تاثیر نوع، اندازه و درصد الیاف بر دانسیته و قدرت نگهداری اتصال دهنده‌ها در چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک ساخته شده به روش خشک

محراب مدهوشی*[۱]، عباس قنبری[۲] و سید مجید ذبیح‌زاده[۳]

[۱] دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

[۲] دانشجوی دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

[۳] دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۳۱، تاریخ تصویب: ۹۰/۱۰/۵)

چکیده

در این پژوهش اثر نوع، اندازه و درصد الیاف بر دانسیته و قدرت نگهداری اتصال دهنده (میخ و پیچ) در چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک ساخته شده با روش اختلاط خشک مورد بررسی قرار گرفت. تخته‌های چوب-پلاستیک با دانسیته اسمی ۱ گرم بر سانتیمتر مکعب و با ابعاد ۳۰×۲۰×۱ سانتی‌متر ساخته شدند. از پلی‌پروپیلن (PP) به عنوان فاز زمینه و از الیاف چوب صنوبر و الیاف کاه برنج (به صورت آرد) به عنوان تقویت‌کننده و ۴ درصد مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلن (MAPP) به عنوان جفت‌کننده استفاده شد. مقدار الیاف استفاده شده ۴۵، ۶۰ و ۷۵ درصد بر اساس وزن خشک تخته در دو اندازه۴۰-۲۰ مش و۶۰-۴۰ مش بود. در مجموع ۱۲ تیمار و از هر تیمار ۳ تخته به صورت اختلاط خشک و با استفاده از پرس گرم ساخته، سپس اندازه‌گیری دانسیته، قدرت نگهداری میخ و پیچ انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش درصد الیاف، دانسیته تخته‌ها کاهش یافته، نمونه‌های دارای الیاف کوچکتر (۶۰-۴۰ مش) دانسیته بالاتری دارند. همچنین نمونه‌های دارای الیاف چوب صنوبر در مقایسه با نمونه‌های دارای الیاف کاه برنج، قدرت نگهداری اتصال دهنده بالاتری داشتند و با افزایش درصد الیاف، مقادیر آن برای هر دو نوع الیاف کاهش پیدا کرد. همچنین، نتایج حاکی از آن است که قدرت نگهداری اتصال دهنده برای نمونه‌های دارای الیاف ریزتر، بزرگتر است، هرچند، تاثیر این موضوع وابسته به درصد الیاف بوده که در مقادیر بالاتر الیاف نامحسوس است.

واژه‌های کلیدی: کاه برنج، صنوبر، پلی‌پروپیلن، دانسیته، مقاومت نگهداری، اتصال دهنده

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۱۷۱-۲۲۲۰۳۲۰ فاکس: ۰۱۷۱-۲۲۴۵۹۶۴ E-mail: mmadhoushi@hotmail.com

مقدمه

چندسازه چوب-پلاستیک گروه جدیدی از مواد با کاربردهای متنوع می‌باشند که ترکیبی از الیاف طبیعی و پلیمرهایی با خصوصیات ویژه هستند. مزایای این مواد برآیند ویژگی‌های فیبرهای لیگنوسلولزی و پلیمرها می‌باشد، به‌طوری که جانشین مناسبی برای چندسازه‌های متعارف تهیه شده از الیاف مصنوعی تالک، کربنات کلسیم، شیشه و فیبرهای کربنی شناخته شده‌اند (Clemons, 2002). این مواد دارای مقادیر قابل توجهی مواد لیگنوسلولزی هستند (۴۰ تا ۸۰ درصد)، با این وجود پایداری آنها در محیط‌های بیرونی بیشتر شبیه پلاستیک است. چگالی الیاف طبیعی (۱/۵ تا ۱/۲۵ گرم بر سانتیمتر مکعب) در مقایسه با چگالی شیشه (۲/۵۷ تا ۳ گرم بر سانتیمتر مکعب) حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد کمتر است و به همین دلیل، سبکتر بودن وزن محصول نهایی یکی از دلایل عمده گسترش این چند سازه‌هاست. کاربردهای جدید و متعددی نیز برای این مواد ایجاد شده است نظیر پارکت، نرده و کفپوش در اسکله‌ها و غیره (Ebrahimi et al.,2010).

الیاف طبیعی جهت تامین ماده اولیه فاز پرکننده را می‌توان از منابع متنوعی نظیر تراشه‌های حاصل از برش چوب، خاک اره، آرد چوب، خمیر کاغذ روزنامه بازیافتی و پسماندهای کشاورزی تهیه نمود (Faezipour et al.,2001). با توجه به کاهش منابع جنگلی و کمبود چوب، تمایل به استفاده از گونه‌های سریع الرشد و پسماندهای کشاورزی در تولید این چند سازه‌ها روند افزایشی دارد و حجم قابل توجه‌ای از تحقیقات اخیر در سطح جهانی در این مورد انجام می‌شود (Mahlberg, 2003; Singleton, 2003 ;Tajvidi, 2006; Panthapulakkal, 2006). در داخل کشور نیز با توجه به پتانسیل بالای وجود دورریزهای کشاورزی (Madhoushi et al., 2009)، توجه خاصی به ساخت چند سازه‌های چوب-پلاستیک از این پسماندها در مقیاس تجاری شده است و نیز تحقیقات متعددی در سطوح آزمایشگاهی به این موضوع اختصاص یافته است (Garjani et al., 2005; Tabari, 2002; Tajvidi et al., 1999; Shakeri et al., 2005).

در تولید چنین محصولاتی باید به نحوه کاربرد آنها نیز توجه داشت (Ebrahimi et al., 2010). در این ارتباط، آگاهی از نحوه اتصال قطعات تولید شده به منظور مصرف آنها و رفتار اتصال دهنده‌ها حائز اهمیت است. برای این منظور میزان استفاده از اتصال دهنده‌های مفتولی متعارف نظیر میخ و پیچ از حجم قابل توجه‌ای برخوردار است. بدیهی است قدرت نگهداری این اتصال دهنده‌ها در چند سازه‌های چوب-پلاستیک همانند سایر خواص مکانیکی به عوامل مختلفی نظیر نوع پلیمر، نوع الیاف تقویت‌کننده، روش اختلاط، روش ساخت فرآورده، درصد الیاف تقویت‌کننده، اندازه الیاف و غیره بستگی دارد.

در این تحقیق با توجه به نیاز صنایع در جهت یافتن پاسخی مبنی بر تاثیر اندازه و نوع الیاف بر خواص چند سازه‌های چوب-پلاستیک، الیاف گونه صنوبر و کاه برنج در دو اندازه متفاوت در اختلاط‌های وزنی متعدد با پلاستیک ترکیب شدند و دانسیته و قدرت نگهداری اتصال دهنده‌ها (میخ و پیچ) بررسی شد.

بررسی تاثیر اندازه الیاف بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب-پلاستیک ساخته شده در اکسترودر حاکی از این است که نسبت طول به قطر ذرات اثر معنی‌داری بر دانسیته نمونه‌ها دارد (Migneault et al., 2008). همچنین با افزایش ضریب ظاهری الیاف مقاومت خمشی، مقاومت کششی و نیز مدول الاستیسیته چند سازه افزایش می‌یابد (Stark et al., 2002). در این ارتباط نتایج مطالعات نشان می‌دهد فرآورده‌های دارای الیاف ریزتر (۴۰- ۲۵ مش) مقاومت به ضربه و مدول خمشی بهتری در مقایسه با ذرات درشت تر (۲۵-۱۲ مش) دارند (Shakeri et al., 2005).

نوع الیاف نیز عاملی است که بر خواص چند سازه‌ها اثرگذار است. مثلاً، الیاف طبیعی نظیر چوب آکاسیا، سنبل آبی، کنف، موز و خوشه خرما هر کدام تاثیر متفاوتی بر خواص چند سازه‌های ساخته شده با پلی‌پروپیلن دارند.

الیاف کنف مقاومت کششی، کرنش شکست و مدول الاستیسیته بزرگتری دارد و چندسازه‌های ساخته شده با الیاف موز قابل مقایسه با کامپوزیت‌های پرشده با الیاف کتان بود (Karina et al., 2007). لازم به یادآوری است قسمت‌های مختلف یک گیاه ممکن است تاثیری بر روی خصوصیات چندسازه حاصله نداشته باشد. به عنوان نمونه، قسمت‌های مختلف کاه برنج (شامل پوسته دانه، برگ کاه، ساقه کاه و گل کاه) در اختلاط با پلی‌پروپیلن تاثیر معنی‌داری بر روی خصوصیات مکانیکی چند سازه حاصله ندارند. همچنین کلیه مقاومت‌های مکانیکی چندسازه‌های حاوی الیاف قسمت‌های مختلف کاه برنج کوچکتر از مقاومت‌های مکانیکی چندسازه‌های حاوی الیاف چوب بود، به جز مقاومت به ضربه که برای چندسازه‌های دارای قسمت‌های مختلف کاه برنج بزرگتری بود (Yao et al., 2008).

درصد اختلاط الیاف نیز به طور وضوح بر خواص متعدد چندسازه‌های چوب-پلاستیک از جمله قدرت نگهداری اتصال دهنده‌ها (میخ و پیچ) تاثیر می‌گذارد. اختلاط وزنی الیاف در کمتر از ۵۰٪ تاثیری بر قدرت نگهداری اتصال دهنده‌ها ندارد و مقدار آن از پانل‌های تبدیلی چوب بزرگتر یا مساوی آنها است (Falk et al., 2001). اما نتایج سایر محققین (Chaharmahali et al., 2006) نشان می‌دهد افزایش درصد الیاف از ۶۰ تا ۸۰ درصد سبب کاهش قدرت نگهداری اتصال دهنده‌ها می‌گردد. این موضوع در چند سازه‌های ترموپلاستیک (پلی پروپیلن یا پلی اتیلن)-الیاف کاه برنج نیز بررسی شد (Madhoushi et al., 2009). نتایج حاکی از آن بود که قدرت نگهداری اتصال‌دهنده‌ها در هر دو نوع پلیمر با افزایش درصد الیاف از ۴۵ درصد تا ۷۵ درصد کاهش می‌یابد. همچنین قدرت نگهداری اتصال‌دهنده‌های میخ پس از غوطه‌وری در آب، بیشتر از مقدار آن در پیچ کاهش پیدا می‌کند.

مقدار درصد الیاف نیز از عوامل مهم در افزایش یا کاهش دانسیته است. علاوه بر این، دانسیته چندسازه‌های حاصله نیز تحت تاثیر عوامل مختلف بوده، خود نیز بر روی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آنها می‌تواند موثر باشد. علیرغم اهمیت مقدار دانسیته، گزارش‌های منتشرشده بسیار معدودی به آن پرداخته‌اند. به طور کلی با افزایش دانسیته چندسازه، بیشتر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن نیز بهبود می‌یابد(Youngquist,1993 و Mashkour,2007).

مواد و روش‌ها

مواد

پودر PP با نام تجاری V30S محصول مجتمع پتروشیمی مارون با شاخص جریان مذاب ۱۸ گرم بر ۱۰ دقیقه و دانسیته ۰/۹۲ گرم بر سانتیمتر مکعب به عنوان ماده زمینه استفاده گردید. الیاف لیگنوسلولزی شامل الیاف چوب گونه صنوبر دلتوئیدس، به دست آمده از جنگل تحقیقاتی شصت‌کلاته گرگان و نیز الیاف کاه برنج، از نژاد فجر به دست آمده از مزارع استان گلستان استفاده شد (جدول ۱). الیاف با آسیاب کردن پوشال چوب و قطعات کاه به دست آمد. الیاف لیگنوسلولزی در دو اندازه ۴۰-۲۰ مش و ۶۰-۴۰ مش به عنوان پرکننده و در ۳ نسبت وزنی ۴۵، ۶۰ و ۷۵ درصد با روش اختلاط خشک با پلیمر مخلوط شدند. از مالئیک انیدرید گرافت شده با پلی‌پروپیلن (MAPP) محصول شرکت کیمیا جاوید سپاهان اصفهان با شاخص جریان مذاب ۵۰-۳۰ گرم بر ۱۰ دقیقه به عنوان جفت‌کننده نیز استفاده گردید.

روش ساخت چند سازه

چوب صنوبر پس از کمی کاهش رطوبت و تبدیل اولیه به پوشال، توسط آسیاب چکشی به صورت آرد و در دو اندازه ۴۰-۲۰ مش و ۶۰-۴۰ مش تهیه شد. فرآیند خشک کردن، آسیاب کردن و الک کردن در مورد کاه برنج نیز انجام گرفت. آرد چوب و آرد کاه برنج به دست آمده به مدت ۲۴ ساعت در اتو و در دمای ۱۰۳ درجه سلسیوس قرار گرفت تا کاملاً خشک شود. مواد خشک شده در ۱۲ تیمار شامل

درصد الیاف (سه سطح)، اندازه الیاف (۲ سطح) و نوع ماده اولیه (۲ سطح) تقسیم بندی شدند (جدول ۲).

جدول ۱- میزان ترکیبات شیمیایی (درصد) چوب صنوبر و کاه برنج (Shakeri et al., 2005)

ماده خام گیاهی	موم	همی‌سلولز	سلولز	لیگنین	خاکستر	سیلیکا
چوب صنوبر	۱-۳	۲۳-۲۵	۴۸-۵۵	۲۵-۲۷	۱-۰/۲	۹-۱۴
کاه برنج	۳-۴	۲۳-۲۸	۴۳-۴۹	۱۲-۱۶	۱۵-۲۰	<۱

جدول ۲- تیمارهای مورد استفاده در ساخت چند سازه الیاف طبیعی-پلاستیک

شماره تیمار	نوع الیاف	اندازه الیاف (مش)	مقدار الیاف (درصد)	PP (درصد)	MAPP
۱	صنوبر	۲۰-۴۰	۴۵	۵۱	۴
۲	صنوبر	۲۰-۴۰	۶۰	۳۶	۴
۳	صنوبر	۲۰-۴۰	۷۵	۲۱	۴
۴	صنوبر	۴۰-۶۰	۴۵	۵۱	۴
۵	صنوبر	۴۰-۶۰	۶۰	۳۶	۴
۶	صنوبر	۴۰-۶۰	۷۵	۲۱	۴
۷	کاه برنج	۲۰-۴۰	۴۵	۵۱	۴
۸	کاه برنج	۲۰-۴۰	۶۰	۳۶	۴
۹	کاه برنج	۲۰-۴۰	۷۵	۲۱	۴
۱۰	کاه برنج	۴۰-۶۰	۴۵	۵۱	۴
۱۱	کاه برنج	۴۰-۶۰	۶۰	۳۶	۴
۱۲	کاه برنج	۴۰-۶۰	۷۵	۲۱	۴

مواد مورد نیاز برای هر تیمار توزین و با هم مخلوط و سپس درون کیسه‌های مخصوص قرار گرفت. مواد مخلوط شده به کمک یک قاب چوبی درون یک قالب فلزی به ابعاد ۳۰×۲۰×۱ سانتی‌متر ریخته، کیک خشک تهیه و به همراه قالب فلزی بین صفحات آلومینیومی قرار داده شد و در نهایت درون پرس گرم قرار گرفت. دمای صفحات پرس ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد و فشار آن ۳۵ بار تنظیم شد (Madhoushi et al., 2009). مواد به مدت ۷ دقیقه تحت فشار قرار گرفت، بعد به مدت ۱ دقیقه پرس باز شد تا گازهای فرار خارج شود. سپس مجدداً به مدت ۷ دقیقه فشار اعمال شد. تخته‌های ساخته شده بلافاصله پس از خارج شدن از پرس گرم به پرس سرد منتقل و به مدت ۱۵ دقیقه تحت فشار قرار گرفته فشرده شدند. تخته‌های تولید شده با اره گرد کناره‌بری و نمونه‌های آزمونی طبق استاندارد (BS EN 1382, 2006) تهیه شدند. جمعاً ۳۶ تخته و از هر تخته ۳ نمونه برای اندازه‌گیری دانسیته، ۳ نمونه برای آزمون قدرت نگهداری میخ و ۳ نمونه برای آزمون قدرت نگهداری پیچ تهیه شد (برای هر آزمون ۱۰۸ نمونه).

اندازه‌گیری خواص

نمونه‌های دانسیته به مدت ۲۴ ساعت در داخل اتو و دمای ۱۰۳ درجه سلسیوس قرار گرفت، سپس با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱گرم توزین و ابعاد آنها با کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. دانسیته نمونه‌ها با استفاده از وزن خشک و حجم نمونه‌ها محاسبه گردید.

نمونه‌های میخ و پیچ به مدت ۲ هفته در دمای ۲۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵ درصد شرایط‌دهی شدند. برای آزمون میخ از میخ معمولی با روکش گالوانیزه به طول ۵ سانتی‌متر و قطر ساقه ۲/۸ میلی‌متر استفاده شد که به طور کاملاً عمودی به مرکز نمونه‌ها کوبیده شد، به طوری که نوک میخ به اندازه ۳ میلی‌متر از مقطع نمونه خارج شد. برای آزمون پیچ از پیچ ET- 8X50 با ۸ عدد گام دندانه در هر اینچ و قطر ساقه ۴/۳ میلی‌متر استفاده شد. مرکز نمونه‌ها با مته ۲/۵ میلی‌متری سوراخ شده، پیچ به صورت کاملاً عمودی وارد نمونه‌ها شد به‌طوری که ۳ میلیمتر از مقطع نمونه خارج گردید. نمونه‌های قدرت نگهداری میخ و پیچ با دستگاه تست مکانیکی PT100L مورد آزمون قرار گرفتند. قدرت نگهداری اتصال دهنده‌ها از تقسیم نیرو (نیوتن) بر طول نفوذ اتصال دهنده در نمونه (میلی‌متر) محاسبه گردید. کلیه داده‌های به دست آمده با آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی توسط نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

دانسیته

نتایج اندازه‌گیری‌ها در جدول ۳ آمده است. نتایج نشان داد اندازه الیاف و درصد اختلاط، در سطح ۵ درصد اثر معنی‌داری بر دانسیته تخته‌ها داشتند (جدول ۴). در مقابل نوع الیاف اثر معنی‌داری بر دانسیته چندسازه نداشت. علت آن شاید به نزدیک بودن دانسیته ظاهری چوب صنوبر (۰/۳۵ گرم بر سانتیمتر مکعب) و کاه برنج (۰/۲۳ گرم بر سانتی متر مکعب) (Shakeri et al., 2005) مربوط شود. دانسیته تخته‌های دارای الیاف کوچکتر (۶۰-۴۰ مش) بزرگتر از دانسیته تخته‌های دارای الیاف درشت‌تر (۴۰-۲۰ مش) بود (شکل ۱). این مسئله به اختلاط بهتر و بیشتر الیاف کوچکتر با پلیمر و در نتیجه اتصال بهتر بین این دو فاز بر می‌گردد که فشردگی بهتری را سبب می‌شود.

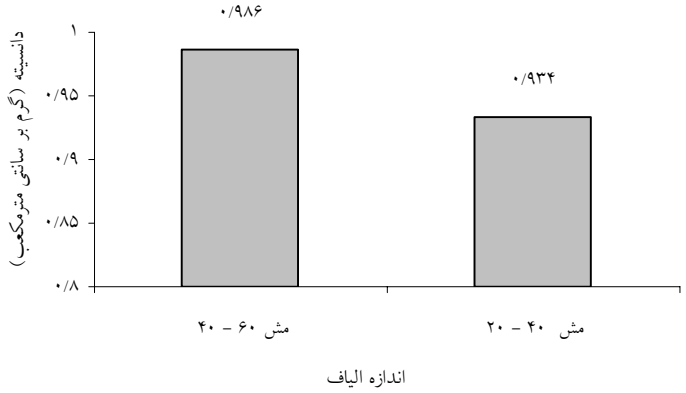
همچنین با افزایش درصد الیاف، دانسیته تخته‌ها کاهش می‌یابد (شکل ۲). این نتیجه که در نگاه اول تا حدودی غیر قابل انتظار است، در مطالعه قبلی (Madhoushi, et al., 2009) نیز مشاهده شد. علت بروز چنین نتیجه‌ای در چندسازه ساخته شده با فرایند خشک شاید به موارد زیر برگردد:) کم بودن دانسیته کاه برنج نسبت به پلیمر که با افزایش آن در یک حجم مشخص، سبب کاهش دانسیته کلی چندسازه می‌گردد، ۲) عدم امکان فشردگی کامل کاه برنج در پرس گرم با توجه به حجیم بودن آن، که افزایش درصد آن منجر به افزایش نسبی حجم چندسازه و در نتیجه کاهش دانسیته می‌گردد، ۳) به علت افزایش درصد الیاف، اختلاط الیاف و پلیمر به خوبی صورت نگرفته الیاف در فاز پلیمری به طور متناسب پخش نمی‌شود.

جدول ۳- نتایج به دست آمده از تیمارهای دوازده گانه

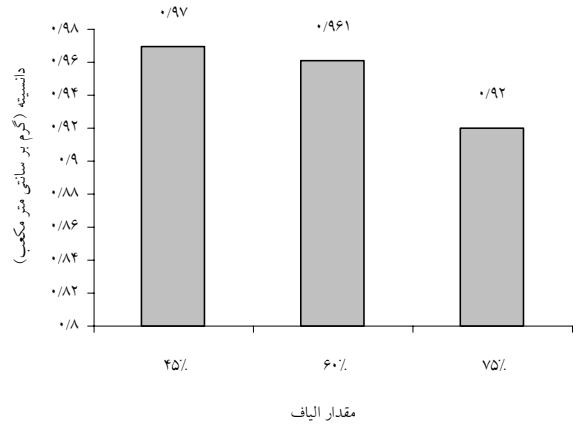
شماره تیمار	دانسیته (gr/cm^3)	قدرت نگهداری اتصال‌دهنده (N/mm)	
		میخ	پیچ
۱	۰/۹۴۹	۵۰/۴۲	۲۳۵/۴۵
۲	۰/۹۴۰	۴۵/۷۰	۲۰۲/۶۳۱
۳	۰/۸۹۷	۴۳/۳۹۲	۱۶۱/۱۳۶
۴	۰/۹۸۷	۵۸/۵۲۸	۲۵۵/۱۸۱
۵	۰/۹۷۲	۴۷/۲۹۰	۲۰۲/۳۳۷
۶	۰/۹۵۴	۴۰/۴۵۳	۱۶۵/۱۱۹
۷	۰/۹۵۲	۴۵/۰۹۱	۲۰۰/۲۱۴
۸	۰/۹۴۶	۴۴/۱۴۴	۱۸۰/۶۹۰
۹	۰/۹۱۷	۳۶/۴۴۰	۱۵۴/۵۲۴
۱۰	۰/۹۹۵	۵۵/۰۶۰	۲۳۴/۰۰۲
۱۱	۰/۹۸۶	۴۵/۷۶۶	۱۹۱/۱۷۶
۱۲	۰/۹۱۷	۳۴/۷۳۵	۱۳۹/۴۷۶

جدول ۴- نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به دانسیته و قدرت نگهداری میخ و پیچ

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			دانسیته		میخ		پیچ	
		دانسیته	میخ	پیچ	F	معنی داری	F	معنی داری	F	معنی داری
نوع الیاف	۱	۴/۶۶۹	۴۳۱/۸۹۲	۱۱۱۲۱/۰۳۱	۰/۰۱۳۲	۰/۷۲۰	۹/۴۹۹	۰/۰۰۳*	۴۸/۴۳۷	۰/۰۰۰**
اندازه الیاف	۱	۰/۰۱۱	۲۲۱/۷۵۱	۲۰۷۸/۸۴۱	۳۰/۷۷	۰/۰۰۰**	۴/۸۷۷	۰/۰۳*	۹/۰۳۷	۰/۰۰۳*
درصد الیاف	۲	۰/۰۸	۱۶۷۸/۴۶۴	۵۲۲۰۱/۴۲۱	۲۲/۹۴۸	۰/۰۰۰**	۳۶/۹۱۶	۰/۰۰۰**	۲۲۶/۹۳۶	۰/۰۰۰**
نوع * اندازه الیاف	۱	۰/۰۰	۱۰/۱۰۲	۲۵/۲۶۳	۱/۲۲۳	۰/۲۸۰	۰/۲۲۲	۰/۶۳۸	۰/۱۱۰	۰/۷۴۱
نوع * درصدالیاف	۲	۰/۰۰	۵۱/۸۱۳	۴۲۳/۰۱۷	۰/۸۵۹	۰/۴۳۶	۱/۱۴۰	۰/۳۲۴	۱/۸۳۹	۰/۱۶۵
اندازه * درصدالیاف	۲	۹/۵۴۴	۳۱۵/۴۰۳	۲۴۳۷/۴۳۸	۰/۲۶۹	۰/۷۶۶	۶/۹۳۷	۰/۰۰۲*	۱۰/۵۹۶	۰/۰۰۰**
نوع*اندازه *درصدالیاف	۲	۰/۰۱	۳/۱۶۱	۷۴۷/۹۹۰	۲/۹۴۶	۰/۰۷۲	۰/۷	۰/۹۳۳	۳/۲۵۲	۰/۴۳
خطا	۹۶	۰/۰۰۰	۴۵/۴۶۷	۲۳۰/۰۲۷						
کل	۱۰۸									



شکل ۱- تغییرات دانسیته چند سازه‌ها بر اثر تغییر اندازه الیاف



شکل ۲- تغییرات دانسیته چندسازه بر اثر تغییر درصد الیاف (اعداد عشاری داخل شکل به صورت ممیز)

علت این امر مقاومت بزرگتر الیاف چوب در مقایسه با الیاف کاه می‌تواند باشد (شکل ۳).

تخته‌های حاوی الیاف ریزتر به علت اختلاط بهتر با پلیمر و پراکنش بیشتر، درگیری بیشتر با میخ داشته در نتیجه قدرت نگهداری میخ افزایش می‌یابد. نمونه‌های دارای الیاف ریزتر دارای میانگین ۴۷/۰۶۳ نیوتن بر میلی‌متر و نمونه‌های حاوی الیاف درشت‌تر دارای میانگین ۴۴/۱۹۷ نیوتن بر میلی‌متر بودند (شکل ۴).

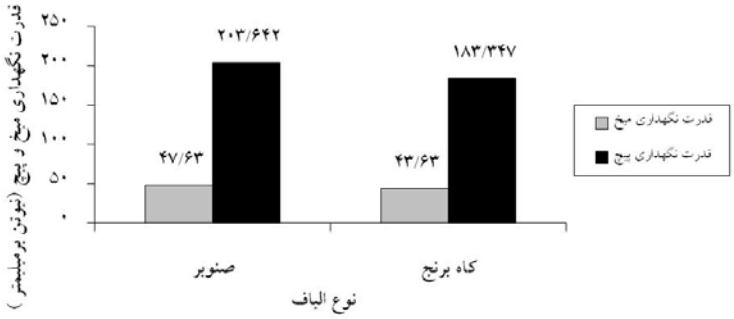
قدرت نگهداری میخ

نتایج آزمون قدرت نگهداری میخ (جدول ۳) حاکی از آن است که نوع ماده تقویت‌کننده، اندازه الیاف و درصد الیاف در سطح ۹۵ درصد اثر مستقل معنی‌داری بر قدرت نگهداری میخ دارند (جدول ۴). نمونه‌های دارای الیاف چوب صنوبر قدرت نگهداری میخ بالاتری (با میانگین ۴۷/۶۳۰ نیوتن بر میلی‌متر) در مقایسه با نمونه‌های دارای الیاف کاه برنج (با میانگین ۴۳/۶۳۰ نیوتن بر میلی‌متر) داشتند، که

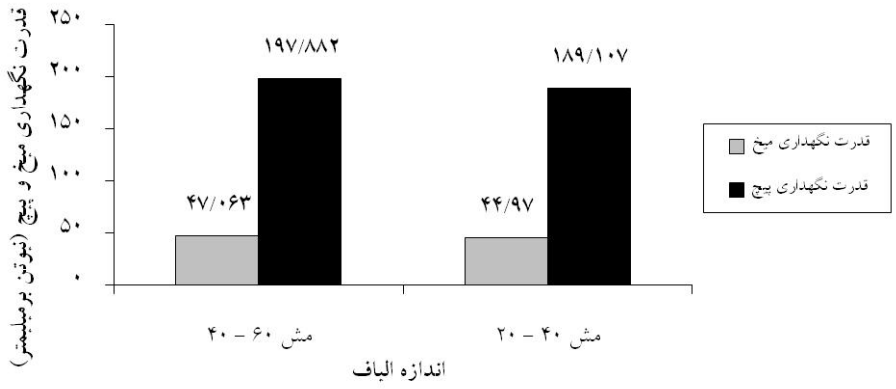
توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل اندازه الیاف و درصد الیاف (جدول ۴)، با افزایش درصد الیاف از ۴۵ تا ۶۰، مقاومت نگهداری میخ برای هر دو اندازه الیاف کاهش شدیدی را نشان می‌دهد، هرچند در مقادیر نزدیک به درصد الیاف ۶۰٪، مقاومت نگهداری میخ هر دو اندازه الیاف به هم نزدیک شده و در درصد الیاف ۷۵٪ این روند تا حدودی معکوس می‌شود. به عبارت دیگر، اندازه الیاف در درصد الیاف کمتر اثر محسوس‌تری دارد و در درصدهای الیاف بالاتر بر قدرت نگهداری میخ اثر کمتری دارد. این نتیجه برای هر دو نوع ماده تقویت‌کننده صنوبر و کاه برنج نیز مصداق داشت (شکل‌های ۷ و ۸).

با افزایش درصد الیاف مقاومت نگهداری میخ کاهش می‌یابد (شکل ۵). این نتیجه در مطالعه قبلی (Madhoushi et al.; 2009) نیز گزارش شده است. علت این پدیده ضعیف‌تر شدن اتصال بین الیاف و کاهش انعطاف‌پذیری نمونه‌ها در اثر کاهش میزان پلیمر است که سبب می‌شود میخ به خوبی درون نمونه توسط الیاف احاطه نشود. بنابراین با نیروی کمتری از درون نمونه خارج می‌شود (Falk et al., 2001 و Chaharmahali et al., 2006).

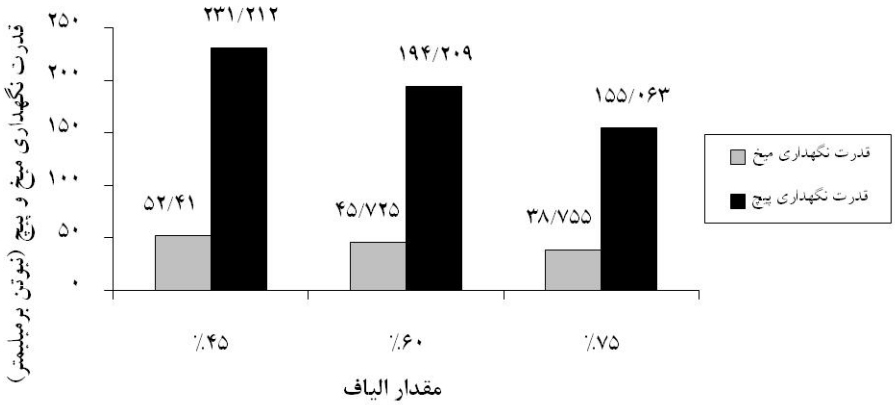
همچنین نتایج نشان داد بیشترین مقاومت نگهداری میخ مربوط به نمونه‌های دارای ۴۵ درصد الیاف صنوبر با اندازه ۶۰-۴۰ مش (۵۸/۵۸۲ نیوتن بر میلیمتر) بود (شکل ۶). با



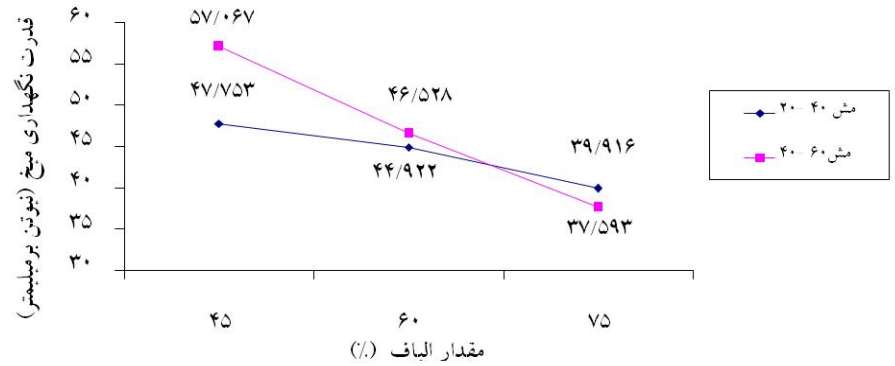
شکل ۳- تغییرات قدرت نگهداری میخ و پیچ چند سازه بر اثر تغییر نوع الیاف



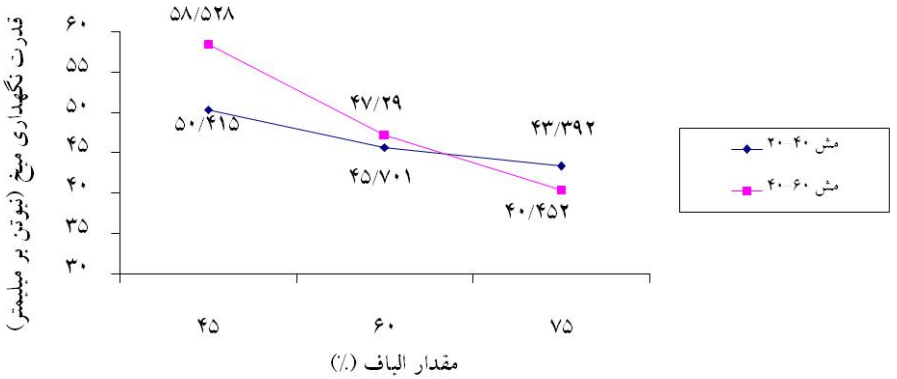
شکل ۴- تغییرات قدرت نگهداری میخ و پیچ بر اثر تغییر اندازه الیاف



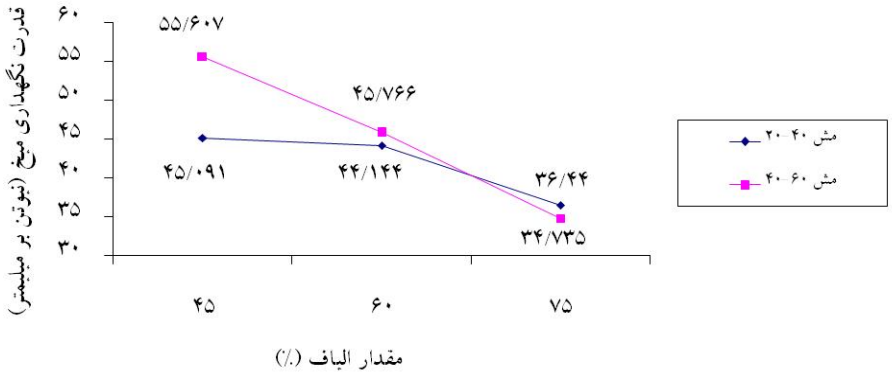
شکل ۵- مقاومت نگهداری میخ و پیچ در درصد الیاف‌های مختلف برای گونه صنوبر و کاه برنج



شکل ۶- قدرت نگهداری میخ در چند سازه‌ها در اثر تغییرات درصد الیاف و اندازه الیاف



شکل ۷- قدرت نگهداری میخ در اثر تغییرات درصد الیاف و اندازه الیاف در چندسازه‌های با الیاف چوب صنوبر



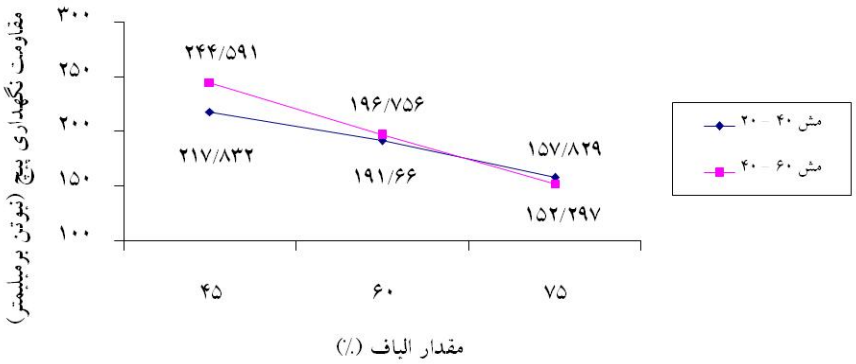
شکل ۸- قدرت نگهداری میخ در اثر تغییرات درصد الیاف و اندازه الیاف در چندسازه‌های با الیاف کاه برنج

قدرت نگهداری پیچ

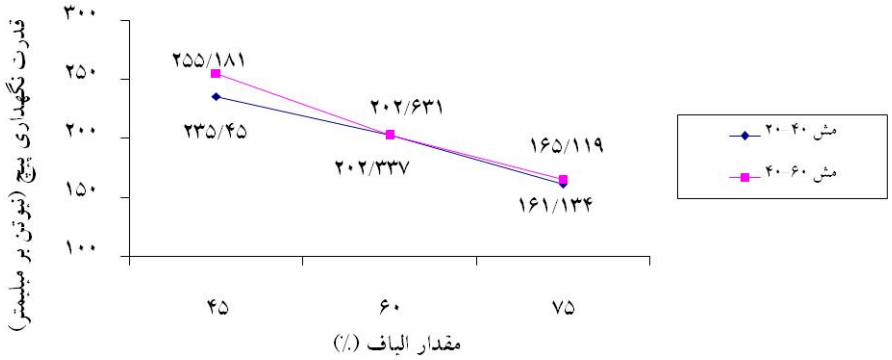
نتایج نشان داد نوع ماده تقویت‌کننده، اندازه الیاف و درصد الیاف، اثر مستقل معنی‌داری در سطح ۹۵ ٪ دارد بر قدرت نگهداری پیچ دارند (جدول‌های ۳ و ۴). نمونه‌های دارای الیاف چوب صنوبر قدرت نگهداری پیچ (با میانگین ۲۰۳/۶۴۲ نیوتن بر میلی‌متر) بزرگتری نسبت به نمونه‌های دارای الیاف کاه برنج (با میانگین ۱۸۳/۳۴۷ نیوتن بر میلی‌متر) داشتند. علت این امر مقاومت بیشتر الیاف چوب در مقایسه با الیاف کاه برنج است (شکل ۳).

مشابه آزمون قدرت نگهداری میخ، تخته‌های حاوی الیاف ریزتر به علت اختلاط بهتر با پلیمر و پراکنش یکنواخت‌تر، منجر به تولید تخته‌های یکنواخت‌تری می‌شوند که در اثر درگیری بیشتر دندانه‌های پیچ، قدرت نگهداری آن افزایش می‌یابد. در این ارتباط، نمونه‌های دارای الیاف ۶۰-۴۰ مش دارای میانگین ۱۹۷/۸۸۲ نیوتن بر میلی‌متر و نمونه‌های حاوی الیاف بین ۴۰-۲۰ مش دارای میانگین ۱۸۹/۱۰۷ نیوتن بر میلیمتر بودند (شکل ۴). با افزایش درصد الیاف قدرت نگهداری پیچ نیز کاهش می‌یابد (شکل۵). این یافته که منطبق با گزارش‌های قبلی (Falk et al., 2001; Madhoushi et al., 2009 و Chaharmahali et al., 2006) است، به علت کاهش میزان پلیمر است. پلیمر انعطاف‌پذیرتر از چوب است و از دندانه‌های پیچ تبعیت می‌کند و بار را به صورت پیوسته در طول پیچ منتقل می‌کند.

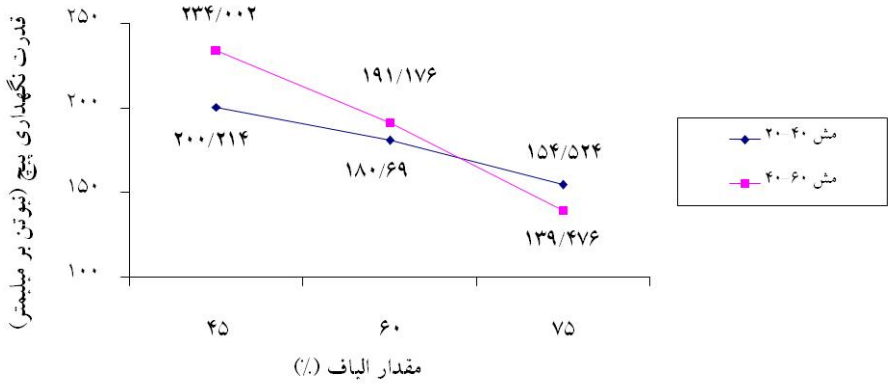
با افزایش میزان الیاف از انعطاف‌پذیری چندسازه کاسته شده، قدرت نگهداری پیچ کاهش می‌یابد. بالاترین قدرت نگهداری پیچ مربوط به نمونه‌های دارای ۴۵ درصد الیاف صنوبر با اندازه ۶۰-۴۰ مش با میانگین ۲۵۵/۱۸۱ نیوتن بر میلی‌متر بود. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل اندازه الیاف و درصد الیاف (جدول ۴)، با افزایش درصد الیاف، قدرت نگهداری پیچ برای هر دو اندازه الیاف کاهش یافت (شکل ۹). اثر اندازه الیاف بر قدرت نگهداری پیچ مشابه قدرت نگهداری میخ بوده برای هر دو نوع ماده تقویت‌کننده صنوبر و کاه برنج مشاهده می‌شود (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).



شکل ۹- قدرت نگهداری پیچ در اثر تغییرات درصد الیاف و اندازه الیاف



شکل ۱۰- قدرت نگهداری پیچ در اثر تغییرات درصد الیاف و اندازه الیاف در چندسازه‌های با الیاف صنوبر



شکل ۱۱- قدرت نگهداری پیچ در اثر تغییرات درصد الیاف و اندازه الیاف در چندسازه‌های با الیاف کاه برنج

نمونه‌های دارای الیاف ریزتر (۶۰-۴۰ مش) به علت امکان پراکنش بهتر الیاف در ماتریس پلیمری و فشردگی بیشتر، منجر به تخته‌ای با دانسیته بالاتر و قدرت نگهداری اتصال دهنده (میخ و پیچ) بیشتری در مقایسه با نمونه‌های دارای الیاف درشت‌تر هستند، هرچند این امر تابع مقدار درصد الیاف است. به عبارت دیگر، این تاثیر در درصد الیاف کمتر مشهودتر است.

نوع الیاف بر دانسیته نمونه‌ها اثر معنی‌داری ندارد، اما نمونه‌های دارای الیاف چوب صنوبر به دلیل داشتن مقاومت ذاتی بالاتر نسبت به کاه برنج، قدرت نگهداری اتصال دهنده بیشتری دارند. در همه تخته‌ها قدرت نگهداری پیچ به دلیل درگیری دندانه‌های پیچ با الیاف، بزرگتر از قدرت نگهداری میخ بود.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر نوع، اندازه و درصد الیاف بر دانسیته و قدرت نگهداری اتصال دهنده (میخ و پیچ) در چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک ساخته شده با روش اختلاط خشک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش درصد الیاف (از ۴۵٪ تا ۷۵٪)، دانسیته تخته‌ها کاهش می‌یابد، نمونه‌های دارای الیاف ریزتر (۶۰-۴۰ مش) دانسیته بالاتری دارند. با افزایش درصد الیاف به علت کاهش مواد پلیمری و اتصال ضعیف الیاف، فشردگی کمتری صورت گرفته و دانسیته چندسازه کاهش می‌یابد. به همین دلیل و با کاهش انعطاف‌پذیری چندسازه، قدرت نگهداری اتصال دهنده (میخ و پیچ) نیز کاهش می‌یابد.

References

- British Standard. 2007. Wood-plastics Composites (WPC)– Part 1: Test Methods for Characterisation of WPC Materials and Products.
- Chaharmahali, M. Kazemi-Najafi, S. Tajvidi, M. 2006. Effect of blending method on mechanical properties of wood–plastic composites. Journal of Polymer Sci. & Technology. Vol. 20(4). 7 pp.
- Clemons, C. 2002. Wood–plastic composites in the United States. The Interfacing of two Industries. Journal of Forest Products. Vol. 52(6). 9 pp.
- Ebrahimi, GH. and Rostampour-Haftkhani, A. 2010. Wood–Plastic Composites (Translated), Tehran University.
- Faezipour, M. Parsapazhuh, D. Kabudani, A. 2001. Composite material of agricultural resources, (Translated), Tehran University.
- Falk, R.H. Vos, D.J. Cramer, S.M. English, B.W. 2001. Performance of fasteners in wood flour-thermoplastic composite panels. Journal of Forest Products. Vol. 51(1). 5 pp.
- Garjani, F. and Omidvar, A. 2005. Investigation on making and mechanical properties of recycled PE-wheat straw composites. Journal of Pajouhesh-Sazandegi. Vol (72). 5 pp.
- Karina, M. Onggo, H. Syampurwadi, A. 2007. Physical and mechanical properties of natural fibers filled polypropylene composites and its recycle. Journal of Biological Sciences. Vol.7 (2). 4 pp.
- Madhoushi, M. Nadalizadeh, H. Ansell, M.P. 2009. Withdrawal strength of fasteners in rice straw fibre–thermoplastic composites under dry and wet conditions. Journal of Polymer Testing. Vol. 28 (3) 5 pp.
- Mahlberg, A. 2003. Thermal & mechanical analysis of lingo cellulosic- polypropylene composite. Proceeding of the Fifth International Conference on Wood Fiber–Plastic Composites. Forest Product Society, Madison. WI. 67-78 pp.
- Mashkour, M., 2007. Determination and modification of the influence of density on physical and mechanical properties of wood-polypropylene composites. M.Sc. Thesis. University of Tehran.
- Migneault, S. Koubaa, A. Erchiqui, F. Chaala, A. Englund, K. Krause, C. Wolcott, M. 2008. Effect of fiber length on processing and properties of extruded wood-fiber/HDPE composites. Journal of Applied Polymer Science. Vol. 110 (2). 8 pp.

- Panathapulakkal, S. Zereshkian, A. Sain, M. 2006. Preparation and characterization of wheat straw fibers for reinforcing application in injection molded thermoplastic composites. Journal of Bioresource Technology. Vol. 97 (2). 8 pp.
- Shakeri, A. and Omidvar, A. 2005. Investigation on the effect of type, quantity and size of straw particles on the mechanical properties of crops straw-HDPE composites. Journal of Polymer Science & Technology. Vol. 40. 9 pp.
- Shakeri, A., Omidvar, A. Garjana, F. 2005. Investigation of mechanical properties of HDPE–rice straw composites. Journal of Agri. Sci. & Nature. Resour. Vol. 13. 11 pp.
- Singleton, A.C.N. Bailline, C.A. Beaumont, P.W.R. Peijs. T. 2003. On the mechanical properties, deformation and fracture of a natural fiber/recycled. Journal of Polymer Composites. Vol. 34 (6). 8 pp.
- Stark, N.M. Rowlands, R.E. 2002. Effect of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. Journal of wood and fiber science. Vol. 35(2). 8 pp.
- Tabari, A., 2002. Investigation of preparing possibility of polyester-rice straw fibers composites. M.Sc Thesis. Gorgan Univ. of Agri. and Nat. Res.
- Tajvidi, M., 1999. Mixture materials of cellulosic fiber and plastic. M.Sc. Thesis. Tehran University.
- Tajvidi, M. Kazemi-Najafi, S. Moteei, N. 2006. Long-Term Water Uptake Behavior of Natural Fiber-Polypropylene Composite. Journal of Reinforced Composites Materials, Vol. 99 (5). 5 pp.
- Timber structures test methods pull through resistance of timber fasteners. BS EN 1382-2006.
- Yao, F. Wu, Q. Lei,Y. Xu, Y. 2008. Rice straw fiber-reinforced high-density polyethylene composite: Effect of fiber type and loading. Journal of Industrial Crops and Products. Vol.28 (1). 10 pp.
- Youngquist. J.A. 1993. Properties of wood fiber and polymer fiber composites. 1st wood fiber–plastic composites conference. Forest Products Society. 79–86 pp.

Effect of fiber content, size and type on board density and withdrawal strength of fasteners in natural fiber-plastic composites made through dry process

Mehrab Madhoushi[*1], Abbas Ghanbari[2] and Seyed Majid Zabihzadeh[3]
[1] Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran
[2] PhD Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran
[3] Associate Professor, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran

(Received:21 June 2011, Accepted: 26 December 2011)

Abstract

In this study, the effects of fiber content, type and size on board density and withdrawal strength of fasteners (nailed and screwed) in joints made in natural fibers-plastic composites produced through a dry process were investigated. Wood-plastic boards were made at a nominal density of 1 g/cm^3 and dimensions of 30×20×1 cm. Polypropylene (PP) as the matrix and poplar wood fiber and rice straw fibers as the reinforcement were used together with 4% (based on weight) maleic anhydride grafted polypropylene (MAPP) as the coupling agent. Three levels of dry poplar and rice straw fibers, namely 45%, 60%, and 75% based on the composition by weight at two particle sizes of 20-40 mesh and 40-60 mesh were mixed with PP. Totally, 12 formulations with 3 replications were considered. The final composites were made by pressing the prepared mats between the hot plates of a compression press by employing combinations of temperature and pressure in three stages. After storing the composites at room temperature for 15 days, the density of the boards and withdrawal strength of fasteners were measured. The results showed that fiber content may significantly influence the density of the samples and the fiber size of 40–60 mesh may lead to a higher density. In addition, it was found that poplar fibers (the type of fiber) results in higher withdrawal strength of fastener in the composites than rice straw fibers. Furthermore, the withdrawal strength of fasteners was reduced as the fiber content was increased. However, this effect is dependent on fiber size and may be negligible at higher fiber contents.

Keywords: rice straw, poplar, polypropylene, density, withdrawal strength.

*Corresponding author: Tel: +98 171 2220320 Fax: +98 171 2245964 E-mail: mmadhoushi@hotmail.com