

کاربرد تکنولوژی نانو در صنعت ساختمان

فناوری نانو یا نانوتکنولوژی رشته‌ای از دانش کاربردی و فناوری است...



جام جم آنالاین: فناوری نانو یا نانوتکنولوژی رشته‌ای از دانش کاربردی و فناوری است که جستارهای گسترده‌ای را پوشش می‌دهد. موضوع اصلی آن نیز مهار ماده یا دستگاه‌های در ابعاد کمتر از یک میکرومتر، معمولاً حدود یک تا 100 نانومتر است. در واقع نانوتکنولوژی فهم و به‌کارگیری خواص جدیدی از مواد و سیستم‌هایی در این ابعاد است که اثرات فیزیکی جدیدی - عمدتاً متاثر از غلبه خواص کوانتومی بر خواص کلاسیک - از خود نشان می‌دهند.

برای فهم بهتر و ساده‌تر نانو فرض کنید یک جعبه از آجرهای ساختمان‌سازی در اختیار دارید و می‌خواهید با آن یک دیوار به ارتفاع 10 سانتی‌متر بسازید. برای ساختن دیوار چند راه مختلف دارید:

راه اول: می‌توانید آجرها را همین طوری روی هم بریزید تا یک پشته 10 سانتی‌متری درست شود. در این حالت دیوار شما کاملاً بی‌نظم و غیریکنواخت است. مثلاً ضخامت دیوار در قسمت‌های پایینی خیلی بیشتر از قسمت‌های بالایی است.

راه دوم: ممکن است کمی حوصله به خرج دهید و آجرها را چندتا چندتا به هم وصل کنید. مثلاً قطعاتی به اندازه جعبه کبریت بسازید و بعد این قطعات را همین طوری روی هم بریزید تا یک پشته 10 سانتی‌متری درست بشود، این بار هم دیوار شما بی‌نظم و غیریکنواخت خواهد بود، اما به طور قطع از دیوار قبلی منظم‌تر و قدری هم خوش‌قیافه‌تر است.

راه سوم: اگر خیلی آدم صبور و باحوصله‌ای باشید، آجرها را دانه به دانه به هم متصل کرده تا یک مستطیل به ارتفاع 10 سانتی‌متر بسازید. این دیوار کاملاً یکدست و منظم خواهد بود. به عنوان مثال اگر از وسط آن را بشکنید، هر کدام از نصفه دیوارها نظم اولیه خود را حفظ خواهد کرد. عکس واقعی سطح یک میله مسی کاملاً صیقل داده شده در زیر میکروسکوپ به دیوار دوم شبیه است! اگر سطح یک فلز را خوب صیقل دهیم، بعد آن را بخوبی بشوئیم و سپس زیر میکروسکوپ بگذاریم ساختاری را مشاهده خواهیم کرد که به هر کدام از چندضلعی‌های تصویر یک $171\text{\AA}$ دانه؛ می‌گوییم. هر دانه در واقع مجموعه‌ای از هزاران اتم فلز است که به طور منظمی کنار هم قرار گرفته‌اند. هر کدام از این اتم‌ها قطری در حدود $171\text{\AA}$ ؛ یعنی یک نانومتر؛ یعنی یک میلیاردیم متر دارند. خب، حال بگذارید تشابه بین دیوارهای شما و سطح فلز را بررسی کنیم:

آجرهای ساختمان‌سازی مانند اتم‌ها هستند و قطعات به اندازه جعبه کبریت در دیوار دوم هم مانند دانه‌ها. در واقع اتم‌های درون یک دانه مانند آجرهای یک قطعه به هم متصل شده‌اند، اما دیوار سوم شبیه چیست؟

از یک نظر می‌توان گفت که دیوار سوم شبیه یک تصویر بزرگ از درون یکی از دانه‌هاست، اما آیا در عمل می‌توانیم فلزی داشته باشیم که همه اتم‌های آن مانند دیوار سوم به شکل منظم به هم متصل شده باشند؟ یعنی همه سطح فلز یکدست باشد نه اینقدر تکه‌تکه و نامنظم؟

تا چند سال پیش نه‌تنها هیچ فلزی، بلکه هیچ ماده مصنوعی‌ای هم وجود نداشت که در ابعاد بزرگ، حتی مثلاً در ابعاد چند میلی‌متر در چند میلی‌متر، یکدست و منظم باشد. فکر می‌کنید چرا؟

دلیلش این است که ما انسان‌ها در بیشتر مواقع وقتی می‌خواهیم یک جسم جدید بسازیم، آن را از روش ساختن دیوار اول درست می‌کنیم! شاید روش ساختن یک قطعه فلزی را در تلویزیون دیده یا در کتابی خوانده باشید: $171\text{\AA}$ ؛ ابتدا فلز را ذوب می‌کنیم و بعد به وسیله ظرف‌های مخصوصی فلز مذاب را در قالب قطعه مورد نظر می‌ریزیم. این کار دقیقاً مانند ساختن دیوار به روش اول است؛ کاملاً کیلویی!

حتی همان دانه‌های میله مسی هم که زیر میکروسکوپ می‌بینیم، به طور طبیعی و بدون دخالت انسان ایجاد می‌شوند و ما در اکثر روش‌های معمول ساختن چیزها، توانایی نظم دادن یا شکل دادن به اتم‌ها در ابعاد کوچک را نداریم. البته باید به این نکته هم اشاره کرد که در بسیاری از کاربردها، به موادی شبیه به دیوار اول یا دوم نیاز داریم. برای مثال فلزات که ساختاری شبیه به دیوار دوم دارند (مثل همان میله مسی)، قابلیت چکش‌خواری و شکل‌پذیری بیشتری از خود نشان می‌دهند.

اما در چند سال اخیر روش‌هایی ابداع شده‌اند که به ما اجازه می‌دهند اتم‌ها و مولکول‌ها (آجرک‌ها) را به طور منظم و به دلخواه خودمان به هم متصل کنیم. دانشمندان این روش‌های جدید را $\#171$; نانوفناوری؛ نامیده‌اند.

شاید بپرسید که چرا این روش‌های جدید را $\#171$; نانوفناوری؛ نامیده‌اند؟ جواب این است که در شیوه‌های فوق با ساختارهایی سروکار داریم که از تعداد کمی اتم و مولکول ساخته شده‌اند و اتم‌ها و مولکول‌ها هم ابعادی در حدود نانومتر دارند. همان‌طور که می‌دانید خواص مواد به نوع اتم‌های تشکیل‌دهنده آنها و نوع اتصال این اتم‌ها به یکدیگر بستگی دارد. بنابراین اگر بتوانیم این اتم‌ها را به شکل مورد نظر خودمان به هم متصل کنیم، مواد جدیدی با خواص و توانایی‌های مورد نظرمان به دست می‌آوریم؛ این کار، مهم‌ترین هدف در نانوفناوری است. مثلاً می‌توانیم ماده‌ای بسازیم که هم خیلی محکم باشد و هم خیلی سبک یا ماده‌ای که در ابعاد بزرگ هم یکدست و منظم باشد.

چرایی استفاده از فناوری نانو در دنیای امروز

حرفه معماری امروزه بیش از هر زمان دیگری با گستره عظیمی از مواد و مصالح روبه‌رو است اگر چه انتخاب محصولاتی که کمترین اثرات زیست‌محیطی را به دنبال دارند مهم‌ترین مساله در انتخاب مواد و مصالح پایدار است، ولی باید سایر جنبه‌های آن همانند زیبایی و کیفیت بصري، قابل مرمت و نگهداری بودن، دسترسی راحت و ارزان به آنها را نیز مد نظر داشت. مصالح در طول چرخه خود بر محیط تاثیر می‌گذارند و مقیاس تاثیرگذاری آنها می‌تواند حتی گستره عظیم جهان را نیز در بر گیرد. مثلاً استفاده از برخی مواد می‌تواند به افزایش دمای کره زمین منجر شده و بر آن تاثیر زیادی داشته باشد. در جدول زیر اثرات احتمالی محیطی مواد در طول عمر آنها مورد بررسی قرار گرفته است. در توسعه پایدار مصالح ساختمانی نقش مهمی دارند. این مصالح باید با کیفیت بالایی تولید شوند، دارای مواد سمی نباشند برگشت‌پذیر بوده و در طول تمام چرخه زندگی خود، باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی شوند. این نکته هم راستا با خاستگاه‌های اقتصادی و اجتماعی توسعه پایدار نیز می‌باشد.

فناوری نانو با تولید ساختارهایی در مقیاس نانومتر، امکان کنترل خواص ذاتی مواد را از جمله دمای ذوب، خواص مغناطیسی، ظرفیت بار و حتی رنگ مواد بدون تغییر در ترکیب شیمیایی به وجود می‌آورد. نانوتکنولوژی نویدبخش پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه‌های مختلف علمی شده است. این علم با کنترل مواد در مقیاس مولکولی، گشایش اسرار طبیعت در تمام عرصه‌ها از مهندسی تا پزشکی را نوید می‌دهد. بسیاری از خواص یک ماده از قبیل رنگ، استحکام و شکنندگی قابل کنترل می‌گردد. امکان تهیه مصالح مناسب و با ویژگی‌های مورد نظر در بخش‌های مختلف ساختمان و تاسیسات و تجهیزات سرمایی و گرمایی وابسته به آن باتوجه به نیازها و خواسته‌های ما، برای کاهش مصرف انرژی به صورت مستقیم و غیرمستقیم نقش بسزایی خواهد داشت. در بخش مواد و مصالح ساختمانی و تاسیسات ساختمانی می‌توان به عمر زیاد، ضربه‌پذیری زیاد، شکنندگی کم و تغییر شکل‌های ناچیز اشاره نمود. به‌طور مثال می‌توان به نمونه‌هایی از کاربردهای فناوری نانو اشاره کرد. ساخت مصالح بسیار مقاوم در برابر نشست که می‌تواند در ساخت تاسیسات مورد نیاز ساختمانی به کار گرفته شود، بهبود عملکرد لوله‌های انتقال آب، بالا بودن بازده الکتریکی و مکانیکی تاسیسات ساختمانی‌ها، مقاوم‌سازی مصالح، عدم نیاز به عایق کاری جداگانه در این گونه مصالح و پاسخگویی به شرایط مختلف اقلیمی کشور.

نکته: با توجه به رشد سریع تحقیقات علمی و عملی علوم و فنون نانو و ورود تقویت‌کننده‌ها و استحکام‌دهنده‌های نانویی در مصالح ساخت و ساز موج جدیدی با شتاب فزاینده‌ای صنعت ساخت و ساز را در بر گرفته است

ساخت شیشه‌های خود تمیزشونده که حتی مشکل تمیزکاری پنجره‌ها بخصوص در ساختمان‌های بلند را از میان برمی‌دارد، با کمک فناوری نانو حاصل شده است و برای ساختمان‌ها می‌توان علاوه بر جلوگیری از اتلاف انرژی در بخش‌های مختلف و استفاده بهینه انرژی در ساختمان، به حفظ و نگهداری ساختمان برای مدت طولانی و مقاوم‌سازی آن حتی برای حوادث غیرمترقبه (با صرفه اقتصادی) دست یافت. طراحی پایدار توجه به ویژگی‌های مواد را به عنوان یک عامل مهم برای جلوگیری از ضایعات و پسماندها می‌داند. به عنوان مثال امروزه با استفاده از فناوری نانو در امر راهسازی می‌توان با ایجاد یک سطح به هم بافته شده در بین لایه‌های زیرسازی و مصالح پوشاننده بر طول عمر پروژه افزود. این مساله با بازدهی اقتصادی بالاتر همراه بود و گامی در راستای بعد اقتصادی توسعه پایدار است. ضمن این‌که این مساله نیاز به شن و ماسه بستر را از بین می‌برد که این نکته خود موجب کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از استخراج شن و ماسه از معادن حمل و نقل به محل مورد نظر می‌شود. عدم توجه به ویژگی‌های مواد می‌تواند اجرای مصالح، استفاده مجدد و نگهداری آینده آنها را بشدت تحت تاثیر قرار دهد.

کاربرد مواد نانو در ساختمان‌سازی

با توجه به رشد سریع تحقیقات علمی و عملی علوم و فنون نانو در کلیه علوم و صنایع، توجه بسیار کمی به کاربردهای این پدیده در صنعت ساختمان و به‌طور عام در ساخت و ساز شده است ولی اخیراً با توجه به تقویت‌کننده‌ها و استحکام‌دهنده‌های نانویی در مصالح ساخت و ساز موج جدیدی با شتاب فزاینده‌ای صنعت ساخت و ساز را در بر گرفته است.

سیلیسیم دی اکسید یا سیلیکا فراوانترین ماده سازنده پوسته زمین است. این ترکیب با فرمول شیمیایی SiO_2 ساختاری شبیه الماس دارد، ماده‌ای بلوری و سفید رنگ که دمای ذوب و جوش آن نسبتاً زیاد است. SiO_2 در طبیعت به 2 شکل بلوری و آمورف (بی‌شکل) یافت می‌شود. کاربرد مهم سیلیس در تولید انواع بتون است که کیفیت و خواص محصول تولیدشده آن بستگی زیادی به نوع و اندازه ذرات سیلیکا دارد و نانولوله‌های کربنی دارای دانسیته بسیار کم نسبت به فولاد و آلومینیوم می‌باشد. به طوری که دانسیته آن تقریباً یک‌پنجم دانسیته فولاد و یک‌سوم دانسیته آلومینیوم می‌باشد. از کاربردهای مهم نانولوله‌ها در ساخت سازه‌های سبک و مقاوم در مقابل کشش مطرح است که با کاهش وزن سازه مقاومت آن در مقابل زلزله به دلیل کاهش نیروهای وارده به سازه افزایش می‌یابد. در اینجا به بررسی اهمیت و اثرات استثنایی سیلیسیم در بتون تأکید می‌شود.

مواد نانو به عنوان موادی که حداقل یکی از ابعاد آن (طول و عرض و ضخامت) زیر 100 نانومتر باشد تعریف شده‌اند. یک نانومتر، یک هزارم میکرون یا حدود 100 هزار برابر کوچکتر از ضخامت موی انسان است. خواص فیزیکی و شیمیایی مواد نانو (در شکل و فرم‌های متعددی که وجود دارند از جمله ذرات، الیاف، گلوله و...) در مقایسه با مواد میکروسکوپی نوع دیگر تفاوت اساسی دارند. تغییرات اصولی که وجود دارد نه تنها از نظر کوچکی اندازه بلکه از نظر خواص جدید آنها در سطح مقیاس نانو می‌باشد.

فناوری نانو و پوشش‌های ساختمانی

نانو پوشش‌های ساختمانی در سطوح داخلی و خارجی ساختمان‌ها از جمله: سطوح شیشه‌ای، پلاستیکی، چوبی، فولادی، سنگی، آجری، کاشی، سرامیکی، سیمانی، بتونی و... استفاده می‌شوند. در این سطوح (سطوح هوشمند) که عموماً فوق آبدوست یا فوق آبگریز هستند واکنش‌ها روی سطح صورت می‌گیرد. لازم به ذکر است که نانو پوشش‌های ساختمانی آنتی‌باکتریال بوده و برای سلامت انسان بی‌ضرر هستند.

وضعیت جهانی

از فناوری نانو به عنوان «رئیس فناوری« و «روان‌کننده جریان سرمایه‌گذاری« یاد می‌شود. ورود محصولات متکی بر این فناوری جهشی بس عظیم در رفاه و کیفیت زندگی و توانایی‌های دفاعی و زیست‌محیطی به همراه خواهد داشت و موجب بروز جابه‌جایی‌های بزرگ اقتصادی خواهد شد. هم‌اکنون بخش‌های دولتی و خصوصی کشورهای مختلف جهان شامل ژاپن، آمریکا، اتحادیه اروپا، چین، هند، تایوان، کره جنوبی، استرالیا، اسرائیل و روسیه در رقابتی تنگاتنگ بر سر کسب پیشتازی جهانی در لاقل یک حوزه از این فناوری به سر می‌برند. هم‌اکنون حدود 30 کشور دنیا در زمینه فناوری نانو دارای «برنامه ملی« یا در حال تدوین آن هستند و طی 5 سال گذشته بودجه تحقیق و توسعه در امر فناوری نانو را به 3/5 برابر افزایش داده‌اند. کشورهای ژاپن و آمریکا نیز فناوری نانو را اولین اولویت کشور خود در زمینه فناوری اعلام کرده‌اند. صنعت ساختمان سرمایه عظیمی را به خود اختصاص می‌دهد - که علاوه بر هزینه ساخت آن شامل هزینه نگهداری نیز می‌شود - می‌توان به اتکاء به نانو تکنولوژی هم عمر مفید ساختمان را افزایش داد و هم می‌توان انرژی را مدیریت کرد به گونه‌ای که پایدار بمانیم و با ارتقای کیفیت زندگی راه را برای آیندگان نیز هموار سازیم.

منابع:

امیر مازیار رئیس قاسمی و دکتر طیبه پرهیزکار - مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

مجله کاوش، شماره دوم، آبان 1382

فضل‌الله امامی‌زاده، کارشناس مسوول ساختمان

ویکی‌پدیا، دانشنامه آزاد

ایران سازه - iransaze.ir

سایت مرکز تحقیقات مسکن