مجله علوم و فناوری نساجی
دوره جدید، شماره ۸، شماره پیاپی ۲۴
صفحه ۳۰-۲۵، ۱۳۹۷
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

استفاده از ذرات نانو رس در بهبود خواص کاربردی کامپوزیت سبوس برنج – پلاستیک

Application of Nanoclay to Improve the Functional Properties of Rice - Plastic Bran Composite

الهام علینقی‌زاده، سعیده هاشمیان*، محمدرضا ناطقی

گروه شیمی واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی،یزد، ایران، صندوق پستی: ۱۵۵-۸۹۱۹۵

چکیده

در پژوهش حاضر، پس از تهیه مواد اولیه، نانو کامپوزیت پلیمری نانو رس- پلی پروپیلن و سبوس برنج با روش مخلوط مذاب با درصدهای متفاوت از نانو ذره تهیه شد و شناسایی این کامپوزیت و خواص آن از طریق تستهای پراش اشعه ایکس ، تصاویر میکروسکوپی و تستهای مکانیکی مورد بررسی قرار گرفته است . ویژگی های مکانیکی شامل ساختار نانو کامپوزیت ها ، استحکام کششی، مقاومت در برابر ضربه، جذب بخار آب، مقاومت در برابر اکسید شدن، تعیین دمای ذوب مورد بررسی قرار گرفت. مقاومت کششی با افزایش میزان نانو ذره افزایش می یابد اما با بالارفتن درصد مصرف بیش از ۵ درصد کاهش می یابد. با افزایش غلظت نانو ذرات درون ماتریس در درصدهای وزنی بالاتر، خواص ضربه و میزان جذب آب و مقاومت در برابر اکسید شدن کاهش می‌یابد اما دمای ذوب نمونه ها با افزایش میزان نانو ذره افزایش می یابد که این نشان‌دهنده ایجاد فاز یکدست بین نانوذره و سطح پلیمری می‌باشد و جمع شدگیِ ظرف کمتر خواهد شد. با توجه به تصاویر میکروسکوپی نمونه‌ها مشخص شد یک پیوستگی خاص بین دو فاز وجود دارد، درواقع عملاً یک‌فاز در کامپوزیت ها مشاهده می‌شود.

کلمات کلیدی

فرآورده سبوس برنج– پلاستیک،
نانو رس،
خواص کاربردی،
میکروسکوپ عبوری الکترونی،
اشعه ایکس

مقدمه

فناوری نانو و تولید مواد به ابعاد نانومتر موضوع تحقیقاتی جذابی اســـت که در دهه اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده اســـت. نانو کامپوزیت‌ها نیز به‌عنوان یکی از شاخه‌های این فناوری جدید، اهمیت بسیاری یافته‌اند و یکی از زمینه‌های تحقیقاتی فعال به شمار می‌آیند. علاقه به نانو کامپوزیت‌ها در سراسر جهان سبب شده است که بسیاری از مراکز پژوهشی به مطالعه کاربردهای بالقوه این مواد بپردازند. نخستین تلاش‌های موفقیت‌آمیز در تهیه نانو کامپوزیت‌ها به دهه‌های شصت و هفتاد قرن بیستم میلادی بر می گردد. با این وجود با تهیه نانو کامپوزیت‌هایی بر پایه نایلون و خاک رس توســـط شرکت ژاپنی تویوتا بود که تحقیقات برای ســـاخت این مواد شدت و سرعت بیشـــتری گرفت. از آن پس شرکت‌های دیگری نیز نانو کامپوزیت‌ها را برای کاربردهای تجاری مورد مطالعه قرار داده‌اند. شـــرکت‌های جنرال موتور و باسل نیز نخستین نانو کامپوزیت‌ها را بر پایه اولفین‌های گرمانرم برای کاربرد قطعات بیرونی خودرو عرضه کردند [۱].

نانو کامپوزیت‌ها گروهی از کامپوزیت‌ها هستند که دست کم یکی از اجزا تشـــکیل دهنده آن‌ها حداقل در یکی از ابعـــادش اندازه‌ای در محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانومتر داشـــته باشد. قابل ذکر است که کامپوزیت‌های رایج کنونی دارای پرکننده‌ای در ابعاد ۰/۵ میکرومتر هستند [۲]؛ بنابراین ذرات نانومتری حداقل در یک بعد پانصد برابر کوچک‌تر از چنین پرکننده‌هایی هستند. هنگامی که این ذرات در ابعاد مولکول با ماتریس پلیمری به برهمکنش می‌پردازند

*مسئول مکاتبات،پیام نگار: Sa_hashemian@iauyazd.ac.ir

بسیاری از خواص فیزیکی و مکانیکی در آن‌ها به نحو چشمگیری افزایش می‌یابد. نیاز صنعت به اســـتفاده از مواد پلیمری با خواص مکانیکی بالا ســـبب استقبال چشمگیر از مواد نانو کامپوزیت پلیمری گشته است. در نانـــو کامپوزیت‌های پلیمر– خاک رس نانو ذرات خـــاک رس که دارای ساختاری به شکل صفحات سیلیکاتی نانومتری هستند، تشکیل می‌دهند که اصطلاحاً به این فاز تقویت‌کننده نیز گفته می‌شود. به سبب ابعاد فاز تقویت‌کننده که حداقل در یک بعد دارای اندازه نانومتری هستند خواص نانو کامپوزیت حاصل شـــده بهبود چشمگیری نسبت به کامپوزیت‌های معمولی می‌یابد[۱]. تهیه نانـــو کامپوزیت‌های پلیمری به دلیل خواص منحصر به فردی که نسبت به پلیمرها از خود نشان می‌دهند با استقبال زیادی روبه‌رو شده است. برای تهیه نانو کامپوزیت‌ها از گروه‌های مختلف پلیمری شامل گرما سخت‌ها، گرمانرم‌ها و مایعات بلوری استفاده می‌شود. شایان ذکر است که استفاده از نانو کامپوزیت‌های پلیمری گرمانرم بیشتر از گروه‌های دیگر مورد توجه قرار گرفته اســـت زیرا این پلیمر به صورت فراوان موجود بوده و کار کردن با آن‌ها راحت‌تر اســـت [۳]. مؤثرترین و مناسب‌ترین روش تهیه نانو کامپوزیت‌ها روش برهمکنش مذاب می‌باشد. در این روش پلیمر نانو کامپوزیتی با استفاده از یک سازگارکننده مناسب و پلیمر خالص تهیه می‌شود. این پیش پلیمر می‌تواند در اکسترودر یا مخلوط کن تهیه شود. در تولید نانو کامپوزیت‌ها به روش مذاب، نحوه توزیع اورگانو کلی یکی از مباحث مهم اســـت. اصولاً میـــزان توزیع به عواملی از قبیل زمان اقامت در اکسترودر و شدت برش بستگی دارد [۴ و ۵]. استفاده از نانو تقویت‌کننده‌ها در تولید مواد بسته‌بندی و تهیه نانو کامپوزیت‌ها یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های علم پلیمر در بسته‌بندی مواد غذایی محسوب می‌شـــود. نانو ذرات پلیمر موجـــب افزایش مدت‌زمـــان ماندگاری مواد غذایی می‌شوند. همچنین پلیمر به‌عنوان تقویت‌کننده خواص فیزیکی و شـــیمیایی بایوپلیمرها می‌تواند به‌عنوان یکی از نانو موادی باشد که در تولید بسته‌بندی‌های نانو کامپوزیت فعال مورد استفاده قرار می‌گیرد. مواد بسته‌بندی به‌عنوان یک محافظ فیزیکی محصول بوده و با ایجاد شرایط فیزیکی و شیمیایی مناسب منجر به افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی می‌گردد. بسته‌بندی‌های تهیه شده از پلیمرهای زیستی می‌توانند سدی در برابر رطوبت، بخار آب، گازها و مواد محلول باشـــند و نیز وســـیله‌ای مناســـب برای افزودن طیف گسترده‌ای از افزودنی‌ها مانند ترکیبات ضد قارچی، آنتی‌اکسیدان‌ها، ضد میکروب‌ها، رنگ‌ها و سایر ترکیبات غذایی هســـتند. مزیت اصلی آن‌ها نســـبت به مواد پلیمرهای مصنوعی زیست تخریب پذیر بودن آن‌هاست [۶].

پیشینه تحقیق

چاوشـــی و همکاران، بررسی اثر استفاده از ذرات نانو رس در مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح کامپوزیت نرمه‌ام دی اف-پلی پروپیلن، ذرات نانو رس در ســـطح وزنی ۲، ۴ و ۶ درصد را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها دریافتند اســـتفاده ۲ درصد وزنی ذرات نانو رس در چند سازه مورد نظر بیشترین مقاومت‌ها را در اتصالات پیچ ایجاد کرد؛ اما با افزایش مقدار ذرات نانو رس مقاومت‌ها کاهش پیدا کرد [۷].

وانـــگ و همـــکاران خصوصیـــات ریخت‌شناســـی و مکانیکی-گرمایی کامپوزیت‌های تقویت شده با ذرات نانو رس را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این پرکننده‌ها به علت ساختار لایه‌لایه‌ای موجب پراکنش بهتر ذرات در ماتریس پلیمری شده و در نهایت مدول کششی، مقاومت کششی و سختی کامپوزیت افزایش می‌یابد [۸].

کوستا و همکارانش همچنین بر اثر پوشش فعال حاوی نانو ذرات مونت موریلونیت - پلیمر و ویژگی‌های ممانعت کنندگی فیلم بر عمر انبار مانی برش‌های هویج تازه پژوهش‌هایی انجام دادند و شاهد افزایش مدت‌زمان عمر انباری حدود ۷۰ روز در مقایسه با نمونه شاهد با عمر انباری حدود ۴ روز بودند [۹].

کـــرد و همکاران تأثیر ذرات نانو رس بر خصوصیات مکانیکی کامپوزیت چوب پلاستیک حاصل از پلی‌اتیلن ســـنگین - آرد چوب مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که مدول کششی، مقاومت کششی، مدول خمشی و مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک با افزایش مقدار ذرات نانو رس افزایش یافته، در حالی که مقاومت به ضربه کاهش یافت. همچنین مطالعات ساختاری نانو کامپوزیت چوب پلاستیک به روش پراش اشعه ایکس نشـــان داد که توزیع ذرات نانو رس در زمینه پلیمری از نوع بین لایه‌ای اســـت و با افزایش مقدار ذرات نانو رس فاصله بین لایه‌ها افزایش می‌یابد [۱۰].

نحوه انجام آزمایش

مواد

در این تحقیق از پلی پروپیلن تولید شده توسط شرکت پتروشیمی جم با شاخص جریان مذاب ۳/۲gr/۱۰min و چگالی ۰/۹۱ gr/cm^3 با نام تجاری j ۵۵۰ به‌عنوان ماده پلیمری، از مالئیک انیدرید پیوند شده با پلی پروپیلن از محصولات شرک آریا پلیمر پیشگام با شاخص جریان مذاب gr/۱۰min ۲/۵ و چگالی ۰/۹۵ gr/cm^3 به‌عنوان عامل سازگار کننده و سبوس برنج تولید شده توسط شرکت نیروانا سلامت، با ابعاد ۱۰۰ میکرون استفاده شد. همچنین از پودر نانو رس تولید شـــده توسط شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان استفاده شده است.

آماده‌سازی نمونه

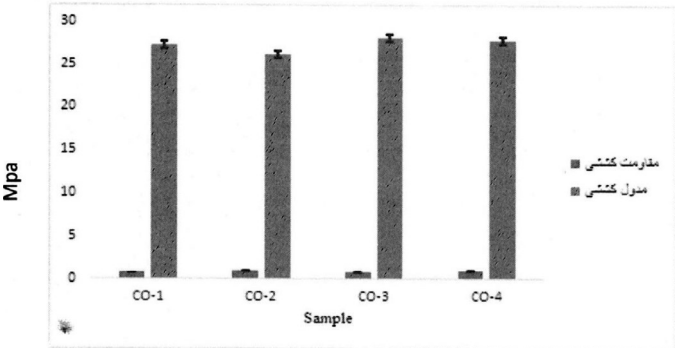
برای بررسی میزان اثر نانو ذرات رس بر خواص کامپوزیت سبوس برنج-پلاستیک حاصل از پلی‌پروپیلن و سبوس برنج، نانو رس در چهار سطح ۰٪، ۳٪، ۵٪ و ۷٪ مطابق با موارد ذکر شـــده در جدول (۱) مورد استفاده قرار گرفت. فرایند اختلاط مواد با دستگاه مخلوط کن شرکت رنگ‌دانه سیرجان با دمای اختلاط ۱۸۰°C، سرعت اختلاط ۶۰ دور در دقیقه انجام شـــد که پس از اختلاط مواد، چندسازه بی‌شکل تولید شده پس از سرد شـــدن دوباره آسیاب و به دستگاه قالب‌گیری تزریقی منتقل شده و این دستگاه پس از ذوب مجدد، ماده مذاب را به درون قالب‌هایی تزریق نموده و نمونه‌های مورد نظر تهیه می‌شود.

جدول ۱. درصد وزنی اجزای ماده مرکب سبوس برنج - پلاستیک در نمونه‌های مختلف

شماره نمونه	کد نمونه	سبوس برنج (٪)	پلی پروپیلن (٪)	سازگار کننده (٪)	نانو رس (٪)
۱	CO -1	۵۰	۴۸	۲	۰
۲	CO -2	۵۰	۴۵	۲	۳
۳	CO -3	۵۰	۴۳	۲	۵
۴	CO -4	۵۰	۴۱	۲	۷

اندازه‌گیری خواص نانو کامپوزیت سبوس برنج- پلاستیک

ویژگی‌های مکانیکی شامل آزمون‌های کشش با استفاده از دستگاه تست کشش شرکت کاردوتک مدل Z5000S موجود در کارخانه رنگ‌دانه سیرجان مطابق استانداردهای شماره D747، D638 و آیین‌نامه ASTM مورد ارزیابی قرار گرفت. همه نمونه‌ها با سرعت ۵۰ mm/min تست شد. مدول کششی نیز با این دستگاه قابل اندازه‌گیری می‌باشد.
به‌منظور بررسی پایداری نمونه‌ها در برابر اکسیدن شدن در مجاورت اکسیژن و تعیین نقطه ذوب آن‌ها از دستگاه DSC مدل ZF-DSC-D2H ساخت ایران موجود در شرکت رنگ‌دانه سیرجان استفاده گردید. گستره کاری دمای دستگاه تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و دارای حداکثر خطای مجاز ۰/۵ درجه سانتی‌گراد و تفکیک‌پذیری ۰/۰۱ درجه می‌باشد. برای اندازه‌گیری استحکام ضربه نمونه‌های کامپوزیتی از دستگاه‌های ضربه ۴ ژول و ۲۲ ژول استفاده شد. نمونه‌های آزمون مطابق استاندارد ASTM D256 به ابعاد ۶۴×۷/۱۲×۲/۳ mm تهیه شد. اساس این دستگاه‌ها، پاندولی است که به‌طور شعاعی رها شده و به وسط نمونه برخورد می‌کند.
آزمون میزان جذب آب مطابق با استاندارد ASTM D570 بر روی نمونه‌های دیسکی شکل به قطر ۵۱ mm و ضخامت ۳/۲ mm و ۵ بار تکرار انجام شد. روش انجام آزمون بدین ترتیب بود که ابتدا نمونه‌های آزمون در دمای ۵۲°C به مدت ۲۴ ساعت خشک‌شده و پس از رسیدن به دمای محیط وزن شدند، سپس نمونه‌ها در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰°C تا ۲۵°C قرار داده شد و پس از خروج از آب، سطح آن‌ها با یک دستمال کاغذی خشک‌شده و بلافاصله وزن می‌شوند. نسبت اختلاف وزن به وزن اولیه برحسب درصد، میزان آب جذب‌شده توسط ماده می‌باشد.



نمودار ۱. تغییرات مقاومت کششی و مدول کششی ناشی از تست کشش

به‌منظور بررسی ساختار نانو کامپوزیت‌های تهیه شده و تعیین فاصله لایه‌ای از دستگاه پراش اشعه ایکس استفاده شد. همچنین با توجه به سامانه‌ای که برای این دستگاه طراحی و ساخته شده است امکان کار با این دستگاه در زوایای کمتر از $2\theta = 2^\circ$ میسر می‌شود. آزمون‌های انجام گرفته با این دستگاه با پرتویی با طول موج‌های ۱/۵۴۴۳۹ و ۱/۵۴۰۶۰ آنگستروم با ماده آندی Cu از زاویه 2θ=۰/۵ تا 2θ=۱۰ درجه انجام شد.
جهت بررسی مورفولوژی و چگونگی توزیع ذرات و آمیزه‌های تهیه شده از میکروسکوپ الکترونی استفاده شد. قبل از تهیه SEM نمونه‌ها در نیتروژن مایع قرار داده شده و سپس شکسته شدند.

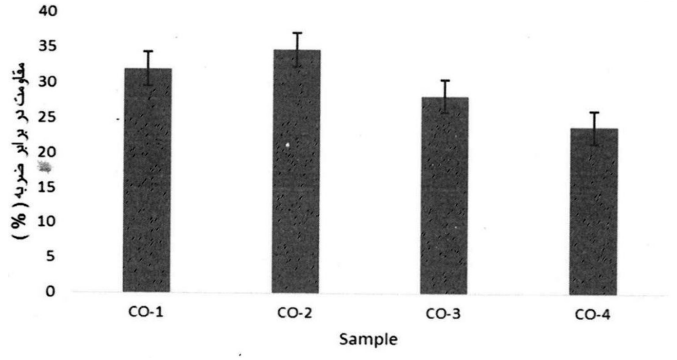
نتایج و بحث

مقاومت کششی

همان‌طور که مشخص شد افزایش مقاومت کششی و مدول کششی در تمامی نمونه‌ها اتفاق افتاده است. میزان این افزایش در نمونه ۱ کمترین مقدار ۳۰/۵ و در نمونه ۳ بالاترین مقدار ۳۸/۹ را دارا است. این اتفاق را نیز می‌توان به افزایش میزان چسبندگی بین سطوح نانو ذرات رس و ماتریس پلیمری نسبت داد که به‌طور طبیعی سبب افزایش استحکام کششی می‌شود.
با افزایش میزان نانو ذره به ۷٪ (نمونه ۴) مقاومت و مدول کششی به علت تجمع و تراکم نانو ذرات و همچنین تشکیل توده‌های درهم‌رفته کاهش یافته است.

مقاومت در برابر ضربه

تغییرات استحکام ضربه نانو کامپوزیت‌ها در درصدهای مختلف از نانو ذره در نمودار ۲ نشان داده شده است. با افزایش غلظت نانو ذرات درون ماتریس در درصدهای وزنی بالاتر، خواص ضربه کاهش می‌یابد. روند کاهش خواص ضربه با افزایش غلظت نانو ذرات را می‌توان به حضور صفحات درهم رفته و ورقه شده در سیستم ربط داد. افت خواص را می‌توان چنین توجیه نمود که حضور برخی صفحات نانو ذرات که همچنان به صورت درهم رفته باقی مانده‌اند به‌عنوان نقاط تمرکز تنش در میان مناطق ورقه‌ای شده عمل نموده و باعث نقص در سیستم و نهایتاً کاهش خواص ضربه می‌شوند.



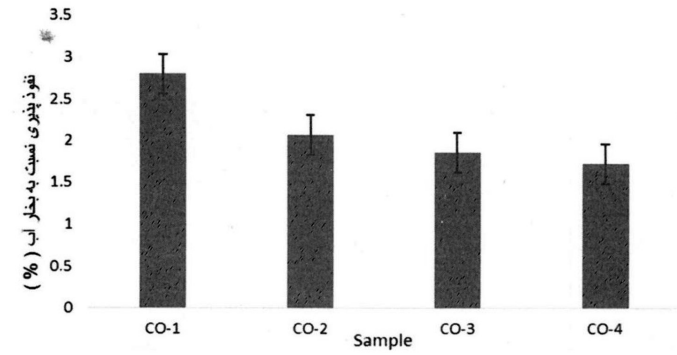
نمودار ۲. تغییرات استحکام ضربه نانو کامپوزیت‌ها

جذب بخار آب

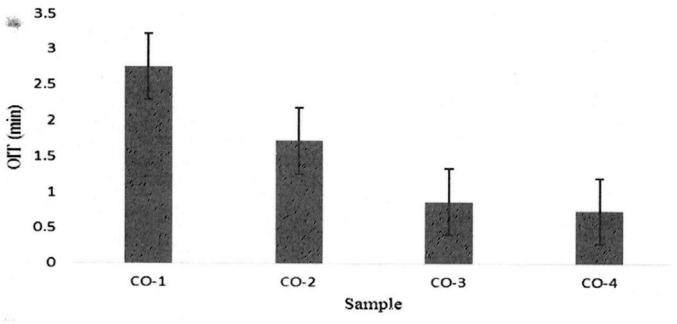
میزان جذب آب نانو کامپوزیت‌ها بـــا افزایش درصد نانو ذرات در نمودار (۳) نشـــان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش نانو ذرات جذب آب کامپوزیت به‌طور محسوس کاهش می‌یابد که وابستگی بســـیار زیاد جذب آب را به غلظت نانو ذرات نشان می‌دهد. همچنین با توجه به آنکه افزودن صفحات ورقه شده نانو ذرات به رزین، سطح مشترک رزیـــن و صفحات نانو ذرات را افزایش می‌دهد ســـطح تماس قطرات آب بـــا رزین کاهش یافته و باعث افت در میزان جذب آب نســـبت به رزین خالص می‌شود همچنین افزایش میزان نانو ذره موجب کاهش فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی نانو ذرات رس و کلوخه شدن ذرات، دالان‌های رسی پرپیچ خمی تشکیل می‌شود که به افزایش طول مسیر عبور مولکول‌های بخار آب از درون پلیمر و به تأخیر انداختن فرایند انتشار (کاهش ضریب نفوذ) و درنتیجه افزایش ویژگی بازدارندگی پلیمر می‌انجامد [۱۱– ۱۲]؛ بنابراین استفاده از فیلم‌های نانو کامپوزیت برای بسته‌بندی باعث افزایش ماندگاری رطوبت نسبت به نمونه شاهد می‌شود.

مقاومت در برابر اکسید شدن

زمان پایداری اکسیداتیو، تعیین مقاومت یک ماده در برابر اکسایش می‌باشد که توسط آنالیز حرارتی، فاصله زمانی شروع اکسایش گرمازایی دریک ماده دریک درجه حرارت مشخص در اتمسفر اکسیژن تا شروع واکنش تخریب ماده می‌باشد. درواقع هرچه در موادی میزان افزودنی پایدارکننده حرارتی پلیمر بیشتر باشد این شـــاخص افزایش می‌یابد یا به عبارتی مدت‌زمان



نمودار ۳. تغییرات جذب آب نانو کامپوزیت‌ها



نمودار ۴. تغییرات مقاومت در برابر اکسید شدن

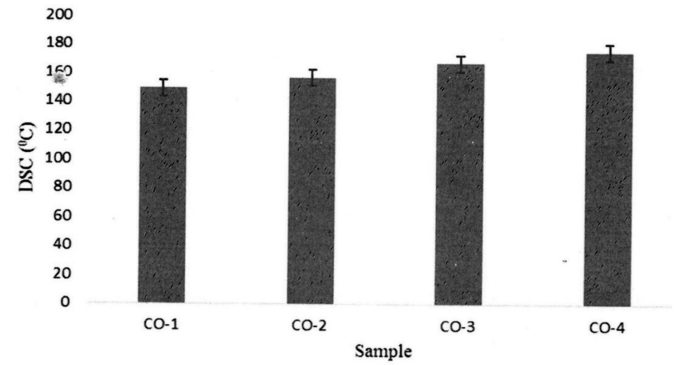
تخریب حرارتی ماده افزایش می‌یابد. همان‌طور که در نمودار (۴) مشاهده می‌گردد با افزایش میزان درصد نانوذره دمای اکسید شدن نانو کامپوزیت کاهش می‌یابد، بنابراین رابطه عکس بین افزایش درصد مصرف نان ذره با زمان اکسیداســـیون کامپوزیت دارد و بیشترین مقدار پایداری در برابر اکسید شدن را نمونه بدون نانو ذره دارا است.

تعیین دمای ذوب

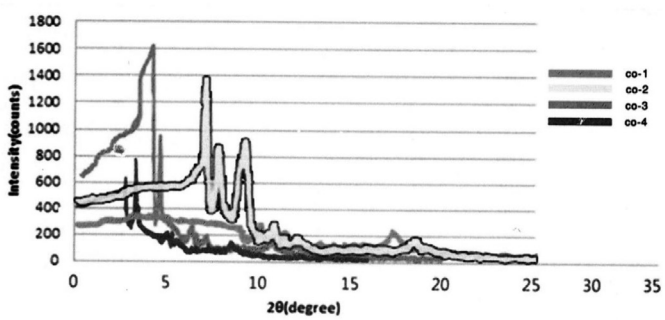
از DSC برای شناسایی پلیمر با تعیین نقطه ذوب آن استفاده می‌شود. همان‌طور که در نمودار (۵) مشاهده می‌گردد با افزایش میزان نانوذره در نمونه‌های کامپوزیت دمای ذوب نمونه افزایش می‌یابد و این نشان‌دهنده ایجاد فاز یکدست بین نانوذره و سطح پلیمری می‌باشد. هر چه دمای ذوب نانو کامپوزیت بالاتر باشـــد تغییر شکل فیزیکی در اثر گرما دیرتر اتفاق می‌افتد و زمان ماندگاری بیشتر می‌شود.

بررسی ساختار نانوکامپوزیت ها طبق نتایج پراشه اشعه –ایکس

تصاویر پراش اشعه ایکس نانو کامپوزیت‌های حاوی ۰ و ۵ و ۳ و ۷ درصد وزنی نانو ذره در شـــکل (۱) نشان داده شـــده است. با افزایش مقدار نانو رس فاصله بین لایه‌های ســـیلیکاتی افزایش یافته و با افزایش این مقدار پیک پراش اشـــعه ایکس در نانو کامپوزیت تغییر کرده و به سمت زاویه کمتر منتقل شـــده که از ۲θ=۷ در نانـــو کامپوزیت با ۳ درصد وزنی نانو رس بـــه ۲θ=۴/۵ با ۵ درصـــد وزنی نانو رس و در ۷ درصد وزنی نانو رس به ۲θ=۲/۲ میل کرده اســـت. همان‌طور که در شکل مشخص است نانو کامپوزیت تشکیل شده از نوع بین لایه‌ای است؛ زیرا قله مربوط به ناحیه



نمودار ۵. تغییرات دمای ذوب

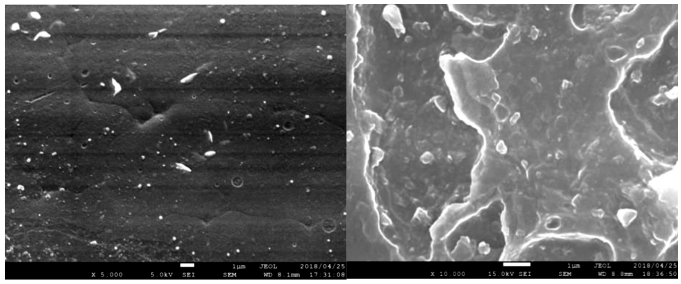


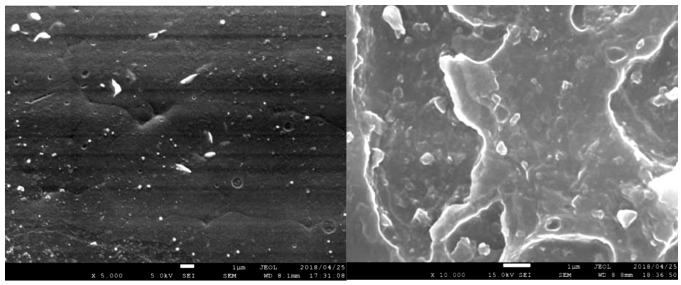
شکل ۱. منحنی XRD مربوط به نمونه‌های کامپوزیت

بلوری نانو رس کاملاً از بین نرفته و به سمت ۲θ کمتر منتقل شده است؛ به‌عبارت‌دیگر فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی نانو رس به دلیل نفوذ زنجیره‌های پلیمری افزایش یافته ولی از هم گسیختگی کامل لایه‌ها در بعضی مناطق رخ نداده است. بنابراین شاید بتوان این نتیجه را گرفت که در نانو کامپوزیت‌های تقویت‌شده با درصدهای بالاتر نانو ذرات خاک رس، مولکول‌های رزین توانسته‌اند میان صفحات نفوذ کنند و ساختار ورقه‌ای در آن‌ها ایجاد کنند و هنوز تعدادی از صفحات نانو ذرات خاک رس به‌صورت ساختار درهم‌رفته باقی مانده‌اند. همچنین در مورد درصدهای وزنی پایین نانو ذرات خاک رس (۳)، پیکی دال بر باقی ماندن لایه‌های باز نشده نانو مشاهده نشده است. در هر سه حالت بارگذاری خاک رس با درصدهای ۳ به ۵ و سپس به ۷ پیک منحنی به سمت چپ میل کرده و همچنین بررسی نتایج مربوط به خاصیت نفوذپذیری به‌منظور بررسی صحیح ساختار نانو کامپوزیت‌ها ضروری می‌باشد. با افزایش همزمان درصد وزنی خاک رس، ساختار نانو کامپوزیت به سمت ساختار مطلوب سوق داده شده و بهترین توزیع لایه‌های سیلیکانی در میان فاز پلیمری در حالت حضور سازگار کننده رسیده و حضور نانو ذرات خاک رس به مقدار ۵ و ۷ درصد وزنی رخ می‌دهد.

مورفولوژی نانو کامپوزیت‌ها

همان‌طور که در شکل (۲ ، ۳) مشخص است یک پیوستگی خاص بین دو فاز وجود دارد بنابراین عملاً یک فاز مشاهده می‌شود و می‌توان ادعا نمود که از یک‌سو دو پلیمر مورد استفاده یعنی پلی پروپیلن و سازگار کننده به‌خوبی باهم سازگاری داشته و از سویی دیگر همان‌طور که از تصاویر مشخص است به کمک مالئیک انیدرید به‌عنوان سازگار کننده شاهد


شکل ۲. تصاویر میکروسکوپی کامپوزیت‌ها CO-1 C O-2


شکل ۳. تصاویر میکروسکوپی کامپوزیت‌ها CO-3 CO-4

سازگاری قابل قبولی میان فاز پلیمری و خاک رس در نقش فاز پرکننده می‌باشیم. در تصویر میکروسکوپی دانه‌های سفیدرنگ وجود سبوس برنج را در کامپوزیت نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

با توجه به تصاویر میکروسکوپی نمونه‌ها مشخص می‌شود بین فاز زمینه و نانو ذره یک پیوستگی وجود دارد و سازگاری مناسبی بین این دو مشاهده می‌شود. نتایج XRD نشان می‌دهد که با افزایش میزان نانو ذره ساختار ورقه‌ای نانو کامپوزیت بیشتر می‌شود و مقاومت کششی و مدول کششی تا ۵٪ افزایش و بیشتر از این مقدار به دلیل حفره‌های ایجاد شده در نانو کامپوزیت و تجمع و تراکم ذرات نانو رس و همچنین تشکیل توده‌های درهم‌رفته کاهش می‌یابد. مقاومت در برابر ضربه به دلیل صفحات درهم‌رفته و پایداری در برابر اکسید شدن و جذب بخار آب نیز با افزایش میزان نانو ذره کاهش می‌یابد، از طرفی با بالا رفتن درصد مصرف نانو ذره در کامپوزیت دمای ذوب افزایش می‌یابد.

منابع

۱. امینی رنجبر، ح: بررسی استفاده از نانو ذرات در ساخت فیلم پلی‌اتیلنی مورد استفاده برای بسته‌بندی در جهت تقویت خواص مکانیکی و کاهش نفوذپذیری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱-۲، ۱۳۸۶

2. Tang Y. Hu y. Feng Sh. Preparation of Polypropylene /Clay Nanocomposite by Melt Intercalation from Pristine Montmorillonite, Polym. Adv.Technol.14,P.733(2003).

3. Mortland, M.M."Clay-organic complexes and interactions". In: Advances in Agronomy,Vol.22, Academic Press [Ed], NY, USA, P75-117(1970)

4. Mehrabzadeh M. R.Kamal,"Melt Processing of PA66/ Clay,HDPE/Clay and HDPE/PA66/Clay Nanocompos-

ite",Polymer Engineering and Science,Volume 44,1152-1161,(2004)

5. Benettia E.M.Valerio Causina,Carla Maregaa, Antonio Marigoa,Giuseppe Ferrarab, Angelo Ferrarob, Marco Consalvib, Fabiana Fantinelb, "Morphological and Structural Characterization of Polypropylene Based Nanocomposites",Polymer,Vol.46, p.8275–8285,(2005)
6. Rhim, J. & Ng, P. (2007). Natural biopolymer-based nanocomposite films for packaging applications. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 47(4), 411-433.

۷. چاوشی، آ. مدهوشی، م. شاکری، ع. و خزائیان، ا. بررسی اثر استفاده از ذرات نانو رس در مقاومت به اتصال پیچ بر عمود بر سطح چندسازه نرمه‌ام دی اف – پلی پروپیلن. اولین همایش ملی نانو بیوتکنولوژی دانشگاه آزاد اسلامی دامغان، ۱۳۹۰.

8. Wang, L. Wang, K. Chen, L. Zhang, Y. He, C. Preparation, morphology and thermal/ mechanical properties of epoxy/ clay nanoclay composite. Composites Part A 37: 1890–189, 2006.
9. Costa C. Conte A. Buonocore G.G. and Del Nobile M.A, Antimicrobial polymer- montmorillonite nanoparticles to prolong the shelf life of fresh fruit salad. International Journal of Food Microbiology 148: 164-167. 12,2011

۱۰. کرد، ب: استفاده از ذرات نانو رس در بهبود خواص کاربردی کامپوزیت چوب-پلاستیک. مجله مواد مهندسی. جلد.۳۷۵-۳۸۳. ۱۳۸۸

11. Horst, M.F. Walter Tuckart, W. Blanco, L.D. Failla, M.D. and Quinzani, L.M. 2012. Effect of clay concentration on the wear behavior and permeability of polypropylene/clay nanocomposites. Journal of Applied Polymer Science, 125: 502-495
12. Noushirvani, N. Ghanbarzadeh, B. and Entezami, A.K. 2011. Comparison of tensile, permeability and color properties of starch-based bionanocomposites containing two types of fillers: sodium montmorilonite and cellulose nanocrystal. Iranian Journal of Polymer Science and Technology, 24(5): 391- 402