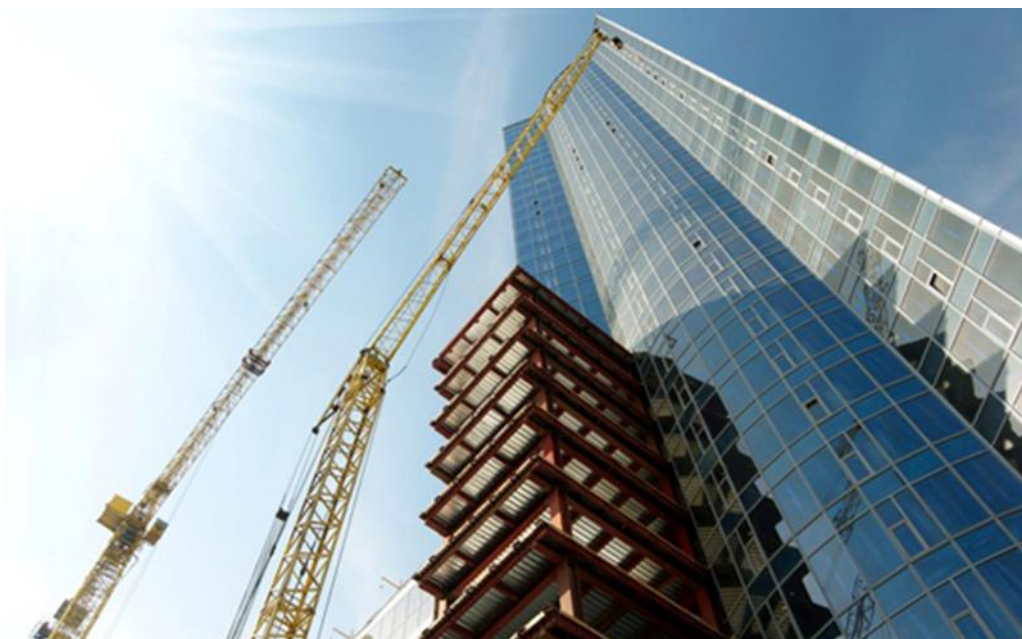


کاربردهای فناوری نانو در ساختمان

مقدمه

فناوری نانو و نانومواد فرصت‌های جالبی در صنعت ساختمان و معماری فراهم کرده‌اند. برای مثال توسعه مواد با عمر کاری بالا و همزمان با وزن بسیار کم در صنعت ساختمان با فناوری نانو امکان‌پذیر شده است. در حال حاضر مواد عایق جدید با قابلیت بسیار بالا در بازار موجود است و امکان بازیابی حرارت در ساختمان را فراهم کرده است به‌گونه‌ای که عایق‌های مرسوم این قابلیت را ندارند. روش‌های متنوعی برای انجام عملیات سطحی نیز در دسترس است که عملکرد سطحی مواد و عمر کاری آن‌ها را بهبود می‌دهد. این پوشش‌ها با کاهش میزان مصرف آب و مواد شوینده در حفظ منابع نقش بسزایی دارند.



در حال حاضر مواد و ترکیبات متعددی در حوزه ساختمان با استفاده از فناوری نانو تولید شده است اما با توجه به اینکه صنعت ساختمان محافظه‌کار است، نوآوری در آن معمولاً بسیار مشکل است. یکی از دلایل اصلی این امر هزینه بالای نوآوری در این صنعت است. در حال حاضر، نانومواد و محصولات نانو، نسبت به مواد مرسوم گران‌تر هستند و نیاز به فناوری تولید با هزینه کمتر دارند. مواد ساختمانی معمولاً در حجم وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند و تغییرات کم در هزینه باعث افزایش قابل ملاحظه هزینه نهایی تولید خواهد شد. در صنعت ساختمان، مدت زمان مورد نظر در صنعت ساختمان برای بررسی عملکرد حدود ۲۰ تا ۳۰ است. در این شرایط پذیرش پوشش با عملکرد ۱ تا ۳ سال در این صنعت بسیار مشکل است. علاوه بر این در حال حاضر اطلاعات تجربی کمی در مورد محصولات نانو وجود دارد به عبارت ساده‌تر اطلاعات کمی در مورد عمر محصولات نانو وجود دارد. در

مجموع این گونه می‌توان گفت که در حال حاضر دانش در زمینه کاربردهای فناوری نانو و محصولات حاصل از آن، میزان در دسترس بودن و کارایی آن‌ها در صنعت ساختمان بسیار محدود است.

براساس بررسی‌های انجام شده در سال ۲۰۰۹ توسط بخش صنعت ساختمان اروپا، ۷۵ درصد از پاسخ‌دهندگان اطلاعی از نانو بودن یا نبودن محصولاتی که استفاده می‌کردند نداشتند. تولیدکنندگان تنها در صورتی عبارت نانو را روی محصولات درج می‌کنند که این عبارت اثر مثبت بر میزان فروش محصول داشته باشد. معمولاً برای مصرف‌کنندگان مقدار ترکیبات نانو در محصولات مشخص نیست. همیشه محصولات نانو دارای ذرات نانومتری نیستند بلکه گاهی دارای حفرات و یا ساختار با ابعاد نانومتری هستند. با توجه به اینکه در طی سالهای اخیر اثرات و خطرات بالقوه نانومواد بر محیط زیست و سلامتی کشف شده است در برخی از مواقع تولیدکنندگان عبارت نانو را روی محصولات درج نمی‌کنند. این گزارش مروری بر کاربردهای فناوری نانو در محصولات و صنعت ساختمان است. علاوه بر این بر روی اثرات بالقوه زیست محیطی و خطرات سلامتی این محصولات تمرکز می‌کند.

زمینه‌های کاربری و محصولات

محصولات نانو در صنعت ساختمان در ۴ گروه اصلی دسته‌بندی می‌شوند (۱) بتن و مواد ساختمانی بتنی، (۲) محصولات کاهش صدا و عایق حرارتی یا تنظیم دما، (۳) پوشش‌های سطحی برای بهبود عملکرد طیف وسیعی از مواد، (۴) محافظ در برابر آتش. براساس مشخصات سازنده، موسسه تجارت آلمان در صنعت ساختمان لیستی از محصولات ساختمانی که با عنوان نانو تبلیغ می‌شوند را تهیه کرد. این لیست شامل اطلاعاتی در مورد چگونگی اثر این نانوذرات یا نانو ساختارها بر خواص نهایی است. در سال ۲۰۱۲ این لیست شامل ۶۳ محصول بود که در گروه سیمان، رنگ، محصولات پوشش‌دهی سطح بوده است.

(۱) بتن و مواد ساختمانی بتنی

بتن نوعی سنگ مصنوعی است که از ترکیب سیمان، مواد جامد (سنگریزه، شن و ...) و آب تولید می‌شود. سالیانه بیش از ۱۰ میلیارد تن در سراسر جهان استفاده می‌شود که مهمترین ماده ساختمانی است که در این حجم زیاد توسط بشر تولید می‌شود. استحکام بتن ناشی از بلورهای سوزنی (کلسیم سیلیکات هیدراته) که در زمان سخت شدن بتن با یکدیگر ارتباط ایجاد می‌کنند. برای نمایش این ساختارهای نانو می‌توان از میکروسکوپ الکترونی استفاده کرد. با استفاده از بهینه‌سازی این ترکیبات می‌توان بتن را برای کاربردهای خاص مطابقت داد. در چند

سال اخیر، این امر موجب توسعه مواد جدید و بهبود مواد موجود شده است. بر این اساس انواع بتن‌ها مطابق با نیاز توسعه داده شده است که عبارتند از:

الف) بتن با کارایی بسیار بالا (UHPC)

چسب‌های نانومقیاس را می‌توان به عنوان بتن استفاده کرد که خواص جدید شامل کارپذیری، استحکام و دوام دارند. افزودن نانوذرات اکسید سیلیسیم تخلخل‌های موجود در بتن را پر کرده و باعث سخت‌تر و متراکم شدن بتن می‌شود. در بتن با استحکام و کارایی بسیار بالا برای بهبود استحکام کششی از رشته‌های فولادی نیز استفاده می‌شود. این نوع از بتن‌ها استحکام فشاری تا 200 N/mm^2 دارد. افزودنی‌های پلیمری (مانند رزین‌های مصنوعی) باعث پایدار شدن سوسپانسیون شده و برای سیمان‌های خودمتراکم‌شونده استفاده می‌شود. استحکام بسیار بالا و چگالی این نوع بتن در سازه‌هایی مانند پل‌ها بسیار مناسب است. پل Gärtnersplatzbrücke در آلمان که در سال ۲۰۰۷ ساخته شد از چنین ترکیباتی ساخته شده است. مثال دیگر از این پل‌ها پل Wild-Brücke در اتریش است. این پل در سال ۲۰۱۰ افتتاح شده و اولین پل جهان است که سازه محافظ اصلی آن از بتن‌های با کارایی بسیار بالا ساخته شده است.



ب) ملات برای کارهای تعمیراتی بتن

اثرات محیطی مانند رطوبت، نمک، باد و باران، ضربات و بارگذاری شدید باعث آسیب دیدن ساختار بتن و ایجاد ترک و جدایش آن می‌شود. این موضوع هزینه بالایی به صنایع ساختمان تحمیل می‌کند. ملات‌های تعمیراتی جدید که با فناوری نانو تولید شده‌اند، چگالی بالاتر، استحکام خمشی و فشاری بالاتری دارند. این مواد آسیب به بتن را کاهش می‌دهند. وزن کم و کارپذیری مناسب از دیگر مزیت این بتن‌ها هستند.

ج) بتن‌های فوتوکالیستی

تحت تاثیر پرتوهای ماورای بنفش نور خورشید، واکنش‌های شیمیایی در حضور دی‌اکسید تیتانیوم تسريع می‌شود. محصول این واکنش رادیکال‌های اکسیژن است که در اثر تجزیه مواد آلی تولید می‌شوند. این فرایند فوتوکاتالیست نامیده شده و در صنعت ساختمان و معماری برای ساخت مواد ساختمانی خود تمیزشونده برای تصفیه هوا استفاده می‌شوند. زمانی که از این مواد در لایه بالایی بتن استفاده می‌شود، فعالیت فوتوکاتالیستی نانوذرات اکسید تیتانیوم باعث تجزیه آلودگی‌ها و مواد آلی شده و با بارش باران تمیز می‌شود. با استفاده از این فناوری، نمای بیرون ساختمان ظاهر اولیه خود را در دوره زمانی طولانی‌تر حفظ می‌کند. این فناوری در کلیسای Jubilee رم در سال ۲۰۰۳ به کار گرفته شده است. بتن سفید رنگ این سازه پس از سال‌ها استفاده هیچ اثری از آلودگی را نشان نمی‌دهد.



(د) پایدارسازی زمین در ساخت جاده

به منظور محافظت از جاده در برابر آسیب دیدگی، لایه زیرین جاده باید به خوبی آماده سازی شود. پلیمرهای جدیدی که ذرات نانومقیاس اکسید سیلیسیم در آن توزیع شده اند با بتن مخلوط شده و برای زیرسازی مورد استفاده قرار می گیرند. در این بتن با کارایی بسیار بالا، نانوذرات اکسید سیلیسیم فضای بین ذرات بتن را پر کرده و منجر به تشکیل بتن با زمینه متراکم و یکنواخت می شود. همچنین این پلیمرها ضد آب هستند و ظرفیت جذب آب را کاهش می دهند. این امر مقدار جذب آب توسط لایه های زیرین را کاهش داده و مقاومت آن ها را بهبود می بخشد.

(۲) عایق های حرارتی، صوتی و تنظیم کننده دما

یکی از بزرگترین چالش ها در صنعت ساختمان بازسازی ساختمان های مسکونی و تجاری موجود از جنبه های مسائل حرارتی است. استفاده از مواد عایق برپایه فناوری نانو سهم بزرگی در این زمینه دارد. در گذشته مصرف انرژی به صورت پایدار افزایش می یافت. در اتریش در سال ۲۰۰۹ میزان مصرف ۸۰ درصد بیشتر از سال ۱۹۷۰ بوده است. در مصارف خانگی، حدود ۳۰ درصد انرژی برای گرمایش استفاده می شود. این بخش به صورت بالقوه برای ذخیره انرژی بسیار مناسب است. براساس برنامه بهینه سازی انرژی در کشور اتریش تا سال ۲۰۱۷ باید به اندازه ۹ درصد مصرف انرژی کاهش یابد. ابداعات جدید در حوزه فناوری نانو امکان عایق کاری ساختمان را فراهم کرده است. از جمله نانومواد که در این زمینه مورد استفاده قرار می گیرند شامل:

الف) آئروژل ها



آئروژل یک ماده سبکوزن است که به عنوان مثال از سیلیکا تولید می‌شود. ژل حاصل طی فرایند خاصی خشک می‌شود که باعث ایجاد ساختاری با بیش از ۹۵٪ تخلخل می‌شود. این آئروژل سیلیکایی در اواخر دهه ۳۰ میلادی تولید شد. هدایت حرارتی مواد با تخلخل‌های نانومتری بسیار کم است چون تعداد کمی مولکول‌های گاز در این فضا وجود دارد و حرارت از طریق این مولکول‌ها جابه‌جا می‌شود. با استفاده از آئروژل می‌توان فضای بین دو صفحه شیشه‌ای در پنجره را پرکرد. این ساختار علاوه بر پرتوهای مادون قرمز مانع از انتشار صدا می‌شود. اما آئروژل شفاف نیست و باعث مات شدن شیشه می‌شود. برخی از آئروژل‌های شفاف در حال حاضر در حال توسعه هستند.

ب) صفحات عایق خلا



در میان این صفحات از سیلیکای نانومقیاس، گرافیت یا سیلیکون کاربید تحت خلا استفاده شده است. در اطراف آن ورقه‌های متراکم و پایداری که از مواد مصنوعی و آلومینیم ساخته شده است، قرار می‌گیرد. با حذف هوا که منجر به هدایت حرارتی می‌شود، با استفاده از این پنل‌ها که ضخامت ۲-۴ cm دارند، می‌توان به خواص عایق‌های سنتی با ضخامت ۲۰ cm دست یافت. این صفحات در داخل و خارج ساختمان استفاده می‌شوند. اما این مواد به آسیب‌های مکانیکی نسبتاً حساس هستند و خلا آن‌ها از بین می‌رود. در این شرایط امکان برش این مواد وجود ندارد و هزینه تولید آن‌ها هنوز بالاست.

(ج) ذخیره گرمای نهان (مواد با قابلیت تبدیل فاز) - تنظیم دما



در فصل تابستان، ساختمان‌هایی که با فناوری سبک ساخته شده‌اند، بسیار گرم می‌شوند. در این شرایط مواد با قابلیت تبدیل فاز مانند پارافین که با ابعاد میکرونی یا نانومتری در بخش‌های مختلف ساختمان به کار رفته‌اند، در هنگام روز گرما را جذب کرده و ذوب می‌شوند و شب هنگام به دلیل کاهش دما، مجدداً تغییر فاز می‌دهند و گرمای ذخیره شده را آزاد می‌کنند. مواد ساختمان‌سازی که از ترکیبات مشابه استفاده می‌کنند برای تنظیم انرژی حرارتی در ساختمان بسیار مفید هستند.

(د) پنجره‌های الکتروکروماتیک با نانوپوشش



پنجره‌های الکتروکروماتیک دارای دو شیشه با پوشش شفاف و رسانا هستند. فضای بین این دو شیشه شامل اکسید تنگستن یا لایه‌ی سل-ژل است. با اعمال جریان الکتریکی (ولتاژ حداکثر ۳۷) این پوشش نانوساختار به رنگ آبی شده و عبور نور خورشید را کاهش می‌دهد. در این شرایط نور و گرمای ورودی به خانه را می‌توان به صورت مجزا کنترل کرد. مدت زمان مورد نیاز برای تغییر از یک حالت به حالت دیگر حدود ۳ تا ۵ دقیقه زمان نیاز دارد که یکی از معایب این پنجره‌ها است.

(۳) انواع پوشش‌ها؛

در بخش ساختمان ثروت حاصل از محصولات مبتنی بر فناوری نانو که عملکرد خاصی را در سطوح ایجاد می‌کنند در بازار موجود هستند. تمرکز این محصولات بر سطوح ضد آب و ضد لک است که با عنوان پوشش‌های خودتمیزشونده شناخته می‌شوند. این پوشش‌ها شامل رنگ‌های نما، شیشه‌ها، مواد محافظ در برابر نفوذ آب، موزاییک‌ها و پوشش‌های ضد لک و ضد اثرانگشت هستند.

(۴) مواد محافظ در برابر آتش؛



شیشه‌های خاص محافظ در برابر آتش شامل شیشه‌های دوجداره هستند که با لایه‌ای از نانو SiO_2 با ضخامت ۳ میلی‌متر پر شده‌اند که در هنگام آتش‌سوزی کف می‌کند. این صفحات در برابر آتش تا دمای 1000°C به مدت ۱۲۰ دقیقه مقاومت می‌کند. مزیت دیگر این صفحات سبکی و نازک بودن آن‌هاست. علاوه بر کاربرد این محصولات در ساختمان، این صفحات برای پنجره‌های کشتی نیز استفاده می‌شوند. استفاده از نانو SiO_2 می‌توان پنل‌های ساندویچی را می‌توان پوشش‌دهی کرد و آن‌ها را در برابر آتش مقاوم کرد. برخلاف پوشش‌های شیشه مانند، این پنل‌ها قابل نفوذ هستند و پس از عمر کاری مفید می‌توان به راحتی تکه تکه و دفع شوند. ذرات نانوساختار سیلیکاتی (نانورس‌ها) را می‌توان به منظور بهبود مقاومت در برابر آتش‌سوزی روی پلاستیک‌ها اعمال کرد. این نانوکامپوزیت‌ها برای جعبه‌فیوز و سوکت‌های داخل ساختمان قابل استفاده هستند.

کاربردهایی از فناوری نانو که در حال توسعه هستند؛

به دلیل خواص منحصر به فرد نانولوله‌های کربنی توجه خاصی در توسعه بتن‌های مستحکم با استفاده از این مواد شده است. افزونند ۱٪ وزنی از نانولوله کربنی خواص مکانیکی بتن را بهبود می‌دهد. علاوه بر این نانولوله‌های کربنی چندجداره نیز خواص فشاری و استحکام بتن را افزایش می‌دهند. چالش‌های فنی در توزیع یکنواخت این نانولوله‌ها در زمینه بتن وجود دارد. تاکنون این مشکل و هزینه بالای تولید و خطرات سلامتی غیرقابل پیش‌بینی استفاده از بتن‌های تقویت شده با نانولوله کربنی را به تاخیر انداخته است. حسگرهایی که با فناوری نانو تولید شده‌اند نیز تحت تحقیق و توسعه هستند. این حسگرها را می‌توان در بتن‌ها قرار داد و به عنوان یک روش کنترل کیفیت از

آن‌ها استفاده کرد. در آینده این حسگرها به اندازه‌گیری چگالی و ویسکوزیته بتن و متغیرهایی که بر عمرکاری آن موثر هستند (دما، رطوبت، pH، ارتعاش)، کمک می‌کنند.

جنبه‌های سلامتی و زیست محیطی محصولات ساختمانی مبتنی بر فناوری نانو

دو راه اصلی برای اینکه افراد در معرض نانومواد موجود در بخش‌های مختلف ساختمان قرار بگیرند، عبارتند از:

الف) هنگام استفاده از این قطعات و ترکیبات در زمان ساخت ساختمان

ب) در حین عملیات تخریب و یا عملیات اصلاحی روی این قطعات شامل سوراخکاری و ...

با این وجود کارگران و مصرف‌کنندگان خصوصی در تماس با نانومواد قرار می‌گیرند و بایستی در برابر خطرات محافظت شوند. این امر برای کارگران با استفاده از قوانین و مدیریت خطرات در شرکت‌ها انجام می‌گیرد. اما عموماً برای مصرف‌کنندگان نهایی چگونگی محافظت در برابر این مواد در نظر گرفته نمی‌شود. مطابق با دانش موجود، اگر نانومواد به صورت دائمی در زمینه قرار گیرند، احتمال انتشار آن‌ها بسیار کم است. مطالعات نشان می‌دهد که حتی در زمان تخریب نیز انتشار نانوذرات در این مواد رخ نمی‌دهد.

نتیجه‌گیری

در این گزارش، نانومواد و محصولاتی که قابلیت بهبود کارایی و عملکرد در بخش‌های مختلف ساختمان را دارند، معرفی شدند. قابل ذکر است که هنوز محصولات نانوی ساختمانی نقش بسیار کمی در بازار جهانی صنعت ساختمان دارند. تعیین اثرات سلامتی و زیست محیطی این محصولات نیاز به مطالعات بیشتری در این حوزه دارد. از طرف دیگر توسعه و انطباق دستگاههای اندازه‌گیری برای آنالیز میزان انتشار این مواد نیز اهمیت بسیاری دارد.

منبع:

<http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=26700.php>