اهمیت بهره مندی از روش‌های اندازه‌گیری قابل اعتماد در تجاری‌سازی نانومحصولات

تهیه و جمع‌آوری

تهیه شده در کمیته استانداردسازی فناوری نانو

چکیده

در حال حاضر، کاربردهای فناوری نانو روز به روز در حال افزایش بوده به طوری که این فناوری در حوزه‌های مختلف از علوم کامپیوتر تا انرژی، سلامت و غذا در حال گسترش است. براساس گزارشی با عنوان «پروژه‌ای تحقیقاتی روی نانوفناوری‌های نوظهور» که در سال ۲۰۱۱ منتشر شده‌است، تا این زمان، نانوذرات و نانومواد در بیش از ۱۳۰۰ محصول تجاری مورد استفاده قرار گرفته است. هر چند بازار فناوری نانو بین ۵۰۰ تا ۳۵۰۰ میلیارد یور در سال ۲۰۱۵ برآورد شده‌است اما متخصصان این حوزه معتقداند که سرعت رشد این فناوری در حال کاهش است و دلیل این امر، فقدان ابزارها و تجهیزات مترولوژی در مقیاس نانومتری است. بنابراین، محققان صنایع مختلف علاقه‌مند به حوزه نانومترولوژی شده‌اند. در نانومترولوژی، روش‌ها و دستگاه‌ها برای رصد فرآیند تولید و بهبود کیفیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این گزارش به بررسی فعالیت‌های مؤسسه مترولوژی فرانسه پرداخته شده و همچنین چالش‌های موجود در حوزه نانومترولوژی و اثر آن بر تجاری سازی فناوری نانو مورد بررسی قرار گرفته است. در این گزارش به ارائه برخی از این فعالیت ها پرداخته شده است.

۱. متن مقاله

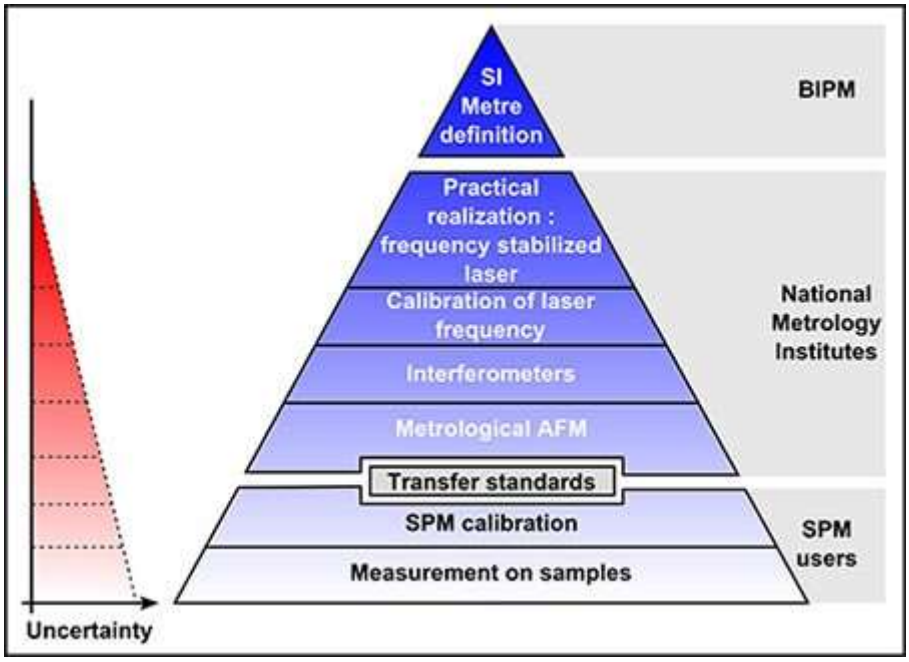
مطالعات زیادی درباره خطرات نانوذرات صورت گرفته است و در حال حاضر گزارش‌های متعددی منتشر شده که در آن این سوال مطرح شده‌است که آیا دولت‌ها باید روی نانومحصولات نظارت داشته و قوانینی برای آن وضع کنند یا خیر؟ در حال حاضر به دلیل کمبود ابزارها و روش‌های استاندارد، اندازه‌گیری و مطالعه این نانومحصولات با دشواری‌هایی روبرو است و همین امر موجب شده تا تحقیقات مختلف در این باره به نتایج متناقضی برسد.

برای رفع این مشکل، محققان پژوهش‌های مختلفی انجام داده‌اند تا دستگاه‌ها و روش‌های مختلف را برای اندازه‌گیری در مقیاس نانومتری اعتبارسنجی کنند. از آنجایی که مترولوژی در مقیاس نانومتری نیاز به مهارت‌های مختلفی دارد، محققان چهار جنبه مختلف را برای این کار در نظر گرفته‌اند: اندازه‌گیری فیزیکی و شیمیایی نانوذرات در آئروژل‌ها، اندازه‌گیری ابعادی نانومواد و اندازه‌گیری خواص منطقه‌ای مواد در مقیاس نانومتری.

این جنبه‌های مختلف مترولوژی نانومقیاس منجر به تعریف پروژه‌های ذیل شده‌است:

۱) توسعه دستگاه ۲) توسعه پروتکل‌های مرجع ۳) توسعه نرم‌افزار پردازش داده‌ها

این تحقیقات با هدف برقراری قابلیت ردیابی اندازه گیری ها در مقیاس نانو به سیستم اندازه گیری بین المللی SI و برآورد قابل اطمینان از عدم قطعیت اندازه گیری، انجام می گیرد.



شکل ۱. زنجیره قابلیت ردیابی به استاندارد بین المللی متر

نانومواد و چرخه عمر:

کار در حوزه نانومترولوژی موجب می‌شود تا تولیدکنندگان به روش‌ها و ابزارهای مناسب برای اندازه‌گیری دست پیدا کنند. استفاده از این فرآیندها در حوزه¬های مختلفی مانند الکترونیک و آرایشی بهداشتی منجر به اندازه‌گیری‌های دقیقی می‌شود که امکان انجام کنترل کیفی را فراهم می‌کند. همچنین تاثیر نانوذرات روی سلامت انسان نیز بهتر انجام می‌شود.

محققان مرکز مترولوژی و تعیین مشخصات نانومواد (CARMEN) از سال ۲۰۱۰ اقدام به انجام مطالعاتی برای ارائه راهکارهایی برای صنعت و دانشگاه در بخش اندازه‌گیری نانومواد (اندازه، شکل، ترکیب شیمیایی، تجمع، بار سطحی و مساحت سطحی) کردند. در این مرکز که در فرانسه منحصر به فرد است، محققان مواد مرجع ملی مترولوژی برای تعیین

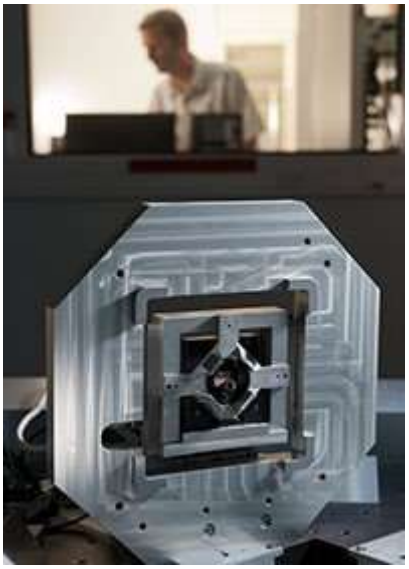
مشخصات نانومواد را تولید می‌کنند. این مواد در اتاق تمیز با محیط کنترل شده (دما، رطوبت، لرزش و غیره) نگهداری می‌شوند. تمام ادوات مورد نیاز برای مشخصه‌یابی نانومواد (نظیر AFM، SEM، BET،XRD و پتانسیومتری زتا) وجود داشته و همچنین ادوات آماده‌سازی نمونه (نظیر میکروسکوپ نوری، اولتراسونیک، وورتکس، تیتراتور، سانتریفیوژ و اسپین‌کوتر) در این مرکز وجود دارد. علاوه براین، یک میکروسکوپ نیروی اتمی ویژه برای مطالعات مترولوژی در این مرکز وجود دارد. یکی از ویژگی‌های این مرکز آن است که این ادوات در اتاق‌های تمیز قرار داده شده‌اند بنابراین، خطر آلودگی نمونه به حداقل می‌رسد.

هدف این مرکز، ارائه روش‌های آماده‌سازی و پروتکل‌های اندازه‌گیری قابل اعتماد برای حوزه مترولوژی است. هر اندازه‌گیری با یک عدم قطعیت همراه است که به کاربر اجازه می‌دهد تا با سطح اطمینان بهینه به کار مشخصه‌یابی در حوزه فناوری نانو بپردازد. با وجود این ابزارها و روش‌ها می‌توان به ارزیابی خطرات و سمیت نانومواد پرداخت.

به مدد وجود این مرکز، محققان می‌توانند به نیاز آزمایشگاه‌ها و تولید کنندگان در مسیر برآورده‌سازی تقاضای دولت پاسخ دهند. دولت‌ها برای استفاده از نانومواد قوانینی وضع می‌کنند که باید اندازه‌گیری‌های معتبر برای سنجش میزان پیروی از این قوانین انجام شود.

میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)

در فرانسه، صنایع، آزمایشگاه‌ها و مؤسسه‌های تحقیقاتی مختلفی وجود دارد که در آن از میکروسکوپ پیمایشی روبشی استفاده می‌شود و این ابزارها باید به‌صورت دوره‌ای کالیبره شوند. برای کالیبره کردن واحد طول از مواد مرجع به‌صورت شبکه‌های یک و دوبعدی استفاده می‌شود که این نمونه استاندارد در مؤسسه ملی مترولوژی صحه‌گذاری شده‌است. در سال ۲۰۰۷، میکروسکوپ AFM مترولوژیکی در فرانسه راه‌اندازی شد که قادر به اندازه‌گیری واحد طول با قابلیت ردیابی است. این دستگاه به‌گونه‌ای طراحی شده‌است که بتواند منابع خطا را کاهش داده و در نهایت میزان عدم قطعیت (نشات گرفته از خطای گرمایی، خطای abbe و غیره) را کاهش دهد. اولین تصویر توسط این میکروسکوپ در سال ۲۰۱۰ گرفته شد. از این دستگاه می‌توان برای کالیبراسیون دیگر میکروسکوپ‌ها استفاده کرد.



شکل ۲. Atomic Force Microscope

توسعه مواد مرجع:

پروژه RIP-oN2 (پروژه‌ای ویژه نانومواد که در سال ۲۰۱۱ راه‌اندازی شد) توسط کمیسیون اروپا حمایت می‌شود و در آن روی فقدان استانداردها و روش‌های تأیید شده برای آماده‌سازی و مشخصه‌یابی نانومواد تأکید شده‌است. این عدم یکسان بودن روش‌های اندازه‌گیری نانومواد موجب تضاد در نتایج آنالیزها در به عنوان مثال مطالعه سم‌شناسی نانوذرات می‌شود.

در طول سال‌های اخیر، صنایع مختلف در حال تولید و استفاده از نانوذرات گوناگون هستند که رهایش این نانوساختارها در طبیعت و زندگی روزمره موجب بروز مسائل مربوط به سلامت عمومی می‌شود. چنین رشد سریعی در فناوری‌های نانو منجر به بروز برخی ممنوعیت‌ها می‌گردد. در واقع نانوذرات می‌توانند وارد بدن انسان شوند و در نهایت روی بخش‌های مختلف بدن تاثیرگذار باشند. تاثیر نانوذراتی که از طریق سیستم تنفسی وارد بدن می‌شود بستگی به پتانسیل‌های سمیت آنها دارد که میزان این سمیت به ویژگی‌هایی نظیر ترکیب شیمیایی، ابعاد، سطح، شکل، ساختار، حلالیت و فعالیت سطحی بستگی دارد. این که این نانوذرات در کجای سیستم تنفسی قرار گرفته و چه نوع برهم‌کنشی با بدن می‌دهند نیز در میزان سمیت آنها تاثیرگذار است. با این وجود فقدان روش‌های استاندارد و راهبردهای آماده‌سازی نمونه به‌منظور تعیین عوامل مرجع (اندازه، وزن، سطح، شکل و جرم) نیز در تعیین سمیت این نانوساختارها تاثیرگذار است.

با توجه به این مشکلات و چالش‌ها، محققان این پروژه اقدام به تأیید روش‌های مرجع مربوط به تولید، آماده‌سازی و مشخصه‌یابی انواع مختلف آئروژل‌های نانومتری کردند. کل زنجیره اندازه‌گیری (نمونه‌سازی، آنالیز، پردازش وغیره) به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که در آن از دستورالعمل‌های قابل ردیابی استفاده شده باشد. اولین اولویت در این مسیر، استفاده از روش‌های مستقیم برای اندازه‌گیری و مشخصه‌یابی آئروژل‌های تولید شده به روش سوسپانسیون‌های کلوئیدی است. دومین مسیر، استفاده از راهبردهای غیرمستقیم است که در آن نمونه‌ها روی زیرلایه مناسب نظیر میکا قرارداده شده و سپس با استفاده از روش‌های میکروسکوپی نظیر TEM، SEM و AFM مشخصه‌یابی می‌شود.

این پروژه بخشی از پروژه VAMAS (مخفف عبارت پروژه روی مواد و استانداردهای پیشرفته) است که در نشست G7 که در سال ۱۹۸۲ در فرانسه برگزار شد مطرح گردید. در این نشست، شرکت‌کنندگان تصمیم گرفتند تا به تبادل فناوری‌های پیشرفته بپردازند. VAMAS به‌عنوان یک پروژه همکاری بین‌المللی روی تحقیقات استاندارد تعریف شد. در این پروژه سازمان‌های استاندارد کشورهای مختلف شرکت دارند. لیست این سازمان‌ها به قرار ذیل است:

BAM (Germany), UNIGE (Italy), KRISS (South Korea), NPLI (India), CENAM (Mexico), INPL (Israel), DFM (Denmark), NMIJ-AIST (Japan), NMISA (South Africa), NMIA-QUT (Australia), LISA (France) and IRSN (France)

نتیجه این تصمیم در کمیته فنی ایزو در بخش فناوری‌نانو مطرح شد.

راهبرد عمومی اروپا برای قانون گذاری آزمون‌های نانومواد(NANo/REG):

پروژه NANoREG به‌صورت ویژه روی قانون‌گذاری ابزارهای همسان تأکید دارد که در نهایت قرار است میزان خطرناک بودن نانومواد مختلف ارزیابی شود. این پروژه به مدد هفتمین برنامه چارچوبی اروپا سرمایه‌گذاری شد و توسط وزارت محیطزیست و زیرساخت هلند رهبری شد. این پروژه شامل ۵۷ عضو از ۱۵ کشور بوده که در طول ۴ سال (۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷) پیاده‌سازی می‌شود.

آزمایشگاه مترولوژی فرانسه در این پروژه شرکت داشته و روی نانوذرات موجود در آئروژل‌ها کار می‌کند. این آزمایشگاه روی اعتبارسنجی دستورالعمل‌های تولید آئروژل‌های مرجع با نانوذرات فعالیت دارد. روش‌های مشخصه‌یابی این نانوذرات در آینده نزدیک ارائه می‌شود.

دستورالعمل‌های آماده‌سازی نانوذرات باید بررسی و ارائه شده و در نهایت اعتبارسنجی شود. برای این کار باید از روش‌های میکروسکوپی نظیر SEM، TEMو AFM استفاده کرد. این پروژه به مؤسسه مترولوژی فرانسه کمک می‌کند تا چارچوب مترولوژیکی و ارزیابی عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری را برای آئروژل‌های نانوذره‌ای به‌دست آورد.

در طول چند سال گذشته تعاریف مختلفی برای نانومواد ارائه شده‌است که این تعاریف یا بر مبنای ابعاد ذرات بوده و یا براساس ایجاد یک خاصیت ویژه در این مقیاس است. اما تاکنون هیچ یک از این تعاریف با موافقت همگانی روبرو نبوده است، حتی تعریف نانومواد براساس ابعاد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر نیز با چالش هایی روبه رو است . در ۱۸ اکتبر ۲۰۱۱، کمیسیون اروپا اقدام به انتشار گزارشی کرد که در آن اسناد مربوط به وضع قوانین درج شده بود. در این گزارش، تعریفی نیز برای نانومواد ارائه شده بود. براساس این تعریف، موادی که در آنها حداقل ۵۰ درصد ذرات دارای ابعادی بین یک تا صد نانومتر داشته باشند، نانوماده تعریف می‌شوند. با توجه به مجموع تعاریف ارائه شده در متون معتبر، شاید بتوان اکنون در بررسی مواد به این سوال پاسخ داد که آیا یک ماده جزء نانومواد است یا خیر؟

مطالعه روی AFM/SEM به عنوان روش‌های مکمل در اندازه‌گیری ابعادی:

میکروسکوپ الکترونی روبشی یا SEM یک ابزار مشخصه‌یابی چند کاره است که می‌تواند با نرخ بالا از مواد و سطوح مختلف تصویربرداری کند. وجود قابلیت تصویربرداری با قدرت تفکیک بالا برای اندازه‌گیری از نانوساختارها موجب رقابت‌پذیر شدن این ابزار شده است. با این حال، اطلاعات بدست آمده با این دستگاه به دلیل وجود انحراف در الکترون‌های ثانویه موجب محدود شدن تصویربرداری در محور Z می‌شود. دستگاه AFM به صورت گسترده در صنعت و دانشگاه استفاده می‌شود. در این دستگاه نوک مورد استفاده دارای انحنائی در حد ۱۰ نانومتر است که امکان ایجاد تصویر سه بعدی از نمونه‌ها را فراهم می‌کند. این دستگاه قادر است در خلاء، اتمسفر محیط و محیط سیال تصویربرداری کند. قدرت تفکیک محور Z در این دستگاه در حد نانومتری است اما در صفحه XY به دلیل وابستگی نتیجه به ابعاد و شکل نوک، قدرت تفکیک افت می‌کند.

بنابراین در مقایسه دو دستگاه باید گفت، SEMقدرت تفکیک جانبی در صفحه XY ایجاد می‌کند در حالی که AFM قابلیت رسیدن به قدرت تفکیک زیر یک نانومتر را در محور Z (ارتفاع) دارد. در نتیجه این دو دستگاه کاملا مکمل یکدیگر هستند. چنین مکمل بودنی موجب می‌شود تا از این روش‌ها برای مترولوژی هیبریدی در آزمایشگاه‌ها استفاده کرد.

با این شرایط باید روش‌های آماده‌سازی و دستورالعمل‌های انجام کار را به گونه‌ای تعریف کرد که برای استفاده از هر دو دستگاه مناسب باشد. در حال حاضر نرم‌افزاری به نام نانوفوکوس (NanoFocus) وجود دارد که امکان تعیین توزیع اندازه ذرات کروی را از روی تصاویر بدست آمده از AFM و SEM فراهم می‌کند. باید تعیین عدم قطعیت برای نتایج حاصل از هر دو دستگاه بدست آید.

افزایش امکان دسترسی صنایع به ابزارها و تجهیزات نانومترولوژی:

در حال حاضر فناوری نانو به بخش‌های مختلف صنایع رسوخ کرده است به طوری که این فناوری از بخش تحقیق و توسعه در حال وارد شدن به صنعت است. با این حال چالش‌های فنی زیادی در این مسیر وجود دارد. در حال حاضر شرکت‌های نوپا و فناور زیادی هستند که به دلیل مشکلاتی از قبیل عدم امکان وارد کردن نتایج آزمایشگاهی به مقیاس صنعتی در انجام فعالیت‌های خود به مشکل برخورد کرده‌اند.

در کشور فرانسه فقدان ابزارهای مترولوژیکی و روش‌های استاندارد شده یکی از سدهای شرکت‌های کوچک فناور است. چنین مانعی موجب شده تا کارایی سیستم‌های صنعتی کاهش یابد. اخیرا پروژه‌ای با سرمایه‌گذاری سازمان DGCIS راه‌اندازی شده که هدف از آن افزایش دسترسی صنایع به روش‌ها و فرآیندهای استاندارد در حوزه فناوری نانو است. این پروژه شرایط را برای بیش از ۹۰۰ شرکت فرانسوی برای دسترسی به دستورالعمل‌های استاندارد برای اندازه‌گیری پارامترهای اصلی در حوزه فناوری نانو فراهم می‌کند. این پروژه از یک سو به صورت ویژه برای شرکت‌های فناوری و نوپا برای دسترسی به روش‌های مشخصه‌یابی استاندارد تعریف شده و از سوی دیگر از آنها برای برآورده سازی نیازها و ملزومات قانونی در حوزه نانو حمایت می‌کند. این پروژه قصد دارد تا روش‌های مشخصه‌یابی مواد را یکسان سازی کند.

در یک فاز تحقیقاتی فعالیت‌های بخش تحقیق و توسعه شرکت‌ها مورد پایش قرار گرفته تا تجهیزات در دسترس آنها برای اندازه‌گیری و مشخصه‌یابی مشخص شود. در این پروژه دو سطح از روش‌های مشخصه‌یابی توسعه می‌یابد. در اولین مرحله روش‌های ارزان و ساده اندازه‌گیری نظیرDLS ، BETو SMPS پیاده سازی شده و در مرحله دوم روش‌های میکروسکوپی که نیاز به تجهیزات ویژه، زمان بیشتر و تخصص خاص هستند مورد بررسی قرار می‌گیرند. یک سایت اینترنتی برای به روزرسانی فعالیت‌های این پروژه راه‌اندازی شده است.

درک بهتر انتقال و کنترل گرما در مقیاس نانومتری:

کنترل انتقال گرما موضوع بسیار مهمی در فناوری‌های نوین به ویژه مواد نانوساختار و نانوقطعات است. این چالش روی صنایع به ویژه میکروالکترونیک، نانوسیستم‌ها و ادوات تبدیل انرژی تاثیرگذار است. این صنایع نیاز به ابزارها و تجهیزات قابل اعتمادی دارند که با استفاده از آن اندازه‌گیری‌های خود را انجام دهند.

پروژه‌ای با عنوان QUANTIHEAT با شرکت ۲۰ سازمان از ۹ کشور اروپایی به رهبری CNRS فرانسه راه‌اندازی شده است که هدف از آن بهبود درک پدیده‌های گرمایی در مقیاس نانومتری است. یکی از نتایج این پروژه دسترسی به فرآیند نانومترولوژی گرمایی است. در قالب این پروژه، قرار است واژه‌های عمومی برای ادوات مختلف مورد استفاده در مواد و تجهیزات مرجع شناسایی و تعریف شود، ادوات و موادی که برای کالیبراسیون مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این پروژه قرار است تجهیزات جدیدی برای مطالعه انتقال حرارت در مقیاس‌های پایین و در مناطق بسیار محدود و مشخص از نمونه معرفی شود. از این ابزارها در مواد و تجهیزات صنعتی استفاده خواهد شد. این پروژه روی ساخت ابزارهای جدید برای میکروسکوپ‌های گرمایی پیمایشی، از شاخه میکروسکوپ نیروی اتمی، متمرکز خواهد شد. مدل‌های گرمایی در مقیاس اتمی ارتباط مستقیمی با این مدل‌ها در مقیاس‌های بزرگتر دارد که از این ابزار مترولوژی جدید می‌توان برای مطالعه مدل‌های در مقیاس‌های مختلف استفاده کرد. نتایج این پروژه باید بتواند کنترل قابل توجهی روی پدیده گرمایی در مقیاس نانومتری ایجاد کند و همچنین موجب ارتقاء تجهیزات و روش‌های مشخصه‌یابی در حوزه فناوری‌نانو شود.

لازم به ذکر است که این پروژه به صورت منحصر به فرد موجب ارتباط میان محققان و اساتید دانشگاهی در حوزه‌های علم مواد، مدل‌سازی، میکروسکوپی و بخش صنعت، تولیدکنندگان تجهیزات و موسسه‌های مترولوژی می‌شود.

مطالعه نرم افزارهای پردازش تصویر:

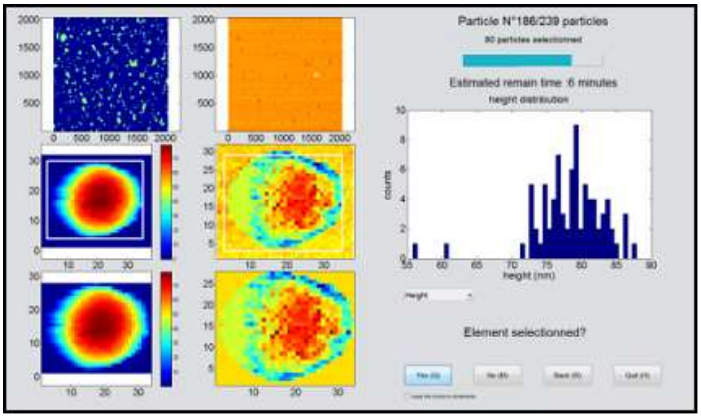
اندازه‌گیری ابعاد ذرات یک مسئله مهم در بخش سلامت عمومی جامعه است. تا کنون ابزارهای مختلفی برای اندازه‌گیری این پارامتر ارائه شده که تمامی آنها برای کار در مقیاس‌های زیر ۱۰۰ نانومتر مناسب نیست. بنابراین باید تجهیزات جدیدی برای مترولوژی در این بخش ارائه شود.

در این پروژه استفاده از دستگاه اندازه‌گیری ذرات با پیماش حرکت (SMPS)برای تعیین ابعاد ذرات بسیار کوچک فاز آئروژل مورد بررسی قرار گرفته شده است. از این دستگاه معمولا برای اندازه‌گیری ابعاد ذرات بسیار کوچک استفاده می‌شود. پیش از این برای تعیین توزیع ابعاد ذرات آئروژل‌ها از دستگاه CNC (شمارشگر هسته متراکم) استفاده شده است. اما دستگاه SMPS یک ابزار مرجع برای این نوع اندازه‌گیری‌ها محسوب می‌شود. با این حال در حال حاضر نیاز به تعیین میزان عدم قطعیت مربوط به این دستگاه در تعیین ابعاد ذرات وجود دارد.

در این پروژه با همکاری موسسه IRSN (موسسه ایمنی هسته‌ای و محافظت رادیویی)، دانشکده برق دانشگاه سوپلیک و موسسه مترولوژی فرانسه نرم افزار ویژه‌ای برای پردازش اطلاعات خام بدست آمده از دستگاه SMPS ارائه شده است که با استفاده از آن می‌توان درجه اطمینان توزیع اندازه ذرات را بدست آورد. محققان با استفاده از این ابزار موفق شدند عدم قطعیت مربوط به تعیین اندازه ذرات با SMPS را شناسایی کنند و تاثیر عوامل مختلف را در عدم قطعیت مشخص کنند. بنابراین الان می‌توان عدم قطعیت را برای پارامترهای اصلی در این فرآیند بدست آورد (قطر میانه و انحراف استاندارد هندسی). توزیع اندازه ذرات را می‌توان با ابزارهای مختلف، بسته به نوع نیاز ما، اندازه‌گیری کرد.

میکروسکوپ الکترونی روبشی و میکروسکوپ نیروی اتمی نیز برای تعیین ابعاد مناسب هستند اما درصورتی که روش‌های ساده‌تری نظیر DLSکه قادر به شناسایی ابعاد نباشند باید از آنها استفاده کرد. در استفاده از روش‌های میکروسکوپی یک اشکال رایج برای تعیین توزیع اندازه ذرات مشاهده می‌شود و آن تعداد ذرات مورد استفاده برای محاسبه توزیع اندازه ذرات است.

این محدودیت با استفاده از نرم افزار پردازش تصویر قابل حل است. محققان این پروژه با استفاده از نرم افزار نانوفوکوس اقدام به شناسایی نانوذرات موجود در تصاویر SEM و AFM کرده و سپس در مورد این که کدام ذرات در تحلیل مورد استفاده قرار بگیرند تصمیم‌گیری می‌کنند. با استفاده از این راهبرد مبتنی بر نرم‌افزار می‌توان ذراتی که به دلیل تجمع و آگلومره شدن ابعاد بزرگتری پیدا کرده‌اند را از دایره اندازه گیری خارج کرد و خطای آزمون را کاهش داد. بنابراین با این روش امکان استخراج صدها نانوذره از تصاویر متعددی در مدت زمان چنددقیقه فراهم می‌شود.



مطالعه ارزیابی خطر نانوالیاف کامپوزیتی در طول آتش‌سوزی برای محیط زیست و سلامت انسان:

انتخاب مواد کامپوزیتی برای طراحی آئروژل‌ها در حال عمومیت یافتن است. این مواد دارای مزایای متعددی نظیر کاهش جرم محصول نهایی و افزایش استحکام ساختاری است. استفاده از کامپوزیت‌ها به دلیل کاهش جرم ماشین‌ها موجب کاهش مصرف سوخت و نشر دی‌اکسید کربن می‌شود.

بررسی این کامپوزیت‌ها موجب می‌شود تا رفتار نانوساختارها در مهار آتش نمایان شود. از سوی دیگر در هنگام آتش‌سوزی افزایش دما موجب رهایش گازهای سمی از کامپوزیت‌ها می‌شود که این موضوع هنوز برای محققان شفاف نیست و باید مورد مطالعه قرار گیرد. بنابراین بررسی اثرات آتش گرفتن کامپوزیت‌ها روی محیط زیست و سلامت انسان از جمله مسائل مورد مطالعه در این پروژه موسسه مترولوژی فرانسه است.

پروژه‌ای توسط سه سازمان مختلف اروپایی با هدف بررسی این موضوع در حال انجام است. رهایش گازها و آئروژل‌ها از سوختن مواد کامپوزیتی توسط ابزارهای مختلفی نظیر SEM، AFM و CNC مورد بررسی قرار می‌گیرد. با استفاده از شبیه‌سازی و مدل‌سازی رفتار این مواد پیش بینی خواهد شد.

مطالعه ارتباط میان نشر گازها با سوزاندن نانوساختارها:

در حال حاضر مواد مختلفی نظیر ترموپلاستیک‌ها، رنگ‌ها و الاستومرها در صنعت استفاده می‌شود که در حال حاضر هیچ روش تایید شده‌ای برای بازیافت آنها وجود ندارد. وارد شدن نانوذرات به داخل این ساختارها می‌تواند انتشار گازهای مختلف از آن را تحت تاثیر قرار دهد. ابهام دیگری نیز در اینجا وجود دارد: آیا نانوساختار خاص می‌تواند موجب تشکیل ذرات درشت نشر یافته از فرآیند سوختن شود؟ بررسی رفتار سوختن نانوساختارها توسط موسسه مترولوژی فرانسه در حال بررسی است. در این پروژه می‌توان ابزارها و روش‌های مورد نظر برای دسته بندی محصولات را بدست آورد و در نهایت فرآیندی برای کاهش خطرات نشر نانوذرات ارائه نمود.

منبع

http://www.lne.eu/en/r_and_d/nanometrology/nanometrology-nanomaterials.asp