

اثر نوع ماده لیگنوسلولزی و نانورس بر خواص فیزیکی، مکانیکی و مورفولوژیکی چندسازه چوب پلاستیک

محمد تسوجی^{۱*}، امیر نوربخش^۲، ابوالفضل کارگرفرد^۲ و حسین حسینخانی^۳

*۱ - کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران، پست الکترونیک: mtasooji@ut.ac.ir

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

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

تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۰

چکیده

در این تحقیق با استفاده از ذرات کاه‌گندم و برنج، ذرات نانورس، پلی‌پروپیلن و جفت‌کننده، چوب - پلاستیک ساخته شد و خواص فیزیکی و مکانیکی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. مقدار مصرف ماده زمینه پلاستیکی (پلی‌پروپیلن) ۶۰ درصد وزنی و ماده لیگنوسلولزی ۴۰ درصد وزنی در نظر گرفته شد. میزان نانورس اضافه شده در سه سطح ۰، ۲ و ۴ درصد و میزان ماده جفت‌کننده، ۲ درصد وزنی در تمام تیمارها به‌جز تیمار شاهد در نظر گرفته شد. نمونه‌های تیمار شاهد بدون اضافه کردن جفت‌کننده و ذرات نانورس و تنها با استفاده از پلی‌پروپیلن و ماده لیگنوسلولزی ساخته شدند. مدول‌های کششی و خمشی با افزایش ۲ درصد نانورس افزایش یافته ولی در سطح ۴ درصد شاهد کاهش مدول‌ها و با افزایش نانورس مقاومت به ضربه کاهش یافتند. خواص جذب آب ۲۴ ساعتی نمونه‌های ساخته شده نیز با اضافه کردن ۲ درصد نانورس کاهش یافته و در سطح ۴ درصد نانورس افزایش قابل توجهی مشاهده شد. البته در تمام تیمارها، نمونه‌های ساخته شده از کاه‌برنج به دلیل وجود سیلیس بیشتر و سازگاری بیشتر با ذرات نانورس، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی مطلوب‌تری نسبت به نمونه‌های تولید شده از کاه‌گندم داشتند. به‌منظور بررسی دقیق‌تر نتایج از میکروسکوپ الکترونی پویشی استفاده شد.

واژه‌های کلیدی: چندسازه، نانورس، پلی‌پروپیلن، کاه‌گندم، کاه‌برنج، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی.

مقدمه

در کاربردهای مهندسی، اغلب به تلفیقی از خواص مواد نیاز است. از آنجا که نمی‌توان ماده‌ای با خواص موردنظر مهندسی پیدا کرد، راه حل استفاده از چند سازه‌ها است. در حقیقت چندسازه‌ها مواد چند ترکیبی هستند که خواص آنها توافق مناسبی از ویژگی‌های اجزاء

تشکیل دهنده آنها است که برای رسیدن به هدفی خاص

طراحی می‌شوند (نوربخش و همکاران، ۱۳۸۳).

چندسازه چوب پلاستیک که به اختصار WPC^۱ نامیده می‌شود، ترکیبی از مواد پلیمری و لیگنوسلولزی است (Sanadi et al., 2001). مواد لیگنوسلولزی مرحله ناپیوسته چندسازه‌ها را تشکیل می‌دهند. مواد پلیمری که

1- Wood plastic composite

نیستند استفاده‌های محدودی دارند. برای بهبود ویژگی‌های این محصول، استفاده از ذرات نانو (به میزان ۱ تا ۵ درصد) طبق مطالعات انجام شده مفید بوده است (and Yeh, 2010; Matuana and Jin, 2009). ابعاد کوچک ذرات تقویت‌کننده نانو، سطح وسیعی را ایجاد کرده و باعث افزایش سطح تماس آنها با ماتریس پلیمری می‌شود. این پدیده باعث به وجود آمدن موادی با خواص جدید و بهبود مقاومت‌های کششی، خمشی، مقاومت به جذب آب، مقاومت حرارتی و ... می‌شود.

در این تحقیق خواص مکانیکی و فیزیکی نانو چوب - پلاستیک‌های ساخته شده از ذرات کاه‌گندم و کاه‌برنج مقایسه شده است. بعد از ساخت نمونه‌های آزمایشی، آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی بر روی نمونه‌ها صورت گرفته و نتایج حاصل بیان شده است. از تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی پویشی نیز برای بررسی دقیق‌تر استفاده شده است.

مواد و روشها

عوامل متغیر این تحقیق شامل دو نوع ماده لیگنوسلولزی کاه‌گندم و کاه‌برنج، و ۳ سطح نانورس ۰، ۲ و ۴ درصد می‌باشد. در تمام تیمارها به‌جز تیمار شاهد مقدار ماده جفت‌کننده ثابت و برابر ۲ درصد وزنی است، به طوری که در تیمار شاهد از ماده جفت‌کننده و نانورس استفاده نشده است.

تهیه مواد اولیه

کاه‌گندم و برنج

کاه‌گندم و برنج جمع‌آوری شده در مجتمع تحقیقاتی البرز برای مدت یک هفته انبار شدند تا رطوبت آنها کم

همان ماده زمینه یا ماتریس می‌باشند شامل پلیمرهای گرمانرم و یا پلیمرهای گرما سخت می‌باشد. میزان اختلاط یا درصد این مواد در ترکیب ماده چندسازه متناسب با نوع کاربرد آن است. چسبندگی بین ماده زمینه پلاستیک و مواد لیگنوسلولزی در تعیین خواص چندسازه تأثیر بسزایی دارد. خواص قطبی و آب دوستی مواد لیگنوسلولزی و خواص غیر قطبی پلی‌الفین‌ها (پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و ...) سبب بروز مشکلاتی در اختلاط و چسبندگی بین الیاف و ماده زمینه می‌گردد. البته انتخاب مناسب عوامل جفت‌کننده برای بهبود برهم‌کنش و چسبندگی بین فیبر و ماده زمینه ضروریست.

مالئیک‌انیدرید (MA) پیوند یافته با پروپیلن (MAPP) به طور مؤثری در سیستم‌های مواد لیگنوسلولزی - پلی‌پروپیلن استفاده گردیده است. که در این تحقیق نیز از پلی‌پروپیلن مالئیک‌انیدریددار شده (MAPP) برای جفت‌کردن مواد لیگنوسلولزی و پلیمر استفاده شده است.

برای حفاظت از محیط‌زیست و استفاده بهینه از ضایعات، به کار بردن پسماندهای کشاورزی مانند کاه‌گندم و کلش‌برنج به‌عنوان مرحله ناپیوسته در ساخت فراورده‌های چندسازه چوب پلاستیک حائز اهمیت فراوانی است.

استفاده از کاه‌گندم و برنج در تولید فراورده‌های چوب-پلاستیک گزارش شده و نتایج قابل توجهی نیز داشته است (Reddy et al., 2010; Zou et al., 2010).

Kuang et al., 2010; Hornsby et al., 1997; Premalal et al., 2002; Ishak et al., 2001; Panthapulakkal et al., 2005; et al., 2006; Marti-Ferrer

از آنجایی که فراورده‌های چند سازه چوب - پلاستیک از نظر مقاومت خمشی و سفتی در حد چوب

میزان سیلیس موجود در کاه برنج و گندم طبق استاندارد Tappi T 245- cm 98 انجام شد.

پلی پروپیلن

پلی پروپیلن استفاده شده در این تحقیق، از نوع گرانول تولید شده در کارخانه «پتروشیمی اراک» و با مشخصات ارائه شده در جدول ۱ است. مقدار پلی پروپیلن به کار رفته، ۶۰ درصد وزنی چندسازه می باشد.

شود. کاه نسبتاً خشک در مرحله بعد خرد و آسیاب شد. پس از آسیاب به منظور دستیابی به ابعاد مورد نظر و ایجاد یکنواختی در اندازه ذرات، الک انجام شد و ذرات عبوری از مش ۴۰ و باقی مانده روی مش ۶۰ جمع آوری شدند. مواد الک شده در آن با دمای 103 ± 2 به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و برای عدم جذب رطوبت، در کیسه های پلاستیکی دربسته قرار گرفتند. میزان آرد کاه (گندم یا برنج) ۴۰٪ وزن کل چندسازه ثابت در نظر گرفته شد.

جدول ۱- مشخصات پلی پروپیلن

نوع پلی پروپیلن	شاخص جریان مذاب (g/10min)	مدول خمشی (MPa)	مقاومت کششی (MPa)	ازدیاد طولی (%)	نقطه نرم شدن C°	منحنی Rockwell R.scale
Moplen V30S	۱۸	۱۵۵۰	۳۳	۱۲	۱۵۴	۱۰۲

نانورس

نانورس مورد استفاده در این تحقیق یکی از انواع مونت موریلونیت اصلاح شده، با نام تجاری Cloisite 10A می باشد که توسط شرکت آمریکایی Southern-Clay تولید می شود (جدول ۲).

ماده جفت کننده

از مالئیک انیدرید پیوند یافته با پروپیلن (MAPP) به عنوان ماده جفت کننده استفاده شد. مقدار MAPP مورد استفاده در تمام تیمارها (به جز تیمار شاهد که در آن از MAPP استفاده نشده است) ۲ درصد وزنی چند سازه بوده است.

جدول ۲- مشخصات نانورس مورد استفاده

نام تجاری	شرکت تولید کننده	غلظت اصلاح کننده (meg/100g clay)	دانسیته حجمی (g/cc)	جرم ویژه (g/cc)	تفرق پرتو اشعه X ($d_{001} A^\circ$)
Cloisite 10A	Southern-Clay	۱۲۵	۰/۱۶۳۶	۱/۹۰	۱۹/۲

مراحل ساخت نانو چوب - پلاستیک

فرایند اختلاط (اکستروژن) و گرانول سازی

(دو ماریپچه) که جهت حرکت ماردون های آن خلاف هم می باشد. سرعت ماریپچه ها ۴۰ دور در دقیقه و دمای ساخت چندسازه نیز در اکسترودر فوق ۱۸۰ درجه سانتیگراد می باشد.

برای فرایند اختلاط از دستگاه مخلوط ساز Dr. Collien واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران استفاده شد. این دستگاه یک اکسترودر دو ماردونی است

اندازه‌گیری مقاومت و مدول کششی طبق آیین‌نامه ASTM D638 با استفاده از نمونه‌هایی از نوع دمبلی انجام شد. اندازه‌گیری آزمون خمش طبق آیین‌نامه ASTM D790 انجام گردید. مقاومت به ضربه آیزود طبق استاندارد ASTM D256 انجام شد. برای اندازه‌گیری خواص کشش و خمش از دستگاه اینسترون مدل ۱۱۸۶ موجود در مجتمع تحقیقاتی البرز استفاده گردید. همچنین آزمون ضربه توسط ماشین ضربه انجام شد. برای بررسی خواص فیزیکی، جذب آب ۲۴ ساعته چندسازه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. جذب آب نمونه‌ها مطابق استاندارد ASTM D-703 اندازه‌گیری شدند.

میکروسکوپ الکترونی پوششی

برای بررسی دقیق‌تر نتایج از میکروسکوپ الکترونی پوششی مدل Philips XL 30 واقع در مرکز تحقیقاتی انرژی اتمی استفاده شد. سطح شکست مقاطع حاصل از نمونه‌های آزمون کشش مورد بررسی قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری از آزمون فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد و معنی‌داری در سطح ۵ درصد با استفاده از جدول تجزیه واریانس تعیین شد و به کمک گروه‌بندی دانکن تیمارها گروه‌بندی شدند.

نتایج

در جدول ۳ خلاصه‌ای از تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی و فیزیکی آورده شده است.

آردکاه، گرانول پلی‌پروپیلن و ماده جفت‌کننده MAPP به همراه ذرات نانورس ابتدا به خوبی با هم مخلوط و بعد به کیف تغذیه دستگاه اکسترودر ریخته شدند. برای هر ۸ تیمار، مخلوط‌سازی به‌طور یکسان انجام شد.

مخلوط نانو چوب-پلاستیک به صورت یک مفتول خمیری شکل از روزنه اکسترودر خارج شد و درون یک حوضچه آب که در جلوی آن تعبیه شده، سرد شد.

به‌منظور ساخت نمونه‌های نهایی توسط دستگاه قالب‌گیری تزریقی ابتدا باید مخلوط نانو چوب-پلاستیک تولید شده را به گرانول تبدیل کرد. سپس برای این کار از دستگاه خردکن نیمه صنعتی شرکت WIESER مدل WG-LS 200/200 ساخت آلمان، واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران استفاده شد.

گرانول‌های ساخته شده به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد در آن آزمایشگاهی قرار گرفتند تا خشک شده و آماده مرحله تزریق شوند. گرانول‌های خشک شده در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شدند تا تبادل رطوبتی با محیط اطراف نداشته باشند.

فرایند تزریق و ساخت نمونه‌ها

ساخت نمونه‌های آزمایشی توسط دستگاه اکسترودر تک ماردون مجهز به سیستم قالب‌گیری فشاری (دستگاه تزریق) صورت گرفت. دمای دستگاه فوق ۱۸۰-۱۷۵ درجه سانتیگراد و سرعت تزریق آن ۵۰ دور در دقیقه می‌باشد. پس از عملیات قالب‌گیری نمونه‌های کشش، خمش و ضربه فاقد علامت‌گذاری شده و آماده آزمون خواص مکانیکی گردیدند. اندازه‌گیری خواص مکانیکی براساس آیین‌نامه‌های مربوطه در دستورالعمل ASTM و با چهار تکرار انجام شد.

جدول ۳- خلاصه تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی و فیزیکی

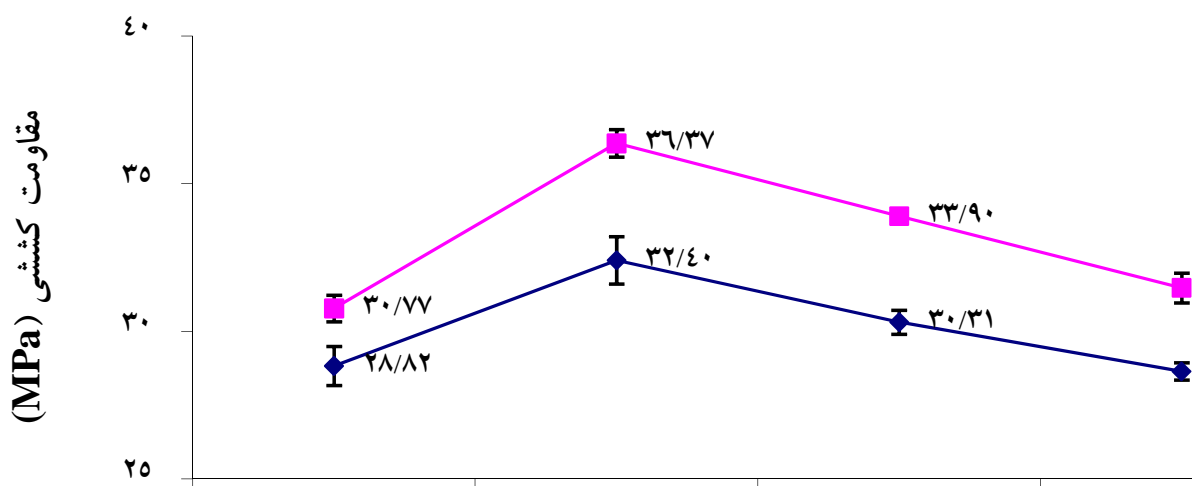
منبع	مقاومت کششی	مقاومت خمشی	مدول کششی	مدول خمشی	مقاومت به ضربه	جذب آب ۲۴ ساعته
نوع ماده	* / ۰۰۰	* / ۰۱۳	* / ۰۰۰	* / ۰۴۶	ns / ۲۴۱	ns / ۳۳۴
میزان نانو	* / ۰۰۰	* / ۰۰۰	* / ۰۰۹	ns / ۰۹۲	* / ۰۰۶	* / ۰۰۰
اثر متقابل (نوع ماده*میزان نانو)	ns / ۵۰۳	ns / ۳۱۵	* / ۰۲۲	ns / ۰۵۴	ns / ۵۳۰	ns / ۹۹۸

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ns عدم معنی‌داری

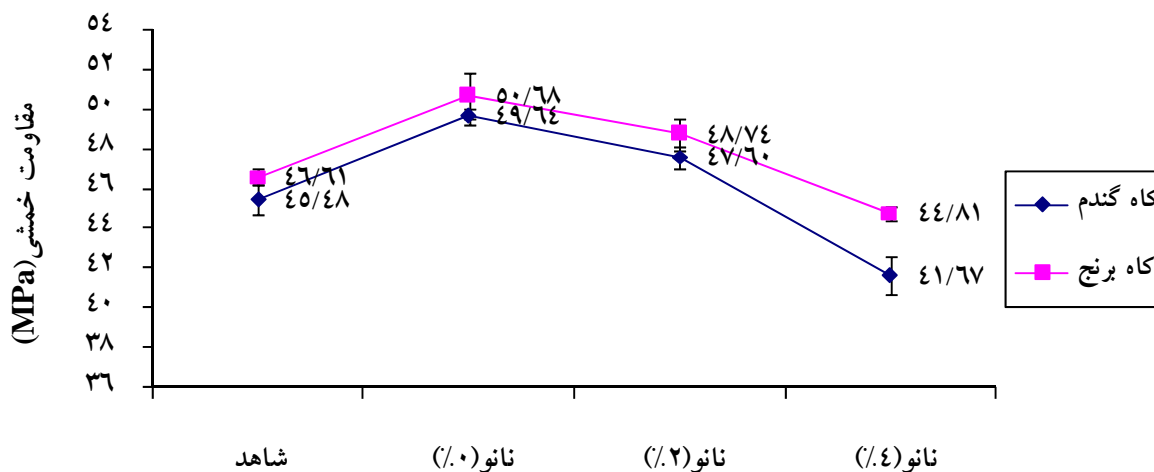
مقاومت کششی و خمشی

با توجه به شکل‌های ۱ و ۲ با افزایش میزان نانو، مقاومت‌های کششی و خمشی کاهش می‌یابد. همچنین جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نیز معنی‌دار بودن اثر مستقل نانو بر مقاومت‌های کشش و خمشی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲ مشخص است، مقاومت‌های کششی و خمشی نمونه‌های ساخته شده از

کاه‌برنج بیشتر از نمونه‌های ساخته شده از کاه‌گندم می‌باشد. جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) نیز معنی‌دار بودن اثر نوع ماده اولیه بر مقاومت‌های کششی و خمشی را نشان می‌دهد. دلیل این پدیده می‌تواند مربوط به ترکیب شیمیایی کاه‌گندم و برنج باشد. طبق اندازه‌گیری انجام شده مقدار سیلیس موجود در کاه‌گندم و برنج به ترتیب ۴/۶ و ۹/۸ می‌باشد.



شکل ۱- اثر نوع گونه و میزان نانو بر مقاومت کششی نمونه‌ها

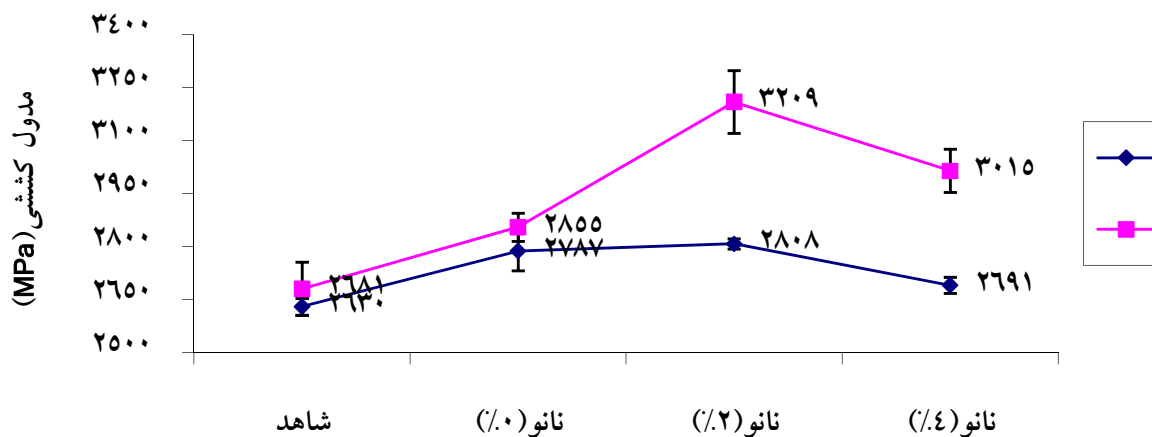


شکل ۲- اثر نوع گونه و میزان نانو بر مقاومت خمشی نمونه‌ها

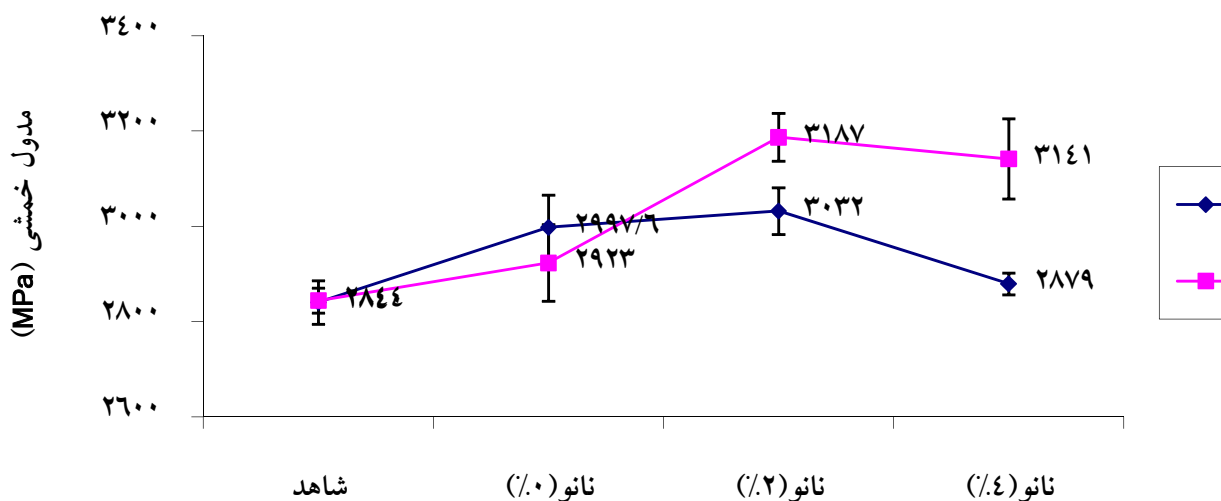
مدول کششی و خمشی

همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ۴ مشخص است، با افزایش میزان نانو تا سطح ۲ درصد مدول‌های کششی و خمشی افزایش، و در سطح ۴ درصد کاهش می‌یابد. اگرچه جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) معنی‌دار بودن اثر میزان نانو بر مدول کششی و خمشی نشان می‌دهد ولی طبق گروه‌بندی دانکن مدول کششی و خمشی

نمونه‌های ساخته شده از ۲ و ۴ درصد نانو در یک گروه قرار می‌گیرند و بین آنها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است. این موضوع در شکل‌های ۳ و ۴ نیز مشخص است. البته در شکل‌های ۳ و ۴ بهبود نسبی مدول کششی و خمشی نمونه‌های ساخته شده از کاه برنج نسبت به نمونه‌های ساخته شده از کاه گندم قابل مشاهده است.



شکل ۳- اثر نوع گونه و میزان نانو بر مدول کششی نمونه‌ها

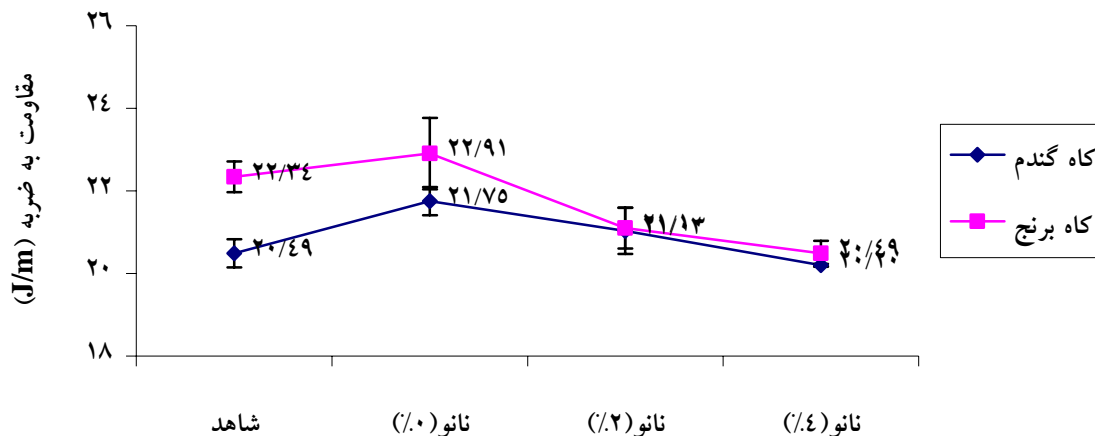


شکل ۴- اثر نوع گونه و میزان نانو بر مدول خمشی نمونه‌ها

مقاومت به ضربه

در شکل ۵ مقاومت به ضربه نمونه‌های ساخته شده نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است با افزایش میزان نانو مقاومت به ضربه نمونه‌ها کاهش می‌یابد. طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نیز اثر میزان نانو بر مقاومت ضربه معنی‌دار می‌باشد. جدول

تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر نوع ماده اولیه را بر مقاومت به ضربه معنی‌دار نشان نمی‌دهد، اما همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است مقاومت به ضربه نمونه‌های ساخته شده از کاه‌برنج مقادیر بیشتری را در مقایسه با نمونه‌های ساخته شده از کاه‌گندم دارا هستند.

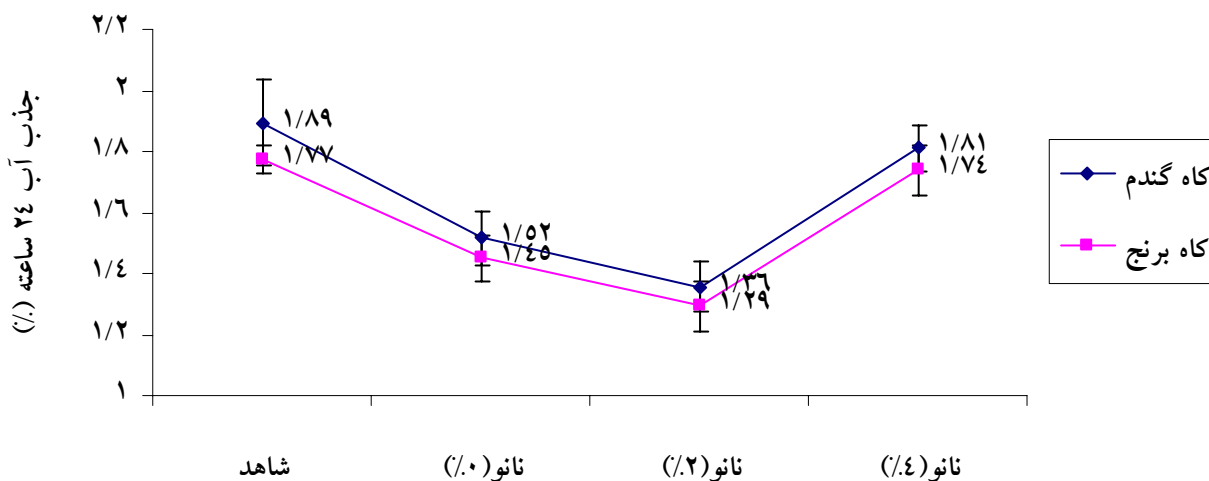


شکل ۵- اثر نوع گونه و میزان نانو بر مقاومت به ضربه نمونه‌ها

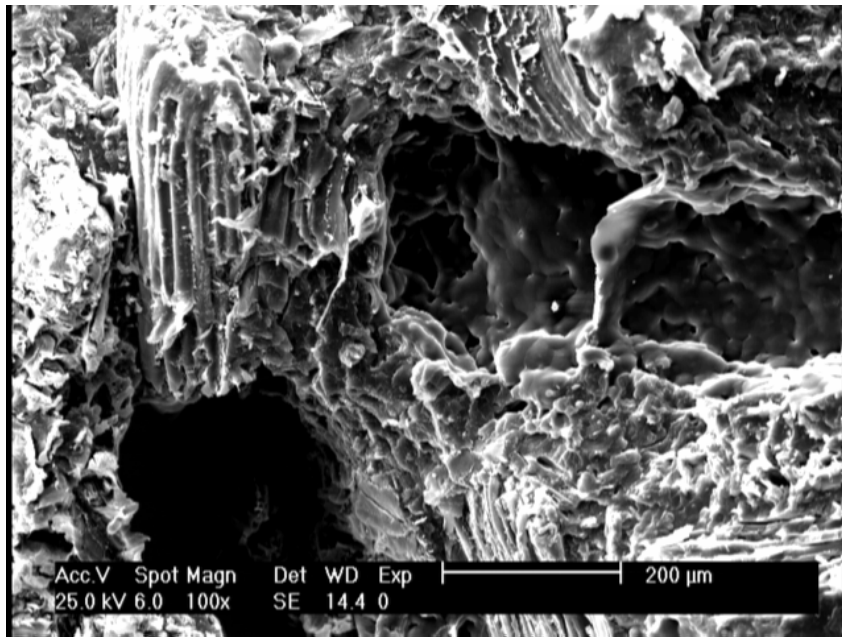
ساعته را نشان می‌دهد. از طرفی جذب آب نمونه‌های ساخته شده از کاه‌برنج کمتر از نمونه‌های حاصل از کاه‌گندم می‌باشد، البته این کاهش طبق جدول تجزیه واریانس معنی‌دار نمی‌باشد.

جذب آب ۲۴ ساعته

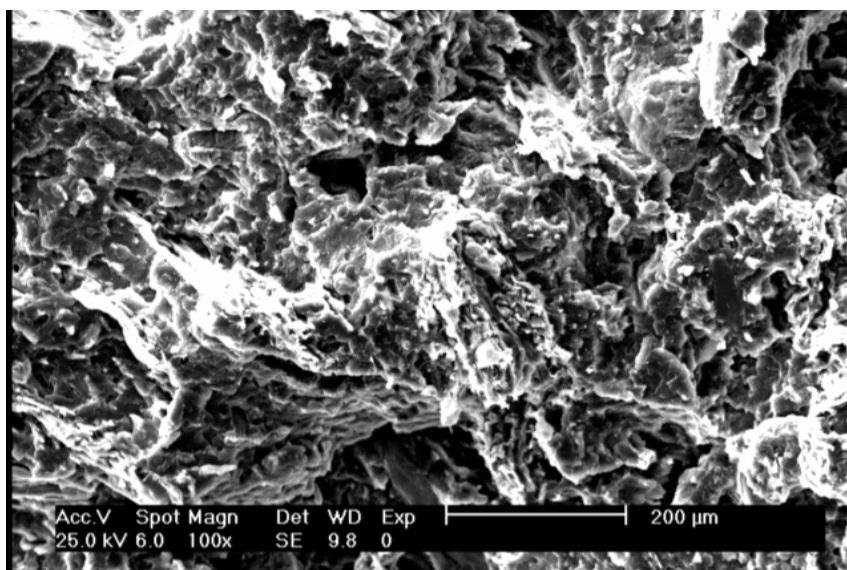
با توجه به شکل ۶، افزایش میزان نانو تا سطح ۲ درصد باعث کاهش جذب آب شده و با افزایش ۴ درصدی نانو جذب آب افزایش می‌یابد. جدول تجزیه واریانس نیز معنی‌دار بودن میزان نانو بر جذب آب ۲۴



شکل ۶- اثر نوع گونه و میزان نانو بر جذب آب ۲۴ ساعته نمونه‌ها



شکل ۷- سطح شکست نمونه کششی حاوی ۲ درصد نانو و کاه گندم



شکل ۸- سطح شکست کششی حاوی ۲ درصد نانو و کاه برنج

بحث

بیشتر بین ذرات نانورس و ذرات کاه برنج شده و منجر به ایجاد اتصال‌های بهتری می‌شود. در نتیجه ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های ساخته شده از کاه برنج بهتر از نمونه‌های ساخته شده از کاه گندم می‌باشد. البته بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی با تغییر نوع ماده اولیه در منابع

از آنجایی که میزان سیلیس موجود در کاه برنج بیشتر از کاه گندم است و در منابع مختلف نیز این موضوع بیان شده (Han, 1998) و از آنجایی که در ساختار نانورس نیز سیلیس وجود دارد، این پدیده باعث ایجاد سازگاری

افزایش مدول کششی و خمشی با اضافه کردن ۲ درصد نانورس می‌تواند بر اثر برهم‌کنش قوی بین ماتریس (پلیمر) و لایه‌های سیلیکاتی نانورس به دلیل تشکیل پیوندهای هیدروژنی باشد (Gupta and Yeh, 2010). همچنین نانورس سفتی قابل توجهی داشته که افزایش آن باعث افزایش سفتی محصول نهایی و بهبود مدول می‌شود. دلیل دیگر بهبود مدول می‌تواند بالا بودن ضریب ظاهری^۱ نانورس باشد که خود بر بهبود مدول کششی تأثیرگذار است (Gupta and Nourbakhsh, 2008). درست است که کاهش مدول با اضافه کردن ۴ درصد نانورس با ضریب اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نشده است، اما دلیل این امر می‌تواند بالا رفتن بیش از حد نانو و جذب بیش از حد جفت‌کننده باشد که سبب ایجاد اثر منفی بر مدول می‌شود (Gupta and Yeh, 2010). کاهش مقاومت به ضربه با افزایش میزان نانورس می‌تواند به این دلیل باشد که وجود ذرات نانو در ماتریس پلی‌پروپیلن باعث ایجاد نقاط پرتنش می‌شود. این نقاط می‌توانند محل‌هایی برای شروع شکست و ترک باشند. همچنین سفت شدن زنجیره‌های پلیمری بر اثر افزودن نانورس را نیز می‌توان دلیل دیگر این پدیده دانست. برای کاربردهای خاص و به‌منظور افزایش مقاومت به ضربه می‌توان از اصلاح‌کننده‌های ضربه و یا الیاف طبیعی با زاویه میکروفیبریل بالا به‌عنوان تقویت‌کننده استفاده کرد (Ashori and Nourbakhsh, 2008).

در مورد جذب آب ۲۴ ساعته از آنجایی که ذرات نانورس آبدوست هستند با افزایش میزان نانو (۴ درصد) مقدار ذرات نانو افزایش یافته و در نتیجه جذب آب بیشتری صورت می‌گیرد. در مورد کاهش جذب آب در میزان ۲

گزارش شده است (Nourbakhsh *et al.*, 2011). در مطالعات مختلف برای بهبود ویژگی‌های مواد حاوی سیلیس از نانورس‌ها استفاده شده و دلیل آن سازگاری مناسب بین نانورس و سیلیس بیان شده است (Simon *et al.*, 2008). به‌منظور مشاهده این امر با استفاده از میکروسکوپ الکترونی پویشی عکس‌هایی از سطح مقطع شکست نمونه‌های کششی کاه‌گندم و کاه‌برنج با میزان ۲ درصد نانو (شکل ۷ و ۸) گرفته شده است.

همان‌طور که در شکل‌های ۷ و ۸ مشاهده می‌شود، حضور حفره‌ها در سطح شکست نمونه حاوی کاه‌گندم می‌تواند به دلیل اتصال ضعیف و عدم سازگاری بین ذرات نانو و کاه‌گندم باشد. در مقایسه با این تصویر، در شکل ۸ سطح شکست نمونه حاوی کاه‌برنج نشان داده شده که با حفرات کمتر سازگاری و اتصال بهتری را نشان می‌دهد.

دلیل کاهش مقاومت خمشی و کششی با افزایش نانو می‌تواند مربوط به ویژگی جذب شدن ماده جفت‌کننده (MAPP) توسط نانورس باشد (Gupta and Yeh, 2010). ماده جفت‌کننده به صورت پلی بین ماده زمینه (پلیمر) و ماده پرکننده/تقویت‌کننده (کاه‌گندم/برنج) عمل کرده و با بهبود چسبندگی بین آنها باعث افزایش مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی می‌شود (Hristove *et al.*, 2004)، (Mustapa *et al.*, 2005). در عین حال نانورس، همان‌طور که در منابع گزارش شده (Gupta and Yeh, 2010)، تمایل به جذب ماده جفت‌کننده دارد. زمانی که میزان نانورس در ساختار چوب-پلاستیک افزایش می‌یابد، نانورس‌های بیشتر، ماده جفت‌کننده بیشتری را به سمت خود می‌کشند و مانع از اتصال ماده جفت‌کننده با ذرات لیگنوسلولزی شده و این موضوع باعث کاهش مقاومت‌های کششی و خمشی می‌شود (Gupta and Yeh, 2010).

1- Aspect ratio

- Hornsby, P.R., Hinrichsen, E., Tarverdi, K., 1997. Preparation and properties of polypropylene composites reinforced with wheat and flax straw fibers part I fiber characterization, *Journal of materials science*, 32:443-449.
- Hristove, V.N., Vasileva, S.T., Krumova, M. and Michler, R. 2004. Deformation mechanisms and mechanical properties of modified polypropylene/wood fiber composites. *Journal of Polymer Composites*. 25(5). 1015-1022.
- Ishak, Z.A.M., Yow, B.N., Ng, B.L., Khalil, H., Rozman, H.D., 2001. Hygrothermal aging and tensile behavior of injection-molded rice husk-filled polypropylene composites. *J. Appl. Polym. Sci.* 81, 742-753.
- Jin Shan, M. Matuana Laurent. 2009. Wood/plastic composites co-extruded with multi-walled carbon nano tube-filled rigid poly (vinyl chloride) cap layer. *Polym Int* .59. 648-657.
- Kuang, X., Kuang, R., Zheng, X., Wang, Z., 2010. Mechanical properties and size stability of wheat straw and recycled LDPE composites coupled by waterborne coupling agents, *Carbohydrate Polymers*, 80:927,933.
- Marti-Ferrer, F., Vilaplana, F., Ribes-Greus, A., Benedito-Borras, A., Sanz-Box, C., 2006. Flour rice husk as filler in block copolymer polypropylene: effect of different coupling agents. *J. Appl. Polym. Sci.* 99, 1823-183.
- Mustapa, M., Hassan, A., and Rahmat, A. 2005. Preliminary study on the mechanical properties of polypropylene rice husk composites. *Symposium polimer kebangsaan ke-v hotel residwnce*. Aug 2005., 23-24.
- Nourbakhsh Amir, Ashori Alireza. 2008. Influence of Nanoclay and Coupling Agent on the Physical and Mechanical Properties of Polypropylene/Bagasse Nanocomposite. *Journal of Applied Polymer Science*. 112. 1386-1390.
- Nourbakhsh, A., Farhani Baghlani F., Ashori, A. 2011. Nano-Sio₂ filled rice husk/polypropylene composites: Physico-mechanical properties. *Industrial crops and products*. 22. 183-187.
- Panthapulakkal, S., Sain, M., Law, S., 2005. Effect of coupling agents on rice-husk-filled HDPE extruded profiles. *Polym. Int.* 54, 137-142.
- Premalal, H.G.B., Ismail, H., Baharin, A., 2002. Comparison of the mechanical properties of rice husk powder filled polypropylene composites with talc filled polypropylene composites. *Polym. Test*. 21, 833-839.
- Reddy, C.R., Sardashti, A.P., Simon, L.C., 2010. Preparation and characterization of polypropylene-wheat straw-clay composites, *Composites science and technology*, 70:1674-1680.
- درصد نانو می توان دلیل را این گونه بیان کرد: در هنگام جذب آب، ابتدا دیواره سلولی اشباع می شود و در مرحله بعد آب وارد حفره سلولی شده و انتشار می یابد. از آنجایی که در سطح کمتر نانو (۲ درصد)، ذرات نانورس در حفرات سلولی و فضاهای خالی سلول قرار گرفته اند، این وضعیت باعث جلوگیری از نفوذ آب توسط فرایند مویبندی شده و مانع از انتشار آن می شود؛ بنابراین جذب آب فقط در سطح صورت می گیرد (Ashori and Nourbakhsh, 2008). در مقادیر بالاتر نانورس (۴ درصد) نانو خارج از فضاهای سلولی ماده لیگنوسلولزی و در معرض مستقیم جذب آب بوده و به دلیل خاصیت آبدوستی نانو، جذب آب نمونه افزایش می یابد (Gupta and Yeh, 2010).
- ### منابع مورد استفاده
- طبرسات، ت.، ۱۳۸۱. پتانسیل های جدید صنایع سلولزی استان گلستان با استفاده از ضایعات کشاورزی. گزارش طرح تحقیقاتی سازمان صنایع و معادن استان گلستان.
- مدهوشی، م.، هاشمی خبره، م. و کامکار، ب.، ۱۳۸۷. بررسی کمی میزان پسماندهای زراعی استان گلستان در مقایسه با استان های مجاور جهت مصرف در صنعت چوب-پلاستیک آن. اولین همایش ملی تامین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور ۱۲ و ۱۳ آذر. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- نوریخس، ا.، حسین زاده، ع.، لئیاری، ا.ج.، کارگر فرد، ا.، ککتا، بهوسلاو وی. ۱۳۸۳. مقایسه اثر مواد لیگنوسلولزی در سطوح مختلف اندریدمالنیک پلی پروپیلنی (MAPP) در چند سازه های الیاف و آرد چوب/ پلی پروپیلن. مجله پژوهشی تحقیقات چوب و کاغذ ایران. جلد ۱۹. شماره ۱. صفحات ۴۹-۶۸.
- Boquillon, N., Gerard, E. and Uwe, S., 2004. Properties of wheat straw particle boards bonded with different types of resin: *Journal Wood Science*, 50. Pp. 230-235.
- Han, J.S. 1998. Properties of nonwood fibers. *Fiber Property Comparison at the TAPPI. 1998 North American Nonwood Symposium at Atananta*. 17-18.

- composite: Effect of fiber type and loading, Industrial crops and products, 26:63-72.
- Yeh Shu-Kai, Gupta Rakesh K.. 2010. Nanoclay-Reinforced, Polypropylene-Based Wood-Plastic Composites. *Polymer Engineering and Science*. DOI 10.1002/pen.21729.
- Zou, Y., Huda, S., Yang, Y., 2010. Lightweight composites from long wheat straw and polypropylene web, *Bioresource Technology*, 101: 2026-2033.
- Sanadi,A.R., Hunt, J.F., Culfied D.F., Kovacsvolgyi G. & Destree B.. 2001. High Fiber –Low Matix Composites;Kenaf Fiber/ Polypropylene. *Proceeding of The Sixth International Conference on Wood Fiber-Plastic Composites*. Forest Products Societiy, Madison, WI,Under Press.
- Simon, M.W., Stafford, K.T., Li Ou, Duan,. 2008. Nanoclay reinforcement of liquid silicone rubber. *J. Inorg Organomet Polymer*. 18. 364-373.
- Yao, F., Wu, Q., Lei, Y., Xu Y., 2008. Rice straw fiber-reinforced high-density polyethylene

The effect of lignocellulosic material and nanoclay on physical, mechanical and morphological properties of wood plastic composite

Tasooji, M.^{1*}, Nourbakhsh, A.², Kargarfard, A.² and Hosseinkhani, H.³

1*- Corresponding Author, M.Sc., Wood Science and Technology, Tehran University,
Email: mtasooji@ut.ac.ir

2- Associate Professor, Wood and Paper Science Dept. Research Institute of Forests and Rangelands

3- MSc., Wood and Paper Science Dept. Research Institute of Forests and Rangelands

Received: April, 2011

Accepted: April, 2012

Abstract

Physical and mechanical properties of wood-plastic composites produced from wheat and rice straw particles, nano-clay, polypropylene and MAPP were investigated. The amount of polypropylene and lignocellulosic materials were selected as 60 wt% and 40 wt% respectively. Nano-clay was added in three levels 0, 2 and 4 wt% and the amount of coupling agent was fixed and set to 2 wt% for all treatments except for the control. Control samples, made of polypropylene and lignocellulosic materials with neither nanoclay nor coupling agent were used. Results showed that the tensile and flexural strengths were decreased by the addition of nanoparticles. For tensile and flexural modulus, adding 2 wt% of nanoclay led to an increase in both moduli. However there was a decrease in both moduli when 4 wt% nanoclay was added. Impact strength decreased adding nanoclay. There was a decrease in 24 hour water absorption when 2 wt% of nanoclay was added but an increase was observed in 4 wt% of nanoclay level. According to the mechanical and physical properties of all the treatments, the samples made of rice straw showed better results compare to wheat straw samples due to their high amount of silica and its compatibility with nanoclay.

Keywords: Composite, nanoclay, poly propylene, wheat straw, rice straw, physical properties, mechanical properties