

استفاده از دو نوع پلیمر ضایعاتی و الیاف باگاس در ساخت چندسازه چوب پلاستیک - نانو رس

امیر نوربخش

- دانشیار، صنایع چوب و کاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

پست الکترونیک: Nour@rifr-ac.ir

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۱

چکیده

در این تحقیق از دو نوع پلیمر ضایعاتی به همراه نانو ذرات رس در ساخت چندسازه / چوب پلاستیک استفاده شد. اثر دو پلیمر ضایعاتی (پلی پروپیلن و پلی اتیلن با دانسیته بالا) و سه سطح الیاف باگاس (۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد) به عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شد. مقدار ذرات نانو رس و سازگارکننده در سطح ۲ درصد وزنی به عنوان عوامل ثابت در نظر گرفته شدند. ویژگی‌های مقاومت کششی، خمشی و ضربه مطابق با آیین‌نامه استاندارد ASTM اندازه‌گیری گردید. همچنین برای تفسیر بهتر نتایج عکس‌برداری الکترونی پویشی (SEM) و عکس‌برداری الکترونی انتقالی (TEM) و پراش اشعه ایکس (XRD) انجام شد. با استفاده از آزمون فاکتوریل دو عامله در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل آماری انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از ۳۵ درصد الیاف باگاس سبب افزایش مقاومت و مدول کششی، مقاومت و مدول خمشی نسبت به استفاده از ۲۵ و ۴۵ درصد الیاف باگاس گردید. همچنین با استفاده از ۲۵ درصد الیاف باگاس مقاومت به ضربه چندسازه دارای افزایش محسوسی نسبت به ۳۵ و ۴۵ درصد الیاف باگاس شد. نتایج نشان داد که استفاده از ضایعات پلی اتیلن با دانسیته بالا (rHDPE) سبب افزایش مقاومت کششی، مدول خمشی و مقاومت به ضربه نسبت به ضایعات پلی پروپیلن (rPP) گردید. بررسی نوع فازها و ریخت‌شناسی چندسازه نانو چوب پلاستیک به کمک طیف پراش اشعه ایکس و میکروسکوپ الکترونی نشان داد که تشکیل ساختارهای بین لایه‌ای (Intercalation) قابل تشخیص است.

واژه‌های کلیدی: چندسازه، الیاف باگاس، ضایعات پلیمری، ویژگی‌های مقاومتی و عکس‌برداری SEM، پراش اشعه ایکس.

مقدمه

یا پلیمرهای گرماسخت می‌باشد. در دهه اخیر زمینه جدیدی تحت عنوان نانو چندسازه‌ها نیز در عرصه علم و فناوری وارد شده است و از آن پس تاکنون موضوع بسیاری از تحقیقات انجام شده و پیشرفت‌های بدست آمده بوده است. دستیابی به علم و فناوری نانو چندسازه‌ها

اهمیت مواد لیگنوسلولزی به اندازه‌ای زیاد شده که این مواد امروزه به عنوان تقویت‌کننده پلاستیک‌ها مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. مواد پلیمری که همان ماده زمینه یا ماتریس می‌باشند شامل پلیمرهای گرمانرم و

را افزایش دهد، اما تأثیری بر دمای تبدیل شیشه‌ای و دمای ذوب ندارد. نتایج کششی نشان دادند که ۴۰٪ تالک می‌تواند مدول را افزایش دهد، اما تاب ارتجاعی^۱ را کاهش می‌دهد، به طوری که ۵٪ نانورس هم می‌تواند مدول و تاب ارتجاعی را افزایش دهد. Fu, et al., (2006) در تحقیقی تحت عنوان بررسی تأثیر ذرات نانورس بر خصوصیات مکانیکی چندسازه‌ها، بیان کردند که تنها میزان ۵٪ درصد ماده مونتورولینیت باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در مدول الاستیسیته، مقاومت کششی، مقاومت خمشی و ازدیاد طول در نقطه پارگی چندسازه می‌شود. البته آنها عنوان کردند که افزایش بیش از حد ذرات نانو موجب کاهش مقاومت‌های مکانیکی در چندسازه‌ها می‌گردد و بهترین مقدار مصرف پرکننده نانورس را بین ۴-۵٪ گزارش کردند. Jahromi et al., (2006) با مطالعه بررسی مونتورولونیت اصلاح شده بر روی خواص چندسازه حاصل از آرد چوب و پلی وینیل کلراید دریافتند که با افزایش مقدار ذرات نانورس در حضور عامل سازگارکننده سیلان خواص مکانیکی شامل مقاومت به ضربه و مدول کششی به ترتیب ۱۴/۸٪ و ۱۸/۵٪ افزایش یافت. همچنین آنها دریافتند که وجود لایه‌های سیلیکاتی موجب بهبود خواص آتشگیری چندسازه حاصل گردید. Wang et al., (2005) خصوصیات ریخت‌شناسی و مکانیکی گرمایی کامپوزیت‌های تقویت شده با ذرات نانورس را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این پرکننده‌ها به علت ساختار exfoliation (لایه لایه‌ای) موجب پراکنش بهتر ذرات در ماتریس پلیمری شده و در نهایت مدول کششی، مقاومت کششی و سختی کامپوزیت افزایش می‌یابد.

امکان طراحی و بهینه سازی را در ابعاد مولکولی فراهم می‌سازد. نانو چندسازه‌ها به موادی متشکل از بیش از دو جزء گفته می‌شود که یکی از اجزای آن در ابعاد نانومتر باشد و در جزء دیگر پراکنده شده باشد. البته یک چندسازه باید دارای خواص بهتری از هر دو جزء تشکیل دهنده آن (حداقل در یکی از خواص) باشد.

نانو چندسازه‌ها دارای خواص منحصر به فردی هستند که باعث علاقه‌مندی دانشمندان به این زمینه شده است. افزودنی‌های استفاده شده که در ابعاد نانومتر (nm) در ماتریس باعث ایجاد سطح مشترک قابل توجهی می‌شوند که دستیابی به این سطح مشترک با افزودنی‌های با ابعاد بزرگتر (میکرومتر)، با به کار بردن درصد بالایی از این افزودنی‌ها میسر می‌شود. افزایش مقاومت حرارتی، مکانیکی و نفوذپذیری با تشکیل این سطح فعال به وجود آمده قابل توجه است.

دو خصوصیت ویژه سیلیکات‌های لایه‌ای، هنگام بررسی نانو چندسازه‌ها دارای اهمیت است. نخست توانایی ذرات سیلیکات جهت پخش شدن در ماتریس پلیمری و تبدیل شدن به لایه‌های مجزا از هم و دیگر قابلیت تبدیل سطح لایه‌ها به سطوح مناسب و سازگار با ماتریس پلیمری بوسیله واکنش‌های تبدیل یونی می‌باشد. این دو ویژگی در کنار هم حائز اهمیت می‌باشند. به دلیل اینکه میزان پخش شدن لایه‌ها در ماتریس پلیمری به میزان بار یونی بین لایه‌ها بستگی دارد.

Zhou et al., (2005) به بررسی رفتار مکانیکی و حرارتی نانو چندسازه‌های پلی‌پروپیلن خالص، ۴۰٪ تالک/ پلی‌پروپیلن و ۵٪ خاک رس سیلیکاته (مونت موریلونیت) و پلی‌پروپیلن پرداختند. نتایج DSC و TGA نشان داد که ذرات تالک یا نانورس در پلی‌پروپیلن می‌تواند دمای تجزیه

1-yield strength

باگاس (۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد) می‌باشد. در تمام ۶ تیمار مقدار ماده جفت‌کننده ثابت و برابر ۲ درصد وزنی و مقدار ذرات نانو کلی نیز ۲ درصد وزنی در نظر گرفته شد.

تهیه مواد اولیه

مواد چوبی

باگاس مورد استفاده در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۰ دقیقه بخارزنی و بعد توسط دستگاه پالایشگر آزمایشگاهی تحت فشار معمولی به الیاف مناسب تبدیل شدند. سپس برای مدت یک هفته در محیط قرار گرفتند تا رطوبت آنها کم شود و در مرحله بعد جهت 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 جمع‌آوری شدند. مواد الک شده در اتوو با دمای 103 ± 2 به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و برای عدم جذب رطوبت، در کیسه‌های پلاستیکی دربسته قرار گرفتند. میزان مواد لیگنوسولوزی ۴۰٪ وزن کل چندسازه ثابت در نظر گرفته شد. مشخصات الیاف باگاس تهیه شده در جدول شماره ۱ ذکر گردیده است.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی و مورفولوژیکی الیاف

باگاس

ویژگی‌های شیمیایی	ویژگی‌های مورفولوژیکی
باگاس	الیاف باگاس
سلولز: ۵۲/۷ درصد	طول الیاف: ۱/۲۴ میلی‌متر
لیگنین: ۲۰/۶ درصد	قطر الیاف: ۲۲/۹ میکرون
خاکستر: ۱/۳ درصد	ضریب کشیدگی: ۵۴

استفاده از ضایعات پلیمری در دنیا موضوعی ارزشمند بوده که به دلایل متعدد ارزانی، بازیافت‌پذیری، ایجاد ارزش افزوده و کاهش انرژی مورد توجه محققان قرار گرفته است. انواع پلیمرهای ضایعاتی شامل پلی‌پروپیلن (PP) و پلی‌اتیلن با دانسیته بالا (HDPE) دارای حجم تولید بسیار بالایی هستند. علاوه بر آن پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)، پلی‌استایرن (PS) و پلی‌اتیلن با دانسیته پایین (LDPE) نیز از حجم قابل توجهی برخوردار هستند. انواع گرمانرم‌ها که به شکلهای مختلف تولید می‌شوند بعد از مصرف می‌توانند مجدداً بازیافت شوند. بنابراین با استفاده از سیستم‌های جداسازی و تفکیک می‌توانند به‌عنوان ماده اولیه ضایعاتی مجدداً در ساخت محصولات پلیمری استفاده شوند. در این راستا تحقیقات گسترده‌ای در دنیا و ایران صورت گرفته که به ذکر تعدادی از آنها پرداخته می‌شود. (Hristove et al., 2004) عنوان می‌کنند که خواص برخی از ضایعات پلیمری مشابه مواد اولیه‌شان می‌باشد. آنان با انجام آزمایشهای متعدد تنها به اختلافات جزئی در خواص مکانیکی پلیمر پلی‌اتیلن دست یافتند. همچنین استفاده از ضایعات پلیمری در صنایع چندسازه چوب پلاستیک توسط سایر محققان مورد توجه قرار گرفته است (Kamdem, et al., 2004).

در این تحقیق برای بهبود خواص مکانیکی و فیزیکی چوب - پلاستیک، از ذرات نانو نانورس) و از مواد چوبی باگاس به‌عنوان مواد اولیه چوبی در سطوح مختلف و دو نوع پلیمر ضایعاتی استفاده شده است.

مواد و روشها

عوامل متغیر این تحقیق شامل دو سطح پلیمر ضایعاتی (پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن با دانسیته بالا) و سه سطح الیاف

مواد پلیمری

اندازه‌گیری گردید. این شاخص در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد با وزنه ۲/۱۶۴ کیلوگرم تعیین شد. نتایج بدست‌آمده بر اساس ۱۰ دقیقه مشخص شد. مشخصات پلیمرهای ضایعاتی و خام در جدول شماره ۲ ذکر شده است.

پلی پروپیلن و پلی اتیلن ضایعاتی در این تحقیق، از ضایعات مختلف جمع‌آوری دسته‌بندی و بعد بصورت پودری آسیاب شدند. شاخص جریان مذاب مطابق با آیین‌نامه استاندارد ASTM-D1238-98 و با دستگاه اندازه‌گیری شاخص جریان مذاب Plasto-meter

جدول ۲- مشخصات پلیمرهای ضایعاتی مورد استفاده و مقایسه آنها با پلیمر خام

نوع پلیمر	نوع	رنگ	دانسیته (g/cm ³)	شاخص جریان مذاب (گرم بر ۱۰ دقیقه در ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد)
پلی پروپیلن خام (پتروشیمی اراک)	گرانول	شفاف	۰/۹۰	۶
پلی پروپیلن ضایعاتی	ضایعات بسته‌بندی	شفاف کدر	۰/۹۳	۸
پلی اتیلن خام (پتروشیمی اراک)	گرانول	سفید شیری	۰/۹۷	۱۴
پلی اتیلن با دانسیته بالا ضایعاتی	قوطی شیر	سفید شیری	۰/۹۵	۱۷

چندسازه بوده است.

پلی اتیلن با دانسیته ضایعاتی بالا

نانورس مورد استفاده در این تحقیق یکی از انواع مونت موریلونیت اصلاح شده، با نام تجاری Cloisite 10A می‌باشد که توسط شرکت Southern-Clay تولید می‌شود (جدول ۳).

از مالئیک انیدرید پیوند یافته با پروپیلن و پلی اتیلن (MAPP, MAPE) به‌عنوان عامل جفت‌کننده با نام تجاری Aldrich به‌عنوان سازگارکننده استفاده شد. مقدار جفت‌کننده مورد استفاده در تمام تیمارها ۲ درصد وزنی

جدول ۳- مشخصات نانورس مورد استفاده

نام تجاری	شرکت تولیدکننده	غلظت اصلاح‌کننده (meg/100 g clay)	دانسیته حجمی (g/cc)	جرم ویژه (g/cc)	تفرق پرتو اشعه X (d ₀₀₁ A°)
Cloisite 10A	Southern-Clay	۱۲۵	۰/۱۶۳۶	۱/۹۰	۱۹/۲

مراحل ساخت

سرعت مارپیچ‌ها ۶۰ دور در دقیقه و دمای ساخت چندسازه نیز در اکسترودر فوق ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مواد لیگنوسولوزی، مواد پلیمری و ماده جفت‌کننده به همراه ذرات نانورس ابتدا به خوبی با هم

به‌منظور فرایند اختلاط از دستگاه مخلوط ساز کولین واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران استفاده شد. این دستگاه یک اکسترودر دو مارپیچه همسوگرد می‌باشد.

آیین‌نامه ASTM- D790 با سرعت بارگذاری ۲ میلی‌متر بر دقیقه انجام گردید. مقاومت به ضربه آیزود طبق استاندارد ASTM- D256 از نوع شکافدار آیزود انجام شد. برای اندازه‌گیری خواص کشش و خمش از دستگاه اینسترون مدل ۱۱۸۶ استفاده گردید. همچنین آزمون ضربه توسط ماشین ضربه از نوع اینسترون انجام شد.

میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM)

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

پراش اشعه ایکس (XRD)

برای ارزیابی مورفولوژی و ساختار تشکیل شده در نانو چندسازه‌ها از آزمون پراکنش اشعه ایکس استفاده می‌شود که طی آن پرتوی با طول موج λ در زوایای مختلف (2θ) به جسم تابانده می‌شود. با اندازه‌گیری میزان پراکنش اشعه تابانده شده، منحنی شدت پراکنش بر حسب زاویه 2θ رسم می‌شود که در زوایای معینی قله‌هایی متناسب با فواصل بین لایه‌ای در منحنی مشاهده می‌شود. با استفاده از قانون براگ (Bragg's Law) می‌توان این فواصل را محاسبه کرد:

$$d = n \lambda / (2 \sin \theta)$$

در این معادله θ زاویه تابش، λ طول موج پرتو X تابیده شده، d فاصله بین لایه‌ای خاک رس و n عددی صحیح بین ۱ تا ۳ است که با توجه به اینکه ساختار بلوری دارای چند نوع فاصله بین لایه‌ای است، به دستگاه

مخلوط و بعد به قیف تغذیه دستگاه اکسترودر در یک مرحله ریخته شدند. برای هر ۶ تیمار، مخلوط سازی به طور یکسان انجام شد. مخلوط چندسازه به صورت یک مفتول خمیری شکل از روزنه اکسترودر خارج شد و درون یک حوضچه آب که در جلوی آن تعبیه شده، سرد گردید. برای 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 آون 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

ساخت نمونه‌های آزمایشی توسط دستگاه اکسترودر تک ماردون مجهز به سیستم قالبگیری فشاری (دستگاه تزریق) انجام شد. دمای دستگاه فوق ۱۸۰-۱۷۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. پس از عملیات قالبگیری نمونه‌های کشش، خمش و ضربه فاقدار علامت‌گذاری شده و آماده آزمون خواص مکانیکی گردیدند. اندازه‌گیری خواص مکانیکی براساس آیین‌نامه‌های مربوطه در دستورالعمل ASTM و با چهار تکرار انجام شد. اندازه‌گیری مقاومت و مدول کششی طبق آیین‌نامه ASTM - D638 با استفاده از نمونه‌هایی از نوع دمبلی و با سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه انجام شد. اندازه‌گیری آزمون خمش طبق

تجزیه و تحلیل آماری

جهت تجزیه و تحلیل آماری از آزمون فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

جدول ۴ خلاصه تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی و اثرات مستقل و متقابل درصد ایاف باگاس و نوع پلیمر را در سطح ۱ و ۵ درصد نشان می‌دهد. همچنین مقایسه میانگینها نیز به روش دانکن مورد بررسی قرار گرفته است.

داده می‌شود. با داخل شدن زنجیره‌های پلیمری به فواصل بین لایه‌ای، صفحات خاک رس از یکدیگر فاصله می‌گیرند. بنابراین با افزایش فاصله بین لایه‌ای قله منحنی مربوط به لایه‌های خاک رس به سمت 2θ های کمتر انتقال می‌یابد که نشانگر ورود زنجیره‌های پلیمری در فواصل بین لایه‌ایست. یکی از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در رفتار رئولوژیکی و خواص فیزیکی و مکانیکی نانو چندسازه‌های پلیمری میزان Exfoliation (درون لایه ای) و Intercalation (لایه لایه ای) نانوذرات در ماتریس می‌باشد که با مطالعه طیف‌های بدست آمده می‌توان تأثیرات پراکنش و توزیع ذرات نانورس را در چندسازه‌های پلیمری بررسی کرد. ارتفاع و شکل پیک‌های حاصل تابعی از ساختار و درصد پراکنش نانوذرات می‌باشد. در این تحقیق آزمون اشعه X توسط دستگاه X-Ray Diffraction مدل D8-advanced ساخت شرکت Bruker axs آلمان واقع در مرکز تحقیقاتی انرژی اتمی انجام گردید. آزمون در زاویه تابش 2θ در دامنه ۱۱-۱ درجه انجام شد.

جدول ۴- خلاصه تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی و فیزیکی

منبع	مقاومت کششی	مقاومت خمشی	مدول کششی	مدول خمشی	مقاومت به ضربه
درصد ایاف باگاس	*۰/۰۲۵	**۰/۰۰۰	*۰/۰۷۶	ns۰/۱۱۸	*۰/۰۵۰
نوع پلیمر ضایعاتی	ns۰/۱۲۶	ns۰/۲۶۳	*۰/۰۲۱۴	*۰/۰۱۲	ns۰/۱۴۵
اثر متقابل (درصد ایاف باگاس و نوع پلیمر ضایعاتی)	*۰/۰۷۷	*۰/۰۱۵	*۰/۰۴۳	ns۰/۲۸۵	*۰/۰۴۲
	** معنی دار در سطح ۱ درصد	* معنی دار در سطح ۵ درصد	ns معنی دار نمی‌باشد		

خواص کششی

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده که اثرات مستقل درصد باگاس بر مقاومت و مدول کششی در

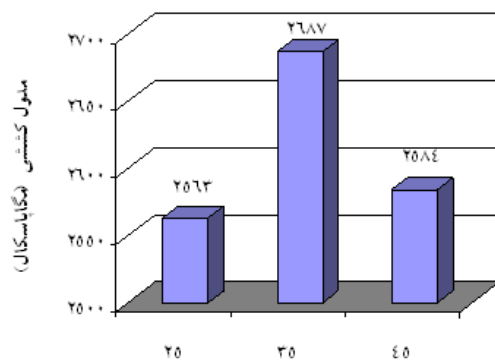
سطح ۵ درصد معنی دار می‌باشد. همان‌گونه که در شکل ۱ مشخص شده است اثرات مستقل درصد باگاس در سطح ۵ درصد بر خواص کششی نانو چندسازه چوب پلاستیک

باگاس به عنوان تقویت کننده با ضریب کشیدگی مناسب در تحمل تنش وارد شده به چندسازه و مدول بالاتر این مواد نسبت به پلیمر گرمانرم شده است. گرجانی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در تحقیقی به نتایج فوق دست یافته اند.

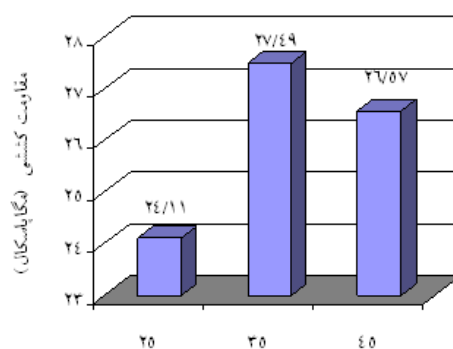
همچنین وجود ذرات نانورس می تواند سبب تقویت چندسازه شده و باعث افزایش خواص کششی گردد. جهرمی و همکاران (۲۰۱۰) عنوان کردند که سطح ذرات پرکننده به تخلخل ذرات و شکل هندسی آنها وابسته است.

همچنین ضریب کشیدگی بالای ذرات نانورس و تشکیل ساختار بین لایه ای در نانو چندسازه چوب پلاستیک سبب افزایش سطح مشترک دو فاز گردیده و باعث افزایش مقاومت کششی با میزان الیاف مناسب شده است. کرابی (۱۳۸۶) نیز عنوان کرد که نقش ضریب کشیدگی ذرات نانورس و تقویت کننده سلولزی فاکتور مهم در افزایش خواص کششی می باشد.

معنی دار شده است. نتایج نشان داده که استفاده از ۳۵ درصد باگاس سبب افزایش مقاومت کششی نسبت به استفاده از ۴۵ درصد باگاس شده است. با مقایسه میانگین ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که استفاده از ۳۵ درصد باگاس در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به ۴۵ درصد باگاس که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۹/۴ درصدی می باشد. نتایج نشان داده که استفاده از ۳۵ درصد باگاس سبب افزایش مدول کششی نسبت به استفاده از ۴۵ درصد باگاس شده است. بنابراین با مقایسه میانگین ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که استفاده از ۳۵ درصد باگاس در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به ۴۵ درصد باگاس که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۵/۴۵ درصدی می باشد. افزودن الیاف باگاس به ماتریس پلیمر تا ۳۵ درصد سبب افزایش مقاومت و مدول کششی نسبت به ۲۵ و ۴۵ درصد الیاف باگاس شده است. نقش زیاد الیاف



الیاف باگاس (a)



الیاف باگاس (b)

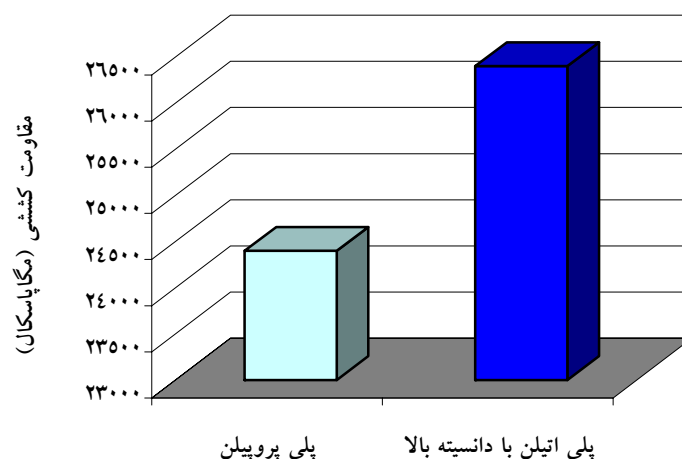
شکل ۱ - اثر مستقل درصد الیاف باگاس بر خواص کششی چندسازه چوب پلاستیک نانورس

سطح ۵ درصد معنی دار می باشد. همان گونه که در شکل ۲ مشخص شده است اثرات مستقل نوع پلیمر ضایعاتی در

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده که اثرات مستقل نوع پلیمر ضایعاتی بر مقاومت کششی در

نسبت به پلی پروپیلن باعث افزایش خواص کششی گردیده است. شاخص جریان مذاب بالاتر پلی اتیلن با دانسیته بالا نسبت به پلی پروپیلن (جدول ۲) و همچنین دانسیته بیشتر این پلیمر باعث افزایش خواص کششی در چندسازه گردیده است. (Krzysik, et al., (1990) نیز عنوان کردند که هر چقدر جریان مذاب روانتر باشد سطح بیشتری را پوشش می دهد و باعث اتصال بهتر در چندسازه می گردد.

سطح ۵ درصد بر خواص مقاومت کششی نانو چندسازه چوب پلاستیک معنی دار شده است. نتایج نشان داده است که استفاده از پلی اتیلن با دانسیته بالا سبب افزایش مقاومت کششی نسبت به استفاده از پلی پروپیلن شده است. با مقایسه میانگین ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که استفاده پلی اتیلن با دانسیته بالا در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به پلی پروپیلن که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۸ درصدی می باشد. نتایج نشان داده که استفاده از پلی اتیلن با دانسیته بالا بصورت ضایعاتی



شکل ۲- اثر مستقل نوع پلیمر ضایعاتی بر خواص مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک نانورس

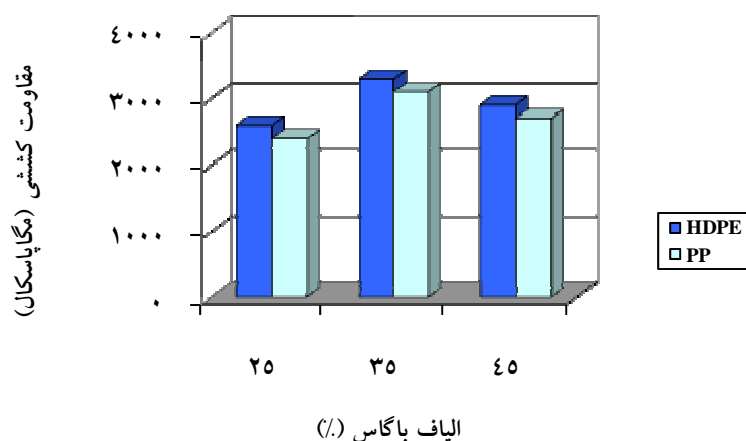
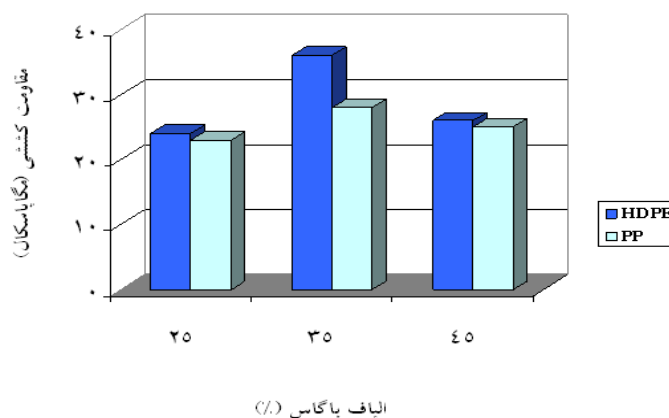
گردیده است. با مقایسه میانگین ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که استفاده از ۳۵ درصد باگاس و پلی اتیلن با دانسیته بالا در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به ۳۵ درصد باگاس و پلی پروپیلن که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۲۷/۹۸ درصدی می باشد. همچنین نتایج نشان داده که استفاده از ۳۵ درصد باگاس و پلی اتیلن با دانسیته بالا سبب افزایش مدول کششی نسبت

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده که اثرات متقابل درصد باگاس و نوع پلیمر ضایعاتی بر مقاومت و مدول کششی در سطح ۵ درصد بر خواص کششی نانو چندسازه چوب پلاستیک معنی دار شده است. نتایج نشان داده که استفاده از ۳۵ درصد باگاس به همراه پلی اتیلن با دانسیته بالا سبب افزایش مقاومت کششی نسبت به استفاده از ۳۵ درصد باگاس و پلی پروپیلن

گردیده و باعث افزایش مقاومت کششی با میزان الیاف مناسب شده است.

دمای تخریب کمتر پلی اتیلن با دانسیته بالا (۱۳۵ درجه سانتی گراد) نسبت به پلی پروپیلن (۱۶۰ درجه سانتی گراد) در دمای ساخت ۱۸۰ درجه سانتی گراد یکی دیگر از دلایل افزایش مقاومت‌های کششی پلی اتیلن با دانسیته بالا گردیده است. (Kokta, et al., (1990 نیز عنوان می‌کنند که در اثر دمای بالاتر ساخت پلیمرهای حساس‌تر نسبت به دما زودتر شروع به تخریب کرده و سبب تجزیه پلیمر و نهایتاً ایجاد حفرات و فضاهای خالی در چندسازه شده که باعث افت خواص کششی می‌گردد.

به استفاده از ۳۵ درصد باگاس و پلی پروپیلن شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که استفاده از ۳۵ درصد باگاس و پلی اتیلن با دانسیته بالا در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به ۳۵ درصد باگاس و پلی پروپیلن که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۸/۳۳ درصدی می‌باشد. نقش الیاف باگاس به‌عنوان تقویت‌کننده با ضریب کشیدگی مناسب در تحمل تنش وارد شده به چندسازه و مدول بالاتر این مواد نسبت به پلیمر گرم‌انرم و همچنین ضریب کشیدگی بالای ذرات نانورس و تشکیل ساختار بین لایه‌ای در نانو چندسازه چوب پلاستیک سبب افزایش سطح مشترک دو فاز

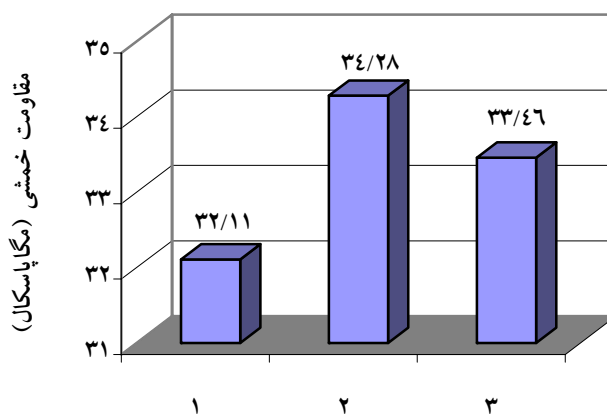


شکل ۳- اثر متقابل درصد الیاف باگاس و نوع پلیمر ضایعاتی بر خواص کششی چندسازه چوب پلاستیک نانورس

خواص خمشی

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده که اثرات مستقل درصد باگاس بر مقاومت خمشی در سطح ۵ درصد بر خواص کششی نانو چندسازه چوب پلاستیک معنی دار شده است. در شکل شماره ۴ مشاهده شده که استفاده از ۳۵ درصد الیاف باگاس سبب افزایش مقاومت

خمشی نسبت به استفاده از ۴۵ درصد باگاس شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که استفاده از ۳۵ درصد باگاس در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به ۴۵ درصد باگاس که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۲/۴۵ درصدی می‌باشد.



الیاف باگاس (%)

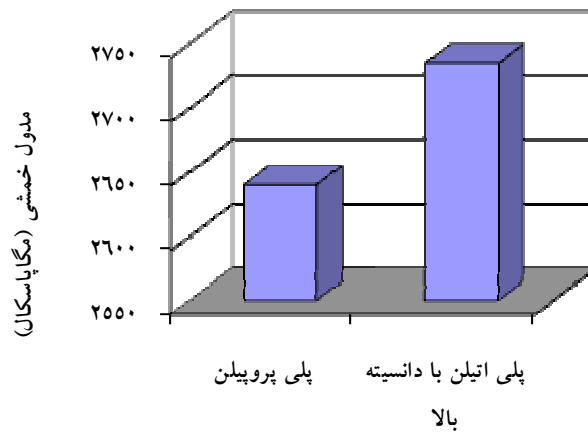
شکل ۴ - اثر مستقل درصد الیاف باگاس بر مقاومت خمشی نانو چندسازه چوب پلاستیک

استفاده از پلی اتیلن با دانسیته بالا در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به پلی پروپیلن که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۳ درصدی می‌باشد.

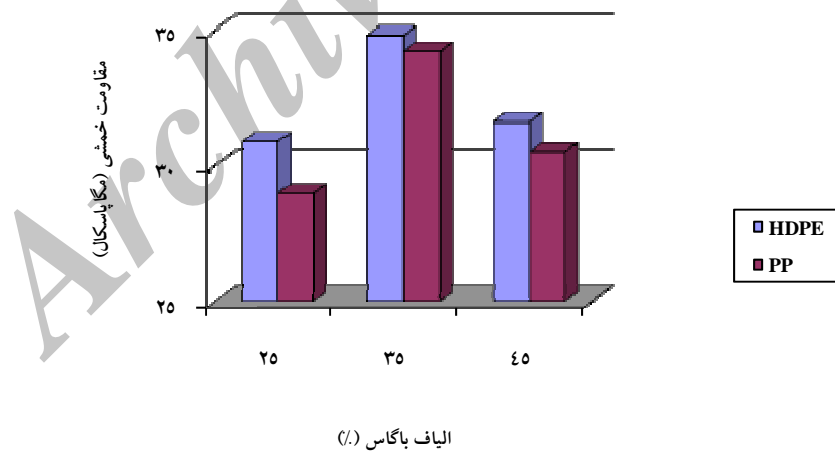
با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده که اثرات متقابل درصد باگاس و نوع پلیمر ضایعاتی بر مقاومت خمشی در سطح ۵ درصد در چندسازه چوب پلاستیک نانورس معنی دار شده است. نتایج در شکل ۶ نشان داده که استفاده از ۳۵ درصد باگاس به همراه پلی اتیلن با دانسیته بالا سبب افزایش مقاومت خمشی نسبت به

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده که اثرات مستقل نوع پلیمر ضایعاتی بر مدول خمشی در سطح ۵ درصد معنی دار می‌باشد. همان‌گونه که در شکل ۵ مشخص شده است اثرات مستقل نوع پلیمر ضایعاتی در سطح ۵ درصد بر خواص مدول خمشی نانو چندسازه چوب پلاستیک معنی دار شده است. نتایج نشان داده که استفاده از پلی اتیلن با دانسیته بالا سبب افزایش مدول خمشی نسبت به استفاده از پلی پروپیلن شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که

استفاده از ۳۵ درصد الیاف باگاس و پلی پروپیلن گردیده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که استفاده از ۳۵ درصد باگاس و پلی اتیلن با دانسیته بالا در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به ۳۵ درصد باگاس و پلی پروپیلن که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۴/۵ درصدی می‌باشد.



شکل ۵ - اثر مستقل نوع پلیمر بر مدول خمشی نانو چندسازه چوب پلاستیک

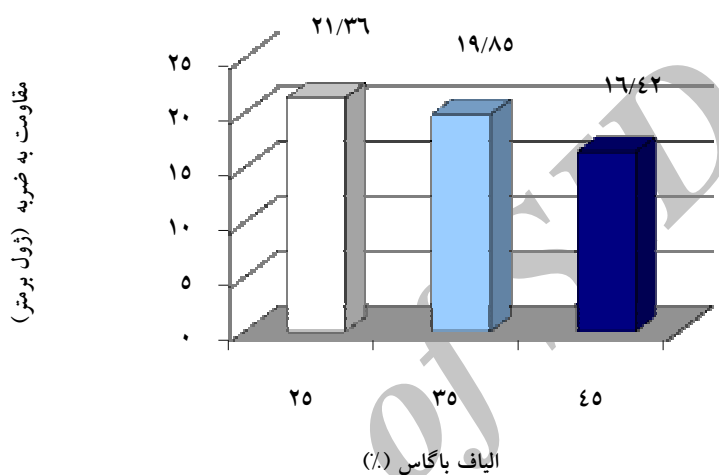


شکل ۶ - اثر متقابل درصد الیاف باگاس و نوع پلیمر بر مقاومت خمشی نانو چندسازه چوب پلاستیک

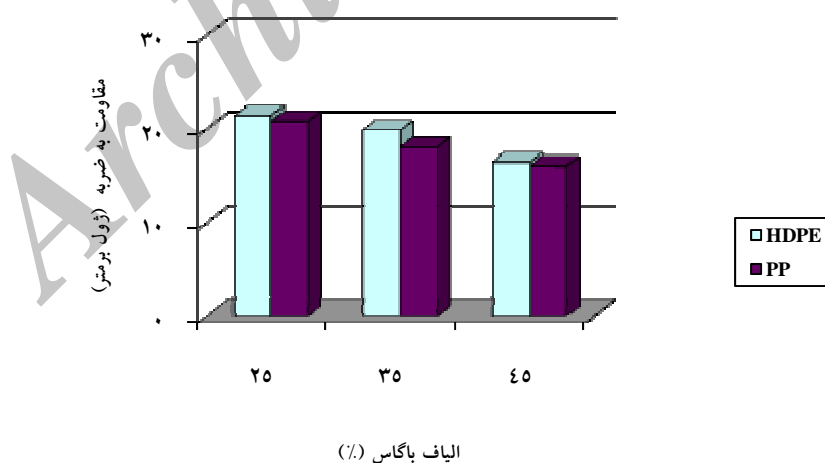
خواص ضربه‌ای

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده که اثرات مستقل درصد باگاس بر مقاومت به ضربه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است. در شکل شماره ۷ مشاهده شده که استفاده از ۲۵ درصد الیاف باگاس سبب افزایش مقاومت

به ضربه نسبت به استفاده از ۴۵ درصد باگاس شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که استفاده از ۲۵ درصد باگاس در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به ۴۵ درصد باگاس که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۳۰ درصدی می‌باشد.



شکل ۷ - اثر مستقل درصد الیاف باگاس بر مقاومت به ضربه نانو چندسازه چوب پلاستیک نانورس



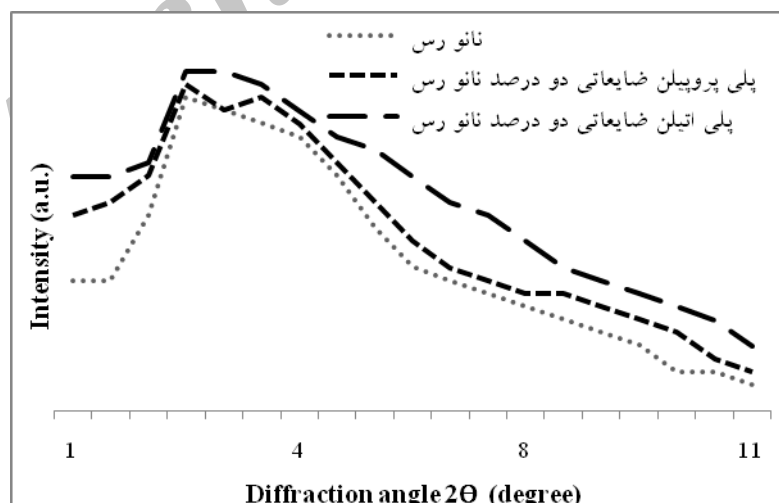
شکل ۸ - اثر متقابل درصد الیاف باگاس و نوع پلیمر بر مقاومت به ضربه نانو چندسازه چوب پلاستیک

بدست آمده می‌توان تأثیرات پراکنش و توزیع ذرات نانورس را در چندسازه‌های پلیمری بررسی کرد. منحنی پراش اشعه ایکس نمونه‌های حاوی ۲ درصد نانورس به همراه پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن ضایعاتی رسم شده است. همان‌گونه که در شکل ۹ مشخص می‌باشد، با تغییر تیمار از نانورس خالص به نانورس در سطح ۲ درصد در پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن ضایعاتی فواصل میان لایه‌های سیلیکاتی افزایش یافته است. فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی ذرات نانورس به دلیل نفوذ زنجیرهای پلیمری افزایش یافته ولی جدایی کامل ذرات نانورس صورت نگرفته است. ذرات نانورس پراکنده شده و می‌تواند دلیل مناسبی برای بهبود مدول‌های خمشی و کششی باشد. (Wang, et al., 2005) خصوصیات ریخت‌شناسی و مکانیکی-گرمايي کامپوزیت‌های تقویت شده با ذرات نانورس را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این پرکننده‌ها به علت ساختار لایه لایه‌ای موجب پراکنش بهتر ذرات در ماتریس پلیمری شده و در نهایت مدول کششی، مقاومت کششی و سختی کامپوزیت افزایش می‌یابد.

همچنین با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده که اثرات متقابل درصد باگاس و نوع پلیمر ضایعاتی بر مقاومت به ضربه در سطح ۵ درصد در چندسازه چوب پلاستیک نانورس معنی‌دار شده است. نتایج در شکل ۸ نشان داده که استفاده از ۲۵ درصد الیاف باگاس به همراه پلی‌اتیلن با دانسیته بالا سبب افزایش مقاومت به ضربه نسبت به استفاده از ۲۵ درصد الیاف باگاس و پلی‌پروپیلن گردیده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که استفاده از ۲۵ درصد باگاس و پلی‌اتیلن با دانسیته بالا در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به ۲۵ درصد الیاف باگاس و پلی‌پروپیلن که در گروه بعدی (b) قرار داشته دارای افزایش ۱۸/۴۰ درصدی می‌باشد.

طیف پراش اشعه ایکس (XRD)

یکی از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در رفتار رئولوژیکی و خواص فیزیکی و مکانیکی نانو چندسازه‌های پلیمری میزان Exfoliation (لایه لایه‌ای) و Intercalation (بین لایه‌ای) نانوذرات در ماتریس می‌باشد که با مطالعه طیف‌های

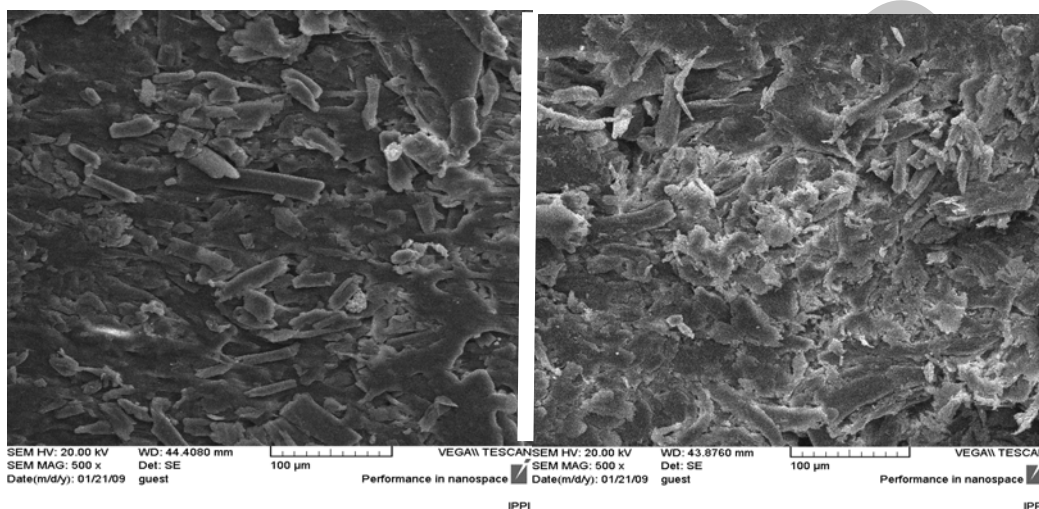


شکل ۹ - پراکنش اشعه ایکس در چندسازه ساخته شده در تیمارهای مختلف

مطالعات میکروسکوپ الکترونی پوششی (SEM)

چندسازه چوب پلاستیک ساخته شده با نانورس به همراه پلیمرهای ضایعاتی توسط میکروسکوپ الکترونی پوششی مورد تحقیق قرار گرفت. چندسازه‌های ساخته شده به همراه نانورس در سه سطح الیاف باگاس و دو سطح ضایعات پلیمری در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، حضور حفره‌ها در سطح شکست نمونه حاوی پلی پروپیلن به همراه ۲ درصد نانو نشان از اتصال ضعیف بین ماده لیگنوسلولزی و ماتریس پلیمری دارد. در مقایسه با این تصویر سطح شکست نمونه حاوی ۲ درصد نانو و پلی اتیلن را نشان می‌دهد که با حفرات کمتر و پوشش مناسب‌تر، اتصال بهتری بین ماده زمینه و ماده لیگنوسلولزی داشته است.



شکل ۱۰ - تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوششی نمونه‌های کششی با بزرگنمایی ۱۰۰

(تصویر سمت راست نمونه حاوی ۲ درصد نانورس و پلی اتیلن ضایعاتی / تصویر سمت چپ نمونه حاوی ۲ درصد نانورس و پلی پروپیلن ضایعاتی می‌باشد).

بحث

در این تحقیق استفاده از دو نوع پلیمر ضایعاتی به همراه نانو ذرات رس در ساخت چندسازه / چوب پلاستیک استفاده شده است. اثر دو پلیمر ضایعاتی (پلی پروپیلن و پلی اتیلن با دانسیته بالا) و سه سطح الیاف باگاس (۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد) به‌عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شد.

نتایج نشان داده که استفاده از ۳۵ درصد الیاف باگاس سبب افزایش مقاومت و مدول کششی، مقاومت و مدول

خمشی نسبت به استفاده از ۲۵ و ۴۵ درصد الیاف باگاس شده است. همچنین با استفاده از ۲۵ درصد الیاف باگاس مقاومت به ضربه چندسازه دارای افزایش محسوسی نسبت به ۳۵ و ۴۵ درصد الیاف باگاس شده است. همچنین نتایج نشان داده که استفاده از ضایعات پلی اتیلن با دانسیته بالا (rHDPE) سبب افزایش مقاومت کششی، مدول خمشی و مقاومت به ضربه نسبت به ضایعات پلی پروپیلن (rPP) شده است. منحنی پراش اشعه ایکس (XRD) نمونه‌های حاوی ۲ درصد نانورس به همراه

- nanocomposites foams. *Journal of Cellular Plastic.* 45. 325-342.
- Jahromi, G.k., Andalibzadeh, B., Vossough, Sh. 2010. Engineering Properties of Nanoclay Modified Asphalt Concrete Mixture. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, Vol.35, No.1B, 89-103
- 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*, Vol 25, No 5, pp: 1015-1022.
- Kamdem D. P., Jiang H., Cui W., Freed J., Matuana L. M. 2004. Properties of wood plastic composites made of recycled HDPE and wood flour from CCA-treated wood removed from service. *Composites: Part A* 35, pp: 347-355.
- Kokta, B. V., Maldas, D., Daneawt, C., and Beland, P., (1990). Composites of polyvinyl chloride-wood fibers. I. Effect of Isocyanate As a Bonding Agent. *Journal of polymer plastic. Technology.* 29 (1&2). 87-118 (1990).
- Krzysik, N. and Yangquist, B. 1999. Dependence of the mechanical properties of wood flour polymer composites on the moisture content. *Journal of Applied Polymer Science*, 68. 2069-2076.
- Wang, L., K, Wang., L, Chen., Y, Zhang., C, He., 2005. Preparation, morphology and thermal/mechanical properties of epoxy/ nano clay composite.
- Zhou, Y., Rangari, V., Mahfuz, H., Jeelani, Sh., Mallick, P.K. 2005. Experimental study on thermal and mechanical behavior of polypropylene, talc/polypropylene and polypropylene/clay nanocomposites. *Materials Science and Engineering A.* 402. 109-117.
- 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*, 91, 2874-2883.
- پلی پروپیلن و پلی اتیلن ضایعاتی رسم شده است. با تغییر تیمار از نانورس خالص به نانورس در سطح ۲ درصد در پلی اتیلن و پلی پروپیلن ضایعاتی فواصل میان لایه‌های سیلیکاتی افزایش یافته است. فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی ذرات نانورس به دلیل نفوذ زنجیرهای پلیمری افزایش یافته ولی جدایی کامل ذرات نانورس صورت نگرفته است. مطالعات میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) نشان داده که حضور حفره‌ها در سطح شکست نمونه حاوی پلی پروپیلن به همراه ۲ درصد نانو حکایت از اتصال ضعیف بین ماده لیگنوسلولزی و ماتریس پلیمری دارد. بنابراین در مقایسه با این تصویر سطح شکست نمونه حاوی ۲ درصد نانو و پلی اتیلن را نشان داده است که با حفرات کمتر و پوشش مناسب‌تر، اتصال بهتری بین ماده زمینه و ماده لیگنوسلولزی داشته است.

منابع مورد استفاده

- گرجانی، ف. و امیدوار، ا. ۱۳۸۹. بررسی فرآیند ساخت و خواص مکانیکی چندسازه پلی اتیلن بازیافتی - کاه گندم، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۲، صفحات ۸۴-۸۸
- کرابی، م، قاسمی، ا. و محمدی، م. ۱۳۸۶. بهینه‌سازی و استفاده از پرکننده‌های نانو در آمیزه‌های لاستیکی. گزارش نهایی طرح پژوهشی کمیته نانو فن‌آوری وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۹۱ صفحه
- Fu, J., and Naguib, H.E. 2006. Effect of nanoclay on the mechanical properties of PMMA/clay

The utilization of two recycled polymers and bagasse fiber in wood plastic nano / clay composites production

Nourbakhsh, A.

- Associate. Prof., Wood Science and Its products Research Division, Iran Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran. Email: Nour@rifr-ac.ir

Received: Nov., 2012

Accepted: June, 2013

Abstract

Two recycled polymers (rHTPE and rPP) combined with bagasse fibers were used as the reinforcing material to improve the mechanical properties of wood plastic nanoclay composite. The amount of bagasse fibers varied at three levels (25, 35 and, 45 percent). Two recycled polymers (rPP and rHDPE) were used as polymer matrix. Tensile, flexural and impact strength properties were measured according to ASTM standard tests. Scanning electron microscopy (SEM) and X-Ray Diffraction (XRD) was performed to interpret the results. The results were statistically analyzed using factorial experimental under completely randomized block design and the averages were compared using DMRT. The application of 35 percent bagasse fibers as compared with 25 and 45 percent increased the strength of wood plastics composites. However, higher impact strength was reached using 25% bagasse fibers as compared with either 35 or 45% bagasse fibers. rHDPE nano-clay composite showed higher tensile, flexural and impact properties compared with rPP. Imaging the morphology of nano-clay by X-Ray diffraction and scanning electron microscopy showed the distribution of nano-clay particles in polymer structure and intercalation was observed.

Key words: Composite, bagasse fibers, recycled PP, HDPE, nano-clay, strength properties, SEM, XRD.