



دانشگاه گوارن و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیستم، شماره سوم، ۱۳۹۲

<http://jwfst.gau.ac.ir>

بررسی تأثیر میزان نانو ذرات رس (نوع مونت‌موریلونیت) بر خواص فیزیکی - مکانیکی کامپوزیت‌های پلی‌پروپیلن / آرد چوب

* میثم زاهدی^۱، تقی طبرسا^۲، محراب مدهوشی^۳ و علی‌رضا شناکری^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
^۲ استاد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ دانشیار دانشکده مهندسی
چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۴ دانشیار دانشکده علوم پایه، دانشگاه گلستان
تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۱۸

چکیده

در این پژوهش، اثر مقدار نانو ذرات رس بر خواص مکانیکی و فیزیکی چندسازه چوب پلاستیک به‌دست آمده از پلی‌پروپیلن و آرد چوب مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، آرد چوب با نسبت وزنی ۵۰ درصد با پلی‌پروپیلن مخلوط شد و نانو رس (نوع مونت‌موریلونیت) نیز با نسبت وزنی ۳ و ۵ درصد و ماده سازگارکننده مالئیک انیدرید پیوند داده شده با پلی‌پروپیلن به‌میزان ۴ درصد در تمام ترکیب‌ها استفاده شد. ابتدا با استفاده از روش اکسترودر مواد اولیه با یکدیگر مخلوط شدند و سپس در پرس گرم اقدام به ساخت تخته‌های نهایی گردید. آزمون‌های مکانیکی شامل کشش، خمش و مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح و آزمون‌های فیزیکی شامل واکنشیدگی ضخامت و جذب آب در ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری بر روی نمونه‌ها انجام گرفت. نتایج نشان داد که مقاومت خمشی، مدول خمشی، مقاومت کششی و مدول کششی و همچنین مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح چندسازه چوب پلاستیک با افزایش مقدار نانورس از صفر به ۳ درصد افزایش یافته، اما با افزودن مقدار ۵ درصد نانورس کاهش می‌یابد. جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چندسازه چوب پلاستیک با افزایش مقدار نانورس (نوع مونت‌موریلونیت) کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: چندسازه چوب پلاستیک، نانو رس (نوع مونت‌موریلونیت)، اکسترودر، پرس گرم، خواص فیزیکی و مکانیکی

* مسئول مکاتبه: zahedi25@yahoo.com

مقدمه

چندسازه چوب پلاستیک، از جمله مواد مهندسی و ساختمانی جدید هستند که در سال‌های اخیر به‌طور جدی مورد توجه قرار گرفته‌اند. تولید و مصرف این محصولات در سطح جهان با شتاب زیادی در حال گسترش است. این چندسازه‌ها از اختلاط الیاف و ذرات چوب و سایر مواد لیگنوسلولزی مثل ساقه و گندم، کلزا، برنج، ذرت و کنف با پلیمرهای ترموپلاست (پلاستیک) در حالت مذاب حاصل می‌شود. برتری مهم این محصولات کاهش فشار بر جنگل به دلیل وابسته نبودن به منابع جنگلی و چوب ماسیو است. کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک به‌طور عمده بر پایه خانواده پلی‌اتیلن *PE*، پلی‌پروپیلن *PP* و پلی‌استایرن *PS* (پلی‌وینیل کلراید) *PVC* ساخته می‌شوند. این فرآورده‌ها در بسیاری از مصارف و کاربردها مشابه و حتی بهتر از چوب هستند (شاگری، ۲۰۰۵؛ کلسوف، ۲۰۰۶).

در سال‌های اخیر استفاده از منابع چوبی و پسماندهای کشاورزی به‌عنوان پرکننده و تقویت‌کننده پلاستیک مورد پذیرش قرار گرفته است و پژوهش‌های بنیادی و کاربردی در زمینه پلاستیک‌های تقویت شده با مواد لیگنوسلولزی به سرعت در حال رشد است. تقویت‌کننده‌های لیگنوسلولزی در مقایسه با تقویت‌کننده‌های رقیب خود مانند الیاف شیشه و پرکننده‌های معدنی دارای برتری‌های فراوانی از جمله دانسیته کم‌تر، مقاومت و مدول ویژه بالاتر، سایش نسبی کم و سهولت اصلاح سطح الیاف بوده و در ضمن به‌طور گسترده‌ای در دسترس می‌باشند. همچنین این الیاف از الیاف مصنوعی ارزان‌تر بوده و می‌توانند در بسیاری از کاربردهایی که در آن‌ها صرفه‌جویی در هزینه بر روی خواص مقاومتی محصول برتری دارد، جایگزین الیاف مصنوعی شوند (کرد، ۲۰۰۹).

از طرف دیگر، امروزه با ورود فناوری نانو در علم مواد، پلیمرهای تقویت شده با پرکننده‌های نانو مورد توجه جوامع علمی و صنعتی قرار گرفته و از نظر علمی موضوع جدیدی در پژوهش‌ها در مقیاس حدواسط مطالعات در مقیاس‌های میکرو، گشوده شده و شناخت رفتار و برهم‌کنش مواد در محدوده نانو در زمره اولویت‌های پژوهشی قرار گرفته است. از دیدگاه صنعتی آنچه باعث جلب توجه بسیاری از صنایع به این موضوع شده، بهبود چشم‌گیر خواص کامپوزیت‌ها است. بنابراین نانوکامپوزیت‌های پلیمری در واقع طبقه جدیدی از کامپوزیت‌های پلیمری را تشکیل می‌دهند که در ساختار آن‌ها ذرات با ابعاد نانو مورد استفاده قرار می‌گیرد، که از جمله این نانو ذرات می‌توان به نانو ذرات رس اشاره کرد که به‌علت ابعاد خاص و ضریب ظاهری بالا در مقایسه با سایر پرکننده‌ها، در مقادیر بسیار اندک موجب بهبود خواص کامپوزیت‌های پلیمری می‌شوند (کرد، ۲۰۰۹). یکی از راه‌های

تقویت برخی از خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های چوب پلاستیک، استفاده از نانو ذرات رس می‌باشد که در گزارش یک پژوهش نشان داده است که استفاده از ذرات نانورس به میزان (۰، ۳ و ۶ درصد) و سازگارکننده MAPP (۰، ۲ و ۴ درصد) در تولید چندسازه پلی‌پروپیلن / آرد چوب دریافتند جذب آب نانوکامپوزیت‌ها با افزایش میزان نانورس (نوع مونت‌موریلونیت) و سازگارکننده کاهش می‌یابد. آن‌ها بیش‌ترین مدول الاستیسیته را به نانو رس ۳ درصد و سازگارکننده ۴ درصد نسبت دادند (قاسمی و کرد، ۲۰۰۹) و در گزارشی دیگر با اضافه نمودن تنها ۲ درصد پرکننده نانورس به چندسازه به‌دست آمده از آرد چوب کاج و پلی‌اتیلن سنگین، مقاومت خمشی از ۱۹/۶ درصد به ۲۴ درصد و مقاومت کششی از ۱۱/۸ درصد به ۱۳ درصد افزایش می‌یابد در صورتی‌که مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت به‌میزان ۷-۵ درصد کاهش می‌یابد (وو و همکاران، ۲۰۰۷). خان‌جان‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) اثر نانو ذرات رس را روی خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک مورد ارزیابی قرار دادند و دریافتند که اضافه نمودن ۳ درصد نانورس به ترکیب، خواص مکانیکی شامل مدول و مقاومت کششی و خمشی را افزایش داده و ۵ درصد نانورس این خواص را کاهش می‌دهد. همچنین افزایش مقدار نانورس از صفر تا ۵ درصد خواص فیزیکی شامل جذب آب و واکنشیدگی ضخامت را بهبود داد.

بنابراین با توجه به اهمیت موضوع و رویکرد جهانی به‌سوی نانوکامپوزیت‌ها و ناشناخته بودن سازوکار این مواد، در سال‌های اخیر مطالعات بسیاری در راستای شناسایی خواص نانوکامپوزیت‌های پلیمری-خاک رس و توسعه کاربردی این گونه مواد شکل گرفته است (شکریره و سنبلستان، ۲۰۰۷). از این‌رو، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر ذرات نانورس بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک به‌دست آمده از پلی‌پروپیلن-آرد چوب صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، از پلی‌پروپیلن تولید شده توسط شرکت پتروشیمی بندر امام خمینی با شاخص جریان مذاب ۱۸ گرم بر ۱۰ دقیقه و چگالی ۰/۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب با نام تجاری Moplen V30S به‌عنوان ماده پلیمری، از مالئیک انیدرید پیوند شده با پلی‌پروپیلن از محصولات شرکت کیمیا جاوید با شاخص جریان مذاب ۶۴ گرم بر ۱۰ دقیقه به‌عنوان عامل سازگارکننده و آرد چوب (۵۰ درصد آرد چوب پالونیا + ۵۰ درصد آرد ساقه کلزا) به‌عنوان پرکننده استفاده شد که لازم به ذکر است ساقه کلزا

قبل از آرد شدن مغززدایی شده بود. همچنین از پودر نانورس (نوع مونت‌موریلونیت) تولید شده توسط شرکت Southern-clay کشور امریکا با نام تجاری Cloisite 15A استفاده شده است که اندازه ذرات ۱۰ درصد کم‌تر از ۲ میکرون، ۵۰ درصد کم‌تر از ۶ میکرون و ۹۰ درصد کم‌تر از ۱۳ میکرون می‌باشد. مشخصات نانورس مورد استفاده و ساختار شیمیایی آن، در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات و ساختار شیمیایی نانورس مورد استفاده.

نام تجاری	ساختار شیمیایی	اصلاح‌کننده آلی	غلظت اصلاح‌کننده (میلی‌اکی‌والان بر ۱۰۰)	تفرق پرتو اشعه X ($d_{001} \text{ \AA}$)
Cloisite 15A	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{N}^+ - \text{HT} \\ \\ \text{HT} \end{array}$	2M2HT	۱۲۵	۳۱/۵

2M2HT: dimethyl, dehydrogenated tallow, quaternary ammonium

آماده‌سازی نمونه‌ها: برای بررسی اثر میزان نانو ذرات رس بر خواص کامپوزیت چوب پلاستیک به دست آمده از پلی‌پروپیلن و آرد چوب، نانورس (نوع مونت‌موریلونیت) کلویزیت A ۱۵ در ۳ سطح صفر، ۳ و ۵ درصد بر مبنای وزن پلیمر مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲). ابتدا مواد در یک اکسترودر دوپیچی مدل Borna Pars Mehr با کد WPC-4815 آمیخته شده و به صورت گرانول از اکسترودر خارج شدند، در این مطالعه از دمای ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد برای شروع و دمای ۱۵۵ درجه سانتی‌گراد در منطقه Pumping استفاده گردید. سپس گرانول‌های تولید شده با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی تبدیل به پودر گردید. برای فشرده شدن گرانول‌های پودری شده در یک قاب چوبی قرار گرفتند و به منظور کنترل ضخامت تخته‌های تولیدی، دو شابلون به ضخامت نهایی تخته در کنار تخته قرار گرفت و پرس گرم شد. برای ساخت تخته‌ها به روش مقطع^۱ (نایپوسته) از پرس آزمایشگاهی مدل OTT استفاده شد. فشار ویژه پرس ۳۰ بار، مدت زمان پرس ابتدا به مدت ۵ دقیقه با فشار ذکر شده و دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد پرس گردید و سپس دهانه پرس به مدت ۱ دقیقه باز گردید تا هوا و بخار محبوس شده از درون چندسازه خارج شود، سپس دوباره دهانه پرس به مدت ۵ دقیقه دیگر با همان فشار بسته شد. تخته‌های ساخته شده به مدت ۲۴ ساعت به منظور جلوگیری از برگشت ضخامت و انحنای احتمالی تحت پرس سرد قرار

1- Batch

گرفتند. قبل از اعمال آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های موردنظر به مدت ۲ هفته در رطوبت نسبی 65 ± 2 درصد و دمای 20 ± 1 درجه سانتی‌گراد شرایط‌دهی شدند.

جدول ۲- درصد وزنی اجزای ماده مرکب چوب پلاستیک در نمونه‌های مختلف.

شماره نمونه	کد نمونه	*آرد چوب (درصد)	پلی‌پروپیلن (درصد)	سازگارکننده (درصد)	نانورس (درصد)
۱	50WF-50PP-4MAPP	۵۰	۴۶	۴	۰
۲	50WF-50PP-4MAPP-3NANO	۵۰	۴۳	۴	۳
۳	50WF-50PP-4MAPP-5%NANO	۵۰	۴۱	۴	۵

WF=Wood Flour, PP=Polypropylene, MAPP=Maleic Anhydride Grafted Polypropylene, Nano=Nanoclay.

* آرد چوب: ۵۰ درصد آرد چوب پالونیا + ۵۰ درصد آرد ساقه کلزا

اندازه‌گیری خواص چندسازه چوب پلاستیک: آزمایش‌های فیزیکی شامل جذب آب و واکنشیدگی ضخامت مطابق استاندارد ASTM D-1037 انجام شد (استاندارد ASTM). آزمون خمش سه نقطه‌ای مطابق با آیین‌نامه BS استاندارد (CEN/TS 15534-1:2007) با ابعاد $1 \times 2 \times 20$ سانتی‌متر و فاصله بین دو تکیه‌گاه، ۱۷ سانتی‌متر و توسط دستگاه SCHENK-TREBEL با سرعت بارگذاری ۲ میلی‌متر بر دقیقه انجام گرفت. آزمون کشش مطابق با آیین‌نامه BS استاندارد (CEN/TS 15534-1:2007) و شکل ظاهری نمونه‌های آزمون کششی، دمبلی شکل و به ابعاد اسمی (طول ۱۸ سانتی‌متر، عرض ۲ سانتی‌متر و ضخامت ۱ سانتی‌متر) طبق استاندارد در نظر گرفته شد و توسط دستگاه SCHENK-TREBEL با سرعت بارگذاری ۲ میلی‌متر بر دقیقه انجام گرفت. مقاومت به اتصال پیچ و میخ عمود بر سطح مطابق با آیین‌نامه BS استاندارد (CEN/TS 15534-1:2007) در ابعاد $5 \times 5 \times 1$ سانتی‌متر و توسط دستگاه SCHENK-TREBEL مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (استاندارد BS).

آزمون تفرق اشعه ایکس: آزمون اشعه ایکس توسط دستگاه X-Ray Diffraction مدل D8 Advance ساخت شرکت Bruker آلمان واقع در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بر روی نمونه‌ها انجام گرفت. آزمون با تشعشع لامپ $CuK\alpha$ ، طول موج $\lambda = 1/04$ نانومتر، گام $0/02$ درجه، سرعت $0/3$ درجه بر دقیقه و زاویه تابش 2θ در دامنه $10-2$ درجه انجام شد. تنظیمات برقی مولد دستگاه عبارت از ۳۰ میلی‌آمپر و ۴۰ کیلووات بوده است.

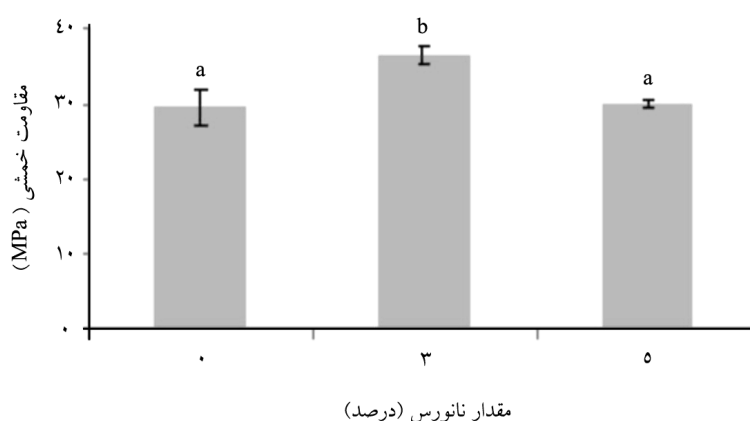
محاسبه‌های آماری: تجزیه تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۸ در قالب طرح آنالیز واریانس یک‌طرفه انجام شد و در نهایت مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گرفت.

نتایج

مقاومت خمشی: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مقدار نانورس را بر مقاومت خمشی چندسازه چوب پلاستیک در سطح اعتماد ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۳). همچنین آزمون دانکن سطوح مختلف مقادیر میانگین‌ها را در دو گروه قرار داد. همان‌طوری که در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش میزان نانورس از ۰ به ۳ درصد، مقاومت خمشی چندسازه‌های چوب پلاستیک افزایش یافته، اما با افزایش به میزان ۵ درصد مقاومت خمشی را کاهش داد.

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر مقدار ذرات نانورس بر مقاومت خمشی چندسازه چوب پلاستیک.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
تیمار	۲	۹۰/۴۶۰	۴۵/۲۳۰	۱۹/۶۳۶	۰/۰۰۲
خطا	۶	۱۳/۸۲۱	۲/۳۰۳		
کل	۹	۹۳۳۵/۶۴۷			

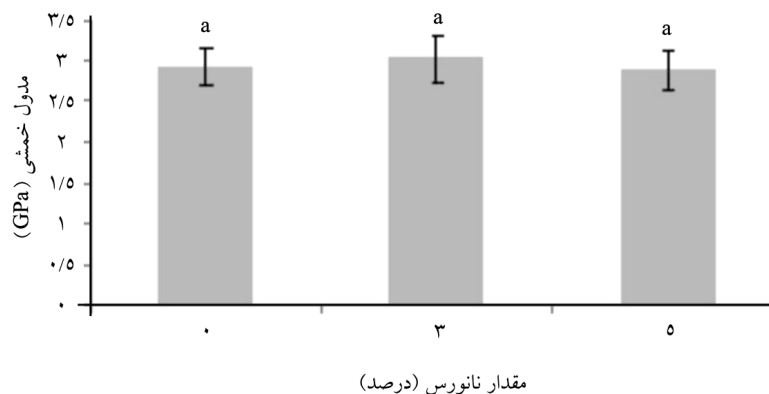


شکل ۱- اثر مقدار نانورس بر مقاومت خمشی چندسازه چوب پلاستیک.

مدول خمشی: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مقدار نانورس را بر مدول خمشی چندسازه چوب پلاستیک در سطح اعتماد ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیست (جدول ۴). همان‌طوری‌که در شکل ۲ مشاهده می‌شود با افزایش میزان نانورس از ۰ به ۳ درصد، مدول خمشی چندسازه‌های چوب پلاستیک افزایش یافته، سپس با افزودن این مقدار به ۵ درصد این مدول کاهش می‌یابد.

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر مقدار ذرات نانورس بر مدول خمشی چندسازه چوب پلاستیک.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
تیمار	۲	۰/۰۳۹	۰/۰۲۰	۰/۳۱۷	۰/۷۴۰
خطا	۶	۰/۳۷۳	۰/۰۶۲		
کل	۹	۷۸/۱۸۱			

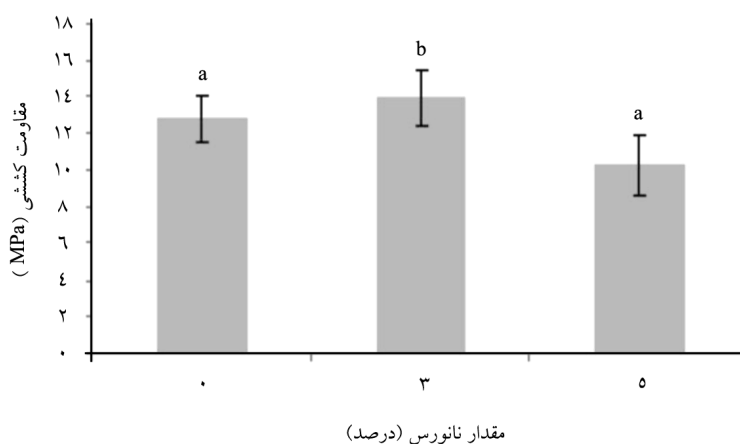


شکل ۲- اثر مقدار نانورس بر مدول خمشی چندسازه چوب پلاستیک.

مقاومت کششی: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مقدار نانورس را بر مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک در سطح اعتماد ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۵). همچنین آزمون دانکن سطوح مختلف مقادیر میانگین‌ها را در دو گروه قرار داد. همان‌طوری‌که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش میزان نانورس از ۰ به ۳ درصد، مقاومت کششی چندسازه‌های چوب پلاستیک افزایش یافته، اما با افزایش به میزان ۵ درصد مقاومت کششی را کاهش داد.

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر مقدار ذرات نانورس بر مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۲	۲۰/۸۱۳	۱۰/۴۰۷	۴/۷۴۶	۰/۰۴۶
خطا	۶	۱۳/۱۵۸	۲/۱۹۳		
کل	۹	۱۴۰۲/۲۳۱			

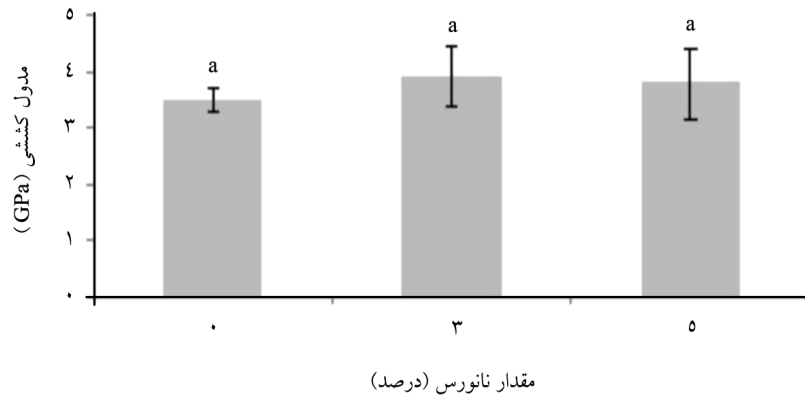


شکل ۳- اثر مقدار نانورس بر مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک.

مدول کششی: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مقدار نانورس را بر مدول کششی چندسازه چوب پلاستیک در سطح اعتماد ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی دار نیست (جدول ۶). همان‌طوری که در شکل ۴ مشاهده می‌شود با افزایش میزان نانورس از ۰ به ۳ درصد، مدول کششی چندسازه‌های چوب پلاستیک افزایش یافته، سپس با افزودن این مقدار به ۵ درصد این مدول کاهش می‌یابد.

جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر مقدار ذرات نانورس بر مدول کششی چندسازه چوب پلاستیک.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
تیمار	۲	۰/۲۷۷	۰/۱۳۹	۰/۲۵۴	۰/۷۸۴
خطا	۶	۱۳/۱۵۸	۰/۵۴۶		
کل	۹	۱۲۷/۷۱۰			

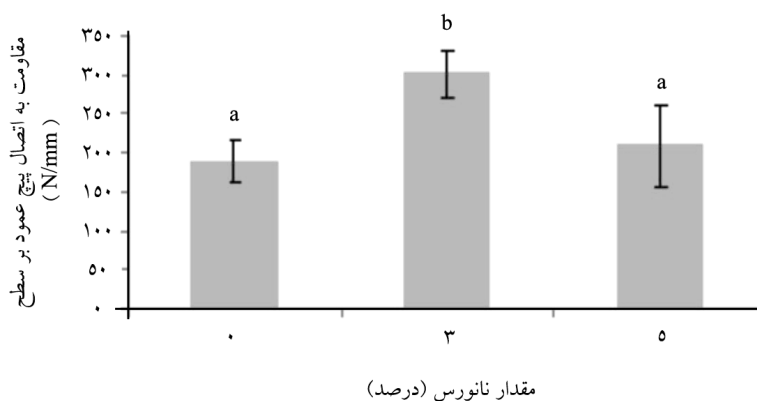


شکل ۴- اثر مقدار نانورس بر مدول کششی چندسازه چوب پلاستیک.

مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مقدار نانورس را بر مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح چندسازه چوب پلاستیک در سطح اعتماد ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۷). همچنین آزمون دانکن سطوح مختلف مقادیر میانگین‌ها را در دو گروه قرار داد. همان‌طوری‌که در شکل ۵ مشاهده می‌شود با افزایش میزان نانورس از ۰ به ۳ درصد، مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح چندسازه‌های چوب پلاستیک افزایش یافته، سپس با افزودن این مقدار به ۵ درصد این مقاومت کاهش می‌یابد.

جدول ۷- تجزیه واریانس تأثیر مقدار ذرات نانورس بر مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح چندسازه چوب پلاستیک.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
تیمار	۲	۲۱۳۴۴/۱۴۹	۱۰۶۷۲/۰۷۴	۷/۲۹۴	۰/۰۲۵
خطا	۶	۸۷۷۹/۲۱۳	۱۴۶۳/۲۰۲		
کل	۹	۵۱۸۹۱۰/۷۸۰			

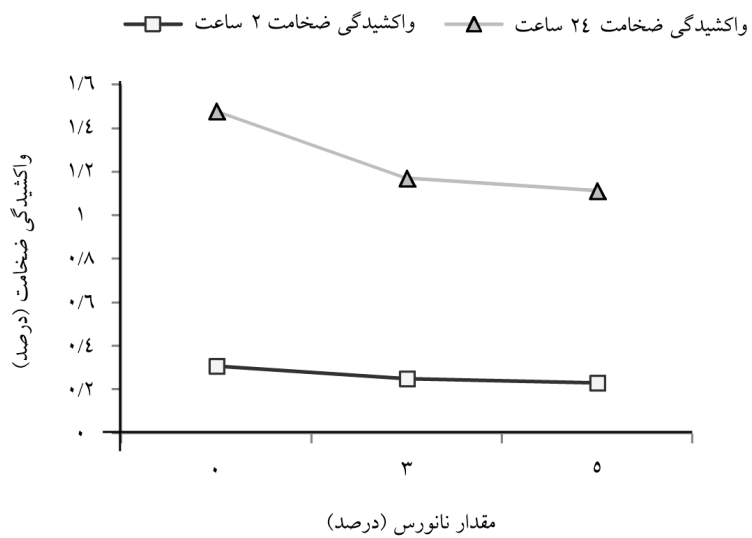


شکل ۵- اثر مقدار نانورس بر مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح چندسازه چوب پلاستیک.

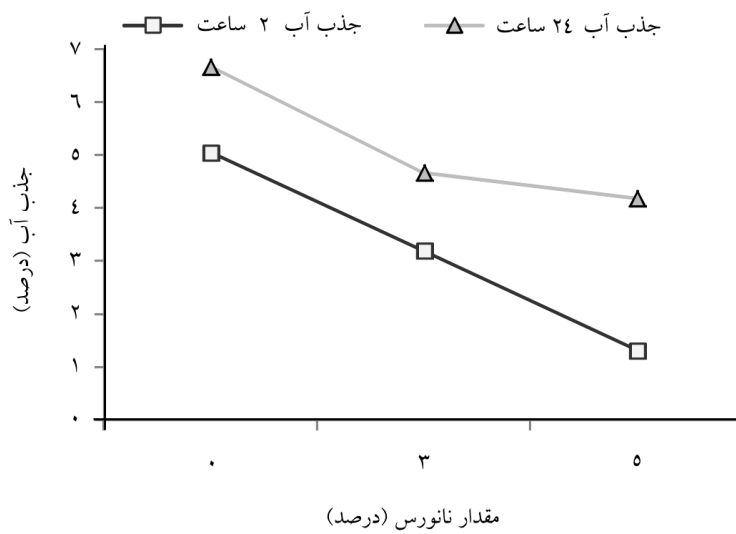
جذب آب و واکنشیدگی ضخامت: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مقدار نانورس (نوع مونوموریلونیت) بر جذب آب و واکنشیدگی چندسازه چوب پلاستیک در سطح اعتماد ۹۵ درصد برای جذب آب ۲ ساعت دارای اختلاف معنی‌دار نبود اما در جذب آب ۲۴ ساعت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. در واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه‌وری دارای اختلاف معنی‌دار نبود ولی واکنشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۸). همان‌طوری‌که در شکل‌های ۶ و ۷ مشاهده می‌شود بالاترین مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چندسازه چوب پلاستیک مربوط به استفاده از صفر درصد نانورس در مدت زمان ۲۴ ساعت غوطه‌وری و کم‌ترین مقدار در هنگام استفاده از ۵ درصد نانورس در مدت زمان ۲ ساعت غوطه‌وری می‌باشد.

جدول ۸- تجزیه واریانس تأثیر مقدار ذرات نانورس واکنشیدگی ضخامت و جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت چندسازه چوب پلاستیک.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
جذب آب ۲ ساعت	۲	۰/۰۱۹	۰/۰۱۰	۰/۶۶۲	۰/۵۳۰
جذب آب ۲۴ ساعت	۲	۰/۴۶۶	۰/۲۳۳	۶/۸۶۷	۰/۰۰۸
واکنشیدگی ۲ ساعت	۲	۸۸/۳۷۴	۴۴/۱۸۷	۱۶/۱۵۸	۰/۴۱۳
واکنشیدگی ۲۴ ساعت	۲	۲/۲۶۳	۱/۱۳۲	۰/۹۳۸	۰/۰۰۰

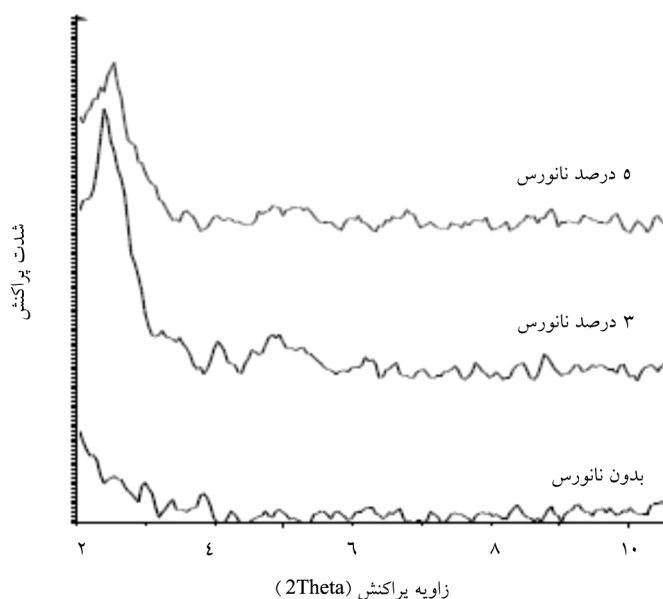


شکل ۶- اثر مقدار نانورس بر واکشیدهگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت چندسازه چوب پلاستیک.



شکل ۷- اثر مقدار نانورس بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت چندسازه چوب پلاستیک.

آزمون تفرق اشعه ایکس: شکل ۸ پراش ایکس نانو ذرات رس را در کامپوزیت چوب پلاستیک به دست آمده از پلی پروپیلن و آرد چوب نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار نانورس از ۰ به ۳ درصد فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی افزایش یافته و با افزایش این مقدار پیک پراش اشعه ایکس در نانوکامپوزیت تغییر کرده و به سمت زاویه کم‌تر منتقل شده که مربوط به $2\theta = 2/36^\circ$ مربوط به فاصله بین لایه‌ای $d.. = 37/34$ نانومتر است، در حالی که با افزایش مقدار نانورس تا ۵ درصد فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی به تدریج کاهش می‌یابد ($d.. = 35/31$ ، $2\theta = 2/5^\circ$) و نانوکامپوزیت بدون نانورس هیچ پیک پراش اشعه ایکس در آن دیده نمی‌شود. همان‌طوری که در این شکل مشاهده می‌شود نانوکامپوزیت تشکیل شده از نوع بین لایه‌ای (Intercalation) می‌باشد، زیرا قله مربوط به ناحیه بلوری نانورس کاملاً از بین نرفته و فقط به 2θ های پایین‌تر کاهش یافته است. به عبارت دیگر فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی نانورس به دلیل نفوذ زنجیره‌های پلیمری افزایش یافته ولی از هم‌گسیختگی کامل لایه‌های رس رخ نداده است.



شکل ۸- پراش پرتو ایکس ذرات نانورس در چندسازه چوب پلاستیک.

بحث و نتیجه گیری

بررسی اثر مقدار نانو ذرات رس بر خواص مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک شامل مقاومت کششی و خمشی، مدول کششی و خمشی و مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح مشاهده گردید که با افزایش مقدار نانو ذرات رس از ۰ به ۳ درصد خواص مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک افزایش یافته، سپس با افزودن ۵ درصد نانورس، مقاومت‌های نام برده کاهش می‌یابد. افزایش مقاومت و مدول کششی و خمشی و مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح نانوکامپوزیت را در هنگام استفاده از ۳ درصد نانورس می‌توان به ضریب ظاهری بالای نانو ذرات رس در نانوکامپوزیت چوب پلاستیک مرتبط دانست. ضریب ظاهری بالای ذرات نانورس در قابلیت تقویت‌کنندگی بالای ذرات نانورس در چندسازه نقش دارد و موجب می‌شود تا سطح مشترک بین دو فاز افزایش یافته و در نتیجه مقاومت و مدول کششی و خمشی و مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح کامپوزیت افزایش یابد (کرابی و همکاران، ۲۰۰۷). از طرفی با افزایش مقدار ۵ درصد نانورس، به‌علت تجمع و تراکم ذرات نانورس و همچنین تشکیل توده‌های درهم‌رفته، مقاومت و مدول کششی و خمشی و مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح کامپوزیت کاهش می‌یابد (کرد و همکاران، ۲۰۱۰). نانو ذرات رس به‌علت تشکیل اتصال قوی با ماده زمینه پلیمری موجب افزایش مدول در کامپوزیت می‌گردند، البته از حد مشخصی، روند افزایشی خواص با افزایش درصد رس کند و حتی گاهی برعکس خواهد شد (سامال و همکاران، ۲۰۰۸). با افزایش مقدار ذرات نانورس مقاومت‌ها کاهش پیدا کردند، که این میزان را می‌توان به تأثیر منفی دلمه‌گی ذرات نانورس در درصدهای بالا و تراکم تنش نسبت داد. در سطوح بالاتر نانو مواد (به‌طور معمول ۵ درصد) و بالاتر از آن کاهش مقاومت‌ها می‌تواند مربوط به توده‌ای شدن و کلوخه شدن ذرات یا برهم‌کنش نانورس- نانورس باشد که منجر به ایجاد تمرکز تنش ناحیه‌ای در فرآورده چندسازه شده و باعث کاهش ضریب ظاهری نانو ماده می‌شود که در نهایت مساحت سطح بین نانو ماده و ماده زمینه را کاهش می‌دهد (خان‌جانزاده و همکاران ۲۰۱۱؛ لی آ و وو، ۲۰۰۵؛ ماهانتی و ناواک، ۲۰۰۷؛ ماجی و همکاران، ۲۰۰۹). به همین دلیل، نتایج نشان می‌دهد با افزایش مقدار نانورس به‌میزان ۳ درصد خواص مکانیکی چندسازه‌های چوب پلاستیک افزایش یافته، سپس با افزودن این مقدار به ۵ درصد خواص مکانیکی چندسازه‌ها کاهش می‌یابد، که با نتایج به‌دست آمده توسط خان‌جانزاده و همکاران (۲۰۱۲)، چاوشی و همکاران (۲۰۱۲) و هان و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت

دارد. در بررسی اثر مقدار نانو ذرات رس بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چندسازه چوب پلاستیک مشاهده گردید که با افزایش مقدار نانورس از ۰ به ۵ درصد، مقادیر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کامپوزیت چوب پلاستیک کاهش می‌یابد که علت این امر را می‌توان به طبیعت آب‌گریز سطح رس، ضریب لاغری بالا و همچنین خاصیت هسته‌زایی نانو ذرات رس نسبت داد که موجب تشکیل ساختار بلوری در کامپوزیت می‌گردند و این مسأله نیز خود به کاهش روند جذب آب کمک می‌کند (کرد و همکاران، ۲۰۰۹). از طرفی نانو ذرات رس به واسطه اندازه کوچک خود، فواصل و شکاف‌های ریز بین الیاف و پلیمر و همچنین حفرات سلولی را پر نموده و مانع نفوذ آب در مواد چندسازه می‌شوند. به همین دلیل با افزایش مقدار نانورس تا ۵ درصد، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کامپوزیت چوب پلاستیک کاهش یافته است، که با نتایج به دست آمده توسط ردی و همکاران (۲۰۱۰) و ضیایی و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. بررسی ریخت‌شناسی نانوکامپوزیت توسط اشعه ایکس نشان داد که نمونه‌های دارای ۳ درصد نانورس از فاصله بین لایه‌ای بیش‌تری در مقایسه با نمونه‌های دارای ۵ درصد نانورس برخوردارند و ریزنگار به دست آمده از اشعه ایکس (XRD) تشکیل ساختار بین لایه‌ای را در نانوکامپوزیت چوب پلاستیک تأیید کرد، که با نتایج خان‌جانزاده و همکاران (۲۰۱۲) و کرد (۲۰۰۷) مطابقت دارد.

منابع

1. British Standard. 2007. Wood-plastics Composites (WPC)-Part 1: Test Methods for Characterization of WPC Materials and Products. 17p.
2. Chavooshi, A., Madhoushi, M., Shakeri, A. and Khazaeian., A. 2012. Investigation on effect the adding of Nanoclay and Aluminum flour on improving the physical and mechanical properties of MDF dust-PP composite. M.Sc. Thesis. Department of Wood and Paper Science. Gorgan University of agricultural sciences and natural resources. (In Persian)
3. Evaluating Mechanical and Physical Properties of Wood-Plastic Composites Products, American Society for Testing and Materials ASTM. 2006.
4. Ghasemi, I. and Kord, B. 2009. Long-term Water Absorption Behaviour of Polypropylene/Wood Flour/Organoclay Hybrid Nanocomposite. Iran. Poly. J. 18: 9. 683-69. (In Persian)
5. Han, G., Lei, Y., Wu, Q., Kojima, Y. and Suzuki, S. 2008. Bamboo-fiber filled high density polyethylene composites; effect of coupling treatment and nanoclay. J. Poly. Environ. 21: 1567-1582.

6. Khanjanzadeh, H., Tabarsa, T. and Shakeri, A. 2012. Morphology, dimensional stability and mechanical properties of polypropylene-wood flour composites with and without nanoclay. *J. Rein. Plas. Com.* DOI: 10.1177/ 0731684412438793.
7. Kord, B. 2007. Using clay nanoparticle in improve practical properties wood plastic composite. *J. Poly.* 1: 4. 375-383. (In Persian)
8. Kord, B., Hemmasi, A.H. and Ghasemi, I. 2010. Properties of PP/wood flour/organomodified montmorillonite nanocomposites. *J. Wood Sci. Technol.* DOI 10.1007/s00226-010-0309-7.
9. Kraby, M., Ghasemi, A. and Mohammadi, M. 2007. Optimization and employment of nanofilers in plastic blends. Final report of research committee of research deputy. Technical school, Iran, Pp: 97-117. (In Persian)
10. Klyosov, L. and Anatole, A. 2006. Composition of Wood-Plastic Composites: Coupling Agents. *J. Plas. Technol.* Pp: 16-200.
11. Liao, H.T. and Wu, C.S. 2005. Preparation of poly (ethyleneoctene) elastomer/clay/wood flour nanocomposites by a melting method. *Macromolecular Materials and Engi-neering*, 290: 695-703.
12. Maji, P.K., Guchhait, P.K. and Bhowmick, A.K. 2009. Effect of nanoclays on physico-mechanical properties and adhesion of polyester-based polyurethane nanocomposites: structure-property correlations. *J. Mat. Sci.* 768: 44. 5861-5871.
13. Mohanty, S. and Nayak, S.K. 2007. Effect of clay exfoliation and organic modification on morphological, dynamic mechanical and thermal behavior of melt-compounded polyamide-6 nanocomposites. *Polymer Composites*, 28: 153-162.
14. Ravindra Reddy, C., Pouyan Sardashti, A. and Simon, L.C. 2010. Preparation and characterization of polypropylene-wheat straw-clay composites. *Composites Science Technology*, 70: 1674-1680.
15. Samal, S.K., Nayak, S. and Mohanty, S. 2008. Polypropylene Nanocomposites: Effect of Organo-modified layered silicates on mechanical, thermal and morphological performance. *J. Ther. Com. Mat.* 8: 2. 243-263.
16. Shakeri, A. 2005. Proceeding of 1st conference on WPC. Tehran university of Natural Resources, Iran, Pp: 30-38. (In Persian)
17. Shokrieh, M. and Sonbolestan, M. 2007. Structural effects on mechanical properties of nanocomposite polymer-clay. *J. Poly. Sci. Technol.* 2: 187-195.
18. Wu, Q., Lei, Y., Clemons, C.M., Yao, F., Xu, Y. and Lian, K. 2007. Properties of HDPE/Clay/Wood Nanocomposites. *J. Plas. Technol.* 27: 2. 108-115.
19. Ziaei Tabari, H., Nourbakhsh, A. and Ashore, A. 2011. Effects of nanoclay and coupling agent on the physico-mechanical, Morphological, and thermal properties of Wood flour/polypropylene composites. *J. Poly. Engin. Sci.* 51: 272-277.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 20 (3), 2013
<http://jwfst.gau.ac.ir>

Effect of nanoclay (Montmorillonite) on the physical-mechanical properties of polypropylene / wood flour composites

***M. Zahedi¹, T. Tabarsa², M. Madhoushi³ and A.R. Shakeri⁴**

¹M.Sc. Student, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Professor, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Associate Prof., Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁴Associate Prof., Faculty of Science, Golestan University

Received: 07/24/2012; Accepted: 07/09/2013

Abstract

In this study, the effect of clay nanoparticles on the mechanical and physical properties of wood plastic composite were studied. For this purpose, the weight ratio of 50% wood flour was mixed with 50% polypropylene and 0, 3 and 5 percent nanoclay based on polypropylene and 4% modified polypropylene with Maleic Anhydride based on polypropylene were used. First, the ingredients were mixed using the extruder and then, the final panels were produced by hot pressing. Mechanical tests including tensile, bending and screw withdrawal strength and physical tests including thickness swelling and water absorption after 2 and 24 hours of immersion were performed. Results showed that with increasing 3% nanoclay, the mechanical properties of wood plastic composite increased and then decreased over nanoclay loading more than 3%. Moreover, water absorption and thickness swelling decreased by addition of nanoclay to composites.

Keywords: Wood plastic composite, Nanoclay, Extruder, Hot press, Physical and mechanical properties

* Corresponding Author; Email: zahedi25@yahoo.com