دوفصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۵، شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۲۰۰-۱۸۷، (۱۳۸۹)

اثر طول الیاف بر روی ویژگی‌های مکانیکی چند سازه چوب پلاستیک (پلی‌پروپلین)

فرشید بسیجی[۱]، وحیدرضا صفدری[۲*]، احمد جهانلتیباری[۳] و امیر نوربخش[٤]

۱- کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ- دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
۲*- مسئول مکاتبات، استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، پست الکترونیک: vahid.safdari@gmail.com
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
٤- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۸۹

چکیده

افزودن موادی نظیر الیاف طبیعی به فرآورده چندسازه پلاستیک، باعث افزایش برخی از مقاومت‌های فرآورده ساخته شده در مقایسه با پلاستیک خالص می‌شود. در این پژوهش اثرهای مربوط به طول الیاف خمیرکاغذ (کوتاه، متوسط و بلند)، ضریب-کشیدگی و مقدار الیاف (۲۷ درصد، ۳۷ درصد، ٤۷ درصد و صفر درصد وزنی) با ماده جفت‌کننده مالییک‌انیدرید که در همه تیمارها ۳ درصد و یکسان بوده بر روی ویژگی‌های مکانیکی فرآورده چند سازه چوب پلاستیک مورد مطالعه قرار گرفت. الیاف خمیرکاغذ و پلی‌پروپلین در یک اکستردور با یکدیگر مخلوط و به داخل قالب تزریق و مطابق با استانداردهای مربوطه از آنها تخته تهیه شد. نتایج نشان داد که افزایش طول یا ضریب‌کشیدگی و مقدار الیاف باعث افزایش ویژگی‌های مکانیکی (مقاومت به کشش، مدول‌کششی و MOE) تخته‌های ساخته شده می‌شود. بنابراین مقاومت به ضربه با مقدار و طول الیاف همبستگی معکوس داشته است. به‌طوری‌که برای مقاومت به ضربه مقدار الیاف عامل مهم‌تری نسبت به طول الیاف بوده است. همچنین مقاومت به ضربه پلاستیک تقویت‌شده با الیاف خمیرکاغذ در مقایسه با پلاستیک تقویت‌شده با خاکاره بیشتر است. وجود روابط متقابل معنی‌داری بین طول الیاف و مقدار الیاف برای ویژگی MOR و همچنین عدم وجود یک روند قابل درک در تیمارهای مربوط به MOR تا حدودی تجزیه و تحلیل مربوط به اثرهای طول و مقدار الیاف را بر روی این ویژگی مکانیکی با ابهام مواجه ساخته است.

واژه‌های کلیدی: خمیرکاغذ، طول الیاف، ضریب کشیدگی، مقدارالیاف، چوب پلاستیک و ویژگی‌های مکانیکی.

مقدمه

فرآورده چند سازه چوب پلاستیک (WPCs)[۱]، مخلوط پلاستیک و الیاف لیگنوسلولزی می‌باشد که برخی از مواد افزودنی به منظور افزایش اتصالات بهتر به آنها افزوده می‌شود. بدون شک، هدف از تولید چند سازه‌های پلیمری، مقاومت مکانیکی مطلوب و قیمت کم آنهاست. به‌طوری‌که افزودن موادی نظیر الیاف طبیعی، ذرات چوب و دسته‌های الیاف به پلاستیک، باعث افزایش مقاومت فرآورده ساخته شده در مقایسه با پلاستیک خالص می‌شود. مطابق انتظار، ویژگی مواد پرکننده نظیر اندازه ذرات، طول الیاف، مقدار الیاف، ضریب‌کشیدگی الیاف

1- Wood plastic composites

Archive of SID
www.SID.ir

(نسبت طول به ضخامت)[1] بر روی ویژگی‌های مکانیکی فرآورده چندسازه چوب پلاستیک تأثیر دارد (کلیوسو، ۲۰۰۷؛ میگنآیلوت و همکاران، ۲۰۰۸؛ استارک و رولند، ۲۰۰۳؛ منگلوگلو و کارآکوس، ۲۰۰۸)[2]. بسیاری از محققان نشان دادند که با افزایش ضریب‌کشیدگی الیاف، مقاومت به کشش و خمش و همچنین مدول‌های مربوطه در فرآوردهای چند سازه ساخته شده از خاکاره نسبت به پرکننده‌های دیگر افزایش می‌یابد (استارک و رولند، ۲۰۰۳)[3]. کراسچی و لوپس (۲۰۰۲)، دریافتند که با تغییر در اندازه ذرات چوب، هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین مقاومت‌های مکانیکی فرآورده چند سازه ساخته شده از گونه (*Pinus elliotti*) بوجود نمی‌آید. ولی با افزایش مقدار خاکاره، ویژگی‌های دانسیته، سختی و مدول‌الاستیسیته آن افزایش و برخی از ویژگی‌های مکانیکی آن کاهش می‌یابد (شاکری و همکاران، ۲۰۰۲). خاکاره به سبب دانسیته کمتر، ارزانی، دسترسی آسان، اختلاط خوب با ماده پلیمری، عدم سایش و همچنین به سبب قابلیت بازیافت، رایج‌ترین ماده پرکننده در صنایع چوب پلاستیک محسوب می‌شود (کلیوسو، ۲۰۰۷؛ کراسچی و لوپس، ۲۰۰۲)[4].

بنابراین به‌نظر می‌رسد که تولید چوب پلاستیک از خمیرکاغذ رنگبری شده بر خلاف خاکاره چندان اقتصادی نباشد، مگر اینکه فرآورده چندسازه ساخته شده از خمیرکاغذ دارای ویژگی‌های مقاومتی بسیار مطلوب باشد که این هزینه گزاف را توجیه نماید. بالاتر بودن مقدار طول به ضخامت (L/D) الیاف چوبی در مقایسه با خاکاره باعث بهبود ویژگی‌های مکانیکی، (نظیر مقاومت، مدول‌الاستیسته کششی و مقاومت به ضربه غیرفاقدار) فرآورده چندسازه می‌شود (کائولفیلد و همکاران، ۲۰۰۵). به دلیل اینکه الیاف حاصل از خمیرکاغذ استعداد قابل توجهی در افزایش ویژگی‌های مقاومتی فرآورده‌های چند سازه‌ای دارند، دو کارخانه در ایالات متحده، خمیرکاغذ تولیدی خود را فقط به منظور مواد پرکننده و استحکام بخش ترموپلاستیک در اختیار متقاضیان قرار می‌دهند (کائولفیلد و همکاران، ۲۰۰۵). از این‌رو، دور از انتظار نیست که در آینده نزدیک الیاف خمیرکاغذ به سبب ویژگی‌های بیومتری مطلوبی که دارند به‌عنوان ماده رایج پرکننده در ترموپلاستیک‌ها مصرف شوند.

در این تحقیق الیاف خمیرکاغذ گونه‌های سوزنی‌برگ کاج و نوئل در سه طول متفاوت (کوتاه، متوسط و بلند) با سه مقدار مختلف (۳۰ درصد، ٤٠ درصد و ۵۰ درصد وزنی) و با سه مقدار متفاوت پلی‌پروپیلن (٦٧ درصد،۵۷ درصد و ٤٧ درصد) و با ۳ درصد ماده جفت‌کننده (MAPP) مخلوط می‌شوند. به‌طوری‌که دو هدف عمده از این تحقیق مورد انتظار می‌باشد: ۱- بررسی همبستگی یا رابطه بین طول الیاف خمیرکاغذ و ضریب بیومتری مشتق شده (L/D)، با ویژگی مکانیکی فرآورده چند سازه ساخته شده، ۲- همبستگی یا رابطه مقدار الیاف با ویژگی‌های مکانیکی فرآورده چند سازه پلی‌پروپلین.

مواد و روشها

مواد

الیاف: الیاف خمیرکاغذ مورد استفاده در این پژوهش از کارخانه دستمال کاغذی نوظهور تهیه شد. خمیرکاغذ مورداستفاده وارداتی بوده و برچسب الصاق شده بر روی آن حاوی اطلاعات زیر بوده:

1- Aspect ratio
2- Klyosov; Migeneault et al; Stark and Rowlands; Mengeloglu and Karakus
3-Stark and Rowlands
4- Caraschi and Lopes Leão

Archive of SID
www.SID.ir

۷۰ درصد کاج (*Pinus spp.*)؛ ۳۰ درصد نوئل (*Picea spp.*)؛ رنگ‌بری شده با فرایند ECF (بدون استفاده از عنصر کلر)؛ متوسط طول الیاف: ۲/۳۵ میلی‌متر؛ اسیدیته (pH): ٦؛ مقدار خاکستر: ۰/۲۵ درصد؛ سفیدی: ۸۹ درصد.

ریخت‌شناسی (مورفولوژی) الیاف: مقداری از الیاف خمیر کاغذ را در آب گرم به مدت ٤٨ ساعت قرار داده و مقداری از سوسپانسیون آن را پس از رقیق شدن در داخل یک بشر توسط قطره‌چکان بر روی لام و لامل منتقل نمودیم و طول الیاف به‌وسیله میکروسکوپ نوری اندازه‌گیری شد. به‌طوری‌که اغلب طول الیاف بین ۱/۵ تا ۳ میلی‌متر و فراوانی الیاف بلندتر از ۳ میلی‌متر کم بود. الیاف به سه دسته کوتاه (کوچکتر از ۱میلی‌متر)، متوسط (۲-۱ میلی‌متر) و بلند (بزرگتر از ۲ میلی‌متر) تقسیم‌بندی شدند. عمل جداسازی توسط غربال با اندازه مش ١٤ و ٢٠ صورت پذیرفت. به سبب اینکه الیاف خمیرکاغذ در کارخانه تولیدی کوبیده[1] شده بودند بسیاری از الیاف از انتهاء به یکدیگر متصل شده بودند که در ابتدا می‌باید از یکدیگر جدا شوند. الیاف با فشار آب به ترتیب از غربال مش ١٤ و غربال شماره ٢٠ عبور داده شدند. آنچه که بر روی غربال شماره ٢٠ باقی ماند، الیاف بلند (بزرگتر از ٢ میلی‌متر) و آن دسته از الیاف که از مش عبور نمودند، الیاف متوسط خوانده شدند. به دلیل اینکه الیاف سوزنی‌برگ بلند می‌باشند مقداری از الیاف در یک آسیاب الکتریکی آزمایشگاهی آسیاب شدند تا الیاف کوتاه (کوچکتر از ١ میلی‌متر) از آنها بدست آید. ویژگی‌های بیومتری هر سه دسته از الیاف اندازه‌گیری و ضریب کشیدگی (نسبت طول به ضخامت) آنها نیز محاسبه شد. الیاف جدا شده بر روی فویل آلومینیوم در دمای محیط آزمایشگاه خشک شدند و پس از کاهش رطوبت (حدود٤٠ درصد)، در فواصل زمانی ٤٨ ساعت داخل ظروف پلاستیکی بزرگ به منظور جداسازی (دیفیبره) ریخته شدند. بر روی درب ظروف پلاستیکی بزرگ سوراخی تعبیه شده بود و نوک نازل پمپ باد در آن قرار می‌گرفت و با فشار زیاد باد، الیاف از یکدیگر باز می‌شدند. سپس الیاف از داخل ظرف پلاستیکی خارج و مجدداً بر روی فویل آلومینیوم در محیط آزمایشگاه پخش می‌شدند. پس از اینکه رطوبت الیاف به رطوبت محیط رسید، در داخل آون(خشک کن) آزمایشگاهی قرار داده شده تا به رطوبت تعادل ٦ درصد برسند. سپس به سه مقدار وزنی ۳۰، ٤٠ و ٥٠ درصد از وزن کل توزین شدند. نمونه‌های توزین شده برای اختلاط با ماده زمینه‌ای پلی‌پروپلین با ماده جفت‌کننده مالییک‌انیدرید[2] به مقدار ثابت ۳ درصد آماده شدند و در داخل کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی شدند.

پلیمر ماده زمینه‌ای: در این بررسی از پلی‌پروپلین (PP) شرکت پتروشیمی اراک استفاده شد. شاخص جریان مذاب مواد پلاستیکی[3] مورد استفاده ۷-۱۰gr/۱۰min در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد بوده است.

ماده جفت‌کننده (سازگارکننده): در این بررسی از ماده جفت‌کننده مالییک‌انیدرید پیوندشده با پلی‌پروپیلن (MAPP) (آلدریچ، ٤٢٧٨٤٥)[4] به نسبت ثابت ۳ درصد وزنی برای همه تیمارها استفاده شد.

فرایند اختلاط و آماده‌سازی تخته‌ها: پلی‌پروپلین، ماده جفت‌کننده (MAPP) و الیاف مطابق با جدول ۲ با یکدیگر در اکسترودر دومارپیچه[5] با سرعت ٥٠ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد با یکدیگر مخلوط شدند. الیاف مخلوط شده سپس به‌صورت مفتول خمیری شکل از دستگاه مخلوط‌کن خارج

1- MAPP, 3 wt%

2- MAPP:(Aldrich 427845)
3- Melt flow rate
4- MAPP: (Aldrich 427845)
5- Twin - screw extruder (Dr. Collien. System)

Archive of SID

www.SID.ir

شده و در آب خنک شدند و تبدیل به گرانول شدند. گرانول‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت قبل از تزریق خشک شدند. سرانجام گرانول‌ها با روش قالب‌گیری در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۰ مگاپاسکال تخته تهیه شد.

تجزیه و تحلیل آماری: جدول ۲ دو فاکتور طول الیاف در سه سطح (کوتاه، متوسط و بلند) و مقدار الیاف در سه سطح درصد وزنی (۲۷، ۳۷ و ٤۷ درصد) را نشان می‌دهد. در مجموع ۹ تیمار و یک شاهد (تخته حاصل از پلی‌پروپلین خالص) توسط طرح آزمایشی فاکتوریل کاملاً تصادفی تجزیه واریانس شدند. به‌طوری‌که هر تیمار از چهار تکرار برخوردار بود و برای ویژگی مقاومت به ضربه از ۵ تکرار استفاده شد. متوسط ویژگی‌های مکانیکی تخته‌های ساخته شده توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند (جدول ۳). برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS و برای رسم نمودارها از نرم افزارExcels استفاده شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی: برای اندازه‌گیری استحکام کششی و مدول الاستیسیته کششی مطابق با استاندارد ASTM – D638، و برای اندازه گیری آزمون خمش از آیین‌نامه ASTM -D790 استفاده گردید، در این آزمون مدول‌الاستیسته خمشی(MOE) و مقاومت‌خمشی (MOR) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری مقاومت به ضربه از نوع فاقدار مطابق با استاندارد ASTM– D256 انجام شد.

نتایج

رابطه بین طول و ضریب‌کشیدگی الیاف

متوسط ضریب‌کشیدگی در الیاف کوتاه ۲٤/۵۲، برای الیاف متوسط ٤/۱۷ و برای الیاف بلند ۷۷/۸۵ بوده است. همبستگی بین ضریب‌کشیدگی با هر سه سطح طول الیاف (کوتاه، متوسط و بلند) مثبت بود. از این‌رو، طول الیاف و ضریب کشیدگی اثرهای یکسانی بر روی ویژگی‌های مکانیکی فرآورده ساخته شده خواهند داشت. به‌طوری‌که در جدول ۱، متوسط مقدار طول و ضریب‌کشیدگی الیاف و همبستگی بین آنها نشان داده شده است.

رابطه بین طول فیبر و مقدار فیبر بر روی ویژگی‌های مکانیکی

مقاومت خمشی (MOR):

مطابق با شکل ۲، مقدار الیاف تأثیری بر روی ویژگی MOR نداشته، ولی طول فیبر بر روی این ویژگی در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر داشته است (شکل۱). آزمون چند دامنه‌ای دانکن در قسمت بالای شکل ۱، نشان می‌دهد که هیچ نوع تفاوت معنی‌داری بین الیاف بلند (بزرگتر از ۲ میلی‌متر) و متوسط (۲-۱ میلی‌متر) وجود ندارد، ولی هر دوی آنها با الیاف کوتاه (کوچکتر از ۱ میلی‌متر) تفاوت معنی‌داری دارند. جدول ۲ ثابت می‌نماید که اثرهای طول فیبر بر روی مقاومت خمشی (MOR) عامل خیلی مهم‌تر نسبت به مقدار الیاف می‌باشد. به‌طوری‌که روابط متقابل معنی‌داری که بین طول الیاف و مقدار الیاف (طول الیاف * مقدار الیاف) وجود دارد و همچنین عدم اختلاف معنی‌دار بین نمونه شاهد (پروپلین خالص) و سایر نمونه‌های تقویت‌شده باعث شده تا رفتار فرآورده-های ساخته شده در قبال آزمون مقاومت خمشی (MOR) مبهم و پیچیده باشد (جدول ۳).

مدول الاستیسته خمشی(MOE):

شکل ۳ و شکل ٤، رابطه بین مدول الاستیسته خمشی (MOE) با طول الیاف و مقدار الیاف را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

طول الیاف و مقدار الیاف هردو بر روی ویژگی مدول-الاستیسته خمشی (MOE) در سطح معنی‌داری ۵ درصد اثر دارند. آزمون چند دامنه‌ای دانکن در بالای تصاویر مذکور نشان می‌دهد که مقدار الیاف (٤٧ درصد) و طول الیاف (بزرگتر از ۲ میلی‌متر) از بالاترین مدول‌الاستیسته خمشی (MOE) برخوردار می‌باشند. بنابراین بین اثرهای طول فیبر کوتاه و متوسط هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بر روی ویژگی مدول‌الاستیسته خمشی (MOE) مشاهده نشد. جدول ۱ نشان می‌دهد که تیمار شاهد از کمترین مقدار MOE و تیمار الیاف بلند (بزرگتر از۲ میلی‌متر) + مقدار الیاف ٤٧ درصد از بالاترین مدول‌الاستیسته خمشی(MOE) برخوردار می‌باشد (جدول ۳).

مدول کششی[1]:

مطابق شکل ۵، رابطه بین طول الیاف و مقدار الیاف با مدول کششی در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. تفاوتِ معنی‌داری بین الیاف بلند (بزرگتر از ۲ میلی‌متر) و متوسط (۲-۱میلی‌متر) وجود ندارد، ولی هردوی آنها با طول فیبر کوتاه (کوچکتر از ۱میلی‌متر) تفاوت معنی‌دار دارند. مقدار الیاف ٤٧ درصد بالاترین اثر را روی مدول کششی دارد و نمونه شاهد (پلی‌پروپلین خالص) از کمترین مدول کششی برخوردار می‌باشد (شکل ٦). عدم وجود روابط متقابل (طول الیاف * مقدار الیاف)، (جدول ۲) و همچنین افزایش تدریجی مدول کششی با افزایش طول الیاف و مقدار الیاف در جدول ۳، حکایت از اثرهای هردو عامل (طول الیاف و مقدار الیاف) بر روی مدول کششی است.

مقاومت به کشش[2]:

مقدار الیاف و طول الیاف همانند مدول کششی بر روی مقاومت به کشش هم اثر مثبت دارند. مطابق با آزمون چند دامنه‌ای دانکن که در بالای شکل ۷ مشاهده می‌شود، بین طول الیاف کوتاه و بلند تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به‌طوری‌که عدم تفاوت معنی‌داری بین مقدار الیاف صفر درصد (شاهد) و ٤٧ درصد (شکل ۸) ثابت می‌نماید که عامل طول الیاف نسبت به عامل مقدار الیاف مهم‌تر می‌باشد.

مقاومت به ضربه فاقدار[3]:

رابطه بین مقاومت به ضربه و ویژگی الیاف بر خلاف سایر ویژگی‌های مکانیکی است. الیاف بلند کمترین اثر و الیاف کوتاه بالاترین اثر را روی مقاومت به ضربه دارند و همبستگی بین مقدار الیاف و مقاومت به ضربه معکوس است. مطابق با شکل ۱۰ فرآورده‌ای که دارای بیشترین مقدار الیاف (کمترین مقدار پلی‌پروپلین) است از کمترین مقاومت به ضربه برخوردار می‌باشد. آزمون چند دامنه‌ای دانکن در بالای تصویر ثابت می‌کند که مقدار الیاف ٤٧ درصد با دو مقدار دیگر (۳۷ درصد و ۲۷ درصد) تفاوت معنی‌دار دارد. مقاومت به ضربه فرآورده ساخته شده از الیاف کوتاه با فرآورده ساخته شده با الیاف متوسط تفاوت معنی‌داری نداشته ولی با الیاف بلند تفاوت معنی‌دار داشته است. مطابق با جدول ۲، اثرهای مربوط به عامل طول الیاف معنی‌دار نیست، ولی عامل مقدار الیاف معنی‌دار است که حکایت از آن دارد که مقاومت به ضربه بیشتر متاثر از مقدار الیاف می‌باشد و طول الیاف به اندازه مقدار الیاف مهم نمی‌باشد.

1- Tensile modulus

2- Tensile strength
3 - Impact

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- ویژگی الیاف در سه سطح مختلف

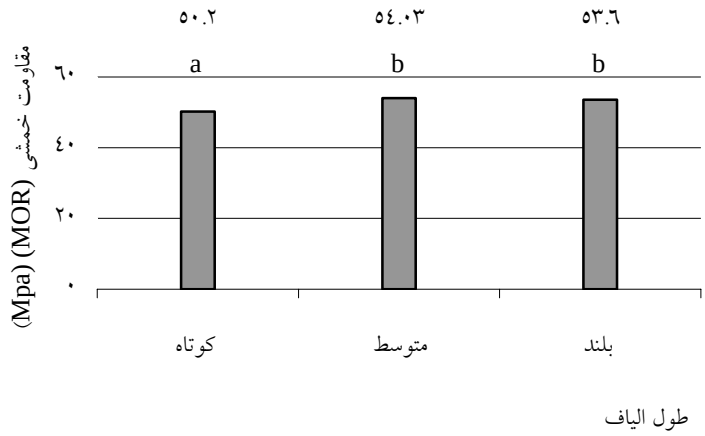
الیاف	متوسط طول (میلی‌متر)	انحراف معیار	ضخامت الیاف (میلی‌متر)	انحراف معیار	ضریب- کشیدگی	همبستگی طول فیبر با ضریب‌کشیدگی
کوتاه (کوچکتر از ۱ میلی‌متر)	۰/۷۳	۰/۲۱	۰/۰۳۱	۰/۰۰۵۲	۲٤/۵۲	۰/۷٦**
متوسط (۲-۱ میلی‌متر)	۱/٤٦	۰/۵۰	۰/۰۲۷	۰/۰۰۵٤	۵٤/۱۷	۰/۸۲**
بلند (بزرگتر از ۳ میلی‌متر)	۲/۳۰	۰/۵۰	۰/۰۲۸	۰/۰۰۵۸	۷۷/۸۵	**۰/۷٤**

** همبستگی در سطح معنی‌داری ۱ درصد

جدول۲- جدول تجزیه واریانس خلاصه شده (ANOVA) مربوط به ویژگی‌های مکانیکی

منبع	مقاومت خمشی (MOR)	مدول خمشی (MOE)	مدول کششی	مقاومت به کشش	مقاومت به ضربه
طول فیبر	*۰/٤۸	**۰/۰۰۰	**۰/۰۰۰	*۰/۰۵	ns۰/۰۵۱
مقدار الیاف	ns۰/۸۹۵	**۰/۰۰۰	**۰/۰۰۰	**۰/۰۰۰	*۰/۰۲۲
روابط متقابل (طول * مقدار الیاف)	**۰/۰۰۷	**۰/۰۰۰	ns۰/۱۱۵	ns۰/۱۸۳	*۰/۰۰۵

**: معنی‌داری در سطح ۱ درصد * : معنی‌داری در سطح ۵ درصد ns: عدم معنی‌داری

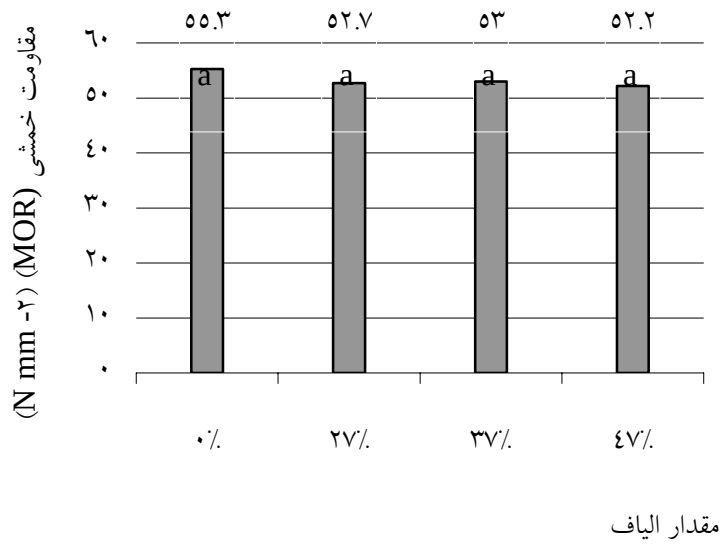


شکل۱- اثرهای مربوط به طول الیاف و آزمون طبقه‌بندی دانکن در سطح ۵ درصد

(تفاوت معنی‌داری بین طول فیبر کوتاه با متوسط و بلند وجود دارد).

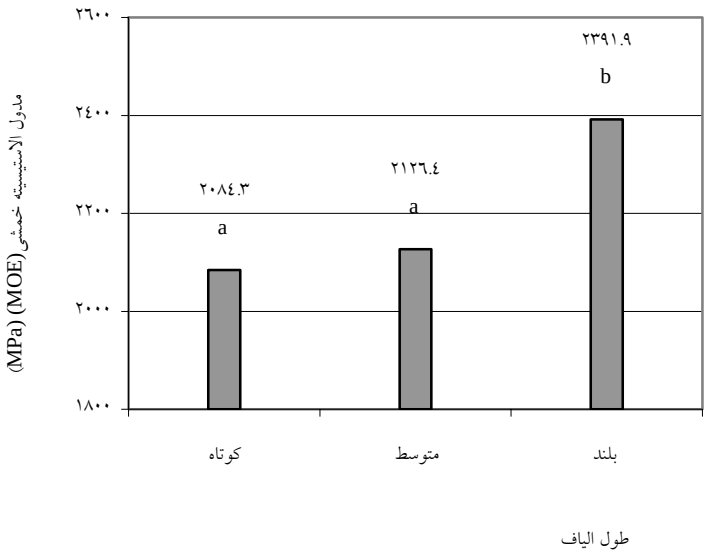
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- اثرهای مربوط به مقدار الیاف و آزمون طبقه‌بندی دانکن درسطح ۵ درصد

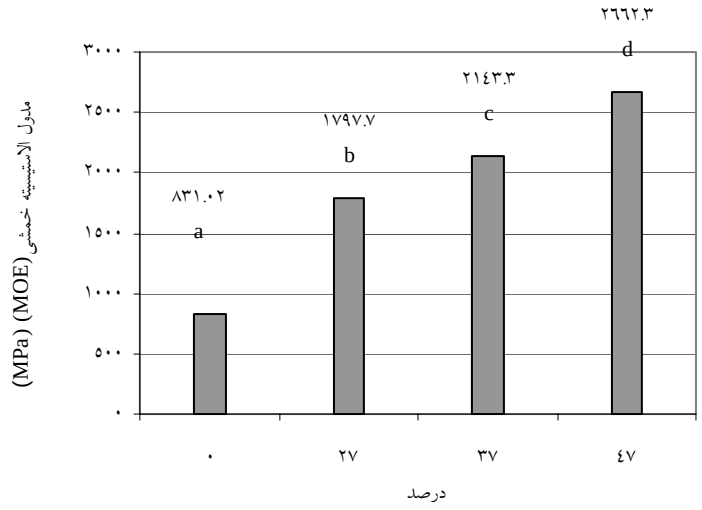
(حروف متشابه حکایت از آن دارد که تفاوت معنی‌داری بین مقدار الیاف متفاوت وجود ندارد).



شکل۳- اثرهای مربوط به طول فیبر بر روی MOE و آزمون طبقه‌بندی دانکن

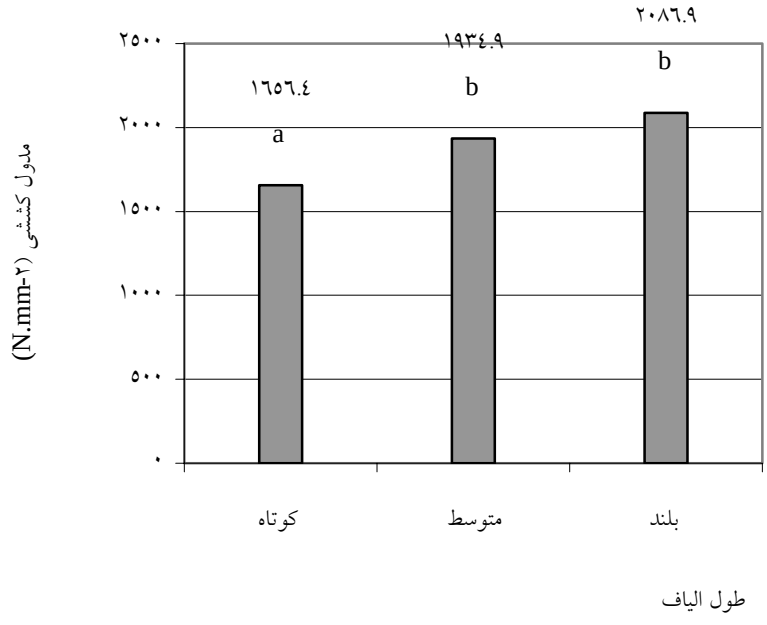
(حروف الفبایی متفاوت مبین بر این است که اثرهای طول الیاف بر روی مقاومت خمشی در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد).

www.SID.ir



شکل ٤- اثرهای مربوط به عامل مقدار الیاف بر روی ویژگی MOE و آزمون طبقه‌بندی دانکن

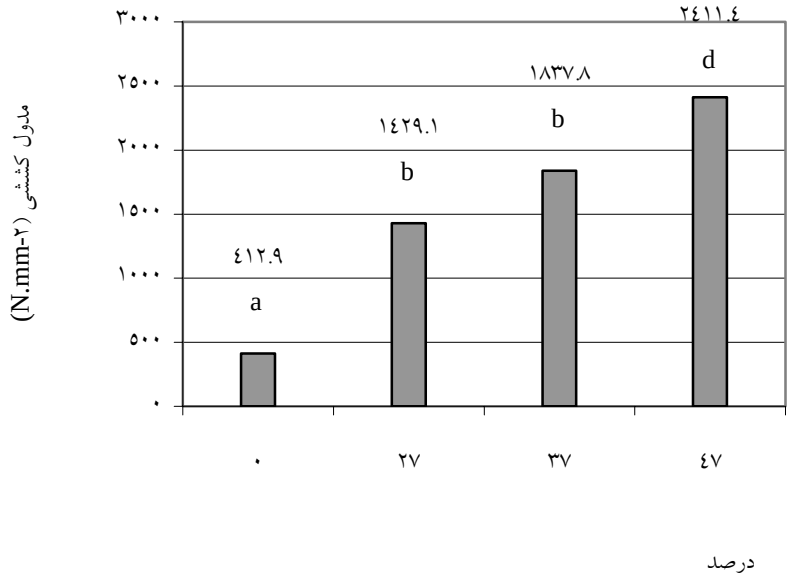
(حروف الفبایی متفاوت مبین بر این است که اثرهای مقدار الیاف بر روی مقاومت خمشی در سطح ۵ درصد معنی دار می‌باشد).



شکل ۵- اثرهای مربوط به عامل طول الیاف بر روی ویژگی مدول کششی و آزمون چند دامنه‌ای دانکن

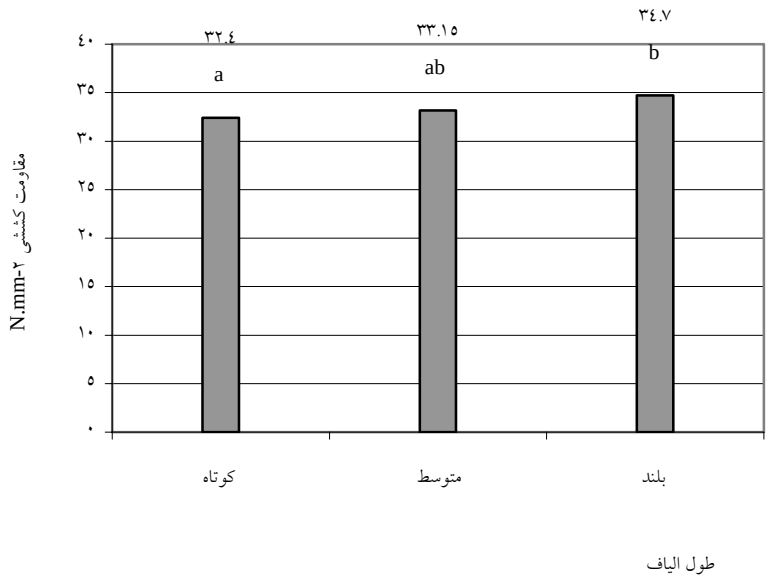
(حروف الفبایی متفاوت مبین بر این است که اثر طول الیاف بر روی مدول کششی در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد).

www.SID.ir



شکل ٦- اثرهای مربوط به مقدار الیاف بر روی ویژگی مدول کششی و آزمون چند دامنه‌ای دانکن

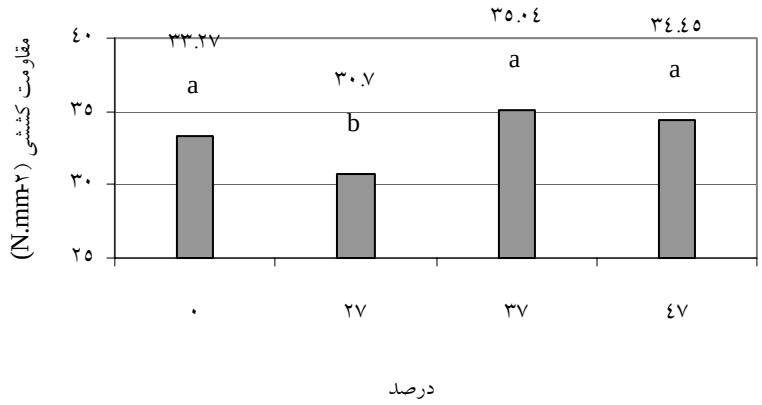
(حروف الفبایی متفاوت مبین بر این است که اثرهای مقدار الیاف بر روی مدول کششی در سطح ۵ درصد معنی دار می‌باشد).



شکل ۷- اثرهای مربوط به طول فیبر بر روی مقاومت به کشش و آزمون چند دامنه‌ای دانکن

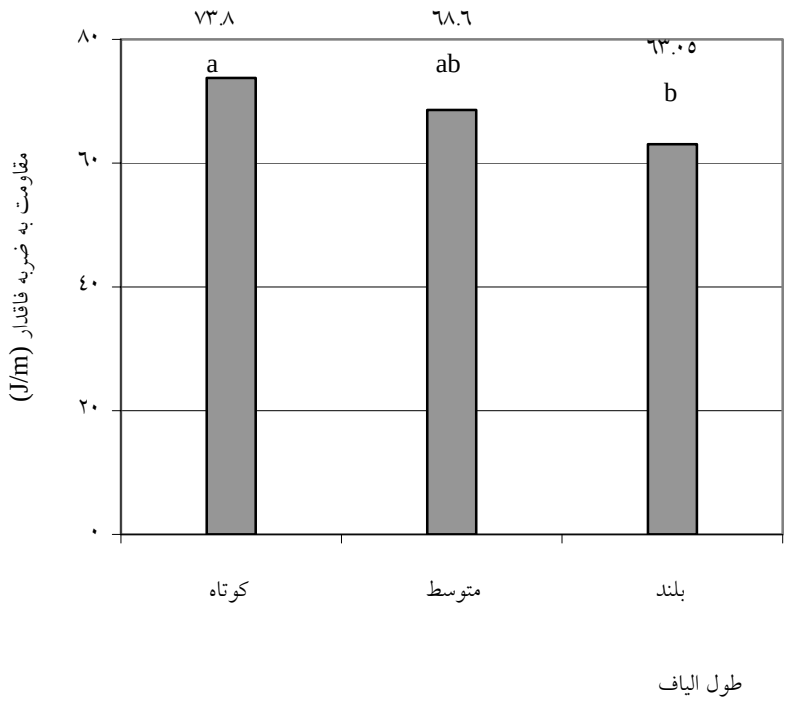
(حروف الفبایی متفاوت مبین بر این است که اثرهای طول الیاف بر روی مقاومت کششی در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد).

www.SID.ir



شکل ۸ – اثرهای مربوط به مقدار الیاف بر روی مقاومت به کشش و آزمون چند دامنه‌ای دانکن

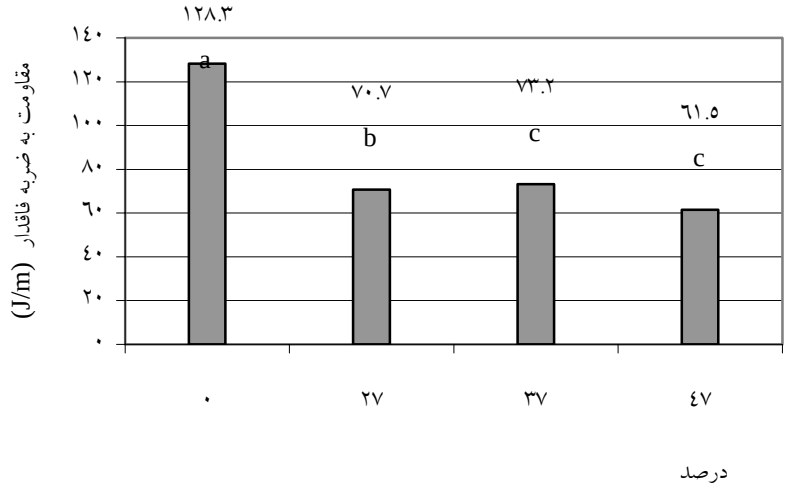
(حروف الفبایی متفاوت مبین بر این است که اثرهای مقدار الیاف بر روی مقاومت کششی در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد).



شکل ۹- اثر عامل طول فیبر بر روی مقاومت به ضربه و آزمون چند دامنه‌ای دانکن

(حروف الفبایی متفاوت مبین براین است که اثر طول الیاف بر روی مقاومت به ضربه درسطح ۵ درصد معنی دار می‌باشد).

www.SID.ir



شکل ۱۰ – اثر عامل مقدار الیاف بر روی مقاومت به ضربه و آزمون چند دامنه‌ای دانکن

(حروف الفبایی متفاوت مبین بر این است که اثر مقدار الیاف بر روی مقاومت به ضربه در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد).

بحث

مطالعه فرآورده چند سازه الیاف خمیرکاغذ و پلی‌پروپلین (PP) با مقدار الیاف و طول الیاف مختلف نشانگر نتایج قابل توجهی است. به‌طوری‌که بهترین همبستگی در ویژگی مقاومت به کشش و مدول کششی مشاهده شد، که علت آن را می‌توان عدم روابط متقابل بین طول الیاف و مقدار الیاف دانست. اما با وجود اینکه بین عوامل طول الیاف و مقدار الیاف در مدول الاستیسته خمشی روابطی متقابلی وجود داشته است، ولی افزایش هر دو عامل افزایش مدول الاستیسته خمشی(MOE) را باعث شده است. مطابق با تحقیقات کراسچی و لوپس (۲۰۰۲)، چون مواد تقویت کننده یا پر کننده نسبت به ماده زمینه‌ای سفت‌تر هستند به سادگی اجازه تغییر شکل را به فرآورده ساخته شده نمی‌دهند و در نتیجه با افزایش درصد الیاف، مقدار مدول الاستیسته خمشی (MOE) افزایش می‌یابد. همانند دیگر تحقیقات، مقاومت به ضربه همبستگی معکوسی با مقدار الیاف دارد (استارک و رولندس، ۲۰۰۳؛ کوکتا و همکاران، ۱۹۸۹). یعنی باافزایش مقدار الیاف، مقاومت به ضربه کاهش می‌یابد. از این‌رو، فرآورده‌ی ساخته شده از الیاف کوتاه دارای مقاومت به ضربه بیشتر نسبت به الیاف متوسط و بلند می‌باشد. علت این امر را می‌توان به این سبب دانست که الیاف کوتاه به سبب فراوانی بیشتر از سطح ویژه‌ی بیشتری برخوردارند و در نتیجه پراکندگی یکنواخت‌تری داشته و سازگاری بیشتری بین الیاف و ماده زمینه‌ای وجود خواهد داشت (کراسچی و لوپس، ۲۰۰۲؛ بلدزکی و گاسان، ۱۹۹۹و بلدزیکی و گاسان، ۱۹۹۸). اما بطور کلی میانگین مقاومت به ضربه فرآورده ساخته شده از الیاف خمیرکاغذ و پلی‌پروپلین ۶۸ ژول بر متر بوده که در مقایسه با فرآورده‌های ساخته شده از آرد چوب این مقدار مقاومت خیلی زیادتر می‌باشد (استارک و رولند، ۲۰۰۳)، که ثابت می‌کند چنین فرآورده‌ایی برای مصارف با هدف مقاومت به ضربه بالا

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- طبقه بندی دانکن برای تیمارها

ویژگی مقاومتی	طول فیبر®	مقدار الیاف¥(Wt %)			
		۲۷	۳۷	۴۷	(شاهد€) صفر
MOR (Nmm^{-2})	کوتاه	۴۸/۸[a]	۵۱۰/۶	۴۸/۳[a]	۵۱۰/۳۰
	متوسط	۵۶/۸[b]	۴۸/۹[a]	۵۶/۲[b]	
	بلند	۵۶/۴	۵۶/۳[b]	۵۶/۱	
MOE (Nmm^{-2})	کوتاه	۱۵۷۶/۳[b]	۲۲۵۷/۹[d]	۲۴۱۸/۸[d]	۸۳۱/۰
	متوسط	۱۸۱۵/۲[c]	۱۷۸۹/۷[bc]	۲۷۷۴/۳[e]	
	بلند	۱۹۹۹/۸[c]	۲۳۸۲/۲[d]	۲۷۹۳/۸[e]	
مدول کششی (Nmm^{-2})	کوتاه	۱۲۴۶/۸	۱۷۲۹/۱[cde]	۱۹۹۶/۳[e]	۴۱۳/۹
	متوسط	۱۴۸۰/۱[bc]	۱۸۰۹/۷[de]	۲۵۱۴/۹[f]	
	بلند	۱۵۶۳/۴[cd]	۱۹۷۴/۵[e]	۲۷۲۲/۸[f]	
مقاومت به کشش (Nmm^{-2})	کوتاه	۲۸/۱[a]	۳۴/۷[cd]	۳۴/۴[cd]	۳۶/۲۷
	متوسط	۳۲/۸	۳۳/۵[cd]	۳۴/۰[cd]	
	بلند	۳۴/۴	۳۶/۸[d]	۳۴/۸[cd]	
مقاومت به ضربه (J/m)	کوتاه	۶۱۰/۶	۸۸/۳	۷۱۰/۶	۱۲۸/۳[d]
	متوسط	۷۰/۸[ab]	۷۶/۳	۶۶/۶	
	بلند	۷۷/۸۳[b]	۶۱۰/۱۶	۴۸/۱[a]	

کوتاه : کوچکتر از ۱ میلی‌متر؛ متوسط: ۲-۱ میلی‌متر؛ بلند: بزرگتر از ۳ میلی متر

¥ : ماده جفت‌کننده در همه تیمارها مالییک انیدرید (MAPP) و مقدار آن ۳ درصد بود.

€: شاهد یعنی پلی‌پروپلین خالص

اعداد با حروف الفبایی متفاوت یعنی وجود تفاوت معنی‌داری (۵ درصد) بین آنها

مناسب می‌باشند. شواهد آماری حکایت از آن دارد که مقدار الیاف ویژگی مهمتری نسبت به طول الیاف برای مقاومت به ضربه می‌باشند.

بنابراین روابط متقابل بین طول و مقدار الیاف و همچنین نوسانهایی که تیمارهای مختلف در مقابل آزمون مقاومت به خمش (MOR) از خود نشان می‌دهند باعث شده تا درک اثرهای مربوط به طول الیاف و مقدار الیاف بر مقاومت به خمش(MOR) تا حدودی پیچیده باشد. با وجود این شاید بالاتر بودن مقاومت خمشی (MOR) در نمونه شاهد (پلی‌پروپلین خالص) نسبت به نمونه‌های ساخته شده رادر قابلیت جذب بیشتر رطوبت در نمونه‌ای تقویت شده توسط الیاف خمیر کاغذ دانست.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع مورد استفاده:

-Bledzki, A.K. and J. Gassan. 1999. Composites reinforced with cellulose based fibers. Progress in Polymer Science. J. v.24: 221-274.

-Bledzki, A.K.; S. Reihmane and J. Gassan. 1998. Thermoplastics reinforced with wood fillers: A literature review. Polymer-Plastic Technology Eng. J. v. 37, n. 4: 451-468.

-Caraschi, J.C. and A.L. Lopes Leao. 2002. Woodflour as reinforcement of polypropylene. Material Research. J. Vol. 5, No.4, 405-409.

-Caulfield, D.F., C. Clemons, R. E. Jacobson and R. M. Rowell. 2005. Wood Thermoplastic Composites. In: Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites (Eds.: R.M. Rowell), CRC Press LC, pp. 366-377.

-Klyosov, A.A. 2007. Cmposition of wood-plastic composites: Cellulose and lignocelluloses fillers. In: Wood-Plastic Composites. 1st ed. Wiley. United States of America, pp. 75-115.

-Kokta, B.V.; R.G. Raj and C. Daneault. 1989. Use of wood flour as a filler in polypropylene: Studies on mechanical properties. Polymer- Plast. Technol. Eng. J. v. 28, n. 3: 247-259.

-Mengeloglu, F. and K. Karakus. 2008. Some properties of Eucalyptus wood flour filled recycled high density polyethylene polymer-composites. Turk. J. Agric. 32: 537-546.

-Migeneault S., A. Koubaa, F. Erchiqui, A. Chaala, K. Englund, C. Krause and M. Wolcott. 2008. Effect of fiber length on processing and properties of extruded wood-fiber/HDPE composites. Applied Polymer Science. J. Vol. 110: 1085-1092.

-Stark N.M. and R.E. Rowlands. 2003. Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. Wood and Fiber Science. J. 35(2):67-174.

- Shakeri, A., L. Seilani and A. Omidvar. 2002. An investigation of fabrication cellulose fibers polymer using recycled polystyrene and waste newspaper. Iranian J. Natural Res. Vol. 55, No. 3: 407-417.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of fiber length on mechanical properties of wood composite plastic (Polypropylene)

Basiji,F.[1], Safdari, V. [2*], latibari, A.J.[3] and Nourbaksh, A.[4]

1-MS.c., Agriculture and Natural Resources Faculty, Islamic Azad University, Karaj Branch – Iran.
2*- Corresponding author, Ph.D., Dept. of Wood and Paper Science & Technology, Islamic Azad University- Kraj branch – Iran . Email: vahid.safdari@gmail.com
3- Associate Prof., Agriculture Research Center Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran
4- Ph.D., Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands , Iran,

Received: Jan. 2009 Accepted: May, 2010

Abstract

The objective of adding reinforcing fillers such as natural fibers to plastics is to increase the strength compared with neat plastic and wood. In this research the effect of wood pulp fiber length (short, medium and long), aspect ratio and fiber content (27%, 37%, 47% and 0% (non-reinforced PP)) with 3% maleic anhydride grafted polypropylene on wood plastic composites (WPCs) has been studied. Results showed that increased fiber length or aspect ratio and fiber content increases mechanical properties (tensile strength, tensile modulus and MOE). Impact strength was inversely correlated with fiber content and fiber length, and that fiber content was more important factor than fiber length in this regard. The impact strength of composite of softwood pulps was much higher than wood floor composite plastic. The significant interaction between fiber length and fiber content, and lack of a specific trend in the treatments made assessment of the effect of fiber properties on MOR difficult.

Keywords: Pulp fiber, fiber length, aspect ratio, fiber content, wood- plastic composite, mechanical properties

Archive of SID

www.SID.ir