

حسین فلاح دوست، محسن افسری ولایتی

مقدمه

برای دستیابی به مواد با خواص مورد نظر و کاربری ویژه کامپوزیت‌ها تولید شدند. کامپوزیت‌ها موادی چند جزئی هستند که خواص آنها در مجموع از هر کدام از اجزاء بهتر است. علاوه بر کمک بزرگی که کامپوزیت‌ها به حل مشکل موادی صنایع مختلف کرده‌اند، با پیشرفت‌های صورت گرفته در حوزه فناوری نانو و ورود آن به صنعت پلیمر و کامپوزیت، انقلابی در زمینه تولید نانوکامپوزیت‌ها و دسترسی به خواص منحصر به فرد آنها صورت گرفته است.

این بخش به معرفی نانوکامپوزیت‌ها اختصاص دارد.

۱- نانوکامپوزیت

نانوکامپوزیت، همان کامپوزیت است که یک یا چند جزء از آن، ابعاد کم‌تر از ۱۰۰ نانومتر دارد. نانوکامپوزیت‌ها از دو فاز تشکیل شده‌اند. فاز اول یک ساختار بلوری است که در واقع پایه یا ماتریس نانوکامپوزیت محسوب می‌شود و ممکن است از جنس پلیمر، فلز و یا سرامیک باشد. فاز دوم نیز ذراتی در مقیاس نانومتر هستند که به عنوان تقویت کننده و مواد پرکننده به منظور اهداف خاص از قبیل استحکام، مقاومت، هدایت الکتریکی، خواص مغناطیسی و ... در درون فاز اول (ماده پایه) توزیع می‌شوند. در بحث نانومواد، نانوکامپوزیت‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند. حضور ذرات و الیاف در ساختار نانوکامپوزیت‌ها معمولاً باعث ایجاد استحکام در ماده پایه می‌شود. در واقع هنگامی که ذرات و یا الیاف درون یک ماده پایه توزیع شوند، نیروهای اعمال شده به کامپوزیت به طور یکنواختی به ذرات یا الیاف منتقل می‌شود. با توزیع مواد پرکننده درون ماده پایه خصوصیات نظیر استحکام، سختی و تخلخل تغییر می‌کند. ماده پایه می‌تواند ذرات را به گونه‌ای از هم جدا نگه دارد که رشد ترک به تأخیر افتد. به علاوه اجزاء نانوکامپوزیت‌ها بر اثر برهمکنش سطحی بین ماده پایه و مواد پرکننده، از خواص بهتری برخوردار می‌شوند. نوع و میزان برهمکنش‌ها نقش مهمی در خواص مختلف نانوکامپوزیت‌ها همچون حلالیت، خواص نوری، خواص الکتریکی و مکانیکی آنها دارد.

۲- طبقه‌بندی نانوکامپوزیت‌ها

انواع نانوکامپوزیت را می‌توان بر اساس ماده پایه آنها به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

۱. نانوکامپوزیت‌های پایه پلیمری (PMNCs: Polymer matrix nanocomposites)
۲. نانوکامپوزیت‌های پایه سرامیکی (CMNCs: Ceramic matrix nanocomposites)
۳. نانوکامپوزیت‌های پایه فلزی (MMNCs: Metal matrix nanocomposites)

در ادامه به بررسی خواص و کاربرد هر یک از این نانوکامپوزیت‌ها پرداخته می‌شود.

۲-۱- نانوکامپوزیت‌های پایه پلیمری

در بین نانوکامپوزیت‌ها بیشترین توجه به نانوکامپوزیت‌های پایه پلیمری معطوف است. یکی از دلایل گسترش نانوکامپوزیت‌های پلیمری، خواص بی نظیر مکانیکی، شیمیایی و فیزیکی آن است. نانوکامپوزیت‌های 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 است. بر خلاف تقویت‌کننده‌های مرسوم که در مقیاس میکرون هستند، در نانوکامپوزیت‌ها تقویت‌کننده‌ها ذراتی در ابعاد نانومتر می‌باشند. با افزودن درصد کمی از نانوذرات به یک پلیمر خالص، استحکام کششی، استحکام تسلیم و مدول یانگ افزایش چشمگیری می‌یابد. 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.

۲-۲- نانوکامپوزیت‌های پایه سرامیکی

به موادی (معمولاً جامد) که بخش عمده تشکیل دهنده آنها غیرفلزی و غیرآلی باشد، سرامیک گفته می‌شود. سرامیک‌ها خواص بسیار خوبی نظیر مقاومت حرارتی بالا، پایداری شیمیایی خوب و استحکام مکانیکی مناسبی دارند، اما به دلیل پیوندهای یونی و کووالانس موجود در سرامیک‌ها چقرمگی شکست آنها پایین است و تغییر

شکل پلاستیک این مواد محدود می‌باشد. به منظور رفع این مشکل با اضافه کردن و جداسازی الیاف و ذرات مناسب، می‌توان چقرمگی شکست را بالا برد. اگر این تقویت کننده‌ها ابعاد نانومتری داشته باشند بالاترین چقرمگی شکست به دست می‌آید.

۲-۳ - نانوکامپوزیت‌های پایه فلزی

کامپوزیت‌های 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 کامپوزیت‌ها محدود شده است. تبدیل کامپوزیت به نانوکامپوزیت سبب افزایش استحکام و رفع محدودیت‌های مذکور می‌شود. نانوکامپوزیت‌های پایه فلزی اصولاً مشابه روش‌های متالوژی پودر تولید می‌شوند. این نانوکامپوزیت‌ها کاربردهای متفاوتی دارند، خصوصاً نانوکامپوزیت‌های پایه منیزیم که در سال‌های اخیر به دلیل چگالی کم، استحکام بالا، مقاومت به خزش بالا و پایداری حرارتی مناسب، گسترش چشمگیری داشته‌اند.

۳- اجزای نانوکامپوزیت‌ها

نانوکامپوزیت‌ها در دو فاز تشکیل می‌شوند. در فاز اول ساختاری بلوری در ابعاد نانو ساخته می‌شود که زمینه یا ماتریس کامپوزیت به شمار می‌رود. این زمینه ممکن است از جنس پلیمر، فلز یا سرامیک باشد. در فاز دوم ذراتی در مقیاس نانو به عنوان تقویت کننده برای استحکام، مقاومت، هدایت الکتریکی و... به فاز اول یا ماتریس افزوده می‌شود.

نانوذره‌ای که در تهیه اغلب نانوکامپوزیت‌ها استفاده می‌شود، خاک رس (nano clay) است. اما اخیراً نانوذرات دیگری همچون سیلیکا، نانوذرات فلزی و ذرات آلی و غیرآلی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بیشتر بدانید:

نانوکامپوزیت خاک رُس - پلیمر

در نانوکامپوزیت خاک رُس - پلیمر، از خاک رُس به عنوان پُرکننده برای بهبود خواص پلیمرها استفاده می‌شود. خاک رُس‌های نوع اسمکتیت، ساختار لایه‌لایه دارند و هر لایه تقریباً یک نانومتر ضخامت دارد. صدها یا هزاران عدد از این لایه‌ها به وسیله‌ی یک نیروی واندروالسی ضعیف روی هم انباشته می‌شوند تا یک جزء رُسی را تشکیل دهند. با یک پی‌کربندی مناسب، این امکان وجود دارد که رُس‌ها به اشکال و ساختارهای گوناگون، درون یک پلیمر به شکل سازمان‌یافته قرار گیرند.

معلوم شده است که بسیاری از خواص مهندسی، هنگامی که در ترکیب از میزان کمی (معمولاً چیزی کمتر از ۵ درصد وزنی) پُرکننده استفاده شود، بهبود قابل توجهی می‌یابد.

امتیاز دیگر نانوکامپوزیت‌های خاک رُس - پلیمر این است که تاثیر قابل توجهی بر خواص آپتیکی (نوری) پلیمر ندارند. ضخامت یک لایه رُس منفرد، بسیار کمتر از طول موج نور مرئی است. بنابراین، نانوکامپوزیتی که خوب ورقه شده باشد، از نظر آپتیکی شفاف است. از طرفی، با توجه به اینکه امروزه حجم وسیعی از کالاهای مصرفی جامعه را پلیمرهایی تشکیل می‌دهند که به راحتی می‌سوزند یا گاهی در مقابل شعله فاجعه می‌آفرینند، لزوم تحقیق در خصوص مواد دیرسوز احساس می‌شود. نتایج تحقیقات حاکی از آن است که میزان آتش‌گیری در این نانوکامپوزیت‌های پلیمری حدود ۷۰ درصد نسبت به پلیمر خالص کم‌تر است. در عین حال، اغلب خواص کاربردی پلیمر نیز تقویت می‌شوند.

اولین کاربرد تجاری نانوکامپوزیت‌های خاک رُس - نایلون، به عنوان روکش نوار زمان‌سنج برای ماشین‌های تویوتا، در سال ۱۹۹۱ بود. در حال حاضر نیز از این نانوکامپوزیت در صنعت لاستیک استفاده می‌شود. با افزودن ذرات نانومتری خاک رُس به لاستیک، خواص آن به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود پیدا می‌کند که از جمله می‌توان در آنها به موارد زیر اشاره کرد:

- افزایش مقاومت لاستیک در برابر سایش
- افزایش استحکام مکانیکی
- افزایش مقاومت گرمایی
- کاهش قابلیت اشتعال
- کاهش وزن لاستیک

۴- خواص و ویژگی‌های نانوکامپوزیت

خواصی که بر اثر وجود نانومواد در کامپوزیت‌ها بهبود می‌یابند عبارتند از: خواص فیزیکی مثل دمای واپیچش گرمایی، پایداری حرارتی، شفافیت، و خواص مکانیکی مثل خواص کششی، خواص خمشی و ... اما مهم‌ترین تاثیر نانوکامپوزیت‌ها در آینده کاهش وزن محصولات خواهد بود.

منابع:

1- <https://fa.wikipedia.org/wiki/کامپوزیت>

2- <http://www.rasekhoon.net/Article/Show-42090.aspx>

3- edu.nano.ir، سیستم جامع آموزشی فناوری نانو،

4- مرکز یادگیری سایت تبیان

5- مجموعه مقالات باشگاه نانو-

