

تأثیر نانورس بر عملکرد چندسازه پلی پروپیلن / الیاف OCC / نانورس

سینا مدیررحمتی^۱، احمد جهان‌لتیباری^{۲*}، امیر نوربخش^۳، مهران روح‌نیا^۴ و منصور مینایی^۱

۱- کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهرشهر کرج

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

پست الکترونیک: latibari@kiaau.ac.ir

۳- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

۴- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۰

چکیده

تأثیر افزودن نانورس بر ویژگی‌های چندسازه پلی پروپیلن / الیاف کارتن کنگره‌ای کهنه بررسی شد. از ترکیب ۶۷٪ پلی پروپیلن، ۳۰٪ الیاف کارتن کنگره‌ای کهنه و ۳٪ پلی پروپیلن مالئیک‌دار شده (MAPP) و افزودن مقادیر ۲/۵، ۵ و ۷/۵٪ نانورس به این ترکیب، چندسازه ساخته شد. افزودن نانورس به چندسازه با روش پیش اختلاط مذاب انجام گردید. ابتدا پلی پروپیلن و نانورس به شکل مذاب با یکدیگر ترکیب شده و بعد این ترکیب پس از سرد و تبدیل به گرانول شدن، همراه با الیاف کارتن کنگره‌ای کهنه و MAPP مجدداً به صورت مذاب مخلوط شده و نمونه‌های آزمونی از آن قالب‌گیری گردید. نتایج نشان داد که در اثر افزودن نانورس به ترکیب چندسازه، مقاومت خمشی و مدول کششی و همچنین مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه کاهش یافت. اثر افزودن نانورس بر مقاومت خمشی و مدول کششی در سطح ۹۹٪ و اثر این عامل بر مقاومت کششی در سطح ۹۵٪ معنی‌دار شد. ولی این افزودن نانورس بر مدول الاستیسیته خمشی و مقاومت به ضربه معنی‌دار نشد. زیرا افزودن نانورس به ترکیب چندسازه میزان اتصال بین پلی پروپیلن و الیاف کارتن کنگره‌ای کهنه را کاهش داد. علاوه بر این، در مورد مقاومت به ضربه این پدیده باعث به وجود آمدن مناطق تمرکز تنش گردید. ولی مدول الاستیسیته خمشی و مدول کششی افزایش یافت. البته در اثر افزودن نانورس جذب آب نمونه‌های چندسازه پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: نانورس، چندسازه، الیاف کارتن کنگره‌ای کهنه، مقاومت خمشی، مقاومت کششی

مقدمه

می‌شوند از محدوده وسیعی از پلیمرها به‌عنوان ماده زمینه استفاده می‌شود (Woohhams et al., 1991). این پلیمرها نقش اصلی فاز زمینه و نگهدارنده الیاف و دیگر مواد لیگنوسلولزی و همچنین انتقال تنش را برعهده دارند (نوربخش و همکاران، ۱۳۸۳). علاوه بر ماده زمینه، در

در حال حاضر در بسیاری از کشورهای پیشرفته، چندسازه‌های چوب - پلاستیک در حال توسعه و تولید هستند (Sanadi et al., 2001). در این گروه از چندسازه‌ها که از اختلاط مواد پلیمری و سلولزی ساخته

دو جنبه دارد؛ جنبه اول آن توسعه روش جدیدی برای دستیابی به توزیع بهتر ریز ذرات و جنبه دوم آن استفاده از فاز تقویت شده در ساخت چندسازه چوب پلاستیک است (Faruk and Matuana, 2008). بدین منظور استفاده از ریزذراتی مانند نانورس، نانو سیلیکا، نانو تیوپ و ... در چوب پلاستیک‌ها رو به افزایش بوده و اکثراً باعث بهبود خواص چندسازه شده است. به طوری که در اثر گسترش استفاده از ریز ذراتی مانند نانورس و نانوسیلیس؛ محصولات تولید شده قابل استفاده در صنایع هوا-فضا نیز شده است (Han et al., 2008).

در بین این ذرات، نانورس (بتونیت) یک منبع مهم طبیعی است که از رس‌های نرم و خیلی کلوئیدی و اساساً مونت مرلونیت تشکیل شده است. در زیر میکروسکوپ الکترونی ذرات بتونیت غیرقابل تشخیص از سایر مواد معدنی در کائولین هستند و فقط تفاوت آنها ضخامت است. علاوه بر مونت مرلونیت، بتونیت ممکن است حاوی کوارتز کریستالی و کریستوبالیت باشد. مواد معدنی بر پایه بتونیت خصوصیات شکل‌دهی ژل تیکسوتروپی با آب، جذب آب زیاد و ظرفیت تغییر کاتیون زیاد را نشان می‌دهد و این خصوصیات می‌تواند در مواد معدنی رس متناسب با ماهیت داخلی آب و کاتیون‌های قابل تغییر در فضای بین لایه‌ای متنوع و گوناگون باشد.

Sanadi و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقی ویژگی‌های چندسازه‌هایی با ماده زمینه پلی پروپیلن کم و مقدار الیاف زیاد (الیاف کنف) را مورد بررسی قرار داده و عنوان می‌کنند که مدول الاستیسیته چندسازه ساخته شده با ۸۰٪ الیاف از چندسازه با ۶۰٪ الیاف کمتر است. همچنین افزودن سازگارکننده (جفت‌کننده) سبب افزایش مدول خمشی می‌شود.

چندسازه‌های چوب پلاستیک از دامنه وسیعی از پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌های سلولزی استفاده می‌شود. این پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌ها که به‌عنوان پرکننده‌های آلی شناخته می‌شوند، می‌توانند بین ۱۰ تا ۸۰ درصد از کل وزن چندسازه را تشکیل دهند (Mali et al., 2003). در این زمینه، مواد لیگنوسلولزی مانند الیاف و پودر چوب، ساقه کنف، کتان، ذرت، پوسته نارگیل، پوست بادام زمینی، کاه گندم و برنج به‌عنوان ماده تقویت‌کننده پلاستیک‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند (Woothams et al., 1991). ویژگی‌های چوب پلاستیک‌ها عمدتاً وابسته به ویژگی‌های ماده تقویت‌کننده (الیاف و ذرات چوب و سایر مواد لیگنوسلولزی)، ماده زمینه و ویژگی حد فاصل بین آنهاست. بنابراین برای کمک و افزایش پراکنش ماده تقویت‌کننده و بهبود سازگاری و اتصال از جفت‌کننده استفاده می‌شود. به‌کارگیری جفت‌کننده باعث بهبود خواص مقاومتی مانند ضربه، کشش و خمش می‌شود (Zhang et al., 2007). با توجه به کمبود منابع چوبی و افزایش قیمت چوب، استفاده از منابع جایگزین شامل طیف گسترده‌ای از قبیل پسماندهای کشاورزی (باگاس، کنف، ساقه گندم، پنبه و ...) و مواد بازیافتی مانند الیاف OCC مورد توجه قرار گرفته است.

ارتقاء ویژگی‌های مقاومتی چوب پلاستیک‌ها می‌تواند پذیرش آنها را در کاربردهای ساختمانی تحت بار (قسمت‌های تحمل‌کننده بار) گسترش دهد. بنابراین اخیراً دو رویکرد که اساساً ویژگی‌های خمشی چوب پلاستیک‌ها را افزایش می‌دهد گزارش شده است. رویکرد اول بررسی استفاده از ترموپلاستیک‌های مهندسی شده و با کارایی بالا به‌عنوان ماده زمینه که سختی (سفتی) و مقاومت زیاد در مقایسه با پلاستیک‌های متداول مصرفی دارند. رویکرد دوم

ماسیو نشان داد که سختی خمشی آنها کمتر از مدول خمشی چوب ماسیو بود.

Han و همکاران (۲۰۰۸) اثر اختلاط الیاف بامبو با HDPE/نانورس را بررسی و عنوان کردند که در سیستم HDPE خالص هر دو مدول خمشی دینامیک و استاتیک افزایش می‌یابد، در حالی که با افزایش نانورس مقاومت به ضربه کاهش پیدا می‌کند. نتایج انحنای نوری X-ray (XRD) داده‌هایی را ارائه می‌کند که هنگامی که فقط ۱٪ نانورس به HDPE خالص و بدون MAPE اضافه شده بود نانورس به صورت ورقه ورقه درآمده است. با استفاده از MAPE خواصی مانند مقاومت کششی و مدول خمشی و مقاومت یا استحکام در چندسازه HDPE/الیاف بامبو بهبود یافته بود. ولی استفاده از نانورس در این سیستم باعث کاهش ویژگی‌های مکانیکی در چندسازه‌های الیاف بامبو شده است.

Lei و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی تحت عنوان تأثیر نانورس بر ویژگی‌های چندسازه‌های HDPE/ترکیب‌های چوب، را مورد بررسی قرار دادند و عنوان کردند که استفاده از ۲٪ نانورس، دمای کریستال شدگی (بلور شدگی)، میزان و سطح آن در HDPE/ترکیب‌های کاج، را کاهش داد، اما ضخامت کریستال را تغییر نداد. وقتی ۲٪ MAPE به ترکیب اضافه شد میزان کریستال‌سازی (تبلور) پایین آمد اما سطح آن بسیار کم شد. مقاومت‌های خمشی و کششی و ضربه HDPE/ترکیب‌های کاج، حدود (۲۰ تا ۲۴ درصد) با افزودن ۱٪ نانورس افزایش یافت. اما پس از آن با افزایش ۳٪ نانورس این ویژگی‌ها کاهش یافت. با وجودی که MAPE حالت پراکندگی در ترکیب‌های را بهتر کرد، ولی میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در چندسازه‌های HDPE/ترکیب‌های کاج، در اثر نانورس

Craschi و Lopes (۲۰۰۲) تأثیر مقدار و اندازه ذرات پرکننده و عامل تسریع‌کننده روی خواص مکانیکی چندسازه پلی‌پروپیلن تقویت شده با آرد چوب کاج الیوتی را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که زیاد شدن مقدار الیاف سبب کاهش تغییر طول نسبی، تنش کششی، MFI و افزایش مدول کششی می‌شود.

نوربخش و همکاران (۱۳۸۷) بررسی تولید چندسازه چوب-پلاستیک با استفاده از الیاف OCC به روش ریزش کیک را مورد بررسی قرار دادند و عنوان می‌کردند که عملکرد الیاف کارتن کنگره‌ای کهنه (OCC) نسبت به الیاف بکر بهتر می‌باشد. این عامل می‌تواند بدلیل سهولت فراوری و ایجاد سطح تماس زیاد الیاف-الیاف و افزایش پتانسیل ایجاد اتصال باشد.

Faruk و Matuana (۲۰۰۸) چندسازه‌های چوب پلاستیک ساخته شده با HDPE و نانو ذرات را مورد بررسی قرار دادند و عنوان می‌کردند که می‌توان از دو روش جهت وارد کردن نانورس به زمینه پلی‌اتیلن، استفاده کرد. روش اول آمیختن ماده زمینه پلی‌اتیلن سنگین با نانورس و استفاده از این آمیزه به عنوان زمینه در ساخت چندسازه (فرایند اختلاط مذاب) و روش دوم شامل افزودن همزمان نانورس به ترکیب چندسازه آرد چوب/پلی‌اتیلن در هنگام اختلاط خشک متداول (فرایند اختلاط خشک مستقیم) است. فرایند اختلاط مذاب که در آن ترکیب پلی‌اتیلن سنگین/نانورس به عنوان زمینه مورد استفاده قرار گرفته است؛ بنظر می‌رسد بهترین رویکرد در ترکیب نانورس در چندسازه نهایی باشد. استفاده از ۵٪ نانورس بهترین نتیجه را ایجاد کرده است. به طوری که مقایسه مقاومت خمشی چندسازه‌های ساخته شده با ماده زمینه پلی‌اتیلن سنگین/نانورس با گونه‌های متنوع چوب

کاهش ویژگی‌ها مشاهده شده است. بنابراین این بررسی با هدف شناخت چگونگی تأثیر افزودن نانورس به چندسازه الیاف OCC/پلی پروپیلن، انجام شده است.

مواد و روشها

پلی پروپیلن: از گرانول پلی پروپیلن ساخت پتروشیمی اراک استفاده شده است. پلی پروپیلن با کد R40، درجه آزمایشگاهی و با ویژگی‌های زیر انتخاب شد:

شاخص جریان مذاب: $10 \text{ min}/\text{Agr}$ ، **مدول خمشی:** 1100 MPa ، **مقاومت به ضربه Izod:** 40 J/m و **مقاومت به کشش:** 30 MPa .

نانورس: نانورس مورد استفاده در این تحقیق با کد 15A Closite، یک مونت مریلونیت طبیعی است که کمتر از 10 درصد ذرات آن قطری بیش از $13 \mu\text{m}$ دارد.

جفت کننده: جفت کننده (MAPP) ساخت شرکت Aldrich کشور آلمان با مشخصات $M_n = 3900$ (GPC)، $M_w = 9100$ (GPC)، گرانیوی بروکفیلد (190°C)؛ 4 پوآز، نقطه ذوب 156 درجه سانتی گراد و دانسیته سیال 0.934 گرم بر سانتی متر مکعب انتخاب شده است.

الیاف OCC: از کارتن‌های کنگره‌ای کهنه تهیه شده است. قطعات کارتن کنگره‌ای کهنه در آب پراکنده شده و پس از شستشو و حذف آلاینده‌ها و کلوخه‌های الیاف، از الیاف OCC آبیگری شده و پس از حلاجی الیاف، از یک خشک‌کن هوای گرم برای خشک کردن آنها تا رطوبت 2٪ استفاده شده است.

مقدار پلی پروپیلن، جفت کننده و الیاف OCC به ترتیب 67٪، 3٪ و 30٪ ثابت بوده و مقدار نانورس به میزان 0، 2/5، 5 و 7/5 (وزن ترکیب مواد چندسازه) انتخاب شده است.

کمتر شد و حضور نانورس ثبات حرارتی ترکیب را بهبود بخشید.

Wang و همکاران (2001) اظهار داشتند که تأثیر نانورس بر خصوصیات چندسازه‌ها به شکل، اندازه، ضریب ظاهری، نوع، مقدار و کیفیت پراکنده شدن ذرات و چسبندگی در سطح اتصال آنها بستگی دارد، همچنین آنها بیان کردند که افزودن مقادیر اندک ذرات نانورس موجب بهبود خواص مکانیکی، حرارتی و ثبات ابعاد در چندسازه‌ها را فراهم می‌سازد.

Wan و همکاران (2005) خصوصیات ریخت‌شناسی و مکانیکی - گرمایی چندسازه‌های تقویت شده با ذرات نانورس را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این پرکننده‌ها به علت تشکیل ساختار لایه‌ای و ساختار بین لایه‌ای موجب پراکنش بهتر ذرات در زمینه پلیمری شده و در نهایت مدول کششی، مقاومت کششی و سختی کامپوزیت افزایش می‌یابد.

Chowdhury و همکاران (2006) و Wu و همکاران (2007) نتیجه گرفتند که زیادترین مقدار مقاومت خمشی چندسازه‌های پلیمری تقویت شده با پرکننده ذرات نانورس به هنگام استفاده 2٪ از پرکننده حاصل گردید و نتایج تحلیل دینامیکی - مکانیکی نشان‌دهنده بهبود خواص مکانیکی - گرمایی چندسازه‌ها تحت تأثیر پرکننده نانورس می‌باشد. همچنین آنها بیان کردند که به هنگام اضافه نمودن ذرات نانورس به مقدار 2٪ دمای انتقال شیشه‌ای چندسازه به میزان 9°C افزایش می‌یابد.

متأسفانه تحقیقات انجام شده در زمینه افزودن نانورس به چندسازه‌های چوب-پلاستیک به نتیجه قطعی نرسیده است، بلکه نتایج متناقضی وجود دارد. البته در مواردی مواجه با افزایش ویژگی‌های مقاومتی و در مواردی نیز

آماده‌سازی مواد و ساخت نمونه

ویژگی‌های مقاومتی استفاده شد. آزمون خمش استاتیک طبق دستورالعمل ASTM-D790، آزمون کششی طبق دستورالعمل ASTM-D638، مقاومت به ضربه آیزود (Izod) طبق دستورالعمل ASTM-D256 و برای آزمون جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب از دستورالعمل ASTM-D570 استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون فاکتوریل در قالب بلوک‌های تصادفی کامل استفاده شده است. در صورت معنی دار شدن اختلاف بین میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای گروه‌بندی میانگین‌ها استفاده شده است.

نتایج

تأثیر آمیزه‌کاری اولیه پلی‌پروپیلن و نانورس و پس از آن اختلاط ترکیب جدید با MAPP و الیاف OCC بر ویژگی‌های مقاومتی و جذب آب نمونه‌های چندسازه در شکل ۱ تا ۷ نشان داده شده است. تجزیه و تحلیل آماری نتایج بدست‌آمده در جدول ۱ خلاصه شده است. در اثر افزودن مقادیر بین ۲/۵ تا ۷/۵ درصد نانورس به ترکیب چندسازه مقاومت خمشی، مقاومت کششی و مقاومت به ضربه نسبت به نمونه بدون نانورس کاهش یافته است (شکل ۱، ۳ و ۵). ولی در اثر افزودن نانورس هر دو ویژگی مدول الاستیسیته خمشی و مدول الاستیسیته کششی افزایش نشان داد (شکل ۲ و ۴). اما جذب آب نمونه‌های چندسازه در اثر افزودن نانورس کاهش یافته است، ولی از نظر آماری معنی دار نمی‌باشد.

از روش اختلاط (آمیزه‌کاری) پلی‌پروپیلن با نانورس و بعد از آمیزه جدید به‌عنوان ماده زمینه ساخت چندسازه الیاف OCC - پلی‌پروپیلن / نانورس استفاده شده است. مخلوط پلی‌پروپیلن و نانورس به دستگاه Collin مجهز به دو واردون ناهمسوگرد انتقال یافته و عمل اختلاط انجام شد. دمای مناطق مختلف دستگاه به ترتیب ۱۶۵، ۱۷۰، ۱۷۵ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. پس از پایان مرحله اختلاط دو ماده پلی‌پروپیلن و نانورس، ترکیب جدید به صورت خمیری سفید رنگ از دستگاه خارج شده و به درون آسیاب Wieser انتقال یافت و به صورت گرانول تبدیل شد. از این گرانول‌ها برای ساخت چندسازه استفاده شد. گرانول‌های پلی‌پروپیلن / نانورس، الیاف OCC و MAPP مجدداً به دستگاه Collin انتقال یافته و با تنظیم دمای دستگاه در همان دماهای مرحله آمیزه‌کاری به مخلوط همگن و یکنواختی تبدیل شد و پس از خروج از دستگاه Collin مجدداً توسط آسیاب به گرانول تبدیل شد. گرانول‌ها در اتو قرار گرفتند تا کاملاً خشک شوند. پس از ۲۴ ساعت خشک کردن، از گرانول‌ها برای ساخت نمونه اصلی استفاده شد. گرانول‌های تولید شده توسط دستگاه تزریق (Injection) به نمونه‌های آزمون‌ی تبدیل شدند. در این دستگاه، شرایط تزریق و ساخت به شرح زیر انتخاب شد:

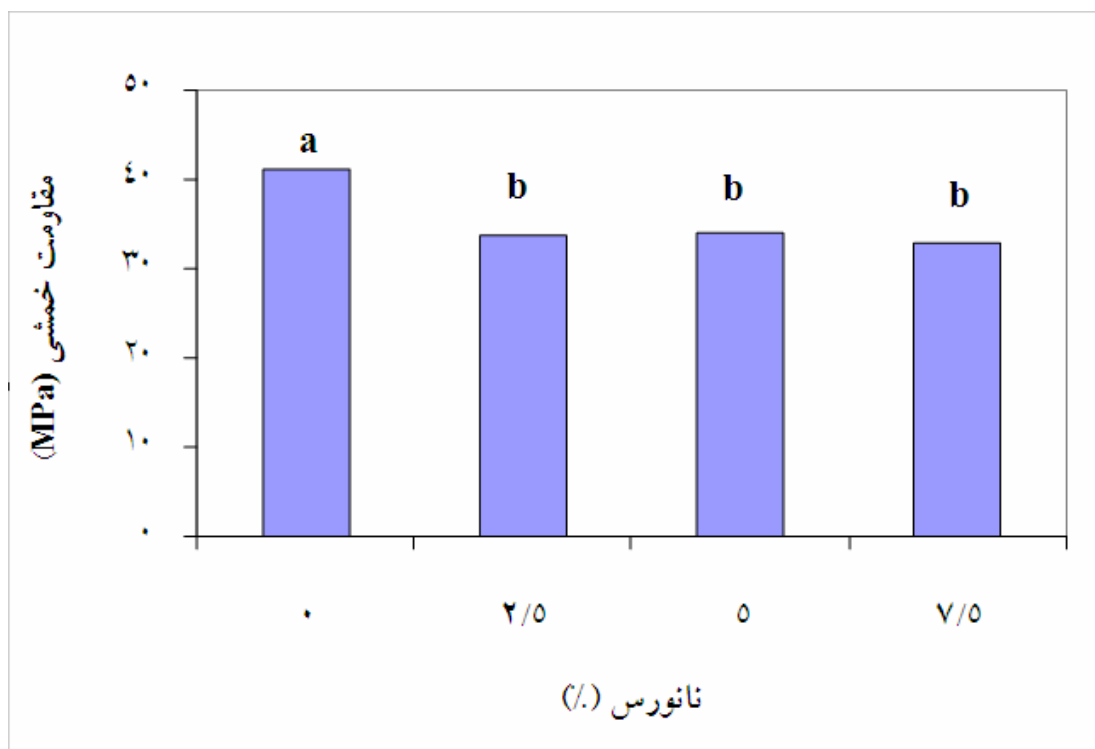
دما به ترتیب ۱۶۰-۱۷۰-۱۷۵ درجه سانتی‌گراد (از محفظه تا نازل)، فشار تزریق ۹۰ bar، فشار بارگیری ۵۰ و سرعت چرخش (سرعت بارگذاری) ۶۰ rpm.

اندازه‌گیری ویژگی‌ها

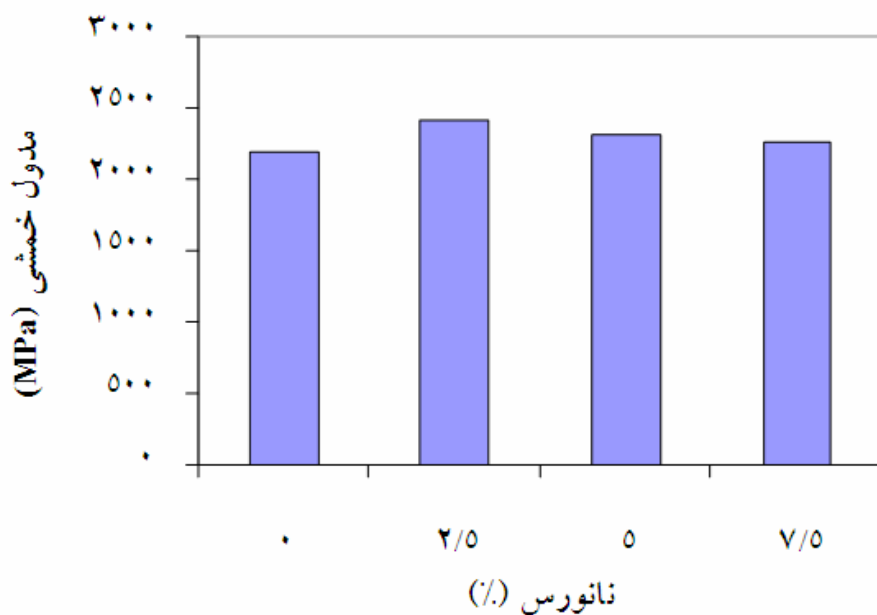
پس از ساخت نمونه‌های الیاف OCC - پلی‌پروپیلن / نانورس و مشروط کردن آنها از دستگاه اندازه‌گیری مقاومت‌ها Instron مدل ۱۱۸۶ برای اندازه‌گیری

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر میزان نانورس بر ویژگی های چندسازه پلی پروپیلن / الیاف OCC / نانورس

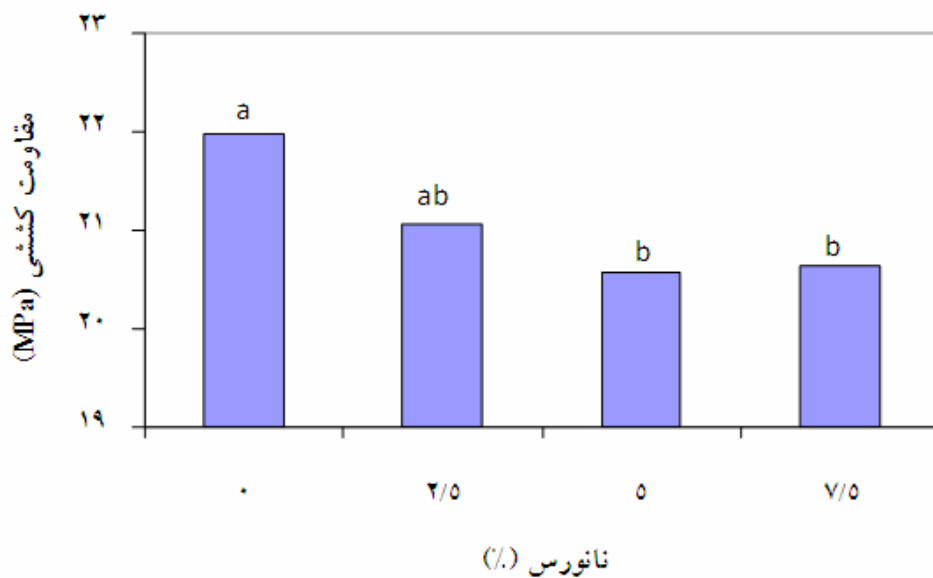
منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات	F (آماره)	سطح معنی داری
مقاومت خمشی	۱۷۸/۴۴۰	۳	۵۹/۴۸۰	۴۵/۵۳۴	۰/۰۰۰
مدول الاستیسیته	۱۱۵۹۷۰/۲۵	۳	۳۵۶۵۶/۷۵۰	۱/۳۴۸	۰/۳۰۵
مقاومت کششی	۵/۰۵۸	۳	۱/۶۸۶	۳/۴۶۶	۰/۰۴۹
مدول الاستیسیته کششی	۲۵۰۳۸۲/۵۰۰	۳	۸۳۴۶۰/۸۳۳	۱۵/۱۳۶	۰/۰۰۰
مقاومت به ضربه	۲۲/۲۹۳	۳	۷/۴۳۱	۱/۳۴۷	۰/۳۰۶
جذب ۲ ساعت	۰/۰۸۳	۳	۰/۰۲۸	۰/۸۶۳	۰/۴۸۷



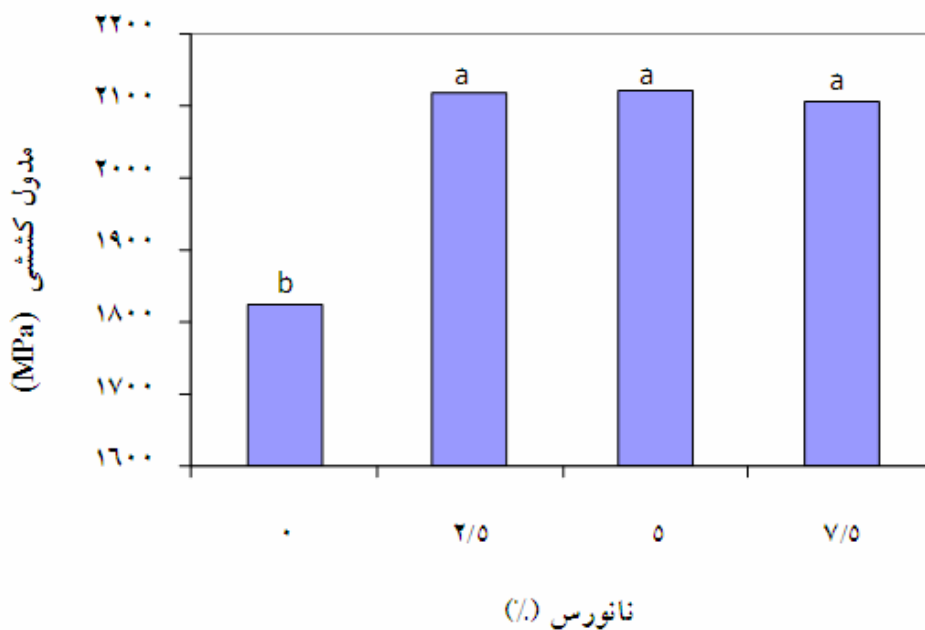
شکل ۱- تأثیر مقدار نانورس بر مقاومت خمشی چندسازه الیاف OCC / پلی پروپیلن / نانورس



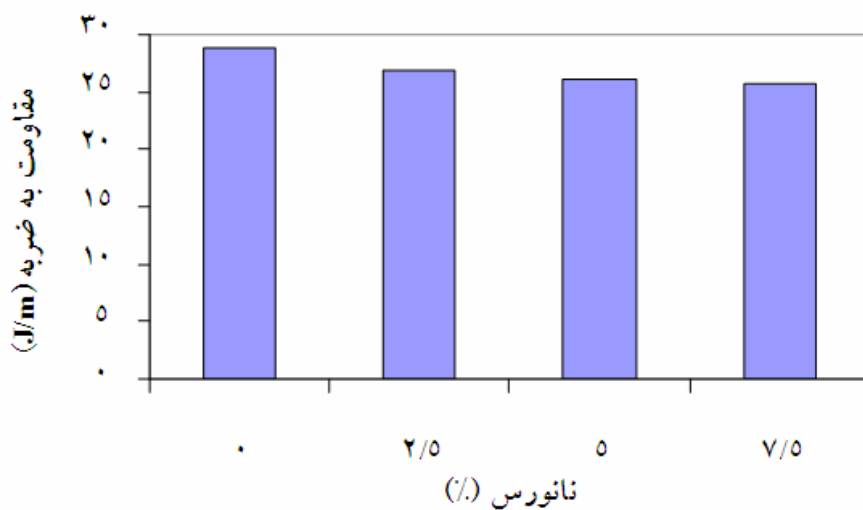
شکل ۲- تأثیر مقدار نانورس بر مدول خمشی چندسازه الیاف OCC/ پلی پروپیلن/ نانورس



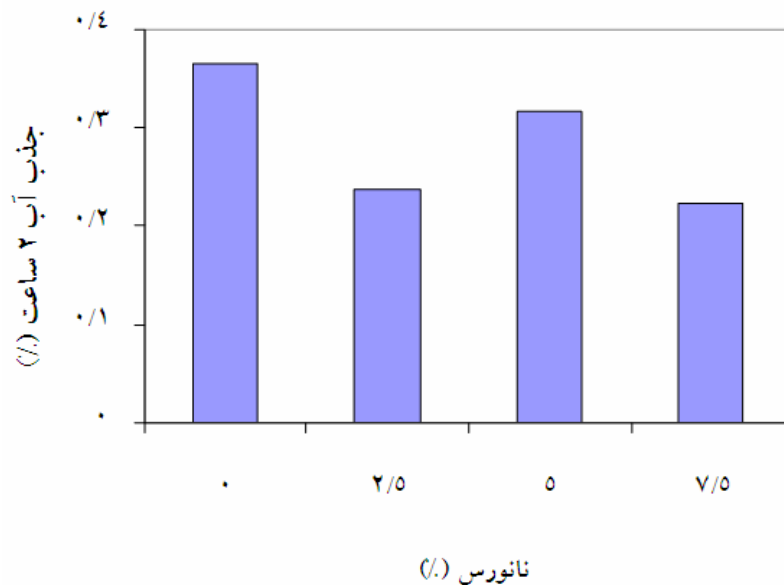
شکل ۳- تأثیر مقدار نانورس بر مقاومت کششی چندسازه الیاف OCC/ پلی پروپیلن/ نانورس



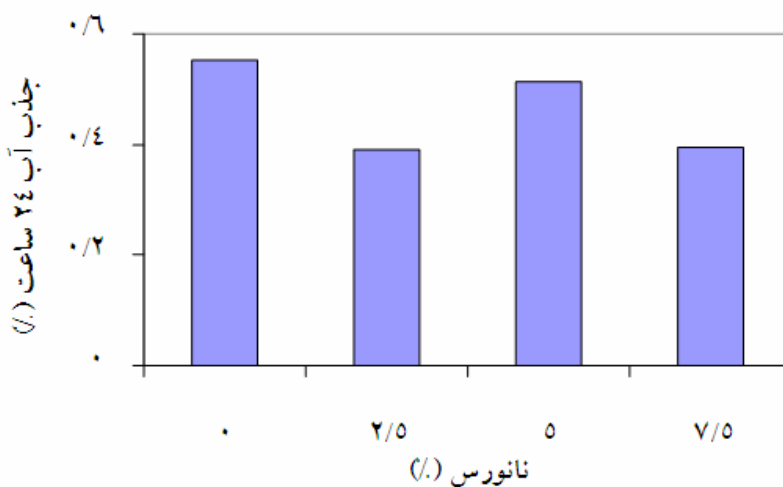
شکل ۴- تأثیر مقدار نانوس بر مدول کششی چندسازه الیاف OCC/ پلی پروپیلن/نانوس



شکل ۵- تأثیر مقدار نانوس بر مقاومت به ضربه چندسازه الیاف OCC/ پلی پروپیلن/نانوس



شکل ۶- تأثیر مقدار نانورس بر جذب آب ۲ ساعت چندسازه الیاف OCC/ پلی پروپیلن/نانورس



شکل ۷- تأثیر مقدار نانورس بر جذب آب ۲۴ ساعت چندسازه الیاف OCC/ پلی پروپیلن/نانورس

و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در مقایسه با نمونه شاهد (بدون نانورس) کاهش یافته است. البته میزان جذب آب نمونه چندسازه ساخته شده با ۰.۵ نانورس زیادتر از میزان جذب آب نمونه‌های ۲/۵ و ۷/۵ نانورس می‌باشد.

البته کاهش یا افزایش ویژگی‌ها در اثر افزودن مقادیر بین ۲/۵ تا ۷/۵ نانورس پیوسته نبوده، بلکه ویژگی‌های مقاومتی چندسازه در اثر افزودن ۰.۵ نانورس برتر از همان ویژگی‌ها در اثر افزودن ۲/۵ یا ۷/۵ نانورس می‌باشد. در اثر افزودن نانورس به چندسازه میزان جذب آب بعد از ۲

نظیر ذرات کلش برنج ویژگی‌های مقاومتی را افزایش داد. ولی در مورد استفاده از دیگر مواد لیگنوسلولزی نظیر پودر چوب صنوبر دلتوئیدس اُفت ویژگی‌های مقاومتی ایجاد شد (عشوری و نوربخش، ۲۰۱۰). با وجودی که نظرات متفاوتی در مورد چگونگی عملکرد نانوذرات در سیستم چندسازه مطرح شده است و هر کدام بعضاً با هدف توجیه یافته‌های تحقیقاتی ارائه شده‌است ولی متأسفانه شناخت دقیقی از آن وجود ندارد. متأسفانه در بررسی‌های مختلف تأثیر نانوذرات به تنهایی ارزیابی و بررسی نشده است. بلکه در تمام موارد دو عامل تأثیرگذار شامل میزان جفت‌کننده و نانوذرات متغیر در نظر گرفته شده‌است. با توجه به اینکه نخست ماده جفت‌کننده تأثیر زیادی در ارتقاء ویژگی‌های مقاومتی دارد و درثانی نانوذرات در جذب ماده جفت‌کننده با پلی پروپیلن رقابت می‌کند، بنابراین تأثیر متقابل آنها تأثیرگذارتر بوده و به این دلیل در مواردی افزودن نانوذرات ارتقاءدهنده ویژگی‌های مقاومتی شد، و در مواردی باعث کاهش این ویژگی‌ها شده است.

Faruk و Matuana (۲۰۰۸) در جستجوی شناخت

چگونگی تشکیل اتصال بین پلیمر و نانوذرات از دو روش آمیزه‌کاری (اختلاط مذاب) بین پلی اتیلن و نانورس و همچنین اختلاط همزمان تمام اجزاء چندسازه استفاده کرده‌اند و عنوان کردند که آمیزه‌کاری بین پلی اتیلن و نانورس بهترین رویکرد در ترکیب چندسازه است. بنابراین این ایده مطرح خواهد شد که احتمالاً نقش نانورس در ترکیب با پلیمر مشابه فرایند ولکانیزه کردن لاستیک توسط ذرات کربن (دوده) است (Simon و همکاران، ۲۰۰۸). در این بررسی از روش آمیزه‌کاری ابتدایی بین پلی پروپیلن/ نانورس و پس از آن ساخت چندسازه با استفاده از ترکیب جدید و الیاف OCC و افزودن MAPP استفاده شده است. در اثر افزودن

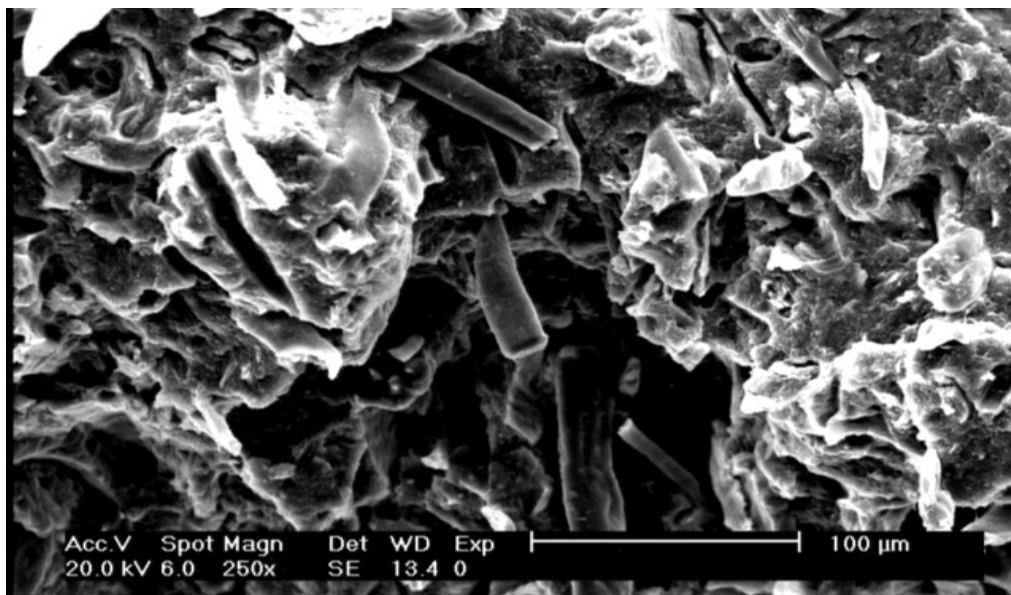
با توجه به اینکه در اثر افزودن نانورس به چندسازه الیاف OCC/پلی پروپیلن، تغییراتی در ویژگی‌های چندسازه ایجاد شده است، بنابراین به منظور ارزیابی تأثیر آن بر ویژگی‌ها، تجزیه و تحلیل آماری انجام شده و نتایج در جدول ۱ خلاصه شده است. همان طوری که از جدول یک مشخص می‌گردد، تأثیر افزودن نانورس بر مقاومت خمشی و مدول کششی چندسازه در سطح اعتماد آماری ۹۹٪ معنی دار شده و مقاومت خمشی چندسازه حاوی نانورس کمتر از نمونه بدون نانورس است. حالت مشابهی در مورد مدول کششی مشاهده می‌گردد و در این حالت نیز مدول کششی چندسازه زیادتر از نمونه بدون نانورس است. البته تأثیر افزودن نانورس بر مدول خمشی و مقاومت به ضربه معنی دار نشده ولی تأثیر آن بر مقاومت کششی چندسازه حاوی نانورس در سطح اعتماد آماری ۹۵٪ معنی دار شده و مقاومت کششی نمونه‌های حاوی ۵٪ و ۷/۵٪ نانورس کمتر از نمونه بدون نانو و نمونه حاوی ۲/۵٪ نانورس است.

بحث

از زمانی که فناوری نانوذرات مطرح شد، به دلیل امتیازات زیادی که برای علوم مختلف به ارمغان آورد، توانست در زمینه‌های مختلف استفاده شود. بنابراین فناوری چندسازه‌های چوب-پلاستیک نیز از این تفکر بی‌بهره نبوده و محققان این زمینه تحقیق نیز در کاربرد فناوری نانوذرات در فرایند ساخت چندسازه‌های چوب-پلاستیک را آغاز کردند (Lei و همکاران، ۲۰۰۷). به‌رغم تفکر اولیه که افزودن نانوذرات به چندسازه قادر به ارتقاء کیفیت چندسازه است، ولی نتایج متناقضی حاصل شد. افزودن نانورس به چندسازه‌های حاوی مواد لیگنوسلولزی

افزایش یا کاهش ویژگی‌های چندسازه در مقادیر متفاوت نانورس یکنواخت نمی‌باشد. بلکه زیاده‌ترین مدول خمشی چندسازه در میزان مصرف ۵٪ نانورس ایجاد شده و در مقادیر کمتر یا زیاده‌تر این ویژگی کاهش پیدا کرده است (Faruk و Matuana, ۲۰۰۸). در هر سه حالت مدول خمشی چندسازه زیاده‌تر از مدول خمشی چندسازه بدون نانورس است (شکل ۲). اما در میزان مصرف ۲/۵٪ نانورس فضا‌های خالی داخل شبکه چندسازه به طور کامل پر نشده، بنابراین چندسازه کماکان نرمی حالت بدون نانورس را حفظ کرده است. ولی در مقدار مصرف ۵٪ نانورس فضا‌های خالی داخل شبکه چندسازه کاملاً پر شده‌اند و حالت شکنندگی در آن ایجاد شده است. در صورتی که مقدار نانورس به بیش از ۵٪ افزایش یابد اتصال‌هایی که امکان ایجاد آنها بین پلی‌پروپیلن و الیاف سلولزی وجود دارد تشکیل نشده (مطابق با فرضیه‌ای که نانورس قادر به جذب MAPP است) (شکل ۸) و مقاومت خمشی کاهش می‌یابد.

نانورس، دو ویژگی مقاومت خمشی و مقاومت به کشش چندسازه کاهش یافته که نشان‌دهنده کم شدن توانایی چندسازه در تحمل بارهای وارده و نشان‌دهنده افت اتصال بین اجزاء چندسازه می‌باشد. Yeh و Gupta (۲۰۱۰) عقیده دارند که در فرایند ساخت چندسازه و تشکیل اتصال، نانورس با سایر اجزاء چندسازه در جذب MAPP رقابت می‌کند و مقداری از MAPP به جای شرکت در تشکیل اتصال بین پلی‌پروپیلن و الیاف، با نانورس واکنش انجام می‌دهد. بنابراین اتصال بین پلی‌پروپیلن و نانورس ضعیف‌تر می‌شود. از طرف دیگر در اثر افزودن نانورس به چندسازه دو ویژگی مدول خمشی و مدول کششی آن افزایش یافته است. این پدیده می‌تواند ناشی از حضور ذرات ریز نانورس در فضا‌های خالی بین اجزاء چندسازه و ایجاد بافت فشرده‌تر در آن باشد. در اثر این پدیده ساختار شکننده‌ای در چندسازه ایجاد می‌شود. البته جذب آب کمتر چندسازه در حضور نانورس نیز مؤید پر شدن فضا‌های خالی در ساختار چندسازه است.



شکل ۸- تصویر میکروسکوپ الکترونی چندسازه پلی‌پروپیلن/الیاف /occ نانورس که نشان دهنده خارج شدن الیاف

از ماده زمینه است

منابع مورد استفاده

- Mali, J.; p. Sarsama.; L. S. Lindberg.; S. M.Kortelainen.; J. Peltonen.; M. Vikki.; T. Koto.;S. Tiisala. 2003. Wood fiber-plastic composites,110-117
- Sanadi, A. R.; J. F. Hunt.; D. F. Caulfield.; G. Kovacs volgyi.; B. Destree,2001. Hight fiber-low matrix composites: Kenaf fiber/polypropylene. The sixth international conference on wood-fiber composites. Forest Product Society. PP:121-124
- Simon,M.W.;Stafford, K.T., Li,Q,2008.Nanoclay reinforcement of liquid silicone rubber. J. Inorg. Organomet. Polym.18:364 - 373
- Wang,H.,C,Zheng.,M,Elkovitch.,L.J,Lee and K.W,Koelling ,2001, Processing and properties of polymeric nanocomposites,Polymer Engineering Science 41(11) , 236-246pp
- Wan,L.,K,Wang.,L,Chen., Y,Zhang., C,He.2005. Preperation , morphology and thermal/mechanical properties of epoxy/nanoclay composites.270-282
- Woohhams,R.; L. Shiang.; J. Balatinez. 1991. Intensive mixing of wood fibers with thermoplastic for injection molded composites. Wood Plastic Composites Conference. Madison,Wis., U.S.A.
- Wu,Q.,Lei, Y., Clemons ,C.M., Yao, F., Xu, Y., and Lian, K. 2007.Properties of HDPE/Clay/Wood nanocomposites, Journal of Plastic Technology 27(2),108-115pp
- Yeh,S.K; Gupta, R.K.2010. Nanoclay –reinforced polypropylene- based wood plastic composites. Polymer Engineering and Science . DOI.10.1002/Pen.21729
- Zhang SY, Zhang Y, Bousmina M, Sain M, Choi P (2007) Effects fiber conten -And coupling agent content on selected properties of polyethylene/woodfiber composites. Polymer Engineering and Science 47(10):1678–1687
- نوربخش، الف، دوست حسینی، ک، کارگر فرد، الف، گلبابایی، ف. و حاجی حسینی، ر، ۱۳۸۷. بررسی تولید WPC با استفاده از ضایعات کاغذ باطله OCC به روش ریزش کیک. مجله پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران. جلد ۲۳. شماره ۲. صفحه ۹۱-۱۰۱.
- نوربخش، الف، حسین زاده، ع، جهان لتیاری، الف، کارگر فرد، الف. و ککتا، وی، ۱۳۸۳. مقایسه اثر مواد لیگنوسولوزی در سطوح مختلف انیدرید مالئیک پلی پروپیلن (MAPP) در چندسازه الیاف و آرد چوب/ پلی پروپیلن. مجله پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران. جلد ۱۹. شماره ۱. صفحات ۴۹-۶۸.
- ASTM annual book of standard; Testing methods .2007, Philadelphia, PA .U.S.A
- Ashori.A. and Nourbakhsh.A, 2010. Preparation and characterization of polypropylene /wood flour/nanoclay composites.Eur . J .Wood Prod
- Caraschi,C. J.and A. Lopes. 2002. Woodflour as reinforcement of polypropylene. Material Research , 5(4):405-409
- Chowdhury,F.H, M.V, Hoosur., S. Jeelani ,2006. Studies on the flexural and thermomechanical properties of woven carbon/nanoclay-epoxy laminates . Material Science and Engineering A(421),298-306
- Faruk.O. and Matuana.L, 2008 Nanoclay reinforced HDPE as a matrix for wood-plastic composites, Composites Science and Technology 68, 2073-2077.
- Han.G, Lei .Y, Wu.Q, Kojima.Y, Suzuki.S, 2008 ,Bambo-Fiber filled hight density polyethylene composites:effect of coupling treatment and nanoclay J. Polym Environ 16:123-130.
- Lei .Y, Wu.Q, Clemons.C.M, Yao.F, Xu.Y; 2007 .Influnce of nanoclay on properties of HDPE/wood composites, J. of Applied Polymer Sience , Vol.106,3958-3966

The impact of nanoclay on the performance of polypropylene/OCC fibers/nanoclay composite

Modirrahmati, S.¹, Jahan-Latibari, A.^{2*}, Nurbakhsh, A.³,
Roohnia, M.⁴ and Minaei, M.¹

1-M.Sc., Wood and Paper Science and Technology Department, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

2*- Corresponding Author, Associated Professor of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran. Email: latibari@kiaau.ac.ir

3- Associate Professor, Wood and Paper Science Dept. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran Iran.

4-Assistant Professor, Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

Received: May, 2011

Accepted: April, 2012

Abstract

Impact of nanoclay addition on the properties of polypropylene/ OCC fibers/ nanoclay Composite was investigated. Composites were prepared using 67% polypropylene, 30% OCC fiber, 3% MAPP and three dosages (2.5, 5, 7.5% based on total weight of PP/OCC/MAPP) of nanoclay. Premix- melting of nanoclay and polypropylene was used to add nanoclay to the composite mixture. Pre-mixed nanoclay/ polypropylene was melt-mixed with OCC fibers and MAPP and then test samples were made using the compound. Results revealed that addition of nanoclay to polypropylene/OCC fiber composite reduced flexural strength, tensile strength and notched Izod impact strength, but the flexural modulus and tensile modulus of final composite were improved significantly. The influence of nanoclay addition on flexural strength and tensile modulus of composite was statistically significant at 99% level. Whereas, its effect on tensile strength was statistically significant at 95%. However, the effect of nanoclay on both flexural modulus of elasticity and impact strength was not statistically significant. The addition of nanoclay to the composite reduced the bonding between polypropylene and OCC fibers. In the case of notched Izod strength, nanoclay particles generated stress concentration point within the composite structure initiating easier failure. Water absorption after 2 and 24 hours immersion was reduced.

Key words: Nanoclay, composite, OCC, flexural strength, tensile strength