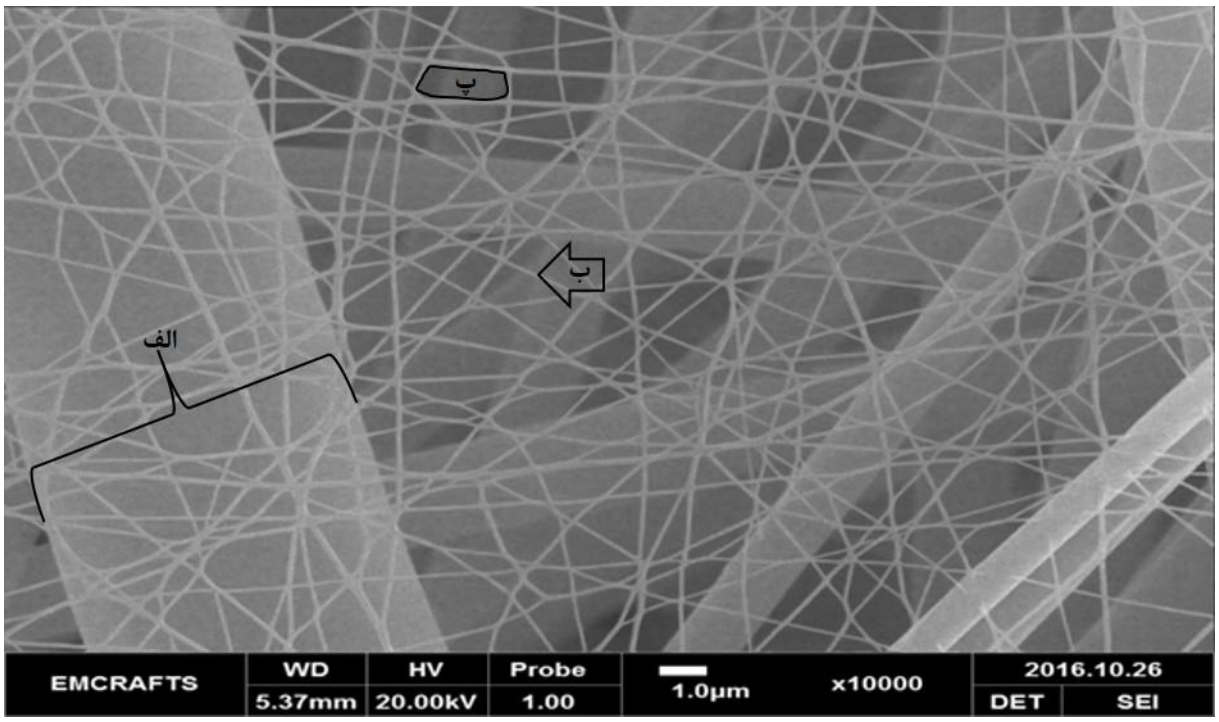
پیوست الف
(آگاهی‌دهنده)

ساختار متداول مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف

شکل الف-۱ طرحواره‌ای از برش عرضی مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف را نشان می‌دهد.

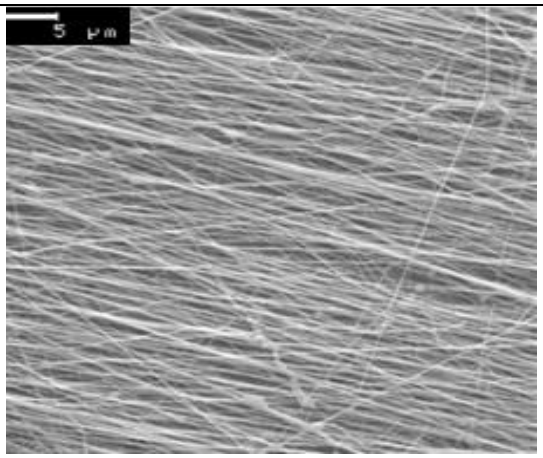
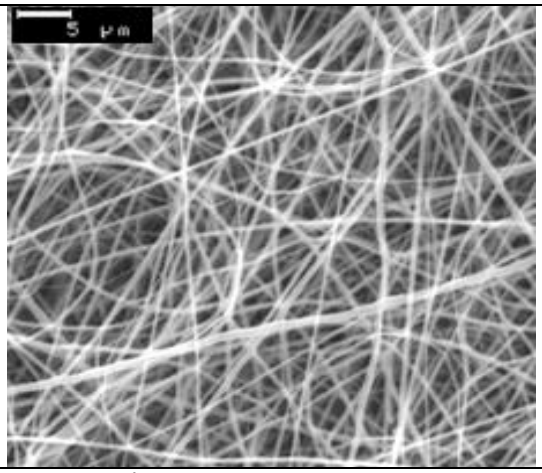
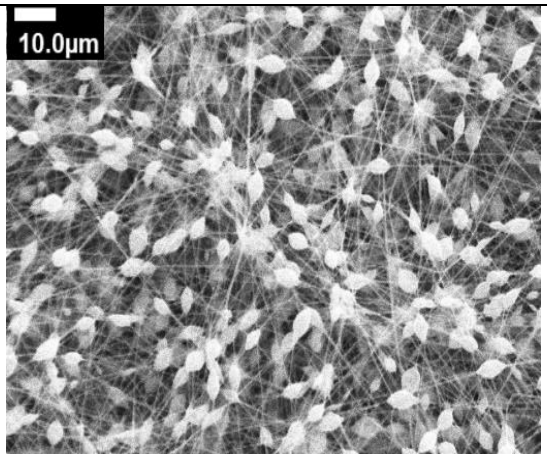
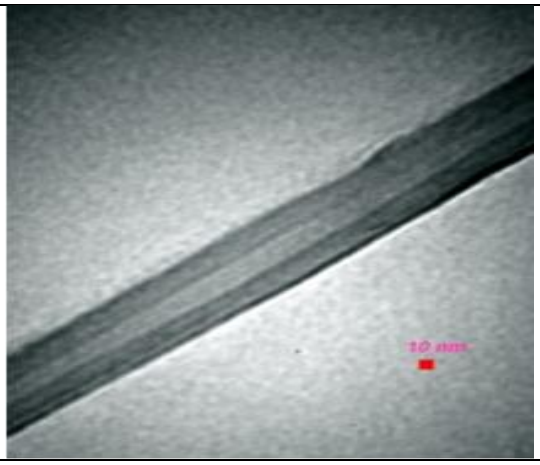


شکل الف-۱- طرحواره‌ای از برش عرضی یک مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف، الف: لایه نانوالیاف ب: لایه بستره



شکل الف- ۲- نمونه تصویر SEM در بزرگنمایی ۱۰۰۰۰ برابر. الف: میکروالیاف ب: نانوالیاف پ: حفره

شکل الف-۲ بیانگر تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف است.

ریخت شناسی و بافت‌های گوناگون نانوالیاف	
(الف) لیف‌گونه جهت‌دار[1]	(ب) لیف‌گونه تصادفی[2]
	
(پ) لیف‌گونه دانه تسبیحی[3]	(ت) لیف‌گونه هسته - پوسته[4]
	

شکل الف-۳- ریخت شناسی و بافت‌های گوناگون نانوالیاف.

شکل الف-۳ بیانگر گونه‌های مختلف ریخت‌شناسی و بافت نانوالیاف (لیف‌گونه تصادفی، لیف‌گونه جهت‌دار، لیف‌گونه هسته – پوسته و لیف‌گونه دانه تسبیحی) است.

1- Oriented fibre-like
2- Random fibre-like
3- Beaded fibre-like
4- Core-shell fibre-like

پیوست ب

(آگاهی دهنده)

روش های اندازه‌گیری مشخصات ساختاری نانوالیاف

ساختار و مشخصات فیزیکی و شیمیایی نانوالیاف پوشش داده شده روی بستره بر میزان بازدهی و افت فشار مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف اثرگذار است.

ب -۱ مشخصات ساختاری

پیشنهاد می‌شود مشخصات ساختاری که در جدول ب-۱ بیان شده است، اندازه‌گیری شود. این ارزیابی می‌تواند توافق بین خریدار و فروشنده متناسب با نوع کاربری باشد. نانوالیاف می‌تواند حاوی فازهای بلوری یا بی‌شکل باشد که هر مورد اثر ویژه‌ای بر عملکرد مدیای فیلتر می‌گذارد. به‌عنوان مثال، افزایش در درجه بلورینگی[1] می‌تواند به‌طور مستقیم بر افزایش مدول پلاستیسیته، نرمی، سختی، چقرمگی و استحکام کششی نانوالیاف اثر بگذارد و باعث کاهش نفوذ هوا شود.

ب –۱-۱ ساختار بلوری

با توجه به کاربرد موردنظر، نانوالیاف می‌تواند ترکیبی از فاز بی‌شکل یا بلوری باشد. این دو فاز اثرگذاری قابل توجهی بر خواص فیزیکی می‌گذارند. ساختار بلوری، ساختار مولکول‌ها یا اتم‌هایی است که در یک نظم سه‌بعدی در کنار هم قرار گرفته‌اند. فرآیندهای تولیدی ممکن است بر ساختار بلوری پلیمر اثر بگذارد و در نتیجه آنالیز نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره الزامی است. همچنین ساختار بلوری اثر قوی بر خواص مکانیکی مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف دارد. جهت آنالیز ساختار بلوری نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره از روش آنالیز XRD می‌توان استفاده کرد.

ب – ۱-۲ درجه بلورینگی

درجه بلورینگی بر جذب رطوبت مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف اثرگذار است. عموما جذب رطوبت در بخش‌هایی از الیاف که بی‌شکل[2] هستند، رخ می‌دهد و اثری بر مناطق بلوری الیاف نمی‌گذارد. درجه بلورینگی به حضور نظم سه‌بعدی در سطح مولکولی گفته می‌شود. نتایج اندازه‌گیری درجه بلورینگی عموما به‌عنوان درصدی از حجم ماده که فاز بلوری دارد گزارش می‌شود. این پدیده می‌تواند به طور مستقیم بر افزایش مدول کشسانی[3]، نرمی، سختی، چقرمگی و استحکام کششی نانوالیاف اثر بگذارد و باعث کاهش نفوذ هوا شود. لازم به ذکر است که درجه بلورینگی به کمک XRD یا DSC قابل اندازه‌گیری است.

1- Crystallinity
2- Amorphous
3- Elasticity

جدول ب- ۱- مشخصات ساختاری آگاهی‌دهنده و روش‌های اندازه‌گیری

مشخصات	آزمون‌های پیشنهادی	آزمون‌های جایگزین
ساختار بلوری	XRD	-
درجه بلورینگی	XRD	DSC

ب –۲ مشخصات فیزیکی

مشخصات فیزیکی نانوالیاف می‌تواند شامل اندازه حفرات، سطح ویژه مؤثر و چگالی سطحی باشد.

ب – ۲- ۱ اندازه حفرات

فیلتراسیون مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف به خصوص افت فشار، قویا به اندازه حفرات نانوالیاف مرتبط است. مناطقی که از تقاطع چند لیف به‌وجود می‌آید مانند، شکل الف-۲ در پیوست **الف** به‌عنوان حفره تعریف می‌شود. اندازه حفرات به کمک روش‌های میکروسکوپ الکترونی (SEM) تعیین می‌شود. تصاویر حاصل باید کیفیت بالایی داشته و تحت بزرگنمایی‌های مناسبی گرفته شود. اندازه حفره، معادل قطر دایره‌ای است که مساحتی برابر با مساحت حفره را دارد و میانگین اندازه حفرات گزارش می‌شود. علاوه‌براین، انحراف از معیار نیز می‌تواند به شکل آماری محاسبه شود. تعداد نقاط مورد سنجش جهت محاسبه اندازه حفره بین خریدار و فروشنده توافق می‌شود.

ب –۲- ۲ سطح ویژه مؤثر

سطح ویژه مؤثر مدیای حاوی نانوالیاف خصوصیت مهمی است که بر عملکرد فیلتر اثرگذار است. سطح ویژه مؤثر، مساحت کلی سطح مدیا بر واحد جرم تعریف می‌شود. جهت ارزیابی سطح ویژه مؤثر می‌توان از روش جذب گاز (BET) مطابق با استاندارد ISO 9277:2010 استفاده کرد.

یادآوری – سطح ویژه مؤثر گزارش شده از مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف، ترکیبی از نانوالیاف و بستره است و ممکن است بسیار کمتر از لایه‌ی نانوالیاف خالص پوشش داده شده بر بستره باشد.

ب-۲-۳ چگالی سطحی

چگالی سطحی نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره، یک مشخصه مهم برای عملکرد فیلتراسیون مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف است. چگالی سطحی نانوالیاف در مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف براساس جرم نانوالیاف بر واحد سطح (گرم/ مترمربع) تعریف می‌شود.

از آنجایی که تفاوت جرم مدیا و نانوالیاف پایین و جداسازی نانوالیاف از مدیا مشکل است، چگالی سطح نانوالیاف پوشش داده‌شده بر بستره، براساس واحد گرم بر مترمربع توسط تولیدکننده مدیای فیلتر حاوی نانوالیاف گزارش می‌شود.

یادآوری- مشخصه‌یابی چگالی سطحی براساس توافق بین تولیدکننده و خریدار انجام می شود.

جدول ب-۲- مشخصات فیزیکی آگاهی‌دهنده و روش‌های اندازه‌گیری

مشخصات	آزمون‌های پیشنهادی
محدوده اندازه حفرات	SEM
سطح ویژه مؤثر	BET
چگالی سطحی (گرماژ) (g/m^2)	وزن سنجی

ب – ۳ ترکیب شیمیایی

ترکیبات شیمیایی الیاف پوشش داده شده بر روی بستره (به‌ویژه نوع و درصد وزنی پلیمرهای استفاده شده و ناخالصی‌ها) می‌تواند بر خواصی مانند آبگریزی، ثبات ابعادی، جذب رطوبت، فعالیت شیمیایی و غیره اثر بگذارد. این مشخصات می‌تواند بر خواص فیلتراسیون مانند چگالی اندازه حفرات و نفوذپذیری هوا اثر بگذارد. این مشخصات با استفاده از FTIR یا جذب UV-Vis ارزیابی می‌شوند. جدول ب-۳ خواص و مشخصات شیمیایی مرتبط با نانوالیاف را بیان می‌کند.

یادآوری ۱- مشخصات شیمیایی مرتبط با نانوالیاف می‌تواند براساس درخواست خریدار توسط تولیدکننده مدیای فیلتر هوا اعلام گردد.

یادآوری ۲- ترکیب شیمیایی گزارش شده براساس مشخصات و اطلاعات ایمنی مواد (SDS)[1] شیمیایی است که می تواند توسط تامین کننده مواد پلیمری به تولیدکننده مدیای فیلتر گزارش شود.

ب –۴ ثبات حرارتی[2]

یک عامل کلیدی اثرگذار بر عملکرد فیلتر در دمای بالا، ثبات حرارتی است. ثبات حرارتی بیانگر کیفیت و توانایی نانوالیاف حاضر در مدیای فیلتر هوا در برابر تغییرات غیرقابل بازگشت در ساختار فیزیکی و شیمیایی به هنگام قرارگیری در دمای بالا است. ارزیابی ثبات حرارتی یک مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف براساس

1- Safety data sheet
2- Thermal stability

وزن از دست‌رفته بستره پوشش داده‌شده با نانوالیاف که در طول زمان قرارگیری در برابر دمای بالا خشک شده است، انجام می‌شود. ثبات حرارتی به کمک آنالیزهای TGA اندازه‌گیری می‌شود و نتایج بهتر است به شکل منحنی گرما وزن‌سنجی[1] برحسب وزن نمونه و دما، گزارش شود.

یادآوری- آنالیز حرارتی مربوطه می‌تواند توسط تولیدکننده مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف، تعیین و گزارش شود.

جدول ب-۳- مشخصات شیمیایی آگاهی‌دهنده و روش‌های اندازه‌گیری

مشخصات	روش‌های پیشنهادی	روش‌های جایگزین
ترکیب	FTIR	UV-Vis
ثبات حرارتی	TGA	-

1- Thermogravimetric

پیوست پ

(آگاهی دهنده)

قالب گزارش آزمون برای مشخصات الزامی

نمونه‌ای از جداول گزارش مشخصات الزامی مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف در جداول پ-۱ و پ-۲ آورده شده است.

جدول پ-۱ اطلاعات عمومی

شماره کالا:	نام نمونه:	شرایط نگهداری پیش از آزمون:
نام تولید کننده:	نوع بستره:	

جدول پ-۲ گزارش آزمون‌های الزامی نانوالیاف مدیای فیلتر هوا

مشخصات	روش آزمون	تاریخ انجام آزمون	نام آزمایشگاه	نتایج آزمون
قطر نانوالیاف (میانگین ± انحراف از معیار بر حسب نانومتر)				
ریخت شناسی نانوالیاف				

یادآوری- جهت گزارش ریخت شناسی، حداقل سه تصویر از سطح مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف مورد نیاز است.

جدول پ-۳ گزارش آزمون‌های الزامی عملکرد مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف

مشخصات	روش آزمون	تاریخ انجام آزمون	نام آزمایشگاه	نتایج آزمون
بازدهی فیلتراسیون ذرات (%)				
نفوذپذیری هوا ($cm^3/s/cm^2$)				
افت فشار (Pa)				

پیوست ت

(آگاهی دهنده)

قالب گزارش آزمون برای مشخصات آگاهی دهنده

فروشنده یا تولیدکننده می‌تواند نتایج اندازه‌گیری‌های مشخصات آگاهی‌دهنده را مطابق با توافق بین فروشنده و خریدار گزارش کند. جدول ت-۱ نمونه‌ای از قالب گزارش آزمون مشخصات آگاهی‌دهنده است.

جدول ت-۱ گزارش آزمون‌های آگاهی‌دهنده مدیای فیلتر هوا حاوی نانوالیاف

مشخصات	روش آزمون	تاریخ انجام آزمون	نتایج آزمون	نام آزمایشگاه
ساختار بلوری				
درجه بلورینگی				
اندازه حفره‌ها				
سطح ویژه مؤثر				
چگالی سطحی (g/m^2)				
ترکیب شیمیایی				
ثبات حرارتی				

کتاب نامه

[1] ISO 29464:2011-- Cleaning equipment for air and other gases – Terminology

[2] ISO 472:2013 - Plastics — Vocabulary

[3] BS EN 1822-1:2019, High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA), classification, performance testing, marking

[4] Homaeigohar, S. and Elbahri, M., *Nanocomposite electrospun nanofiber membranes for environmental remediation*. Materials, 2014, 7(2), pp.1017-1045

[5] Zhao, X., Wang, S., Yin, X., Yu, J. and Ding, B., *Slip-effect functional air filter for efficient purification of PM2. 5.* Scientific reports, 2016, 6, p.35472

[6] Thavasi, V.; Singh, G.; Ramakrishna, S. *Electrospun nanofibers in energy and environmental applications*. Energy Environ. Sci. 2008, 1, 205–221

[7] Matulevicius, J., Kliucininkas, L., Martuzevicius, D., Krugly, E., Tichonovas, M., & Baltrusaitis, J., *Design and characterization of electrospun polyamide nanofiber media for air filtration applications*. Journal of nanomaterials, 2014, 14

[8] Hotaling, N.A., Bharti, K., Kriel, H. and Simon Jr, C.G., 2015. DiameterJ: A validated open source nanofiber diameter measurement tool. Biomaterials, 61, pp.327-338

[9] Hsiao, H.Y., Huang, C.M., Liu, Y.Y., Kuo, Y.C. and Chen, H., *Effect of air blowing on the morphology and nanofiber properties of blowing‐assisted electrospun polycarbonates*. Journal of Applied Polymer Science, 2012, 124(6), pp.4904-4914

[10] Amin, A., Merati, A.A., Bahrami, S.H. and Bagherzadeh, R., 2017. Effects of porosity gradient of multilayered electrospun nanofibre mats on air filtration efficiency. The Journal of The Textile Institute, 108(9), pp.1563-1571

[11] Marton, A.W., 2015. Effect of Nanofiber Morphology on PVDF Air Filter Performance

[12] Gómez-Tena, M.P., Gilabert, J., Toledo, J., Zumaquero, E. and Machí, C., 2014. Relationship between the specific surface area parameters determined using different analytical techniques. In Qualicer 2014: XIII World congress on ceramic tiles (pp. 17-18). Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación Castellón

[13] Hutten, I.M., 2007. Handbook of nonwoven filter media. Elsevier