



بررسی دستاوردهای نانو کامپوزیت در صنعت ساختمان

دکتر فریدون ناهیدی آذر

گروه معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران.
doktornahidi@gmail.com

مهندس سهیلا کریمی

گروه معماری، واحد پارس آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارس آباد مغان، ایران.
karimi.soheyla123@yahoo.com

چکیده

هدف این مقاله بررسی دستاورد نانو کامپوزیت در صنعت معماری ساختمان می باشد که با بررسی این مواد که امروزه در صنعت معماری مثل کاشی و سرامیک، رنگ و چوب و سایر ملزومات معماری و همچنین در نمای ساختمان و زیر سازی مثل بتن، آسفالت و سایر مصالح ساختمانی مثل آجر و گچ کاربرد دارد، قابلیت های بسیاری را به این صنعت افزوده و عمر مواد و مصالح را به طور چشم گیری افزایش می دهد، مورد مطالعه قرار گرفته شده است. نانوکامپوزیت ها از دو فاز تشکیل شده اند. فاز اول یک ساختار بلوری است که در واقع پایه یا ماتریس نانوکامپوزیت محسوب می شود و ممکن است از جنس پلیمر، فلز و یا سرامیک باشد. فاز دوم نیز ذراتی در مقیاس نانومتر می باشند که به عنوان تقویت کننده (مواد پرکننده Filler) به منظور اهداف خاص از قبیل استحکام، مقاومت، هدایت الکتریکی، خواص مغناطیسی و... در درون فاز اول (ماده پایه) توزیع می شوند. ماده ی پایه می تواند ذرات را به گونه ای از هم جدا نگه دارد که رشد ترک به تأخیر افتد. نانوکامپوزیت ها بر اثر برهمکنش سطحی بین ماده ی پایه و مواد پرکننده، از خواص بهتری برخوردار می شوند. نوع و میزان برهمکنش ها نقش مهمی در خواص مختلف نانوکامپوزیت ها همچون حلالیت، خواص نوری، خواص الکتریکی و مکانیکی آن ها دارد. این مقاله در یک تحقیق علمی پژوهشی سعی کرده است دستاورد نانو کامپوزیت در صنعت معماری را مورد تحلیل و بررسی قرار دهد و طبق نتایج به دست آمده در نانو کامپوزیت ها در بین نانوکامپوزیت ها بیشترین توجه به نانوکامپوزیت های پایه پلیمری شده است. یکی از دلایل گسترش نانوکامپوزیت های پلیمری، خواص بی نظیر مکانیکی، شیمیایی و فیزیکی آن است. نانوکامپوزیت های پلیمری عموماً دارای استحکام بالا، وزن کم، پایداری حرارتی بالا، رسانایی الکتریکی بالا و مقاومت شیمیایی بالایی هستند.

واژگان کلیدی: دستاورد، نانو کامپوزیت، پلیمری، صنعت معماری.



مقدمه

نانو کامپوزیت ها در صنعت معماری و ساختمان امروزه از پرکاربردترین کامپوزیت ها می باشند و فواید بسیار زیادی دارند مواد نانو کامپوزیت اولین بار در دهه ۷۰ معرفی شدند. این مواد که بر پایه پلیمر هستند که از فناوری sol-gel جهت انتشار (Disperse) دادن ذرات نانو کانی درون ماتریس پلیمر استفاده شده است. این مواد که امروزه هم در صنعت معماری مثل کاشی و سرامیک، رنگ و چوب و سایر ملزومات معماری و همچنین در نمای ساختمان و زیر سازی مثل بتن، آسفالت و سایر مصالح ساختمانی مثل آجر و گچ کاربرد دارد، قابلیت های بسیاری را به این صنعت افزوده و عمر مواد و مصالح را به طور چشم گیری افزایش می دهد. استفاده از نانو کامپوزیت ها به هر کدام از این مصالح یاد شده قابلیت های ویژه ای می دهد که از هر جهت نیاز همگان را فراهم می کند.

کامپوزیت ترکیبی است که از لحاظ میکروسکوپی از چند ماده متمایز ساخته شده باشد، به طوری که این اجزاء به آسانی از یکدیگر قابل تشخیص باشند. به طور نمونه، یکی از کامپوزیت های آشنا بتن است که از دو جزء سیمان و ماسه ساخته شده است. برای ایجاد تغییر و بهینه کردن خواص فیزیکی و شیمیایی مواد، آن ها را ترکیب یا کامپوزیت می کنیم. به طور مثال پلی اتیلن (PE) که در ساخت چمن های مصنوعی از آن استفاده می گردد، رنگ پذیر نیست و به همین سبب رنگ این چمن ها اغلب مات است. برای برطرف نمودن این نقص به آن وینیل استات می افزایند تا خواص پلاستیکی، نرمیت و رنگ پذیری آن اصلاح شود. در واقع، هدف از ایجاد کامپوزیت، به دست آوردن ماده ای ترکیبی با خواص مورد انتظار می باشد. نانوکامپوزیت نیز همان کامپوزیت است که یک یا چند جزء از آن، ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر دارد. نانوکامپوزیت ها از دو فاز تشکیل شده اند. فاز اول یک ساختار بلوری است که در واقع پایه یا ماتریس نانوکامپوزیت محسوب می شود و ممکن است از جنس پلیمر، فلز و یا سرامیک باشد. فاز دوم نیز ذراتی در مقیاس نانومتر می باشند که به عنوان تقویت کننده (مواد پرکننده Filler) به منظور اهداف خاص از قبیل استحکام، مقاومت، هدایت الکتریکی، خواص مغناطیسی و... در درون فاز اول (ماده پایه) توزیع می شوند. در بحث نانومواد، نانوکامپوزیت ها از جایگاه ویژه ای برخوردار هستند. حضور ذرات و الیاف در ساختار نانوکامپوزیت ها معمولاً باعث ایجاد استحکام در ماده ی پایه می شود. در واقع هنگامی که ذرات و یا الیاف درون یک ماده ی پایه توزیع شوند، نیروهای اعمال شده به کامپوزیت به طور یکنواختی به ذرات یا الیاف منتقل می شود. با توزیع مواد پرکننده درون ماده پایه خصوصیات نظیر استحکام، سختی، خواص تریبولوژیکی و تخلخل تغییر می کند. ماده ی پایه می تواند ذرات را به گونه ای از هم جدا نگه دارد که رشد ترک به تأخیر افتد. به علاوه اجزاء نانوکامپوزیت ها بر اثر برهمکنش سطحی بین ماده ی پایه و مواد پرکننده، از خواص بهتری برخوردار می شوند. نوع و میزان برهمکنش ها نقش مهمی در خواص مختلف نانوکامپوزیت ها همچون حلالیت، خواص نوری، خواص الکتریکی و مکانیکی آن ها دارد.



روش تحقیق

در این مقاله علمی پژوهشی سعی شده است دستاورد نانو کامپوزیت را در صنعت معماری مورد تحلیل و بررسی قرار دهد و طبق مطالعات و تحقیقات کتابخانه ای و تحلیلی نتایجی در نانو کامپوزیت ها به دست آمده که در این مقاله به آن پرداخته می شود.

نانوکامپوزیت ها؛

۱. طبقه بندی نانوکامپوزیت ها

انواع نانوکامپوزیت را می توان بر اساس ماده پایه آن ها به شرح زیر طبقه بندی کرد:

۱-۱- نانوکامپوزیت های پایه پلیمری (PMNCs) Polymer matrix nanocomposites

۱-۲- نانوکامپوزیت های پایه سرامیکی (CMNCs) Ceramic matrix nanocomposites

۱-۳- نانوکامپوزیت های پایه فلزی (MMNCs) Metal matrix nanocomposites

۱-۱- نانوکامپوزیت های پایه پلیمری

در بین نانوکامپوزیت ها بیشترین توجه به نانوکامپوزیت های پایه پلیمری معطوف است. یکی از دلایل گسترش نانوکامپوزیت های پلیمری، خواص بی نظیر مکانیکی، شیمیایی و فیزیکی آن است. نانوکامپوزیت های پلیمری عموماً دارای استحکام بالا، وزن کم، پایداری حرارتی بالا، رسانایی الکتریکی بالا و مقاومت شیمیایی بالایی هستند. تقویت پلیمرها با استفاده از مواد آلی و معدنی بسیار مرسوم می باشد. بر خلاف تقویت کننده های مرسوم که در مقیاس میکرون می باشند، در نانوکامپوزیت ها تقویت کننده ها ذراتی در ابعاد نانومتر می باشند. با افزودن درصد کمی از نانوذرات به یک پلیمر خالص، استحکام کششی، استحکام تسلیم و مدول یانگ افزایش چشمگیری می یابد. به عنوان مثال، با افزودن تنها ۰,۰۴ درصد حجمی میکا (یک نوع سیلیکات) با ابعاد ۵۰ نانومتر به اپوکسی (Epoxy)، مدول یانگ این ماده ۵۸ درصد افزایش خواهد یافت.

دلیل دوم توسعه نانوکامپوزیت های پایه پلیمری و افزایش تحقیقات در این زمینه، کشف نانولوله های کربنی در سال ۱۹۹۱ میلادی است. استحکام و خواص الکتریکی نانولوله های کربنی به طور قابل ملاحظه ای با نانولایه های گرافیت و دیگر مواد پرکننده تفاوت دارد. نانولوله های کربنی موجب رسانایی و استحکام فوق العاده ای در پلیمرها می شوند به طوری که کاربردهای حیرت انگیزی همچون آسانسور فضایی را برای آن می توان متصور شد.

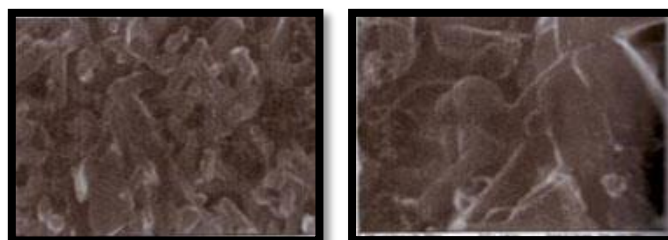
این دسته از کامپوزیت ها به دلیل خواص منحصر به فردی که دارند به طور گسترده ای در صنایع خودرو، هوا-فضا و بسته بندی مواد غذایی گسترش یافته اند. از دیگر کاربردهای نانوکامپوزیت های پلیمری پوشش های مقاوم به سایش، پوشش های مقاوم به خوردگی، پلاستیک های رسانا، حسگرها، آسترهای مقاوم در دمای بالا و غشاهای جداسازی گازها و سیالات نفتی می باشند. به عنوان مثال می توان به نوعی غشاء نانوکامپوزیتی ساخته شده از یک نوع پلیمر و نانولایه های سیلیکا اشاره کرد که

توسط محققان دانشگاه کارولینای شمالی ساخته شده است. این غشاء توانایی فوق العاده ای در جداسازی مولکول های آلی از گازها دارد.

۱-۲- نانوکامپوزیت های پایه سرامیکی



به مواد (معمولاً جامد) ی که بخش عمده ی تشکیل دهنده آن ها غیرفلزی و غیرآلی باشد، سرامیک گفته می شود. سرامیک ها خواص بسیار خوبی نظیر مقاومت حرارتی بالا، پایداری شیمیایی خوب و استحکام مکانیکی مناسبی دارند، اما به دلیل پیوندهای یونی و کووالانس موجود در سرامیک ها چقرمگی شکست آن ها پایین است و تغییر شکل پلاستیک این مواد محدود می باشد. به منظور رفع این مشکل با اضافه کردن و جداسازی الیاف و ذرات مناسب، می توان چقرمگی شکست را بالا برد. اگر این تقویت کننده ها ابعاد نانومتری داشته باشند بالاترین چقرمگی شکست به دست می آید. به طور مثال در شکل ۱ نانوکامپوزیت نیتريد سيليسيم حاوی نانولوله های کربنی چند دیواره، نشان داده شده است. برای ساخت این نانوکامپوزیت از پرس ایزواستاتیک گرم استفاده می شود. از خواص مکانیکی قابل توجه این نانوکامپوزیت ها می توان به استحکام خمشی و مدول الاستیک قابل توجه آن ها اشاره کرد .



(۲)

(۱)

شکل (۱ و ۲) - نانوکامپوزیت نیتريد سيليسيم

۳-۱ نانوکامپوزیت های پایه فلزی

کامپوزیت های پایه فلزی، کم وزن و سبک بوده و به علت استحکام و سختی بالا کاربردهای وسیعی در صنایع خودرو و هوا- فضا پیدا کرده اند. اما این کاربردها به لحاظ کم بودن قابلیت کشش در این کامپوزیت ها محدود شده است. تبدیل کامپوزیت به نانوکامپوزیت سبب افزایش استحکام و رفع محدودیت های مذکور می شود. نانوکامپوزیت های پایه فلزی اصولاً مشابه روش های متالورژی پودر تولید می شوند. این نانوکامپوزیت ها کاربردهای متفاوتی دارند خصوصاً نانوکامپوزیت های پایه منیزیم که در سال های اخیر به دلیل چگالی کم، استحکام بالا، مقاومت به خزش بالا و پایداری حرارتی مناسب، گسترش چشمگیری داشته اند. نانوکامپوزیت های پایه منیزیم کاربردهای گسترده ای در صنایع هوایی و خودروسازی دارند. نانوکامپوزیت های پایه فلزی حاوی نانولوله های کربنی نیز از اهمیت ویژه ای برخوردارند. نانولوله ها می توانند سبب افزایش و یا بهبود خواصی نظیر رسانایی، استحکام، مقاومت و... در فلزات شوند.



۲. بخش های مرتبط با کامپوزیت

۱-۳ خواص نانوکامپوزیت‌ها

نانوکامپوزیت‌ها در مقادیر ۵-۲ درصد وزنی، خواص پلیمرهای خالص را به طرز قابل توجهی بهبود می‌دهند. این ارتقای خواص عبارتند از: خواص عبور پذیری (barrier) مانند نفوذپذیری و مقاومت در برابر حلال‌ها، خواص نوری، هدایت یونی خواص دیگر حاصل از ساختار لایه‌ای نانو سیلیکات‌ها در نانوکامپوزیت‌های پلیمری، افزایش پایداری حرارتی و مقاومت در برابر شعله (آتش) در مقادیر بسیار کم پرکننده می‌باشد.

۲-۳ آزمایش کامپوزیت‌ها

مواد مورد استفاده در طراحی بر اساس استاندارد ASTM مشخصه سازی می‌شوند. علاوه بر آن پروژه های مختلفی بر اساس نیاز صنایع در این راستا انجام می‌گیرد که از جمله می‌توان موارد زیر را نام برد:

✓ بررسی عوامل محیطی بر روی سازه های کامپوزیتی

✓ مشخصه سازی خواص کامپوزیت‌ها بری استفاده در قطعات استوانه ای و صاف

۳-۳ طراحی و محاسبات سازه های کامپوزیتی

در این گروه محاسبات بارگذاری، تحلیل های سازه ای از قبیل تحلیل تنش، ارتعاشات و غیره انجام می‌گیرد. از جمله پروژه های انجام شده در این گروه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

مدل سازی خستگی کامپوزیت های زمینه پلیمری بررسی تنش‌های پسماند در مواد کامپوزیتی طراحی و ساخت دستگاه تست ضربه ثقلی سازه‌های کامپوزیتی طراحی و ساخت مخازن تحت فشار کامپوزیتی.

۴-۳ گروه تحقیق و توسعه کاربرد کامپوزیت در مقاوم سازی سازه های بتن آرمه و فلزی

با توجه به اهمیت مقاوم سازی ساختمانهای بزرگ، پل ها و دیگر بنهای بتنی از پیش ساخته شده، همچنین ترمیم و تقویت سازه‌های فلزی خورده شده از قبیل لوله های گاز این گروه بطور مستقل در داخل مؤسسه کامپوزیت ایران در سال ۱۳۷۹ بعنوان اولین مرکز در ایران تشکیل و شروع به فعالیت نموده است. از جمله کارهای انجام شده در این گروه می‌توان به مورد زیر اشاره کرد: بررسی رفتار تیرهای بتن آرمه تقویت شده با صفحات کامپوزیت بررسی رفتار تراورس‌های چوبی تقویت شده با صفحات کامپوزیت بررسی رفتار بتن تقویت شده با الیاف کوتاه طراحی و ساخت بتن سبک پلیمری تقویت لوله های انتقال گاز با استفاده از مواد کامپوزیت.

✓ کامپوزیت سیمانی

پژوهشگران دانشگاه میشیگان ایالات متحده در نظر دارند نوع جدیدی از بتن تقویت شده با الیاف را با قابلیت خمش برای بازسازی پلی را در میشیگان به کار گیرند. این بتن جدید از نظر ظاهری مشابه بتن معمولی است ولی پژوهشگران ادعا می‌کنند که در برابر ترک ۵۰۰ برابر مقاوم تر و از نظر وزنی ۴۰ درصد سبک تر است. کارایی این بتن تاحدی به دلیل وجود الیاف



(حدود ۲ درصد حجمی مخلوط) است . ضمن این که مواد به کار رفته در خود بتن نیز به گونه ای طراحی شده است که بتن بیشترین انعطاف پذیری را داشته باشد. به گفته پرفسور ویکتور لی Victor Li که گروهش روی این کامپوزیت سیمانی مهندسی ECC کار می کنند فن آوری کامپوزیت سیمانی پیش از این در پروژه هایی در ژاپن ، کره ، سوئیس و استرالیا به کار گرفته شده ولی با وجود این که بتن های معمولی دارای مشکلات زیادی از جمله نداشتن دوام و تحمل ، شکست تحت بارهای شدید و گرانی تعمیر و ترمیم هستند ، این فن آوری با شرایط ایالات متحده تطابق نسبتا کمی داشته است. پرفسور لی عقیده دارد که این کامپوزیت بسیاری از این مشکلات را حل خواهد کرد. به گفته وی این بتن نرم با قابلیت خمش عمدتا از همان اجزای بتن معمولی منهای ذرات درشت ساخته می شود . از نظر ظاهری نیز این ماده همانند بتن معمولی است ولی در کرنش های زیاد ، به علت وجود شبکه ای از الیاف با پوشش ویژه ، انعطاف پذیری حاصله ، از تردی و شکست آن جلوگیری می کند. بتن تقویت شده با الیاف ماده جدیدی نیست ولی به عقیده پرفسور لی این کامپوزیت سیمانی که سالها روی آن کار شده است، نسبت به سایر بتن های تقویت شده با الیاف امروزی متفاوت است و برتری های فراوانی دارد. به گفته وی ، نکته کلیدی این است که ECC یک کامپوزیت مهندسی است یعنی علاوه بر تقویت بتن با الیافی که به عنوان لیگامان عمل کرده و استحکام بتن را فراهم می کنند ، دانشمندان اجزای خود بتن را هم طوری طراحی کرده اند که انعطاف پذیرتر باشند. به گفته ویکتور لی الیاف مورد استفاده، پلیمری از جنس پلی وینیل کلراید هستند. این الیاف دارای پوشش سطحی با ضخامت نانو متری برای تنظیم اتصال فصل مشترک بین الیاف و زمینه سیمانی است که به طور ویژه برای ECC طراحی شده است. تابستان امسال گروه حمل و نقل دانشگاه میشیگان ، از ECC برای تعمیر بخشی از یک پل استفاده خواهد کرد. تختال ECC جایگزین اتصال انبساطی شده و به تختال های بتنی مجاور متصل می شود تا یک سطح پیوسته به دست آید. اتصال انبساطی بخشی از پل با دندانه های فولادی درهم قفل شونده است که اجازه می دهد سطح بتنی پل در اثر تغییرات حرارتی حرکت کند. مشکل اصلی هنگامی رخ می دهد که این اتصالات گیر کنند. دانشمندان انتظار دارند با استفاده از ECC صرفه جویی های قابل توجهی به دست آید. لی می گوید در حال حاضر تأمین کنندگان ایالتی آموزش می بینند تا بتوانند بتن ECC را تولید کنند. انتظار می رود ECC بعضی از مشکلات دوام سطح پل ها همانند ترک های زودرس را حل کند. پژوهشگران امیدوارند ECC به خوبی کار کند و با تولید انبوه ، قیمت آن نیز کاهش یابد به گفته پرفسور لی بررسی کارایی درازمدت ECC از اکتبر ۲۰۰۲ با ترمیم بخشی از پل کرتیس رد Curtisroad شروع شده است.

وصله ترمیمی به کارگرفته شده که سه زمستان ، چرخه های یخ زدن و آب شدن را تجربه کرده است ، از وصله های بتنی معمولی که یک روز جلوتر در مجاورت ECC به کار گرفته شده اند ، کنترل ترک بهتری داشته است. در نظر است تا در پیاده رو و مسیر دوچرخه سواری ساحل دریاچه مونونا Monona نیز از ECC استفاده شود . به گفته لی دانشمندان حس گرایی را در مسیر ECC قرار خواهند داد تا کارایی این ماده را تحت بارهای محیطی ثبت و کنترل کنند. پل جدید میهارا Mihara در هوکایدو ژاپن دارای سطحی نازک (۵ سانتی متر) از جنس ECC است . این پل ۴۰ درصد سبک تر از پل بتنی معمولی است و انتظار می رود عمر کاری آن حدود ۱۰۰ سال باشد. در پاسخ به این سؤال که آیا این ماده در اروپا نیز به کار گرفته

خواهد شد؟ پرفسور لی بیان می کند که OECD در حال بررسی ECC برای روکش کردن پیاده روها در اروپاست. ما با یک گروه دانمارکی DTU نیز برای ساخت کف پل های کامپوزیتی در حال همکاری هستیم. یک گروه سوئیسی نیز ECC را در



ترمیم آستر تونل به کار گرفته است. لی اضافه می کند که ECC می تواند در پل ها ، ساختمان ها ، ترمیم های سازه ای ، ساخت عناصر معماری ، خطوط لوله ، پیاده روها و غیره به کار گرفته شود . اگرچه هنوز بررسی های دراز مدت لازم است تا کارایی این ماده به طور کامل مشخص شود ، ولی مطالعات مقایسه ای انجام شده به وسیله پژوهشگران نشان می دهد که کار روی کف یک پل ECC پس از ۶۰ سال ، ۳۷ درصد ارزان تر است ، ۴۰ درصد انرژی کم تری مصرف می کند و ۳۹ درصد دی اکسید کربن کم تری تولید می کند . یافته های این مطالعه برای فرض بنا شده اند که ECC دوبرابر بتن معمولی عمر می کند . فرضی که باید از طریق مطالعه بیشتر تأیید شود . کامپوزیت های سبک وزن و تجهیزات الکترونیکی کوچک تر و سبک تر در ماهواره های فضایی ، هدف پژوهشگران در تولید نانو کامپوزیت ها در آینده است.

۳-۵ بخش مواد

گروه کامپوزیت های پایه سرامیکی با توجه به اهمیت تحقیقات بر روی مواد پیشرفته مهندسی، گروه مواد در این مؤسسه در زمینه های زیر فعالیت می کند: تهیه فیلترهای سرامیکی بری تصفیه مذاب فلزات بوتله نسوز سرامیکی کامپوزیت منگنز - گرافیت کامپوزیت مس - گرافیت روکش کردن فلز روی با کربن کامپوزیت بایواکتیو شیشه طراحی و ساخت دی بارید تیتانیوم با روش SHS .

۳. روش های ساخت نانو کامپوزیت ها

از آنجا که در صنایع پلیمری نانوسیلیکات ها، متداول تر از بقیه مواد نانو هستند از این پس بیشتر به این مواد خواهیم پرداخت. روش های مختلفی برای ساخت نانو کامپوزیت های سیلیکات های لایه ای به کار رفته است. اما سه روش، استفاده بیشتری دارند.

۱-۳ پلیمریزاسیون درجا (insitu-polymerization):

این روش برای اولین بار در تهیه مواد پلیمری حاوی نانوکلی (clay) بر پایه پلی آمید-۶ به کار رفته است. در این روش سیلیکات های لایه ای به وسیله مونومر مایع یا محلول مونومر، متورم می شود، سپس مونومرها به درون لایه ها سیلیکات نفوذ کرده و پلیمریزاسیون در بین لایه ها اتفاق می افتد.

۲-۳ روش محلولی:

این روش مشابه روش قبلی است. ابتدا رس آلی در یک حلال قطبی مانند تولوئن یا N,N- دی متیل فرمامید متورم شده، سپس پلیمر حل شده در حلال به محلول قبلی افزوده شده و بین لایه ها جای می گیرد. مرحله نهایی کار، تبخیر حلال است که معمولاً در خلا اتفاق می افتد. مزیت این روش این است که برای همه مواد پلیمری قابل اجراست اما اشکال عمده آن غیر قابل اجرا بودن آن در مقیاس صنعتی می باشد.

۳-۳ روش اختلاط مذاب:

در این روش پلیمر مذاب که دارای ویسکوزیته پایینی است با پرکننده نانوکلی (clay) آمیخته می شود. در این روش به دلیل افزایش بی نظمی، پلیمر به داخل لایه های کلی (clay) نفوذ می کند. این روش، به دلیل پتانسیل بالایی که برای اجرا در مقیاس صنعتی دارد به شدت مورد توجه قرار گرفته است و نانو کامپوزیت های کلی (clay) بسیار زیادی به روش اکستروژن



تولید شده است. تعداد زیادی از ترموپلاستیک‌های قطبی مانند پلی‌آمید-۶، اتیل وینیل استات و پلی استایرن به این روش درون لایه‌های سیلیکاتی نفوذ کرده‌اند اما در مورد پلی اولفین‌ها که مصرف بسیار زیادی نیز دارند این فرآیند موفق نبوده است. اجرای این روش در لاستیک‌ها به دلیل ویسکوزیته بسیار زیاد و پدیده‌های الاستیک با موانع زیادی روبرو است و همین امر دلیل عدم پیشرفت قابل توجه نانوکامپوزیت‌های الاستومری در مقایسه با پلاستیک‌ها است.

۳-۴- ساختار نانوکامپوزیت‌های کلی (clay)

بسته به طبیعت اجزای یک نانوکامپوزیت مانند نوع پلیمر، ماتریس و سیلیکات لایه‌ای یا کاتیون آلی بین لایه‌های سیلیکاتی سه ساختار در نانوکامپوزیت‌ها ممکن است ایجاد شود.

۱) ساختار فازهای جدا:

اگر پلیمر نتواند بین لایه‌های سیلیکاتی نفوذ کند یک میکروکامپوزیت تولید می‌شود که مانند کامپوزیت‌های متداول بوده و امکان جدایی فازی در آن وجود دارد. به جز این نوع متداول کامپوزیت‌ها، امکان ایجاد دو ساختار دیگر وجود دارد.

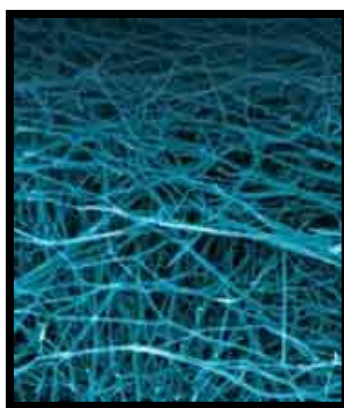
۲) ساختار لایه لایه (Intercalated structures):

این ساختار با نفوذ یک یا چند زنجیر پلیمری به درون لایه‌های سیلیکا و ایجاد ساختار ساندویچی حاصل می‌شود.

۳) ساختار پراکنده یا پخش شده (exfoliated or delaminated structure):

این ساختار وقتی حاصل می‌شود که لایه‌های پرکننده سیلیکاتی به طور همگن و یکنواخت در بستر پلیمری توزیع شده باشند. این ساختار لایه‌های کاملاً جدا شده از اهمیت بسیار ویژه‌ای برخوردار است زیرا بر همکنش لایه‌های کلی (clay) و پلیمر را به حداکثر رسانده و تغییرات بسیار مشهودی را در خواص فیزیکی مکانیکی پلیمر ایجاد می‌کن

۴. نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری



شکل ۳) روش تولید نانو کامپوزیت پلیمری

نیاز اقتصادی و رو به افزایش سوخت در عرصه‌های مختلف، تقاضا برای استفاده از مواد جدید سبک وزن مانند پلیمرها را افزایش داده است. اما از طرفی با توجه به پایین تر بودن میزان استحکام پلیمرها در مقایسه با فلزات، تقویت آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد. تقویت پلیمرها با مواد رایج سبب لطمه خوردن به دو ویژگی اصلی پلیمرها یعنی سبکی و سهولت فرآیند پذیری می‌شود. از این رو در تحقیقات اخیر از مقادیر کمی (کمتر از ۱۰٪ وزنی) نانوذرات به عنوان تقویت کننده در پلیمرها استفاده



می شود. نایلون ۶ اولین پلیمری بود که توسط شرکت تویوتا در سال ۱۹۹۰ برای تهیه نانوکامپوزیت ها به کار گرفته شد، اما امروزه از پلیمرهای ترموست نظیر اپوکسی ، پلی ایمید و پلیمرهای ترموپلاست نظیر پلی پروپیلن ، پلی استایرن عنوان ماده ی زمینه این کامپوزیت ها استفاده می گردد .

فاز تقویت کننده که در نانوکامپوزیت ها استفاده می شود شامل نانوذرات، نانوصفحات ، نانوالیاف و همچنین نانولوله ها می باشد. نانوذرات بیشترین کاربرد را به عنوان ماده تقویت کننده در نانوکامپوزیت ها دارند. نانوذره ای که در تهیه اغلب نانوکامپوزیت ها استفاده می شود خاک رس (Nanoclay) است. اما اخیراً نانوذرات دیگری همچون سیلیکا، نانوذرات فلزی و ذرات آلی و غیرآلی نیز مورد استفاده قرار می گیرد. در توسعه مواد چند جزئی چه در مقیاس نانو و یا میکرو سه موضوع مستقل باید مورد توجه قرار گیرد: انتخاب اجزاء، تولید، فرآوری و کارآیی.

۵. روش های تولید

به طور کلی سه روش برای تولید نانوکامپوزیت های زمینه پلیمری وجود دارد. این روش ها شامل مخلوط سازی مستقیم ، فرآوری محلول و پلیمریزاسیون درجا می باشد. در ادامه این روش ها شرح داده خواهد شد.

الف- مخلوط سازی مستقیم

در این روش ابتدا نانوذرات تهیه شده به صورت سوسپانسیون در یک حلال حل شده و سپس به محلول پلیمری اضافه می شود و مخلوط حاصله توسط یک پرس هیدرولیک در یک قالب اکستروژن می شود و در نهایت صفحات نازک به دست می آیند. در این روش انتخاب بستر پلیمری، انتخاب نوع ذرات و سازگاری این دو گونه با یکدیگر و نحوه ی توزیع ذرات از نکات حائز اهمیتی است که بایستی بر آن فائق آییم. معمولاً برای تولید نانوکامپوزیت های زمینه پلیمری حاوی نانوالیاف کربنی از این روش استفاده می شود. محدودیت این روش میزان فاز تقویت کننده یا همان مواد پرکننده است. به عنوان مثال برای تولید

نانوکامپوزیت سیلیکا/پلی پروپیلن حداکثر میزان نانوذرات سیلیکا ۲۰ درصد وزنی می تواند باشد. البته به نظر می رسد آگلومره شدن (به هم چسبیدن) ذرات نیز از دیگر محدودیت های این روش باشد.

ب- فرآوری محلول

با استفاده از این روش می توان بر بعضی از محدودیت های روش مخلوط سازی مستقیم غلبه کرد، ضمن آنکه می توان میزان آگلومراسیون و کلوخه ای شدن نانوذرات در ماده پلیمری را کاهش داد. در این روش به دو صورت می توان نانوکامپوزیت های پلیمری را تولید کرد. اگر ماده زمینه پلیمری و نانوذرات تقویت کننده آن در یکدیگر قابل حل شدن باشند، محلول حاصل را می توان در یک قالب ریخته گری کرده و نانوکامپوزیت تولید نمود. در غیر این صورت مخلوط مواد نانوکامپوزیت در یک حلال حل شده و در نهایت با تبخیر حلال، نانوکامپوزیت مورد نظر به دست می آید .

ج- پلیمریزاسیون درجا

در این روش پلیمریزاسیون بستر پلیمری در حضور نانوذرات انجام می شود و منومر در حین رشد، ذرات پر کننده را در بر می گیرد. نکته کلیدی در این روش نحوه توزیع ذرات نانو در منومر است. با کنترل پیوند بین ذرات نانو و ماده زمینه، می توان توزیع مورد نظر را به دست آورد. بسیاری از نانوکامپوزیت های زمینه پلیمری را می توان با این روش تولید کرد. به طور مثال نانوکامپوزیت های حاوی نانولایه های گرافیت که دارای هدایت الکتریکی بالا و نفوذ پذیری کمی هستند، از این روش تولید می شوند. برای تولید این نانوکامپوزیت ها ابتدا با امواج مافوق صوت لایه های گرافیت در منومر به صورت یکنواخت توزیع می



شوند و در نهایت با پلیمریزاسیون درجا نانوکامپوزیت به دست می آید. نکته ای که در روش های تولید نانوکامپوزیت های پلیمری اهمیت دارد و آن را از یکدیگر متمایز می کند، توزیع مناسب ماده پر کننده است. با اصلاح سطحی می توان این توزیع را به شکل یکنواخت به گونه ای انجام داد که از آگلومراسیون اجزای نانومتری ماده پرکننده جلوگیری شود و توزیع مناسب فاز تقویت کننده فراهم گردد. در واقع نکته مهم در تمام این فرآیندها، اصلاح فصل مشترک بین پلیمر و نانوذره می باشد. استفاده از فرایندهای سطحی سبب توزیع یکنواخت فاز تقویت کننده در بستر پلیمری شده، افزایش مدول و استحکام نانوکامپوزیت را به دنبال خواهد داشت.

۶. نانوپلیمرها

خواص مواد پلیمری به شدت وابسته به اندازه و مورفولوژی آنهاست. تفاوت رفتار پلیمرهای آلی در مقیاس نانومتر نسبت به نمونه های توده و مشخصه های طیفی این مواد، گواه این مدعاست. همچنین وابستگی طیف های UV و IR به اندازه ذرات، به دفعات مشاهده شده است. با توجه به وابستگی ذاتی خواص مکانیکی و ترموفیزیکی (خواص فیزیکی وابسته به دما نظیر: کشش، سختی و...) پلیمرها به ابعادشان، قابلیت تهیه و کنترل مواد پلیمری در مقیاس نانومتر برای بهبود خواص و گسترش کاربردها در طیف وسیعی از صنایع از رهائش دارو در پزشکی تا صنایع الکترونیکی شامل: سلولهای فتوولتائیک، باتریهای پلاستیکی و دیودهای نشر نور حائز اهمیت است. به همین دلیل، روش های مختلفی پلیمریزاسیون اعم از شیمیایی و الکتروشیمیایی همگی مترصدند تا ساختارهای نانوذره، نانو و میکرولوله و نانوالیاف را از پلیمرها تهیه نمایند. اندازه کوچک ترین بعد یک نانوساختار پلیمری می بایست در محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانومتر قرار گیرد و این در صورتی است که اندازه مارپیچ یک زنجیر پلیمری در محلولی رقیق، در این محدوده قرار دارد. هرچند که این مارپیچها از نظر ساختاری چندان پایدار نبوده و با زمان محتمل تغییرات می شوند. از جمله پلیمرهایی که در بحث نانومواد جایگاه ویژه ای دارند، پلیمرهای رسانا می باشند. پلیمرهای رسانا که در طول سه دهه اخیر توجه زیادی را به خود معطوف داشته اند، به سبب تغییر در خواص نوری و الکتریکی شان در ابعاد نانومتر، محتمل ترین سیستمها برای کاربردهای نانوالکترونیک می باشند. خانواده پلی آنیلین نمونه ای از این پلیمرهاست. نظر به این که پلی آنیلین می تواند مورفولوژی های تک بعدی نظیر نانولوله، نانوسیم، نانوذرات کلئیدی و نانوالیاف را تولید نماید؛ تحقیقات زیادی متوجه آن است.



شکل (۴)-نانو پلیمر

۷. کاربردهای نانوپلیمرها

✓ دیوارهای ضد زلزله



مؤسسه Leeds Nano Manufacturing، در حال ساخت دیوارهای مخصوصی برای منازل است که دارای نانوذرات پلیمری می‌باشد. این ذرات تحت فشار به مایع تبدیل شده و درون ترک‌های دیوار جریان یافته و به ماده‌ای سخت تبدیل می‌شود. در صورت موفقیت‌آمیز بودن این آزمایش، در مناطق زلزله‌خیز جهان خانه‌هایی مقاوم در برابر لرزش ساخته خواهد شد. این دیوارها از جهت دیگری نیز ممتاز هستند؛ آن‌ها دارای حسگرهای بی‌سیم و فاقد باتری و برچسب‌های شناسایی فرکانس رادیویی هستند که اطلاعات وسیعی از قبیل هرگونه فشار و لرزش، حرارت، رطوبت و سطح گاز را در طول زمان در اختیار ما قرار می‌دهند.

بحث و نتیجه‌گیری

منظور از مقاله ارائه شده نشان دادن مصالح جدید ساختمانی و بیان مزایای استفاده از این نوع مواد در صنعت ساختمان می‌باشد، البته به دلیل نو بودن این نوع مصالح زمینه‌های فراوانی برای کارهای نظری و عملی در دانشگاه‌های کشور می‌باشد با معرفی مصالح و ساختار نانو راه برای گام‌های بلندتر در این زمینه باز خواهد شد.

✓ نانو کامپوزیت‌ها در صنعت معماری و ساختمان امروزه از پرکاربردترین کامپوزیت‌ها می‌باشند و فواید بسیار زیادی دارند. این مواد که بر پایه پلیمر هستند که از فناوری sol-gel جهت انتشار (Disperse) دادن ذرات نانو کانی درون ماتریس پلیمر استفاده شده است.

✓ این مواد که امروزه هم در صنعت معماری مثل کاشی و سرامیک، رنگ و چوب و سایر ملزومات معماری و همچنین در نمای ساختمان و زیر سازی مثل بتن، آسفالت و سایر مصالح ساختمانی مثل آجر و گچ کاربرد دارد، قابلیت‌های بسیاری را به این صنعت افزوده و عمر مواد و مصالح را به طور چشم‌گیری افزایش می‌دهد. استفاده از نانو کامپوزیت‌ها به هر کدام از این مصالح یاد شده قابلیت‌های ویژه‌ای می‌دهد که از هر جهت نیاز همگان را فراهم می‌کند.

✓ کامپوزیت ترکیبی است که از لحاظ میکروسکوپی از چند ماده متمایز ساخته شده باشد، به طوری که این اجزاء به آسانی از یکدیگر قابل تشخیص باشند. به طور نمونه، یکی از کامپوزیت‌های آشنا بتن است که از دو جزء سیمان و ماسه ساخته شده است.

✓ برای ایجاد تغییر و بهینه کردن خواص فیزیکی و شیمیایی مواد، آن‌ها را ترکیب یا کامپوزیت می‌کنیم. به طور مثال پلی اتیلن (PE) که در ساخت چمن‌های مصنوعی از آن استفاده می‌گردد، رنگ پذیر نیست و به همین سبب رنگ این چمن‌ها اغلب مات است.

✓ حضور ذرات و الیاف در ساختار نانوکامپوزیت‌ها معمولاً باعث ایجاد استحکام در ماده‌ی پایه می‌شود. در واقع هنگامی که ذرات و یا الیاف درون یک ماده‌ی پایه توزیع شوند، نیروهای اعمال شده به کامپوزیت به طور یکنواختی به ذرات یا الیاف منتقل می‌شود.

✓ در بحث نانومواد، نانوکامپوزیت‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند.



منابع

- (۱) گلابچی، م: تقی زاده، ک: سروش نیا، ا. نانو فناوری در معماری و مهندسی ساختمان، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۱.
- (۲) مرزبان، ج: باغشاهی، س: کرباسی، م: پهلوانی، م. شیشه های خودرو با خاصیت کم گسیلی، خودتمیز شونده و/ایمن، همایش ملی نوآوری در صنعت خودرو ایران، مهرماه ۱۳۸۷.
- (۳) حسینی زری، م. "فناوری نانو در شیشه و سرامیک مدرن خود پاک شونده" نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ، ۱۳۹۰.
- (۴) عابدینی، ف. و همکاران. بررسی و تحلیل چگونگی بهره گیری از فناوری نانو در توسعه معماری پایدار. همایش ملی معماری پایدار و توسعه شهری، بوکان، اردیبهشت ۱۳۹۲.
- (۵) کرامت آذر، ز: فیض اله بیگی، ا: حاجب، س. بررسی جایگاه مصالح هوشمند و خود ترمیم در معماری پایدار. اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار، همدان، دانشکده فنی شهید مفتاح همدان، شهریور ۱۳۹۲.
- (۶) فصلنامه کیسون. مقاله کاربرد تکنولوژی نانو در صنعت ساختمان
- (۷) حق پناه، م. و همکاران. سازه های نو در ساختمان های هوشمند با رویکرد معماری پایدار. همایش ملی معماری پایدار و توسعه شهری، بوکان، اردیبهشت ۱۳۹۲.
- (۸) صدیق ضیابری، ح: محمدزاده، م. کتاب بکارگیری فناوری نانو در عرصه معماری ساختمان.
- (۹) سیدمیر، م. میرجلیلی، م. عبدالحسین زاده، ع. نانو تکنولوژی دانش نوآوری و فرصت ها. تالیف لین.ای. فاستر. انتشارات دانشگاه آزاد یزد، ۱۳۹۰
- (۱۰) کریم زاده، ف. قاسمعلی، ا. سالمی زاده، س. "نانومواد؛ خواص، تولید و کاربرد"، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، ۱۳۸۴
- امیری، ف. «نانو تکنولوژی». مهر ۱۳۹۰، شماره ۴۶ ص ۳۲
- (۱۱) منجمی، م. ممقانی راد، ش. اسدیان حاج آقای، گ. «دنیای نانو و الماسواره ها». انتشارات اندیشه
- (۱۲) Iranian researchers from Noshirvani Babol University of Technology could specify the nanotech-now.com applications of nanotechnology in neurosciences by carrying out a field study
- (۱۳) Jennifer Kahn (۲۰۰۶).
- (June) "Nanotechnology". National Geographic (۲۰۰۶)
- (۱۴) Jennifer Kahn (۲۰۰۶) "Nanotechnology". National Geographic (June)
- (۱۵) M.Z.Rong, M.Q.Zhang, Y.X.Zhang, K.Friedrich, Polymer 42, (2001), 3301
- (۱۶) G.Caroteuto, Y.S.Her, E.Matijevic, Ind. Eng. Chem. RES 35, (1996), 2929.
- (۱۷) H. Fischer, "polymer nanocomposites fundamental research to specific applications". Mater. Sci. Eng:C, 23 (2002) 763.
- (۱۸) E. T. Thostenson, C. Li, T. W. Chou, "nanocomposites in context", Composite Sci. Tech. 65 (2005) 491.
- (۱۹) Bala'zsi, Z. Ko'nya, F. We'ber, L. P. Biro' and P. Arato', "preparation and characterization of carbon nanotube reinforced silicon nitride composites", Mater. Sci. Eng:C, 23 (2003) 1133.