

بررسی خواص مکانیکی کامپوزیت حاصل از آرد چوب نوئل، پلی پروپیلن و نانوکلی (نانورس)

حبیب الله خادمی اسلام^۱، زهرا یوسف نیا^{۲*}، اسماعیل قاسمی^۳ و محمد طلایی پور^۴

۱- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

۲- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

پست الکترونیک: z_usefnia2010@yahoo.com

۳- دانشیار گروه پلیاستیک پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران

۴- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۱

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی اثر مقدار ذرات نانورس کلویزیت ۳۰B و ماده سازگارکننده MAPP بر خصوصیات مکانیکی کامپوزیت چوب پلیاستیک آرد چوب نوئل، پلی پروپیلن و نانورس انجام شد. برای این منظور از آرد چوب نوئل در سطح ثابت ۴۰٪، ماده سازگارکننده MAPP در دو سطح ۲ و ۴٪ و نانورس کلویزیت ۳۰B در چهار سطح ۰، ۱، ۳ و ۵٪ استفاده گردید. مواد در یک مخلوطکن داخلی در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد، سرعت ۶۰ دور در دقیقه و در مدت زمان ۱۲ دقیقه با یکدیگر مخلوط شدند، و نمونه‌ها با استفاده از روش قالب‌گیری تزریقی ساخته شدند و خواص مکانیکی شامل مقاومت کششی، مقاومت خمشی و مدول خمشی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که با افزودن نانورس، مقاومت کششی، مقاومت خمشی و مدول خمشی کامپوزیت افزایش یافت. همچنین با افزودن مقدار ماده سازگارکننده MAPP از ۲ به ۴٪، مقاومت کششی، خمشی و مدول خمشی افزایش پیدا کردند. همچنین مطالعات ساختاری نانوکامپوزیت چوب پلیاستیک به روش تفرق اشعه ایکس نشان داد که توزیع ذرات نانورس در زمینه پلیمری از نوع بین لایه‌ای است، و با افزایش مقدار ذرات نانورس فاصله بین لایه‌ها افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: کامپوزیت چوب پلیاستیک، ماده سازگارکننده، نانورس، خواص مکانیکی، تفرق اشعه ایکس

مقدمه

از گذشته‌های دور انسان مواد مختلف را برای دستیابی به فراورده‌ای با خواص بهتر با هم ترکیب نموده است. یکی از این فراورده‌ها چند سازه چوب پلیاستیک است که به اختصار WPC^۱ نامیده می‌شود. این فراورده که در سال‌های

اخیر مورد توجه قرار گرفته است، مخلوطی از ذرات چوب یا مواد لیگنوسلولزی دیگر و مواد پلیمری است که ظاهری شبیه به چوب داشته، ولی بوسیله فرایندهای تولید مواد پلیاستیکی شکل می‌گیرد. در ساخت این فراورده محدوده وسیعی از پلیمرها مانند پلی پروپیلن (PP^۲)، پلی اتیلن

2 - Polypropylene

1 - Wood plastic composite

پرکننده‌های نانو مورد توجه جوامع علمی و صنعتی قرار گرفته است. از جمله این نانو ذرات می‌توان به ذرات نانورس اشاره کرد که به علت ابعاد خاص و ضریب ظاهری بالا در مقایسه با سایر پرکننده‌ها، در مقادیر بسیار اندک موجب بهبود خواص کامپوزیت‌های پلیمری می‌گردند. به همین دلیل در طی سال‌های اخیر استفاده از خاک رس اصلاح شده به‌عنوان پرکننده نانو در ساخت نانو کامپوزیت‌های پلیمری در حجم قابل توجهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، به طوری که مصرف مقادیر اندکی از آن سبب افزایش خواص مکانیکی و بهبود خواص فیزیکی می‌گردند. لی و همکاران (۲۰۰۷) نانو کامپوزیت چوب پلاستیک حاصل از آرد چوب کاج و پلی‌اتیلن سنگین بر پایه نانو سیلیکات‌های رسی را با استفاده از روش قالبگیری تزریقی تولید کردند. نتایج نشان داد که با افزایش ۱٪ نانورس، مقاومت خمشی و کششی به ترتیب در حدود ۲۰ و ۲۴٪ افزایش یافتند، همچنین مدول کششی و ازدیاد طول نیز به ترتیب ۱۱/۸٪ و ۱۳٪ روند افزایشی داشتند، ولی مقاومت به ضربه در حدود ۷٪ کاهش یافت. کانی و همکاران (۲۰۰۸) بیان داشتند که کلیه خواص مکانیکی نانو کامپوزیت پلیمری بر پایه مونتموریلونیت - پلی‌پروپیلن شامل استحکام خمشی، کششی، سختی و ضربه هنگام افزودن ۲٪ خاک رس افزایش یافتند، در حالی که مقدار بیشتر نانورس موجب کاهش این خواص گردید. آنها علت بهبود خواص را در مقادیر کمتر رس، به ضریب ظاهری بالای مونتموریلونیت و همچنین تشکیل ساختار لایه لایه‌ای و بین لایه‌ای مرتبط دانستند، در حالی که با افزایش مقدار نانورس به علت تراکم رس‌ها، خواص مکانیکی کاهش یافت. در هنگام تولید چندسازه چوب پلاستیک مشکلاتی نظیر عدم سازگاری بین پرکننده آبدوست و ماده زمینه

(PE¹)، پلی‌وینیل کلراید (PVC²) و ... همراه با پرکننده‌های سلولزی نظیر آرد و الیاف چوب، مواد لیگنوسلولزی مانند کتان، کنف، بامبو، کاه و کلش و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. طبق آمار منتشر شده بیشترین پلیمرهای مصرفی از نوع پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن بوده، به طوری که در سال ۲۰۱۰ در مجموع ۹۵٪ از پلیمرهای مصرفی را شامل شده‌اند. با وجود معایبی نظیر جذب آب بدلیل خاصیت آبدوستی الیاف سلولزی، محدودیت دمای فراورش بدلیل تخریب حرارتی مواد چوبی، کاهش میزان به‌کارگیری الیاف بدلیل بالا رفتن درجه روانی و مقاومت به ضربه پایین‌تر آنها نسبت به پلاستیک باید به مزایای قابل توجه این محصول اشاره کرد. قیمت پایین، دانسیته کم، قابلیت پُرکنندگی زیاد، دسترسی به انواع گوناگونی از الیاف در سرتاسر جهان، قابلیت تخریب بیولوژیکی در طبیعت، ضریب انبساط حرارتی کم، تجدیدشوندگی، عدم سایش ماشین‌آلات و عدم تولید مواد سمی بعد از سوختن، از مزایای الیاف پُرکننده‌های طبیعی نسبت به پُرکننده‌های معدنی (رس، تالک، آهک و ...) و الیاف مصنوعی (شیشه، کربن و ...) می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های بسیار خوب مواد مرکب چوب پلاستیک، این مواد می‌توانند به راحتی در بیشتر موارد جایگزین تولیدات چوبی و پلاستیکی شوند. صنایع خودروسازی، دیوار و سقف کاذب، پروفیل در و پنجره، کفپوش داخلی و خارجی ساختمان، پوشش‌های ضد صدا، مبلمان شهری و خانگی، کابینت آشپزخانه، نرده، پرچین، پوشش سقف، پروفیل‌های صنعتی و ساختمانی و قسمت‌های داخلی اتومبیل بخش‌های اصلی هستند که این محصولات می‌توانند در آنها به‌کار روند. امروزه با ورود فناوری نانو در عرصه علم مواد، پلیمرهای تقویت شده با

1 - Polyethylene
2- Polyvinilchloride

عامل سازگارکننده، و آرد چوب نوئل و پودر نانورس تولید شده توسط شرکت Southern clay آمریکا با نام تجاری Closite 30B استفاده شده است.

فرایند اختلاط

به منظور بررسی اثر مقدار نانورس Closite 30B و سازگارکننده MAPP بر خواص کامپوزیت چوب پلاستیک، آرد چوب نوئل در سطح ثابت ۰.۴٪، پلی پروپیلن در سطح ۰.۶٪، نانورس در چهار سطح ۰، ۱، ۳ و ۵٪ و سازگارکننده در دو سطح ۲ و ۴٪ مورد استفاده قرار گرفتند که مجموعاً ۸ تیمار بدست آمد (جدول ۱). فرایند اختلاط مواد با دستگاه مخلوطکن داخلی (Hakke) در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران با دمای اختلاط ۱۸۰ درجه سانتی گراد، سرعت اختلاط ۶۰ دور در دقیقه انجام شد، بعد از اختلاط مواد، چندسازه بی شکل تولید شده، که پس از سرد شدن دوباره آسیاب و به دستگاه قالب گیری تزریقی (Injection Molding) منتقل شده و این دستگاه پس از ذوب مجدد، ماده مذاب را به درون قالب هایی تزریق نموده و نمونه های مورد نظر تهیه شدند.

اندازه گیری خواص مکانیکی

آزمون خمش مطابق استاندارد ASTM D 474 و آزمون کشش مطابق استاندارد ASTM D ۶۳۸، با سه تکرار اندازه گیری شدند.

آزمون تفرق اشعه X (XRD)

پراش پرتو اشعه X، امکان شناخت نوع ساختار لایه - لایه ای و بین لایه ای نانو ذرات رس در نانوکامپوزیت های پلیمری و چگونگی توزیع نانورس را در زمینه پلیمری

(پلاستیک) آب گریز و دشواری توزیع یکنواخت این پرکننده ها در پلاستیک بوجود می آید، که جهت برطرف کردن این مشکلات از عوامل سازگارکننده استفاده می شود. مقدار مصرف جفت کننده ها معمولاً بین ۳-۱ درصد وزن کل کامپوزیت می باشد. افزایش جفت کننده ها تا حد معینی منجر به بهبود خواص مکانیکی می شود و بعد از آن، با افزایش مقدار جفت کننده، خواص ثابت مانده و یا کاهش می یابد. از این رو مقدار اضافی جفت کننده به جای اینکه تقویت کننده چسبندگی باشد به عنوان یک عامل بازدارنده عمل می کند. مطالعات ایچازو و همکاران (۲۰۰۱) تأییدکننده اثر مثبت ماده جفت کننده بر چسبندگی الیاف به ماتریس از طریق پیوند گروه های هیدروکسیل مواد لیگنوسلولزی و گروه های انیدرید و ماده جفت کننده می باشد. Arbelaiz و همکاران (۲۰۰۵) اثر الیاف و اصلاح ماتریس بر خواص مکانیکی و جذب آب چندسازه های الیاف کتان- پلی پروپیلن را بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از MAPP به عنوان جفت کننده، خواص مکانیکی را بهبود بخشید و سرعت جذب آب به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافت. بعد از دوره طولانی غوطه وری در آب خواص مکانیکی به طور واضحی کاهش یافت.

مواد و روشها

مواد

در این تحقیق از پلی پروپیلن تولید شده توسط شرکت پتروشیمی اراک با شاخص جریان مذاب ۱۸ g/10min و چگالی ۰/۹ g/cm³ با نام تجاری Moplen V30S به عنوان ماده پلیمری، از انیدرید مالئیک پیوند شده با پلی پروپیلن از محصولات شرکت پتروشیمی اراک، با شاخص جریان مذاب ۶۴ g/10min و نام تجاری Priex 20070 به عنوان

محاسبات آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excell و Spss 17 انجام شد، و از تکنیک تجزیه واریانس در سطح اطمینان ۹۵٪ و آزمون دانکن برای گروه‌بندی میانگین‌ها استفاده گردید.

فراهم می‌کند. در این تحقیق پراکنش اشعه X توسط دستگاه XRD و با زاویه پراش (2θ) در دامنه ۱۰-۰ انجام شد. نمونه‌ها به صورت ورقه‌ای با ابعاد $2 \times 2 \times 0.2 \text{ mm}^3$ برای انجام آزمون تهیه شدند.

جدول ۱- درصد اجزای تشکیل دهنده کامپوزیت چوب پلاستیک در تیمارهای مختلف

شماره تیمار	کد تیمار	پلی پروپیلن (%)	آرد چوب (%)	سازگارکننده (%)	نانورس (%)
۱	40%WF ⁵ /2%MAPP ⁶ /58%PP	۵۸	۴۰	۲	۰
۲	39%WF/1%N/2%MAPP/58%PP	۵۸	۳۹	۲	۱
۳	37%WF/3%N/2%MAPP/58%PP	۵۸	۳۷	۲	۳
۴	35%WF/5%N/2%MAPP/58%PP	۵۸	۳۵	۲	۵
۵	40%WF/4%MAPP/56%PP	۵۶	۴۰	۴	۰
۶	39%WF/1%N/4%MAPP/56%PP	۵۶	۳۹	۴	۱
۷	37%WF/3%N/4%MAPP/56%PP	۵۶	۳۷	۴	۳
۸	35%WF/5%N/4%MAPP/56%PP	۵۶	۳۵	۴	۵

نتایج

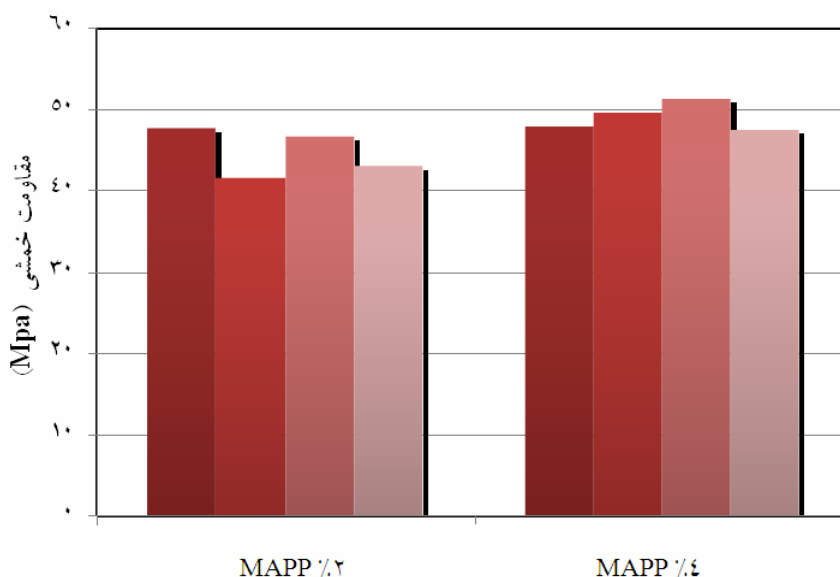
خواص مکانیکی

خواص مکانیکی کامپوزیت آرد نوئل، پلی پروپیلن و نانورس شامل: خمش (مقاومت خمشی و مدول خمشی) و کشش (مقاومت کششی) مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مشخص شدن تأثیر درصد میزان نانو و ماده سازگارکننده بر مقاومت‌ها و مدول، با بکارگیری روش تجزیه واریانس و تعیین سطح معنی داری ۰.۰۵ (سطح اطمینان ۹۵٪)، اثر عوامل متغیر مورد بررسی قرار گرفت.

- مقاومت خمشی (MOR)

- اثر مستقل سازگارکننده بر مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک

نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر مستقل سازگارکننده بر مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک در سطح اطمینان ۹۵٪ (سطح معنی داری ۰.۰۵) دارای اختلاف معنی داری است. همان طوری که در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار سازگارکننده از ۲ به ۴٪، مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک افزایش یافت.



شکل ۱- اثر مستقل سازگارکننده بر مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل نانورس و سازگارکننده

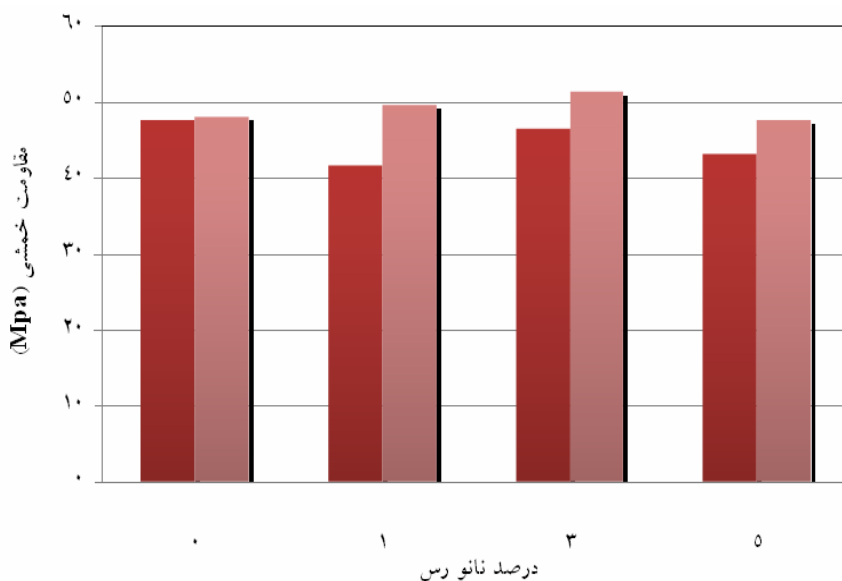
بر مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
نانو	۳	۵۶/۴۱۲	۳/۹۶۳	۰/۰۲۷
MAPP	۱	۱۱۴/۲۷۶	۲/۴۰E1	۰/۰۰۰
نانو×MAPP	۳	۴۵/۰۸۶	۳/۱۶۷	۰/۰۵۳
خطا	۱۶	۷۵/۹۲۲	-	-
کل	۲۴	۵۳۱۵۰/۸۳۲		

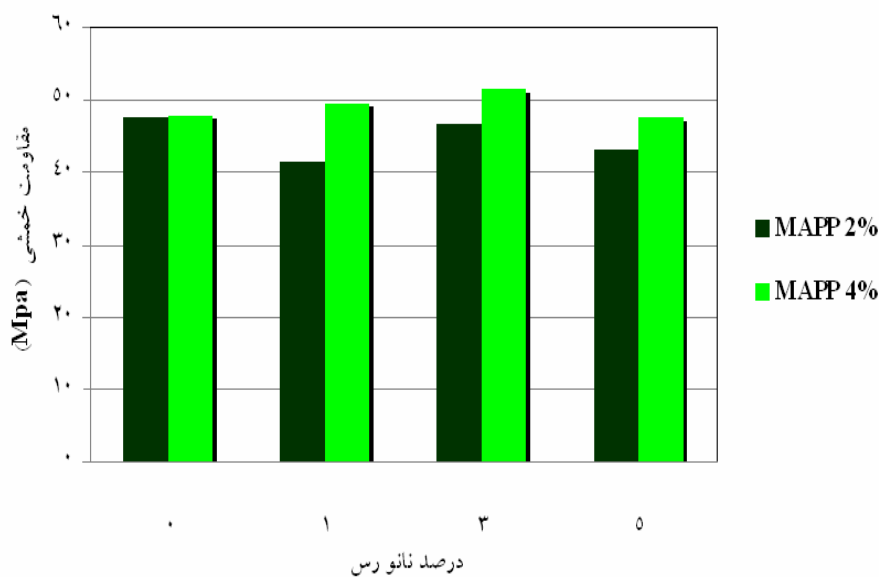
اثر مستقل نانورس بر مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مستقل نانورس بر مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک در سطح اطمینان ۹۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول

۳). همانطوریکه در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار نانورس از ۰ تا ۱٪، مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک کاهش می‌یابد، با افزودن ۳٪ نانورس مقاومت خمشی افزایش یافته، سپس با افزودن مقدار ۵٪ نانورس کاهش یافت.



شکل ۲- اثر مستقل نانورس بر مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک



شکل ۳- اثر متقابل سازگارکننده و نانورس بر مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک

– اثر متقابل سازگارکننده و نانورس بر مقاومت خمشی

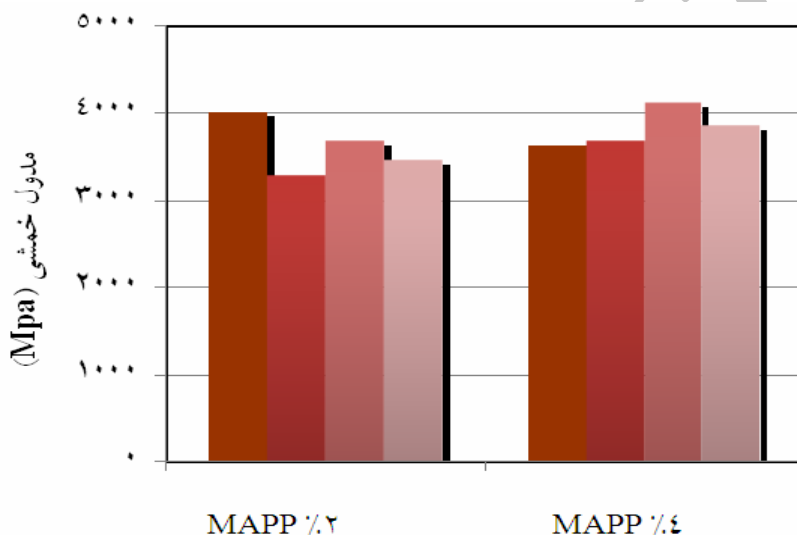
کامپوزیت چوب پلاستیک

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر متقابل آرد چوب و نانورس بر مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک در سطح اطمینان ۹۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشد. همانطوریکه در شکل ۴ مشاهده می‌شود، بالاترین مقدار مقاومت خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک مربوط به استفاده از ۳٪ نانورس و ۴٪ سازگارکننده می‌باشد.

مدول خمشی (Bending Module)

اثر مستقل سازگارکننده بر مدول خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مستقل سازگارکننده بر مدول خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار است (جدول ۳). همانطوریکه در شکل ۴ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار سازگارکننده از ۲ به ۴٪، مدول خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک کاهش یافت.



شکل ۴- اثر مستقل سازگارکننده بر مدول خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل نانورس و سازگارکننده بر مدول خمشی

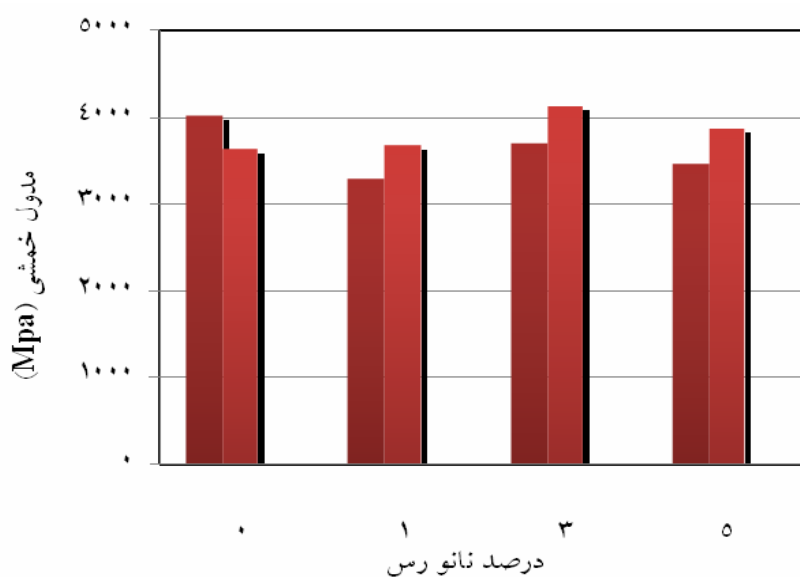
کامپوزیت چوب پلاستیک

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
نانو	۳	۶۴۱۷۷۱/۰	۴/۴E0	۰/۰۱۹
MAPP	۱	۲۷۰۵۱۲/۶۶۷	۵/۶E	۰/۰۳۱
نانو×MAPP	۳	۶۸۷۶۲۰/۳۳۳	۴/۷E	۰/۰۱۵
خطا	۱۶	۷۶۸۹۶۷/۳۳۳	۴/۸۰۶E4	
کل	۲۴	۳/۳۳۶E8		

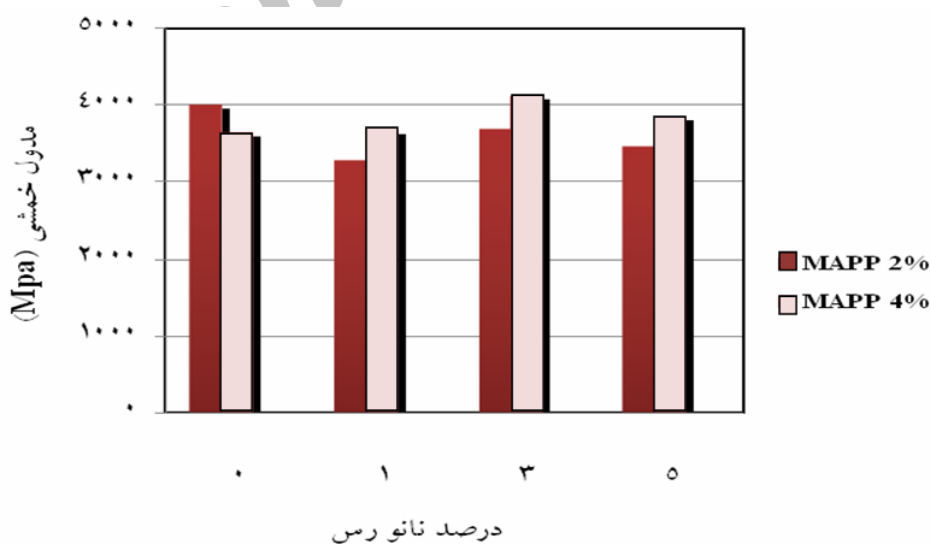
(جدول ۳). همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار نانورس از ۰ به ۱٪، مدول خمشی کاهش یافت، به طوری که با افزودن مقدار ۳٪ نانورس افزایش یافته، سپس با افزودن مقدار ۵٪ نانورس، مقدار مدول خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک کاهش یافت.

اثر مستقل نانورس بر مدول خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مستقل نانورس بر مدول خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک در سطح اطمینان ۹۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری است



شکل ۵- اثر مستقل نانورس بر مدول خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک



شکل ۶- اثر متقابل نانورس و سازگارکننده بر مدول خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک

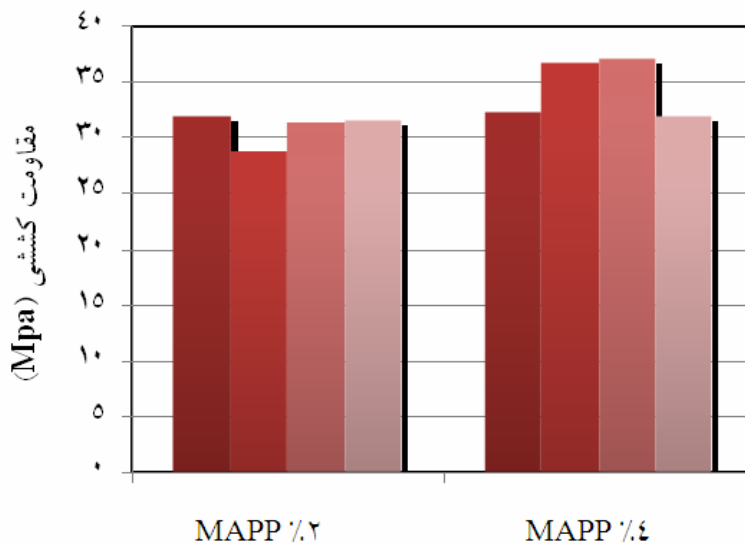
اثر متقابل نانورس و سازگارکننده بر مدول خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر متقابل نانورس و سازگارکننده بر مدول خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک در سطح اطمینان ۹۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری است (جدول ۳). همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، بالاترین مقدار مدول خمشی مربوط به استفاده از ۳٪ نانورس و ۴٪ سازگارکننده می‌باشد.

مقاومت کششی (Tensile strength)

اثر مستقل سازگارکننده بر مقاومت کششی کامپوزیت چوب پلاستیک

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مستقل سازگارکننده بر مقاومت کششی کامپوزیت چوب پلاستیک در سطح اطمینان ۹۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری است (جدول ۴). همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار سازگارکننده از ۲ به ۴٪، مقاومت کششی کامپوزیت چوب پلاستیک افزایش یافت.



شکل ۷- اثر مستقل سازگارکننده بر مقاومت کششی کامپوزیت چوب پلاستیک

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل نانورس و سازگارکننده بر مقاومت کششی

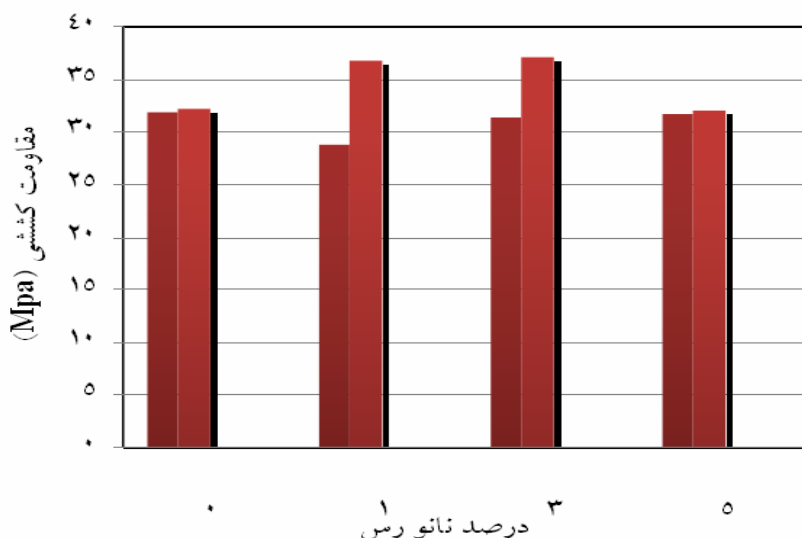
کامپوزیت چوب پلاستیک

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
نانو	۳	۲۱/۹۷۷	۱/۳۹۷	۰/۲۸۰
MAPP	۱	۷۸/۳۷۳	۱/۴۹E1	۰/۰۰۱
نانو×MAPP	۳	۶۷/۳۴۵	۴/۲۸۲	۰/۰۲۱
خطا	۱۶	۸۳/۸۷۳	۵/۲۴۲	
کل	۲۴	۲۵۸۹۵/۵۶۵		

شود با افزایش مقدار نانورس تا ۳٪، مقاومت کششی افزایش یافته، سپس با افزودن مقدار ۵٪ نانورس مقدار مقاومت کششی کامپوزیت چوب پلاستیک کاهش یافت. البته کمترین مقدار مقاومت کششی مربوط به استفاده از ۵٪ نانورس و بیشترین مقدار مربوط به استفاده از ۳٪ نانورس می‌باشد.

- اثر مستقل نانورس بر مقاومت کششی کامپوزیت چوب پلاستیک

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مستقل نانورس بر مقاومت کششی کامپوزیت چوب پلاستیک در سطح اطمینان ۹۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشد (جدول ۴). همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌



شکل ۸- اثر مستقل نانورس بر مقاومت کششی کامپوزیت چوب پلاستیک

مطالعه ساختاری

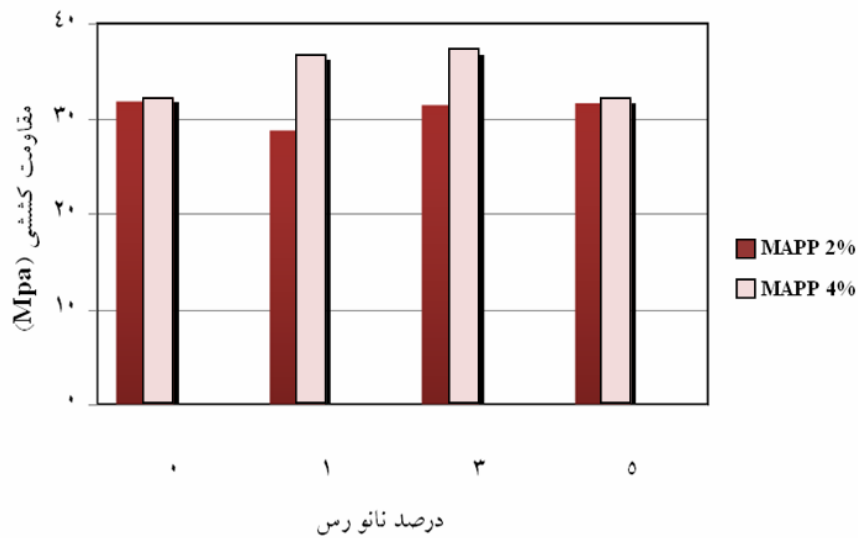
مطالعه ساختاری توسط آزمون تفرق اشعه X

نتایج طیف‌های پراش اشعه X کامپوزیت چوب پلاستیک ساخته شده در این تحقیق نشان داد که ساختار نانوکامپوزیت تشکیل شده از نوع بین لایه‌ای (Intercalation) می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که به هنگام استفاده از پرکننده نانورس تا ۳٪، فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی ذرات نانورس افزایش یافته و با افزایش نانورس تا ۵٪، فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی رس کاهش می‌یابد.

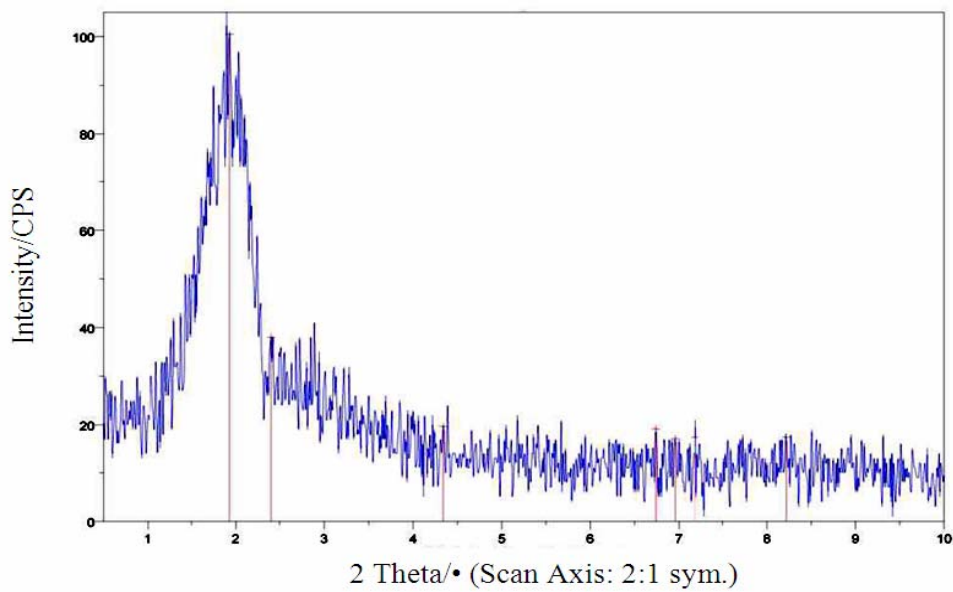
اثر متقابل نانورس و سازگارکننده بر مقاومت کششی

کامپوزیت چوب پلاستیک

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر متقابل نانورس و سازگارکننده بر مقاومت کششی کامپوزیت چوب پلاستیک در سطح ۹۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری است (جدول ۴). همانطور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، بالاترین مقدار مقاومت کششی مربوط به استفاده از ۳٪ نانورس و ۴٪ سازگارکننده و کمترین مقدار مقاومت کششی مربوط به استفاده از ۱٪ نانورس و ۲٪ سازگارکننده می‌باشد.



شکل ۹- اثر متقابل نانورس و سازگارکننده بر مقاومت کششی کامپوزیت چوب پلاستیک



شکل ۱۰- طیف اشعه X نانوکامپوزیت چوب پلاستیک با ۱٪ نانورس و ۲٪ MAPP

درجه نشان داده شده است. قله نمایان شده در طیف مربوط به ناحیه بلوری نانورس می‌باشد که کاملاً از بین نرفته است، و نشان‌دهنده ساختار بین لایه‌ای (Intercalation) در نانوکامپوزیت چوب پلاستیک

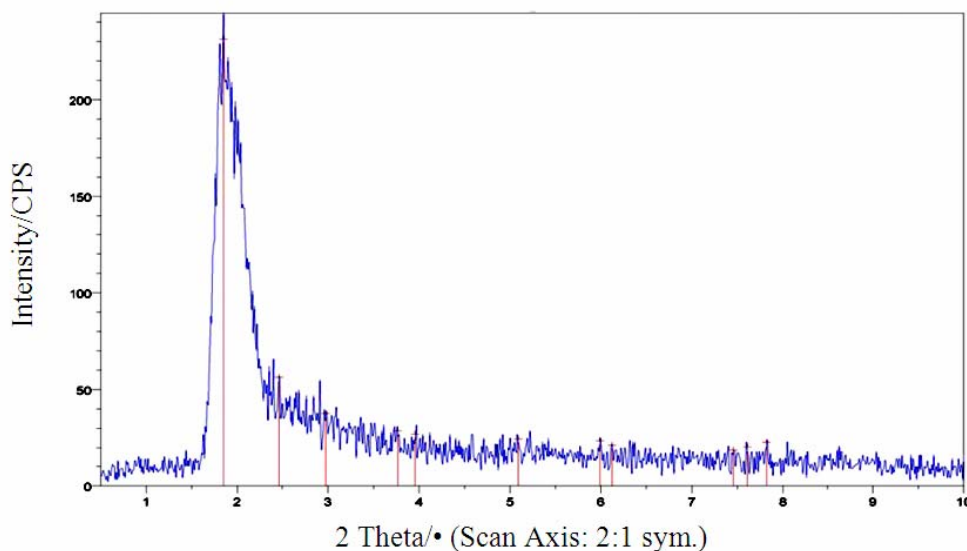
طیف اشعه X نانوکامپوزیت چوب پلاستیک با ۱٪ نانورس و ۲٪ MAPP در شکل ۱۰ طیف تفرق اشعه X نانوکامپوزیت چوب پلاستیک با ۱٪ نانورس و ۲٪ MAPP در زاویه ۱۰-۰

طیف اشعه X نانوکامپوزیت چوب پلاستیک با ۳٪

نانورس و ۲٪ MAPP

در شکل ۱۱ طیف پراش اشعه X نانوکامپوزیت چوب پلاستیک با ۳٪ نانورس و ۲٪ MAPP در زاویه ۰-۱۰ درجه نشان داده شده است. پیک تفرق اشعه X نانورس کلویزیت B ۳۰ در زاویه $2\theta=1.85$ مشاهده می‌شود. فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی رس در این زاویه $dA1=47.68$ آنگستروم می‌باشد، و نشان می‌دهد که فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی رس با افزایش نانورس تا ۳٪، افزایش یافته است.

می‌باشد. در ساختار بین لایه‌های ازهم گسیختگی کامل لایه‌های رس رخ نمی‌دهد، در حالی که اگر در پراش اشعه X پیک یا قله مشاهده نشود، دلالت بر پراکنش نانورس از نوع لایه لایه‌ای و متلاشی شدن ساختار بلوری رس دارد. پیک تفرق اشعه X نانورس کلویزیت B ۳۰ در این طیف در زاویه $2\theta=1.93$ مشاهده می‌شود، فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی رس در این زاویه $dA1=45.69$ آنگستروم می‌باشد.



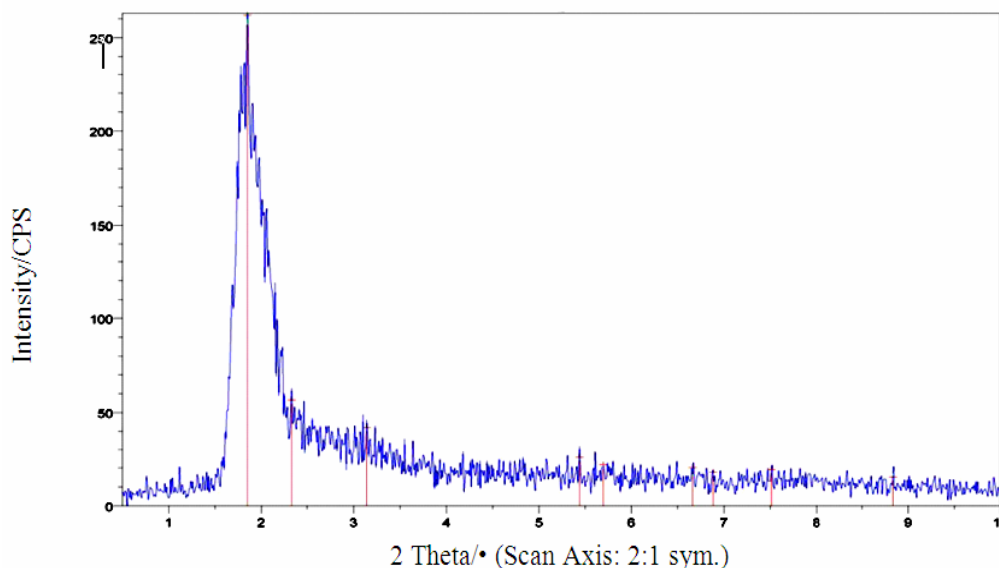
شکل ۱۱- طیف اشعه X نانوکامپوزیت چوب پلاستیک با ۳٪ نانورس و ۲٪ MAPP

لایه‌های سیلیکاتی رس در این زاویه $dA1=47.67$ آنگستروم می‌باشد. در این طیف فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی رس با افزایش نانورس تا ۵٪، کاهش یافته است.

طیف اشعه X نانوکامپوزیت چوب پلاستیک با ۵٪

نانورس و ۲٪ MAPP

در شکل ۱۲، پیک تفرق اشعه X نانورس کلویزیت B ۳۰ در زاویه $2\theta=1.85$ مشاهده می‌شود و فاصله بین



شکل ۱۲- طیف اشعه X نانوکامپوزیت چوب پلاستیک با ۰.۵٪ نانورس و ۲٪ MAPP

بحث

در این تحقیق تأثیر ذرات نانورس کلویزیت $30B$ و سازگارکننده MAPP بر خصوصیات مکانیکی کامپوزیت چوب پلاستیک پلی پروپیلن و آرد چوب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که:

۱- افزایش میزان مدول در نانوکامپوزیت‌های رسی به طور مستقیم به طول متوسط ذرات رس و در نتیجه نسبت ابعادی آنها وابسته است. همچنین عوامل ساختاری مختلفی نظیر نسبت حجمی، ضریب ظاهری نانورس، فاصله بین ذرات و مقدار درهم‌رفتگی ذرات نانورس نیز بر خواص مکانیکی نانوکامپوزیت‌های پلیمرخاک رس تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارند. همچنین اختلاف بین میزان متورق شدن لایه‌ها و تشکیل ساختار لایه‌لایه‌ای تأثیر شدیدی بر مدول نانوکامپوزیت حاصل دارد. علاوه بر این، درصد خاک رس در نانوکامپوزیت‌ها نقش بسزایی ایفا می‌کند (Zhao et al., 2006) معمولاً با افزایش درصد رس ساختمان‌های جدید درهم‌رفته و بعد توده‌های رس

در نانوکامپوزیت تشکیل می‌شوند، زیرا ذرات نانورس بدلیل تشکیل اتصال قوی با ماتریس پلیمر موجب افزایش مدول در کامپوزیت می‌گردند، البته پس از حد مشخصی روند افزایشی خواص با افزایش درصد رس کند و گاهی معکوس می‌شود (Samel et al, 2008). به این دلیل با افزایش مقدار نانورس مدول خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک پلی پروپیلن- آرد چوب افزایش یافته است، که با نتایج بدست آمده توسط هان و همکاران (۲۰۰۸)، وان و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد.

۲- افزایش مقدار نانورس و وجود مرفولوژی بین لایه‌ای و لایه‌لایه‌ای در نانوکامپوزیت بدلیل تأثیر بین سطحی زنجیره‌های آلی و ذرات نانورس و نیز جهت-یافتگی ذرات سیلیکات لایه‌ای موجب افزایش مقاومت در نانوکامپوزیت می‌گردد. همچنین غیرهمگونی و نسبت بالای سطح به حجم نانورس با مواد آلی در قابلیت تقویت‌کنندگی بالای ذرات نانورس سهیم است، و به این صورت عمل می‌شود که ذرات نانورس به‌عنوان

۵- مطالعات ساختاری نانوکامپوزیت چوب پلاستیک به روش پراش اشعه X نشان داد که توزیع نانورس در زمینه پلیمری از نوع ساختار بین لایه‌ای است و با افزایش مقدار ذرات نانورس فاصله بین لایه‌ها افزایش می‌یابد.

منابع مورد استفاده

- آزاد، فتنه. فائزی پور، مهدی. تجویدی، مهدی. ۱۳۸۸. اثر عامل سازگارکننده پلی پروپیلن جفت شده با مالئیک انیدرید (MAPP) بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی ماده مرکب آرد نی- پلی پروپیلن. فصلنامه علمی-پژوهشی علوم چوب و کاغذ ایران. جلد ۲۴. شماره ۲. صفحه ۲۴۳-۲۳۲
- کرد، بهزاد. ۱۳۸۹. بررسی خواص مکانیکی حاصل از پلی اتیلن سنگین-آرد چوب. فصلنامه علمی-پژوهشی علوم چوب و کاغذ ایران. جلد ۲۵. شماره ۱. صفحه ۱۰۱-۹۱
- کرد، بهزاد. ۱۳۸۷. بررسی خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و ریخت شناسی کامپوزیت هیبرید آرد چوب-پلی پروپیلن و نانو فیلر. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- مهدی نیا، میثم. ۱۳۹۰. بررسی اثر مقدار و شکل هندسی ذرات ساقه سویا بر روی ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی چند سازه الیاف طبیعی/پلاستیک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- Asif, A., Roa, L.V. and Ninan, K.N. 2007. Hydroxyl terminated poly (ether ether keton) with pendant methyl group-toughened epoxy ternary nanocomposites: preparation, morphology and thermomechanical properties. Journal Applied polymer science (103), 3793-3799pp
- Arbelaz, A., B., Fernandez, G., Cantero, R., Iliano pote, A., valea, and I., Mondragon. 2005 mechanical properties of short flax fiber bundle/ polypropylene composites. Influence of matrix/ fiber modification, fiber content, water uptake and recycling. Journal of composites science and technology 65: 1582-159
- Bledzki AK, Reihmane S, Gassan J., 1998. Thermoplastics reinforced with wood fillers: a literature review. Polym Plast Technol En.g; 37(4): 451-68
- Espert, A., Vilaplana, F. and Karlsson S., 2004. Comparison of water absorption in natural cellulosic fibers from wood and one-year crops in

تقویت‌کننده موجب می‌شوند سطح مشترک بین دو فاز افزایش پیدا کند (Wu et al., 2007). از طرفی با افزودن خاک رس در نتیجه تورم لایه‌های رس و ایجاد چسبندگی قوی بین پلیمر و خاک رس، مقاومت کامپوزیت افزایش می‌یابد (Asif et al., 2007). بنابراین به این دلیل با افزایش مقدار نانورس مقاومت کششی و خمشی کامپوزیت چوب پلاستیک افزایش می‌یابد.

۳- افزودن عامل سازگارکننده ضمن بهبود اتصال در سطح مشترک بین ذرات پُرکننده و ماده زمینه، سبب توزیع مناسب‌تر ذرات پُرکننده در ماتریس پلیمری شده و در نتیجه مدول خمشی نمونه‌ها را افزایش می‌دهد.

۴- افزایش درصد مقدار عامل سازگارکننده باعث افزایش تقویت فصل مشترک بین دو فاز الیاف سلولزی و پلیمری کامپوزیت‌ها می‌گردد و سبب بالا رفتن مقاومت کششی، خمشی و مدول خمشی می‌گردد. به عبارت دیگر استفاده از عامل سازگارکننده سبب ایجاد ساختاری همگن‌تر در ماده مرکب می‌گردد. و هرچه ساختار ماده همگن‌تر باشد، توزیع تنش در هنگام وارد کردن بار استاتیکی بهبود یافته و تمرکز تنش در ناحیه‌ای از محصول کمتر اتفاق خواهد افتاد، در نتیجه ظرفیت تحمل تنش و مقاومت خمشی افزایش می‌یابد. در مورد اثر بهبوددهندگی عامل سازگارکننده روی مقاومت کششی نمونه‌ها، جهت انتقال مؤثر تنش و نیز توزیع مناسب بار، وجود یک اتصال قوی در سطح مشترک دو فاز لازم است. بدون سازگارکننده ذرات پُرکننده به صورت اجزایی مجزا با اتصال‌های ضعیف درون ماده زمینه حضور دارند و بنابراین نمی‌توانند به صورت مؤثر در توزیع تنش وارده به ماده مرکب شرکت نمایند. Rowell et al., Lu et al., 1995, 2000 نیز در این زمینه به نتایج مشابهی دست یافتند.

- An TEC, 95(2). Materials, Boston, Massachusetts, USA, 1437p. 7-11 May.
- Rowell, MR; Lange, SE and Jacobson, RE. 2000. Weathering performance of plant-fiber thermoplastic composites. *Mol. Cryst. And Liq*, 353(2): 85-94
 - Samal, S.K., Nayak, S. and Mohanty, S. 2008. Polypropylene Nanocomposites: Effect of organo-modified layered silicates on mechanical, thermal and morphological performance. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, Vol 8, No 2, 243-263pp.
 - Sanadi, A. R., Caulfield, D. F., Rowell, R.M. 1994. Reinforcing polypropylene with natural fiber. *Plastic Engineering*. Vol. 1. No. 4. PP: 27-28.
 - Wan, L., K, Wang., L, Chen., Y, Zhang., C, He. 2005. Preparation, morphology and thermal/ mechanical properties of epoxy/ nanoclay composite.
 - 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.
 - Zhao, Y., Wang, K., Zhu, F., Xue, P. and Jia, M. 2006. Properties of poly(vinylchloride)/woodflour/montmorillonite composites: Effects of coupling agents and layered silicate. *Journal of Polymer Degradation and Stability*, Vol 91, 2874-2883pp.
 - polypropylene composites and its influence on their mechanical properties. *Composites: Part A* 35(2004):1267-1276
 - 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. *Journal of Polymer Environment*, Vol 21, 1567-1582pp
 - Ichazo, M.N, Albano, C., Gonzalez, J., Perera, R., Candal, M.V. (2001) Polypropylene/wood flour composites: treatments and properties. *Composites Structure* 54: 207-214
 - Kanny. K., K.Moodley, V.K. 2007. Characterization of polypropylene nanocomposite structures. *Journal of Engineering Materials and Technology*, Vol 29, 105-112pp
 - Kuang, Xuan., Kuang, Rui., Zheng, Xiaodong., and Wang, Zhiling. 2010. Mechanical properties and size stability of wheat straw and recycled LDPE composites coupled by waterborne coupling agents. *Carbohydrate polymers*. 80; 927-933
 - Kociszewski, M., Gozdecki, C., nski, A., Zajchowski, and S., Mirowski, J. 2010. Effect of industrial wood particle size on mechanical properties of wood-polyvinyl chloride composites. *Euro. J. Wood Prod*
 - Lu, M; Collier, JR and Collier BJ., 1995. Improving mechanical properties of polyethylene-wood fiber composites by compounding and in line maleation.

Archive

Investigating the mechanical properties of wood flour/ polypropylene/ nanoclay composite

Khademi Eslam, H.¹, Yousefnia, Z.^{2*}, Ghasemi, E.³ and Talaeipoor, T.⁴

1-Associate Prof., Wood and Paper Science and Technology Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2*-Corresponding Author; M.Sc., Wood and Paper Science and Technology Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, E-mail; z_usefnia2010@yahoo.co

3-Associate Prof. Plastic Department, Iran Polymer and Petrochemical Institute, Tehran, Iran

4-Assistant Prof., Wood and Paper Science and Technology Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: Mar., 2011

Accepted: Oct., 2012

Abstract

The effect of nanoclay and coupling agent contents on the mechanical properties of wood flour/ polypropylene/ nanoclay composites was investigated. Wood flour content was constant at 40%, maleic anhydride at two levels of 2 and 4% and nanoclay (Cloisite 30B) at four levels of 0, 1, 3 and 5% were used. The materials were mixed in an internal mixer at 180 °C, 60 rpm for 12 minutes, and then the specimens were fabricated by injection molding method. The mechanical properties such as tensile and flexural strength, flexural modulus and impact strength were measured. The nanoclay dispersion was examined by X-ray diffraction. The results indicated that the tensile and flexural strength, and the flexural modulus increased with increasing the nanoclay, but impact strength decreased. The tensile and flexural strength, flexural modulus increased as the compatibilizer content increased from 2 to 4%, but impact strength was decreased. The structural examination of the wood polymer nanocomposite with X-ray showed that nanoclay was distributed as intercalation structure in polymer matrix, and the d-spacing of layers were increased with increasing of nanoclay particles content.

Key words: Wood polymer composites, coupling agent, nanoclay, mechanical properties, X-ray diffraction