فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۷، شمارهٔ ٤، صفحهٔ ٦٠٥-٥٩٥، (۱۳۹۱)

اثر نانوذرات رس برخواص مکانیکی چندسازه کاه‌گندم/ پلی‌اتیلن سنگین

منصور مینایی[۱]، وحید رضا صفدری[۲*]، امیر نوربخش[۳]، ابوالفضل کارگرفرد[۳] و سینا مدیررحمتی[۱]

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

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

پست الکترونیک: vahid.safdari@kiau.ac.ir

۳- دانشیار، علوم و صنایع چوب و کاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش : مرداد ۱۳۹۱

چکیده

در این تحقیق اثر نانو ذرات رس بر خواص کاربردی فرآورده مرکب پلی‌اتیلن سنگین- کاه‌گندم مورد مطالعه قرار گرفت. ۳۵٪ کاه‌گندم به‌عنوان تقویت‌کننده، ٦۳٪ پلی‌اتیلن سنگین به‌عنوان ماده زمینه و ۲٪ انیدریدمالئیک پیوند خورده با پلی‌اتیلن سنگین (MAPE) به‌عنوان مقادیر ثابت و مقادیر مختلف ۱، ۲ و ۳٪ نانو ذرات رس به‌عنوان عوامل متغیر در این ترکیب مورد استفاده قرار گرفت. فرآورده مرکب با استفاده از روش مخلوط‌سازی Collin (تک مرحله‌ای) ساخته شد و نمونه‌های مورد بررسی و آزمونی از آن به روش قالب‌گیری تزریقی تهیه شدند. آزمون‌های مکانیکی شامل مقاومت و مدول‌کشش، مقاومت و مدول‌خمش و مقاومت به ضربه فاقدار بر روی نمونه‌های آزمونی انجام گردید. نتایج نشان داد در اثر افزودن نانو ذرات رس به ترکیب فرآورده مرکب، مقاومت‌خمشی و مقاومت‌کششی، چندسازه نسبت به نمونه بدون نانورس افزایش یافت. ولی مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه با افزودن نانوذرات رس کاهش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: نانو ذرات رس، کاه‌گندم، فرآورده مرکب، مقاومت‌خمشی، مقاومت‌کششی، مقاومت به ضربه.

مقدمه

روند تغییرات اجتماعی و اقتصادی، همراه بهبود عملکرد محصول‌های چوبی، کاربرد فناوری زیستی مناسب و همگامی با تقاضای جهانی پیرامون محصول‌های چوبی سبب رشد صعودی فشار بر صنعت فرآورده‌های جنگلی شده است. بنابراین محصول‌های جایگزینی همانند صنعت چوب پلاستیک شروع به رشد کرد (Smith *et al.*, 2006).

چندسازه‌های چوب پلاستیک (WPC) ازجمله تحول‌های منحصر به فرد در صنعت محصول‌های چوبی به‌شمار می‌روند که دستاوردهای جدیدی را از جنبه نحوهٔ فرایند تولید و نوآوری در طراحی محصول به دنبال داشته است (Roger *et al.*, 2000). کاه‌گندم نیز یکی از انواع مهم ضایعه‌های محصول‌های کشاورزی است که در کشورهای آسیایی به فراوانی یافت می‌گردد. طبق آمار سازمان جهاد کشاورزی، سالانه بالغ بر ۱۳ میلیون تن

Archive of SID

www.SID.ir

ضایعه‌های کاه‌گندم در ایران در دسترس می‌باشد که استفاده از آنها در صنایع چندسازه‌های تخریب‌پذیر به‌دلیل قیمت پایین می‌تواند دارای جذابیت‌های بالایی باشد (سرائیان و همکاران، ۱۳۸۲).

Sanadi و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقی ویژگی‌های چندسازه‌هایی با ماده زمینه پلی‌پروپیلن کم و مقدار الیاف زیاد (الیاف کنف) را مورد بررسی قرار داده و عنوان می‌کنند که مدول‌الاستیسیته چندسازه ساخته شده با ۸۰٪ الیاف از چندسازه با ٦۰٪ الیاف کمتر است. همچنین افزودن سازگارکننده (جفت‌کننده) سبب افزایش مدول‌خمشی می‌شود.

Craschi و Lopes (۲۰۰۲) تأثیر مقدار و اندازه ذرات پُرکننده 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 طول‌نسبی، تنش‌کششی، MFI و افزایش مدول‌کششی می‌شود.

Hristov و همکاران (۲۰۰٤) اثر افزودن سازگارکننده‌ها را بر خواص مکانیکی چندسازه‌های PP/ آردچوب مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ضعف خواص مکانیکی چندسازه‌های اصلاح نشده به‌علت اتصال ضعیف میان ماتریس پلیمری و الیاف چوبی است. مدول‌کششی، مقاومت‌کششی و مقاومت به ضربه با افزودن MAPP بهبود می‌یابد.

نوربخش و همکاران (۱۳۸۷) بیان کردند که مواد لیگنوسلولزی مانند الیاف چوب، کنف، کتان، ذرت، پوسته نارگیل، پوست بادام زمینی، کاه‌گندم، برنج و دیگر منابع سلولزی به‌عنوان تقویت‌کننده پلاستیک‌ها مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. ازجمله مهمترین فاکتورهای مؤثر در تولید چندسازه‌ها می‌توان به اثر عوامل سازگارکننده (جفت‌کننده)، روش تولید، مواد افزودنی، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی، درصد و نوع الیاف سلولزی، درصد و نوع پلیمر گرمانرم، شرایط پرس، ابعاد و توزیع مناسب الیاف در توده ماتریس، نوع اتصال و جهت الیاف اشاره نمود.

امروزه با ورود فناوری نانو در عرصه علم مواد، پلیمرهای تقویت شده با فاز نانو مورد توجه جوامع علمی و صنعتی واقع شده است. نانو تکنولوژی در حقیقت علمی است در رابطه با طراحی، تشخیص، تولید و کاربرد ساختارها، وسایل و سیستم‌ها از طریق کنترل شکل و اندازه ذرات در مقیاس نانو می‌باشد. تحقیقی در سال ۲۰۰۵ نشان داد که تقریباً ۲۵ درصد کل نانو چند سازه‌ها به کامپوزیت‌هایی اختصاص دارد که در آنها از نانورس استفاده شده است (Uddin, 2008).

در سال‌های اخیر کاربرد نانو ذرات در زمینه‌های مختلف گسترش یافته است و استفاده از نانوذرات در انواع چندسازه‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. استفاده از آن در چندسازه‌های الیاف طبیعی- پلیمرها مستثنی نمی‌باشد.

Wang و همکاران (۲۰۰۱) اظهار داشتند که تأثیر پُرکننده ذرات نانورس بر خصوصیات چندسازه‌ها به شکل، اندازه، ضریب ظاهری، نوع، مقدار و کیفیت پراکنده شدن ذرات و چسبندگی آنها در سطح اتصال بستگی دارد. همچنین بیان کردند که افزودن مقادیر اندک ذرات نانورس موجب بهبود خواص مکانیکی، حرارتی و ثبات ابعاد در چندسازه‌ها شده است.

Han و همکاران (۲۰۰۸) اثر اختلاط الیاف بامبو با HDPE/ نانورس را بررسی کرده و عنوان می‌کنند که در

Archive of SID

www.SID.ir

سیستم HDPE خالص هر دو مدول‌خمشی دینامیک و استاتیک افزایش می‌یابد. ولی با افزایش میزان نانورس استحکام ضربه‌ای کاهش پیدا می‌کند. نتایج پراش پرتو X-ray (XRD) داده‌هایی را نشان داد که هنگامی‌که ۱٪ نانورس به HDPE خالص و بدون MAPE اضافه شود نانورس به‌صورت ورقه ورقه درآمده است. با استفاده از MAPE خواصی مانند مقاومت‌کششی و مدول‌خمشی چندسازه‌های HDPE / الیاف بامبو بهبود می‌یابد.

کرد (۱۳۸۹) در تحقیقی تأثیر ذرات نانورس بر خواص مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک حاصل از پلی‌اتیلن سنگین- آرد چوب را بررسی کرده و دریافته است که مدول‌کششی، مقاومت‌کششی، مدول‌خمشی و مقاومت خمشی چندسازه چوب پلاستیک با افزایش مقدار ذرات نانورس افزایش یافته. امّا مقاومت به ضربه کاهش یافت.

Chowdhury و همکاران (۲۰۰٦) نتیجه گرفتند که زیادترین مقدار مقاومت‌خمشی چندسازه‌های پلیمری تقویت‌شده با پُرکننده ذرات نانورس به هنگام استفاده ۲٪ از پُرکننده حاصل گردید و نتایج تحلیل دینامیکی- مکانیکی نشان‌دهنده بهبود خواص مکانیکی- گرمایی چندسازه‌ها تحت تأثیر پُرکننده نانورس می‌باشد همچنین بیان کردند که به هنگام اضافه نمودن ذرات نانورس به مقدار ۲٪ دمای انتقال شیشه‌ای چندسازه به میزان ۹ °C افزایش می‌یابد.

Lei و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی تأثیر نانورس بر ویژگی‌های کامپوزیت‌های HDPE/ ترکیب‌های چوب را مورد بررسی قرار دادند و عنوان کردند که کاربرد ۲٪ نانورس، دمای کریستال شدگی (بلورشدگی) (TC)، میزان و سطح آن در HDPE/ ترکیب‌های کاج را کاهش داد امّا ضخامت کریستال را تغییر نداد.

Cai و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی تأثیر ماهیت نانو فیلرها روی عملکرد ترکیب‌های نانو چندسازه‌های پلیمری با چوب را مورد بررسی قرار دادند و عنوان کردند که پیشرفت‌های چشمگیر در ویژگی‌های چوب مانند سختی‌سطح، ضریب‌الاستیسیته، پایداری ابعادی و ضد آب بودن (دفع آب) با اضافه کردن ذرات نانو آب گریز سیلیکات‌آمونیوم در چوب بدست آمده‌اند. ویژگی‌های بهبود یافته چوب می‌تواند به برهم‌کنش‌های میان مرحله‌ای بهتر متیلول اوره‌ملامین اشباع شده و ذرات نانو و استحکام (مقاومت) چوب نسبت داد.

WU و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که با اضافه نمودن تنها ۲٪ ذرات نانورس به چندسازه حاصل از آرد چوب کاج و پلی‌اتیلن‌سنگین (HDPE)، مقاومت‌خمشی از ۱۹/٦٪ به ۲٤٪ و مقاومت‌کششی از ۱۱/۸٪ به ۱۳٪ افزیش می‌یابد، در صورتی که مقدار جذب آب و واکشیدگی ضخامت به میزان ۷-۵٪ کاهش می‌یابد.

مواد و روشها

پلی‌اتیلن‌سنگین: در این پژوهش، از پلی‌اتیلن‌سنگین (HDPE)، محصول شرکت پتروشیمی اراک با شاخص جریان مذاب ۱۱gr/۱۰min و چگالی ۰/۹۵٤ g/cm^3 به‌عنوان ماده زمینه پلیمری استفاده قرار گرفت.

نانوذرات رس: نانوذرات رس مورد استفاده در این تحقیق با کد $Closite^{+}$۱۵A، یک مونت مریلونیت طبیعی است.

کاه‌گندم: در این پژوهش ابتدا پس از آسیاب شدن از الک ٤۰ به ٦۰ مش عبور داده شد، در نهایت کاه‌گندمی که

Archive of SID

www.SID.ir

بر روی الک ٦٠ مش جمع شد، جمع‌آوری شده و برای این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت.

جفت‌کننده: از انیدرید مالئیک پیوند خورده با پلی‌اتیلن‌سنگین (MAPE) محصول شرکت Merck به‌عنوان عامل سازگارکننده استفاده شده است.

جدول ۱- ترکیب‌های ساخت، مواد و تیمارها

شماره تیمار	کد تیمار کاه‌گندم (٪)	پلی‌اتیلن سنگین (٪)	جفت‌کننده (٪)	نانورس (٪)
۱	35%WF63%HDPE2%MAPE	٦٣	٢	٠
٢	35%WF63%HDPE2%MAPE1%NANO	٦٣	٢	١
٣	35%WF63%HDPE2%MAPE2%NANO	٦٣	٢	٢
٤	35%WF63%HDPE2%MAPE3%NANO	٦٣	٢	٣

روش ساخت

برای کاهش زمان ساخت، تأثیر اضافه کردن مستقیم نانورس به چندسازه‌های پلی‌اتیلن سنگین/ کاه‌گندم در طی ترکیب کردن خشک متداول در ساخت چندسازه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. تمام مواد شامل نانورس/ پلی‌اتیلن سنگین/ کاه‌گندم و MAPE را با هم مخلوط کرده و همزمان درون دستگاه کولین (Collin) ریخته شد. مارپیچه‌های دستگاه کولین از نوع غیر همسوگرد و دمای بخش‌های مختلف دستگاه به‌ترتیب ١٦٥، ١٧٠، ١٧٥ و ١٨٠ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. در این دما به‌منظور جلوگیری از سوختن مواد چوبی دما در قسمت خروجی تا ١٨٠ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده و در نهایت ماده چوبی صدمه نمی‌بیند. پس از ترکیب شدن مواد درون دستگاه، مواد به‌صورت خمیری با دمای زیاد از قسمت خروجی دستگاه خارج شده و درون محفظه‌ای از آب قرار می‌گیرد تا دمای آن کاهش یابد. سپس مخلوط مواد با استفاده از دستگاه گرانول‌ساز (Wieser) به ذرات گرانول تبدیل می‌شود. سپس گرانول‌ها را درون اتو به مدت ٢٤ ساعت قرار داده تا رطوبت آنها به میزان مورد نظر برسند. در نهایت مواد گرانولی شده را درون دستگاه قالب‌گیری تزریقی (Molding injection) ریخته و عمل قالب‌گیری انجام می‌شود تا نمونه‌های مناسب برای انجام آزمایش‌های مکانیکی تهیه شوند. دستگاه قالب‌گیری تزریق دارای شرایط ساخت به شرح زیر می‌باشد: دما به‌ترتیب ١٦٠-١٧٠-١٧٥ درجه سانتی‌گراد از محفظه دستگاه تا نازل، فشار تزریق ٩٠bar، فشار بارگیری ٥٠bar و سرعت چرخش (سرعت‌بارگذاری) ٦٠rpm می‌باشد.

آنالیز شیمیایی کاه‌گندم

آنالیز شیمیایی کاه‌گندم مورد استفاده بر اساس آیین‌نامه‌های مندرج در استاندارد TAPPI و به‌شرح زیر انجام شد:

- سلولز — T٢٦٤ om-٨٨
- لیگنین نامحلول در اسید — T٢٢٢ om-٨٨
- مواد استخراجی — T٢٠٤ om-٨٨
- خاکستر — T٢١١ om-٨٨

Archive of SID

www.SID.ir

ریخت‌شناسی چندسازه‌ها

ریخت‌شناسی چندسازه‌های تولید شده با میکروسکوپ الکترونی پویشی مدل XL30 ساخت شرکت PHILIPS بررسی شد. برای این منظور سطح شکست کششی نمونه‌ها با لایه نازکی از طلا پوشش داده شد تا ضمن برخورد الکترون‌ها با سطح نمونه، بار ساکن روی آن جمع نشود.

ترکیب شیمیایی کاه‌گندم

عملکرد الیاف طبیعی مورد استفاده برای تولید چندسازه‌ها به عواملی مانند ترکیب شیمیایی، ویژگی‌های فیزیکی و برهم‌کنش ذرات در ماتریس چندسازه بستگی دارد. به‌منظور استفاده از مواد لیگنوسلولزی در چندسازه‌ها، باید اطلاعاتی در مورد ویژگی‌های آنها در دسترس باشد. جدول ۲ ترکیب شیمیایی کاه‌گندم را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی کاه‌گندم

ترکیب شیمیایی	مقدار (٪)
سلولز	۵۵/۷٦
لیگنین	۲۳/٤۲
مواد استخراجی	۵/۲۷

اندازه‌گیری خواص مکانیکی

اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی نمونه‌هایی که قبلاً تحت شرایط مشروط کردن قرار گرفته‌اند، بر اساس آیین‌نامه‌های ASTM بشرح زیر انجام شده است. پس از ساخت نمونه‌های چندسازه کاه‌گندم- پلی‌اتیلن سنگین/ نانورس از دستگاه آزمون مقاومت Instron مدل ٤٤۸٦ برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی استفاده شد. آزمون خمش‌استاتیک طبق دستورالعمل ASTM-D790، آزمون‌کشش طبق دستورالعمل ASTM-D638، مقاومت به ضربه آیزود (Izod) طبق دستورالعمل ASTM-D256 و با استفاده از دستگاه SANATAM-SIT20D انجام گرفته است.

روش آماری

در این بررسی با توجه به ترکیب مواد و سطوح مختلف از روش فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی استفاده گردید. از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncans) برای گروه‌بندی میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج

اثر ترکیب‌های ساخت فرآورده مرکب نانو ذرات رس به همراه MAPE و کاه‌گندم بر ویژگی‌های مقاومتی نمونه‌های چندسازه در شکل‌های ۱ تا ۳ نشان داده شده است. در اثر افزودن مقادیر متفاوت ذرات نانورس به ترکیب چند سازه مقاومت‌خمشی و مقاومت‌کششی، چندسازه نسبت به نمونه بدون نانورس افزایش یافت. البته در مقاومت‌خمشی، چندسازه‌های تولید شده با ۲ و ۳٪ نانوذرات رس کاهش جزئی نسبت به نمونه، با ۱٪ نانورس را شاهد هستیم. همچنین در مقاومت‌کششی، چندسازه تولید شده با ۳٪ نانوذرات رس کاهش جزئی را نسبت به نمونه‌ها با مقادیر ۱ و ۲٪ از خود نشان می‌دهد. قابل ذکر است که با وجود کاهش مقاومت در هر دو ویژگی خمشی و کششی در چندسازه‌های تولید شده با مقادیر متفاوت نانورس، چندسازه تولید شده بدون نانوذرات رس دارای کمترین میزان مقاومت نسبت به نمونه‌هایی است که درون آنها مقادیر متفاوت ذرات نانورس می‌باشد. همچنین با افزودن مقادیر متفاوت نانورس مقاومت به ضربه فاقدار کاهش یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

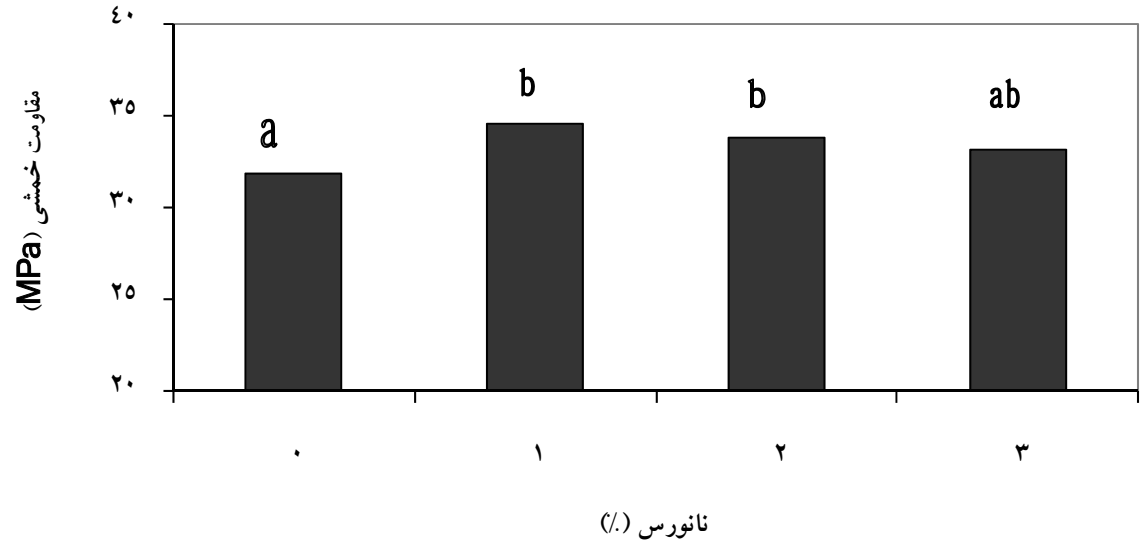
جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر میزان نانورس بر ویژگی‌های چندسازه پلی‌اتیلن سنگین/کاه‌گندم/ نانورس

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی df	میانگین مربعات	F (آماره)	سطح معنی‌داری
مقاومت‌خمشی	۱۲/۱۲۱	۳	٤/۰٤۰	٦/٤۸٥	۰/۰۱٦ **
مدول‌خمشی	۸۸٤٦۸/٦٦۷	۳	۲۹٤۸۹/٥٥٦	۱/٤۹۷	۰/۲۸۸ ns.
مقاومت‌کششی	۱۲/۹۹۰	۳	٤/۳۳۰	۱٦/۲۲۰	۰/۰۰۱ **
مدول‌کششی	۷۳٤۰۰/۹۱۷	۳	۲٤٤٦٦/۹۷۲	۱/٥٥۸	۰/۲۷۳ ns.
مقاومت به ضربه	۳۳/٤۹۲	۳	۱۱/۱٦٤	٦/۱۱٦	۰/۰۱۸ **

** در سطح ۱٪ معنی‌دار؛ ns. معنی‌دار نمی‌باشد

مقاومت خمشی

همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزودن نانو ذرات رس از ۰ به ۱٪ مقاومت‌خمشی چندسازه افزایش یافته است، در حالی که با افزودن مقادیر۲ و ۳٪ نانورس مقاومت‌خمشی چندسازه کاهش جزئی یافته است ولی کماکان از مقاومت‌خمشی چندسازه بدون نانو ذرات رس بیشتر است. بیشترین میزان مقاومت‌خمشی مربوط به نمونه ۱٪ نانوذرات رس به میزان ۳٤/٥۷ مگاپاسکال و کمترین میزان مقاومت مربوط به نمونه بدون نانورس با ۳۱/۸۲ مگاپاسکال می‌باشد. همان طور که جدول واریانس نشان می‌دهد اثر مقدار پُرکننده نانورس بر مقاومت‌خمشی چندسازه چوب پلاستیک حاصل از پلی‌اتیلن سنگین و کاه‌گندم در سطح ۱٪ معنی‌دار است.

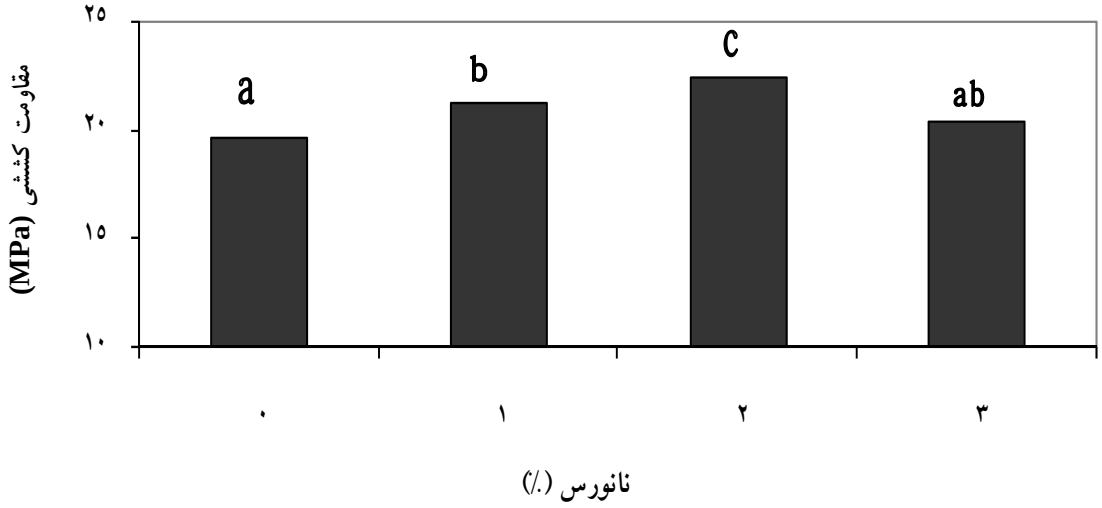


شکل ۱- تأثیر مقدار نانورس بر مقاومت‌خمشی چندسازه کاه‌گندم/ پلی‌اتیلن سنگین/ نانورس

www.SID.ir

مقاومت‌کششی

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار نانو ذرات رس از ۱ به ۲٪ مقاومت‌کششی چندسازه افزایش یافته است، در حالی که با افزودن مقدار ۳٪ نانورس مقاومت‌کششی چندسازه کاهش یافته است ولی کماکان بیشتراز مقاومت نمونه بدون نانورس می‌باشد. به طوری که بیشترین میزان مقاومت‌کششی مربوط به نمونه ۲٪ نانوذرات رس به میزان ۲۲/٤٤ مگاپاسکال و کمترین میزان مقاومت مربوط به نمونه بدون نانورس با ۱۹/٦٤ مگاپاسکال می‌باشد. همان طور که جدول واریانس نشان می‌دهد اثر مقدار پُرکننده نانورس بر مقاومت‌کششی چندسازه چوب پلاستیک حاصل از پلی‌اتیلن سنگین و کاه‌گندم در سطح ۱٪ معنی‌دار است.

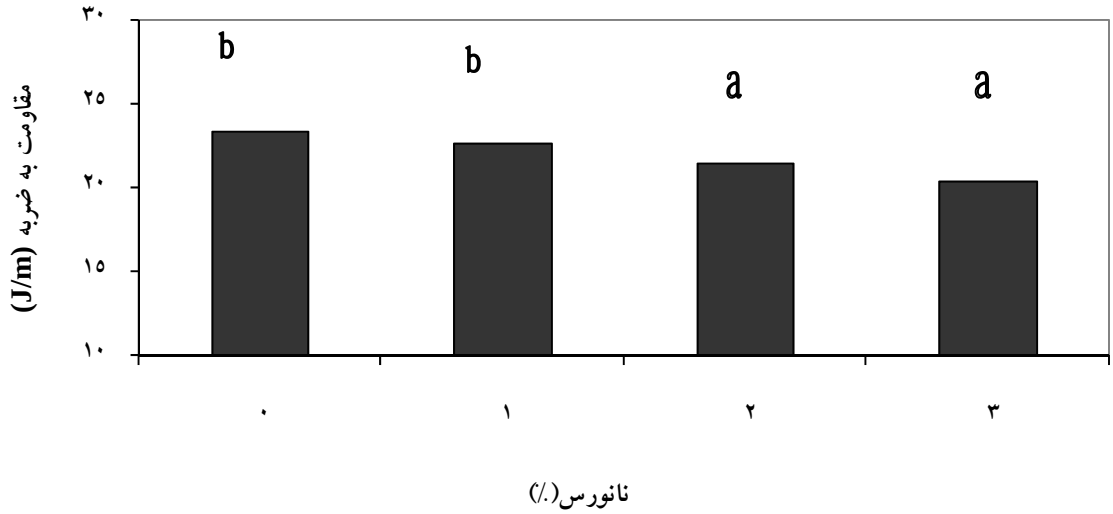


شکل ۲- تأثیر مقدار نانورس بر مقاومت‌کششی چندسازه کاه‌گندم/پلی‌اتیلن سنگین/ نانورس

مقاومت به ضربه

همان طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار نانورس از ۱ به ۳٪ مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک کاهش یافته است. به طوری که بیشترین میزان مقاومت به ضربه مربوط به نمونه بدون نانوذرات رس به میزان ۲۳/۳۳ ژول بر متر و کمترین میزان مقاومت مربوط به نمونه ۳٪ نانورس با ۲۰/۳۹ ژول بر متر می‌باشد. همان طور که جدول واریانس نشان می‌دهد، اثر مقدار پُرکننده نانورس بر مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک حاصل از پلی‌اتیلن سنگین و کاه‌گندم در سطح ۱٪ معنی‌دار است.

www.SID.ir



شکل ۳- تأثیر مقدار نانورس بر مقاومت به ضربه چندسازه کاه‌گندم/پلی‌اتیلن سنگین/ نانورس

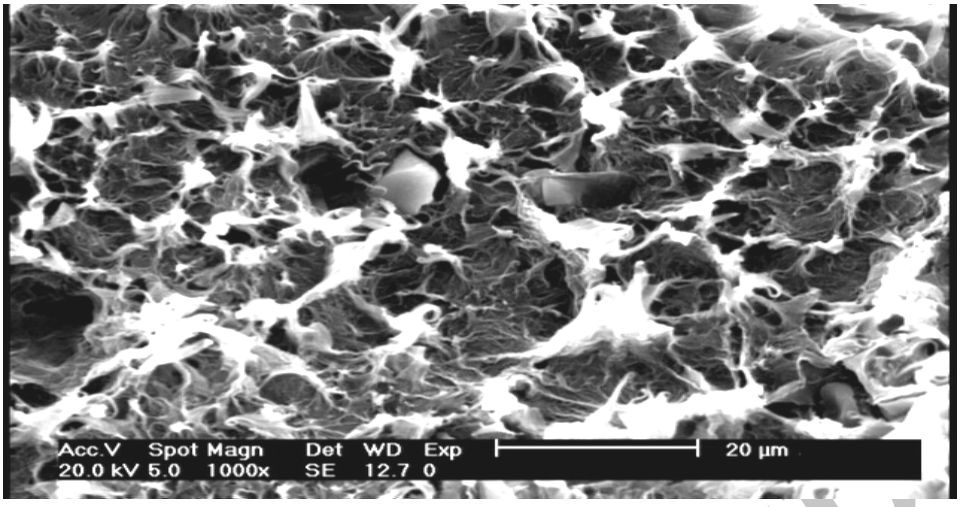
بحث

نتایج نشان می‌دهد با افزایش مقدار نانورس مقاومت‌خمشی و کششی چندسازه چوب پلاستیک حاصل از پلی‌اتیلن سنگین/ کاه‌گندم 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 که با نتایج Wu و همکاران (۲۰۰۷) و Han و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. وقتی نانورس به ترکیب چندسازه افزوده می‌شود، در نتیجه تورم لایه‌های نانورس و ایجاد چسبندگی سطحی قویتر بین پلیمر و نانورس، ویژگی مقاومتی چندسازه افزایش می‌یابد (Asif *et al.*, 2007). همچنین افزایش مقدار نانورس و وجود مرفولوژی بین لایه‌ای (Exfoliation) و درون لایه‌ای (Intercalation) در نانوچندسازه به دلیل تأثیر بین سطحی زنجیره‌های آلی و ذرات نانورس موجب افزایش مقاومت در نانوچندسازه می‌گردد (کرابی و همکاران، ۱۳۸۶). البته Yehو 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 با نانورس واکنش انجام می‌دهد؛ که با توجه به کاهش جزئی مقاومت در مقادیر بالاتر استفاده از نانوذرات رس این احتمال وجود دارد که با افزایش میزان نانورس رقابت برای جذب MAPE با سایر اجزاء افزایش یابد.

با مشاهده تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) نمونه‌های شکسته آزمون کششی در شکل‌های (٤ و ٥) مشاهده می‌گردد، که با استفاده از ۲٪ نانورس در شبکه چندسازه، پیوستگی و اتصال مناسبی (شکل ٤) نسبت به زمانی که از ۰٪ نانورس دارد، که نشان دهنده برتری محسوس آن می‌باشد. در این حالت وجود فضاهای خالی (Void) و بیرون‌زدگی (Pull-out) که در(شکل ٥) قابل رویت است احتمالاً مربوط به عدم پیوستگی و جدا شدن لایه‌های سیلیکاتی نانورس می‌باشد.

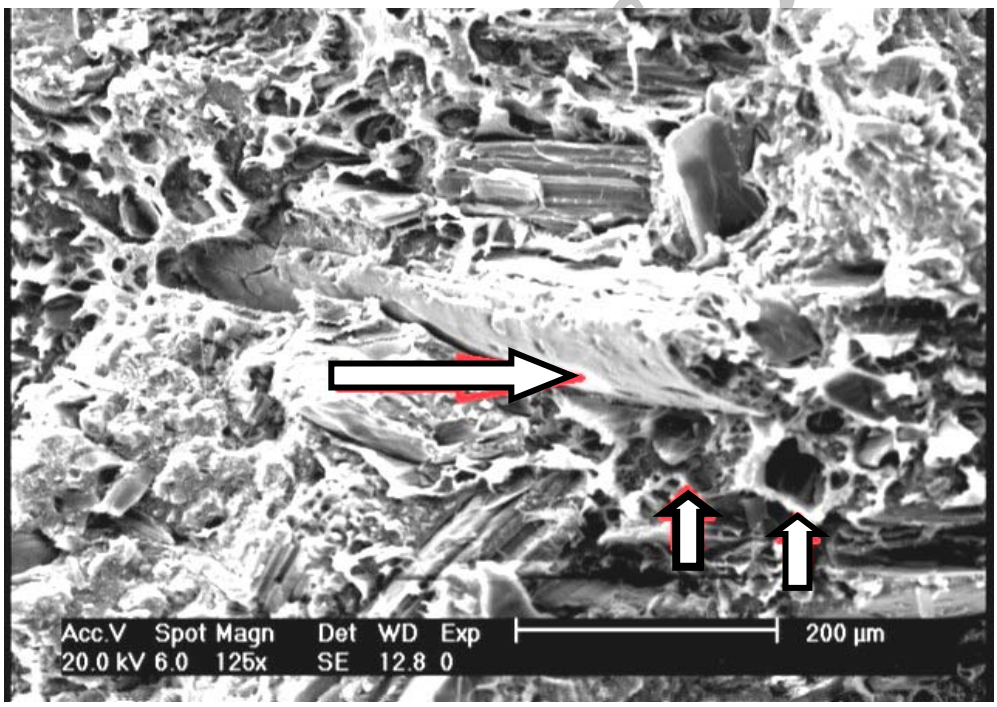
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤- ریزنگار میکروسکوپ الکترونی سطح شکست نمونه ۲٪ نانورس

(نشان‌دهنده یکنواختی در اتصال است.)



شکل ٥- ریزنگار میکروسکوپ الکترونی سطح شکست نمونه بدون نانورس

(نشان‌دهنده اتصال ضعیف می‌باشد.)

مواد پلاستیکی نظیر پلی‌اتیلن سنگین ازجمله مواد ضربه‌پذیر می‌باشند، به همین دلیل با اضافه کردن مواد دیگر به پلاستیک خالص و تغییر ماهیت آن باعث کاهش میزان مقاومت می‌شود. حتی نمونه‌هایی که درون آنها از نانورس استفاده شده است مقاومت کمتری نسبت به نمونه‌های بدون نانو از خود نشان می‌دهند. با توجه به

www.SID.ir

اینکه ذرات نانورس به‌دلیل عدم تشکیل اتصال نواحی تمرکز تنش و نقاط شروع شکست را ایجاد می‌کنند، در نتیجه با افزایش مقدار نانورس، میزان مقاومت به ضربه کامپوزیت‌ها کاهش می‌یابد، همچنین حضور نانورس انرژی جذب شده توسط کامپوزیت را افزایش می‌دهد، از این رو افزایش مقدار نانورس مناطقی را در ماتریس پلیمری به وجود می‌آورد که موجب تمرکز بیشتر تنش شده و رشد ترک را از آن ناحیه آغاز می‌کند (Han *et al.*, 2008).

منابع مورد استفاده

- سرائیان، ا.ر.، ع. ن. کریمی‌و ا. جهان لتیباری، ۱۳۸۲. ارزیابی ترکیب‌های شیمیایی کاه‌گندم (خراسان) و مقایسه این ترکیب‌های در اجزاء اصلی ساقه، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ٥٦، شماره ٤: ص ٤٤٧-٤٦٠.
- شکریه، م.، سنبلستان، م.١٣٨٦. اثر عوامل ساختاری بر خواص مکانیکی نانوکامپوزیت‌های پلیمر- خاک رس. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر. سال بیستم، شماره٢. صفحه ١٨٧-١٩٥.
- کرابی، م. قاسمی، ا. محمدی، م. ١٣٨٦. بهینه سازی و استفاده از پُرکننده های نانو در آمیزه های لاستیکی. پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی‌ایران. ص ١٩١.
- کرد، ب. ١٣٨٩. بررسی اثر ذرات نانورس بر خواص مکانیکی کامپوزیت چوب پلاستیک حاصل از پلی‌اتیلن سنگین- آرد چوب. . مجله پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران. جلد ٢٥. شماره ١. صفحات ٩١-١٠١.
- نوربخش، الف.، دوست حسینی، ک.، کارگر فرد، الف.، گلبابایی، ف. و حاجی حسنی، ر.، ١٣٨٧. بررسی تولید WPC با استفاده از ضایعه‌های کاغذ باطله OCC به روش ریزش کیک. مجله پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران. جلد٢٣. شماره ٢. صفحه ٩١-١٠١.
-ASTM annual book of standard; Testing methods .2007, Philadelphia, PA .U.S.A
-Cai,X. Riedl,B. Zhang.S.Y; Wan,H 2008.The impact pf the nature of nanofillers on the performance of wood polymer nanocomposites.Applied Science and Manufacturing.727-737
-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.
-Hristov,VN; Vasileva , ST; Krumova,M; Lach,R; Michler. 2004. Deformation mechanisms and mechanical properties of Modified polypropylene/wood fiber composites. Polymer composite,Vol25,No.5
-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
-Roger, M; Rowell; Anand, R; Sanadi; 2000. Utilization of nautral fibers in plastic composite: problems and opportunities, lignocellulosic / plastic composites. pp: 23-5
-Samal,S.K ; Nayak, S and Mohanty ,S. 2008. Pplypropylene Nanocomposites : Effect of organo-modified layered silicates on mechanical thermal and morphological performance. Journal of Thermoplastic Composite Material,Vol 8, No2,pp: 243-263
- Smith , PM; Wolcat, MP.2006. Opportunities for wood natural fiber / plastic composites in residential and industrial application . forest products journal. Vol 56, No 3,pp: 4-11
-Uddin, Faheem. 2008. Clay, Nanoclays and Montmorillonite Mineral. The Mineral, Metal & Material Society and ASM I nternational
-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
-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

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of nanoclay on mechanical properties of HDPE/wheat straw composite

Minaei, M.[1], Safteri, V.R.[2]*, Nourbakhsh, A.[3], Kargarfard, A.[3] and Moderrahmati, S.[1]

1-M.Sc., Student, Department of Wood and Paper Science, Karaj Branch Islamic Azad University, Karaj, Iran
2*-Corresponding Author, Associate Prof., Department of Wood and Paper Science, Karaj Branch Islamic Azad University, Karaj, Iran, Email: vahid.safdari@kiau.ac.ir
3- Associate Prof., Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran

Received: Sep., 2011 Accepted: July, 2012

Abstract

The effect of nanoclay particles addition to composite mixture on mechanical properties of HDPE/ wheat straw powder was studied. The composite compound was prepared using 35% wheat straw as reinforcement, 63% high-density polyethylene (HDPE) and 2% MAPP as coupling agent and different amounts of nanoclay (1%, 2% and 3%) were used. The composite compound was made using a counter-rotating twin-screw extruder and test specimens prepared by injection molding. Results showed that at higher dosages of nanoclay particles, the flexural strength and tensile strength increased. However, the addition of nanoclay particles has led to the decreased impact strength.

Key words: Nonoclay, wheat straw, composite, flexural strength, tensile strength, impact strength.

Archive of SID

www.SID.ir