نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم و یکم، شماره اول، ۱۳۹۳
http://jwfst.gau.ac.ir

استفاده از الیاف کوتاه شیشه در چندسازه نرمه MDF– پلی‌پروپیلن و بررسی تأثیر آن بر خواص مکانیکی چندسازه

*آرش چاوشی[۱]، محراب مدهوشی[۲]، احسان محرابی[۱] و علیرضا شاکری[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه فناوری و صنایع چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشیار گروه شیمی، دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۱٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/٤/۲۳

چکیده

در این پژوهش اثر استفاده از الیاف کوتاه شیشه بر خواص مکانیکی چندسازه نرمه MDF–پلی‌پروپیلن مورد بررسی قرار گرفت. الیاف کوتاه شیشه در ابعاد ۳ میلی‌متر تهیه شدند. به‌این منظور از نرمه سنباده‌زنی MDF به‌عنوان ماده لیگنوسلولزی و پلی پروپیلن به‌عنوان ماده ترموپلاستیک استفاده شد. مالئیک اندرید پیوند داده شده با پلی‌پروپیلن (MAPP) نیز به‌عنوان عامل جفت‌کننده به‌میزان ٤ درصد وزنی مورد استفاده قرار گرفت. سپس ۳٦ تخته (۱۲ تیمار در ۳ تکرار) با دانسیته اسمی $1 gr/cm^3$ در ابعاد ۳۰cm×۲۰cm×۱cm با استفاده از روش پرس گرم تهیه گردید. در ادامه تخته‌های ساخته شده برای تعادل رطوبتی به‌مدت ۲ هفته در محیط قرار گرفتند. سپس به‌منظور بررسی خواص مکانیکی نمونه‌های آزمونی از استاندارد (CEN/TS15534–1:2007) استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش درصد وزنی نرمه سمباده‌زنی MDF، قدرت نگه‌داری پیچ و میخ، مدول الاستیسیته خمشی (MOE) و مقاومت خمشی (MOR) نمونه‌های آزمونی کاهش و همچنین با افزایش درصد وزنی الیاف کوتاه شیشه نیز این مقاومت‌ها کاهش پیدا کردند. بیشترین مقاومت‌های مکانیکی در تیمارهای شاهد (۰ درصد الیاف کوتاه شیشه) حاصل گردید.

واژه‌های کلیدی: الیاف کوتاه شیشه، نرمه سمباده‌زنی MDF، قدرت نگه‌داری پیچ و میخ، MOE، MOR

*مسئول مکاتبه: arashchavooshi@hotmail.com

مقدمه

چندسازه‌های چوب- پلاستیک (WPCs[۲]) مواد نسبتاً جدیدی هستند که توجه قابل ملاحظه‌ای را در سال‌های گذشته به‌دست آورده‌اند. از دلایل پذیرش صنعتی WPCs و افزایش آن، می‌توان به جذب رطوبت کم، مقاومت در برابر حمله بیولوژیکی، ثبات ابعادی، ترکیبی از سختی بالا و استحکام، سایش کمتر در طول پرداخت، دانسیته پایین و قیمت پایین با توجه به پرکننده‌های معدنی اشاره کرد (ولنتا و همکاران، ۲۰۱۱). در ساخت این چندسازه‌ها محدودهٔ وسیعی از پلیمرها مانند پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن، پلی وینیل کلراید، پلی استر و ... به‌همراه پرکننده‌های سلولزی شامل پودر و الیاف حاصل از مواد چوبی، پودر و الیاف حاصل از بقایای محصولات کشاورزی و ضایعات حاصل از انواع کاغذ قابل استفاده می‌باشند (چهارمحلی و همکاران، ۲۰۰۵). به‌دنبال افزایش قیمت پلاستیک‌ها در چندین سال گذشته، افزودن الیاف و پرکننده‌های طبیعی به‌منظور کاهش هزینه‌ها در صنعت پلاستیک مورد توجه قرار گرفته است (سندی و همکاران، ۲۰۱۱). از طرفی امروزه به‌طور جدی با کاهش منابع چوبی مواجه می‌باشیم، بنابراین استفاده از فرآورده‌های ترکیبی چوب- پلاستیک ضمن بالا بردن مقاومت‌های مکانیکی و بهبود خواص فیزیکی و همچنین کاهش ضایعات بیومس گیاهی، امکان صرفه‌جویی بهتر در منابع چوبی را نیز فراهم می‌سازد (میگاز سارز و همکاران، ۲۰۰۵). امروزه بهره‌گیری از پرکننده‌های طبیعی مانند آرد چوب (به‌ویژه در درصدهای بالا) در ساخت مواد مرکب چوب- پلاستیک به‌شدت مورد توجه می‌باشد اما درصدهای بالای آرد چوب سبب جذب آب به نسبت قابل توجه و کاهش مقاومت‌های مکانیکی مواد مرکب چوب- پلاستیک می‌شود (قطبی‌فر و همکاران، ۲۰۱۰). از سوی دیگر با توجه به کمبود مواد چوبی، استفاده از ضایعات صنایع چوبی می‌تواند راهکار مناسبی را در این جهت ارائه دهد. در طی مراحل مختلف استحصال چوب از قطع درخت تا ساخت محصولات مختلف چوبی، بخش زیادی از حجم چوب برداشت شده به‌صورت خاک اره و دیگر ضایعات چوبی در می‌آید. که از آن جمله می‌توان به ضایعات قسمت‌های مختلف کارخانه‌های تخته خرده‌چوب و MDF اشاره کرد. این حجم وسیع علاوه‌بر هدر دادن منابع چوبی، خود به‌صورت یک معضل در کارخانجات و کارگاه‌های صنایع چوب در آمده است که تنها راه خلاصی از آن در بیشتر موارد سوزاندن آن‌ها است (رستم‌نژاد، ۲۰۰۷). در ساخت چندسازه‌ها علاوه‌بر مواد طبیعی، از مواد معدنی نظیر آزبست، میکا، سیلیس، سیمان،

1- Wood Plastic Composites

الیاف شیشه، کربن و بور نیز استفاده می‌شود (رامتین و همکاران، ۲۰۰۹). در بین تقویت‌کننده‌های معدنی الیاف سنتزی به‌ویژه الیاف شیشه، رایج‌ترین تقویت‌کننده‌ای است که در صنعت پلاستیک مصرف می‌شود و نسبت به دیگر الیاف سنتزی به لحاظ اقتصادی و ویژگی‌های مکانیکی برتری دارند (قطبی‌فر و همکاران، ۲۰۰۹). از سوی دیگر تولید کامپوزیت‌های الیاف چوب-پلیمر تحت تأثیر عوامل مختلفی صورت می‌گیرد. این نوع کامپوزیت‌های پلیمری معمولاً از طریق ترکیب کردن الیاف چوب و پلیمرها و یا با افزودن الیاف چوب به‌عنوان پُر کننده و تقویت‌کننده در ماتریس پلیمر و به کمک عمل پرس کردن یا قالب‌ریزی در شرایط دما و فشار تولید می‌گردند. از جمله مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در تولید کامپوزیت‌ها می‌توان به اثر عوامل سازگار کننده (جفت‌کننده)، روش تولید، مواد افزودنی، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی، درصد و نوع الیاف سلولزی، درصد و نوع پلیمر گرمانرم، شرایط پرس، طول و توزیع و پخش مناسب الیاف در توده ماتریس، نوع اتصال، جهت‌یابی الیاف و ... اشاره نمود (نوربخش و همکاران، ۲۰۰۸). مواد کامپوزیت پایه پلیمری که با الیاف شیشه تقویت شده‌اند (GRP) ظهور خود را با جنگ جهانی دوم به نمایش گذاشته و از آن تاریخ تاکنون در عرصه‌های متفاوت صنعتی مانند صنایع هوافضا، هواپیمایی، دریایی، اتومبیل‌سازی، ورزشی، الکترونیک و پزشکی اهمیّت ویژه‌ای پیدا کرده‌اند (متیو و راولینگ، ۱۹۹۹). تولید مواد مرکب هیبریدی از روش‌های بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب چوب- پلاستیک است. در واقع برای بهره‌گیری از برتری‌های هر دو نوع پرکننده طبیعی و مصنوعی می‌توان آن‌ها را در یک ماتریس یکسان ترکیب کرد تا مواد مرکب هیبریدی تولید (احمد و همکاران، ۲۰۰٦). در پژوهشی محققین به بررسی اثر هیبریداسیون الیاف شیشه بر خواص کامپوزیت‌های الیاف سیسال- پلی پروپیلن کامپوزیت پرداختند. در این پژوهش ٤ سطح الیاف شیشه (۰ درصد، ۱۰ درصد، ۱۵ درصد و ۲۰ درصد) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش سطوح الیاف شیشه، مقاومت کششی، مدول کششی، مقاومت خمشی و مدول خمشی نمونه‌های آزمونی به مقدار جزئی افزایش پیدا کردند (جاراکامجورن و ساپاکارن، ۲۰۰۹). در پژوهش دیگری قطبی‌فر و همکاران (۲۰۰۹)، به مطالعه رفتار جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه هیبریدی پلی‌پروپیلن، آرد چوب و الیاف شیشه پرداختند، در پایان نتایج حاصل از اندازه‌گیری جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه مذکور نشان داد که بر خلاف انتظار محققین، افزودن الیاف شیشه باعث افزایش معنی‌دار جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از گذشت ۲ و ٢٤ می‌شود (قطبی‌فر و همکاران، ۲۰۰۹). در پژوهشی با عنوان "کامپوزیت‌های ترموپلاستیک هیبریدی الیاف بازیافت شده

شیشه/ آرد چوب: ساخت و خصوصیات مکانیکی"، پژوهش‌گران به بررسی تأثیر دو نوع الیاف شیشه (بکر و بازیافت شده) بر خصوصیات مکانیکی کامپوزیت‌های چوب- پلاستیکِ پلی‌پروپیلن پایه و پلی‌اتیلن دانسیته پایین پایه پرداختند. در ادامه نتایج محققان نشان داد که میزان قدرت نگه‌داری پیچ در چندسازه‌های با الیاف شیشه بکر بیشتر از چندسازه‌های با الیاف بازیافت شده شیشه (در یک فرمول مشخص) می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که علاوه‌بر آن‌که آرد چوب و الیاف بازیافت شده شیشه به‌صورت قابل توجهی باعث افزایش مدول خمشی شد، اما مقاومت خمشی را کاهش دادند (ولتا و همکاران، ۲۰۱۱). در رابطه با استفاده از نرمه‌های سمباده‌زنی صنایع چوب می‌توان به پژوهش رامتین و همکاران (۲۰۰۹) اشاره کرد، در این پژوهش پژوهش به بررسی تأثیر استفاده از نرمه‌های حاصل از سمباده‌زنی سطح تخته خرده‌چوب همراه با پلی‌پروپیلن پرداخته‌اند، پژوهش‌گران در چندسازه موردنظر از سه سطح وزنی ٤٠، ٥٥ و ٧٠ درصد نرمه‌های حاصل از سمباده‌زنی سطح تخته خرده‌چوب استفاده کردند. سپس خواص مکانیکی کشش، خمش و ضربه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد افزایش پرکننده سبب کاهش تنش کششی، کرنش کششی، تنش خمشی و مقاومت به ضربه می‌گردد (رامتین و همکاران، ۲۰۰۹). در پژوهشی نجفی و ملکی به بررسی مقایسه‌ای خواص مکانیکی چندسازه‌های پلاستیک- خاک سنباده MDF و تخته فیبر دانسیته متوسط پرداختند که از پلی‌اتیلن و PVC به‌عنوان ماده زمینه و خاک سنباده MDF به‌عنوان ماده پرکننده استفاده کردند که قدرت نگه‌داری پیچ و میخ و خواص خمشی این تخته‌ها را با تخته MDF کاسپین خزر مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد تخته‌چوب- پلاستیک ساخته شده از PVC قدرت نگه‌داری پیچ و میخ در سطح بهتری نسبت به MDF و تخته ساخته شده از PE دارد (نجفی و ملکی، ۲۰۱۰). در پژوهش‌های دیگری به بررسی خصوصیات مکانیکی چندسازه ساخته شده از ضایعات حاصل از تخته فیبر و تخته خرده‌چوب پرداخته شده است که نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که با افزایش درصد استفاده از مواد پرکننده (ضایعات تخته فیبر و تخته خرده‌چوب) مقاومت اتصالات پیچ و میخ کاهش پیدا کرده است (چهارمحلی و همکاران، ۲۰۰۸). معدنی‌پور و همکاران (۲۰۰۷)، در مطالعه‌ای از ضایعات خاک‌اره MDF به‌عنوان تقویت‌کننده پلی‌اتیلن با دانسیته بالا، به‌منظور تولید فرآورده چندسازه استفاده کردند. درصد تقویت‌کننده در چهار سطح ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤٠ درصد و ابعاد ذرات تقویت کننده در ٤ سطح با اندازه‌های ٤٠، ٦٠، ٨٠ و ١٠٠ مش با پلی‌اتیلن با دانسیته بالا ترکیب شدند. همچنین از مالئیک انیدرید پلی‌اتیلنی شده (MAPE) به‌عنوان عامل جفت‌کننده استفاده کردند. فرآورده چندسازه با روش

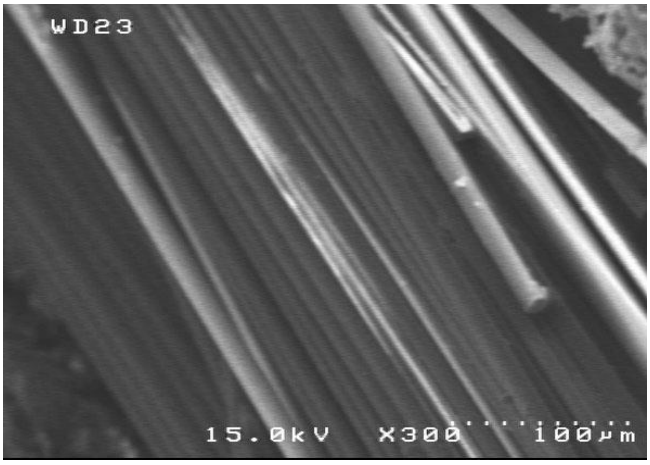
اکستروژن و قالب‌گیری تزریقی رزین تولید شد و در نهایت مقاومت‌های مکانیکی آن اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل نشان داد که مقاومت خمشی، مدول خمشی، مقاومت کششی با افزایش درصد تقویت کننده تا ٤٠ درصد و ابعاد تقویت‌کننده تا ١٠٠ مش، افزایش یافته است. همچنین مقاومت به ضربه فاقدار در ١٠ درصد تقویت‌کننده و اندازه مش ٤٠، بیشترین مقدار را داشته است (معدنی‌پور و همکاران، ٢٠٠٧). با توجه به مقدمه صورت گرفته و اهمیّت مطالعه تأثیر افزودنی‌ها در چندسازه‌های چوب- پلاستیک، در پژوهشی پیش روی به بررسی تأثیر الیاف کوتاه شیشه در چندسازه نرمه MDF- پلی‌پروپیلن پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

مواد: در این پژوهش از نرمه MDF حاصل از سمباده‌زنی سطح MDF تهیه شده از کارخانه آرین سینا واقع در شهرک صنعتی ساری، در سه سطح وزنی ٤٠، ٥٠ و ٦٠ درصد به‌عنوان ماده لیگنوسلولزی استفاده شد. همچنین پلی‌پروپیلن (PP) درجه V30S به‌عنوان ماده ترموپلاستیک با شاخص مذاب ١٨ g/١٠min از صنایع پتروشیمی اراک تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. الیاف کوتاه شیشه با ابعاد ٣ میلی‌متر (محصول شرکت پارسا پلیمر شریف) در سه سطح وزنی ٥ درصد، ١٠ درصد و ١٥ درصد به‌عنوان ماده افزودنی برای بررسی و تأثیر بر روی خصوصیات مکانیکی چندسازه نرمه MDF- پلی‌پروپیلن استفاده شد (شکل ١). همچنین از مالئیک اندرید پیوند داده شده با پلی‌پروپیلن (MAPP) به‌میزان ٤ درصد وزنی به‌عنوان عامل جفت‌کننده با نام تجاری PP-G 101 ساخت شرکت کیمیا جاوید سپاهان اصفهان استفاده شد. چندسازه الیاف کوتاه شیشه- نرمه MDF- پلی‌پروپیلن در ١٢ تیمار و ٣ تکرار ساخته شدند (جدول ١).

جدول ۱- دانسیته و مشخصات تیمار و سطوح متغیر.

تیمار	الیاف کوتاه شیشه (درصد)	نرمه MDF (درصد)	PP (%)	MAPP (%)
۱	۰ درصد	٤۰ درصد	٥٦ درصد	٤ درصد
۲	٥ درصد	٤۰ درصد	٥۱ درصد	٤ درصد
۳	۱۰ درصد	٤۰ درصد	٤٦ درصد	٤ درصد
٤	۱٥ درصد	٤۰ درصد	٤۱ درصد	٤ درصد
٥	۰ درصد	٥۰ درصد	٤٦ درصد	٤ درصد
٦	٥ درصد	٥۰ درصد	٤۱ درصد	٤ درصد
۷	۱۰ درصد	٥۰ درصد	۳٦ درصد	٤ درصد
۸	۱٥ درصد	٥۰ درصد	۳۱ درصد	٤ درصد
۹	۰ درصد	٦۰ درصد	۳٦ درصد	٤ درصد
۱۰	٥ درصد	٦۰ درصد	۳۱ درصد	٤ درصد
۱۱	۱۰ درصد	٦۰ درصد	۲٦ درصد	٤ درصد
۱۲	۱٥ درصد	٦۰ درصد	۲۱ درصد	٤ درصد



شکل ۱- تصویر FE-SEM از سطح الیاف شیشه.

روش

ساخت نمونه‌ها: دمای مورد استفاده جهت ساخت نمونه‌ها ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ویژه پرس ۳۰ بار انتخاب گردید. مدت زمان پرس گرم ۱۵ دقیقه تعیین شد. روش انجام کار به‌این صورت بود که پس از پیش پرس، نمونه‌ها به پرس گرم منتقل و ابتدا به‌مدت ۷ دقیقه با فشار ویژه ۳۰ بار در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد پرس گردیدند. سپس دهانه پرس به‌مدت ۱ دقیقه باز گردید تا هوا و بخار محبوس شده از درون چندسازه خارج شود، سپس مجدداً دهانه پرس به‌مدت ۷ دقیقه دیگر با همان فشار بسته شد (مدهوشی و همکاران، ۲۰۰۹). نمونه‌های آزمونی در قالب‌های فلزی با ابعاد ۳۰×۲۰ سانتی‌متر و ضخامت ۱ سانتی‌متر در پرس گرم تهیه شدند. این قالب فلزی به‌منظور جلوگیری از روان شدن ماده پلیمری بر روی صفحه پرس پس از ذوب شدن پلیمر تهیه شدند.

تهیه نمونه‌های آزمون: برای تهیه نمونه‌های آزمونی پیچ و میخ و خمش از استاندارد (CEN/TS 15534–1:2007) استفاده شد. به‌این جهت نمونه‌های پیچ و میخ در ابعاد ۵cm×۵cm×۱cm و نمونه‌های خمش در ابعاد ۱۷cm×۲cm×۱cm تهیه شدند (British Standard، ۲۰۰۷) جهت بررسی این خصوصیات مکانیکی از دستگاه PT100L ایران هوشمند کرج (دانشکده چوب دانشگاه گنبد) استفاده شد.

آنالیز آماری داده‌های به‌دست آمده: در این پژوهش آنالیز داده‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل، شامل دو متغیر سطح وزنی نرمه MDF (در ۳ سطح) و فاکتور افزودنی (در ٤ سطح) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در تمامی مراحل این پژوهش برای دسته‌بندی داده‌های و ترسیم جداول و نمودارها از نرم‌افزار Excel و برای تجزیه و تحلیل داده‌های آزمون مکانیکی از نرم‌افزار PASW Statistics 18 (SPSS18) استفاده شد.

نتایج و بحث

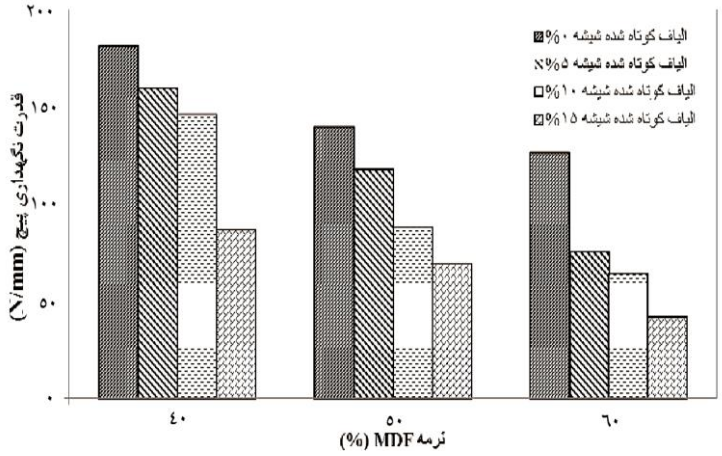
قدرت نگه‌داری پیچ عمود بر سطح: نتایج تجزیه واریانس قدرت نگه‌داری پیچ و معنی‌دار بودن سطوح مختلف نرمه MDF و الیاف کوتاه شیشه در جدول ۲ آمده است. با توجه به جدول مذکور مشخص است که تأثیر مستقل سطوح مختلف نرمه MDF و الیاف کوتاه شیشه در قدرت نگه‌داری پیچ عمود بر سطح نمونه‌های آزمونی کاملاً معنی‌دار می‌باشد. همچنین با توجه به جدول مذکور، در بررسی اثر متقابل نرمه MDF و الیاف کوتاه شیشه مشخص می‌گردد که بین این دو نوع متغییر هیچ‌گونه اثر متقابلی وجود ندارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان قدرت نگه‌داری پیچ عمود بر سطح.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F (آماره آزمون)	معنی‌داری
نرمه MDF	۲	۵۳۶۳۸/۳۶۹	۲۶۸۱۹/۱۸۵	۵۷/۱۴۰	۰/۰۰۰**
الیاف شیشه	۳	۶۴۶۵۷/۰۲۳	۲۱۵۵۲/۳۴۱	۴۵/۹۱۹	۰/۰۰۰**
نرمه MDF * الیاف شیشه	۶	۴۸۴۴/۰۲۶	۸۰۷/۳۳۸	۱/۷۲۰	۰/۱۳۲ns
خطا	۶۰	۲۸۱۶۱/۶۳۴	۴۶۹/۳۶۱		
کل	۷۱	۱۵۱۳۰۱/۰۵۳			

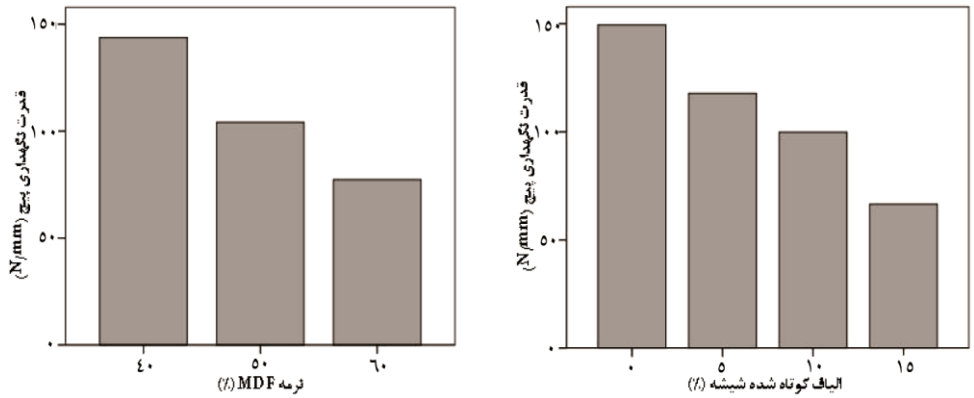
** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * معنی‌داری با سطح اطمینان ۹۵ درصد، ns عدم معنی‌داری.

با توجه به شکل ۲ مشهود است که با افزایش میزان نرمه MDF، میزان قدرت نگه‌داری پیچ عمود بر سطح به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده است. نتایج به‌دست آمده از نمونه‌های آزمونی چندسازه الیاف کوتاه شیشه- نرمه MDF- پلی‌پروپیلن نشان داد که در میان تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری به لحاظ مقاومتی وجود دارد که در این بین بیشترین قدرت نگه‌داری پیچ مربوط به نمونه‌های شاهد در هر یک از سطوح وزنی نرمه MDF (۴۰ درصد، ۵۰ درصد و ۶۰ درصد) می‌باشد. این بدان معنی است که در چندسازه مذکور، استفاده از الیاف کوتاه شیشه تأثیر منفی داشته و سبب کاهش مقاومت‌های مورد نظر می‌شود.



شکل ۲- قدرت نگه‌داری پیچ حاصل از تیمارهای مختلف چندسازه الیاف کوتاه شیشه- نرمه MDF- پلی‌پروپیلن.

شکل ۳ به‌ترتیب اثر مستقل سطوح الیاف کوتاه شیشه و نرمه MDF را بر میزان متوسط قدرت نگه‌داری پیچ عمود بر سطح نمونه‌های آزمونی نشان می‌دهد. با توجه به شکل کاملاً مشخص است که با افزایش الیاف کوتاه شیشه و نرمه MDF شاهد کاهش قدرت نگه‌داری پیچ عمود بر سطح هستیم. نتایج چهارمحالی و همکاران نیز کاهش قدرت نگه‌داری پیچ را با افزایش مقدار الیاف نشان داد.



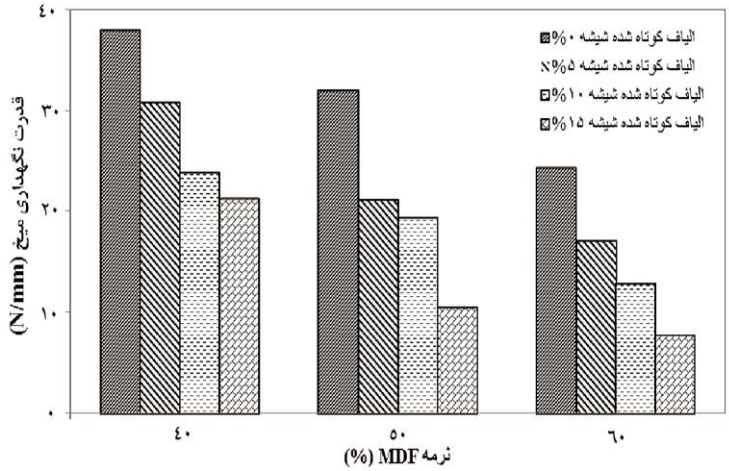
شکل ۳- تأثیر مستقل مقدار نرمه MDF و الیاف شیشه بر قدرت نگه‌داری پیچ.

قدرت نگه‌داری میخ عمود بر سطح: در چندسازه الیاف کوتاه شیشه- نرمه MDF- پلی‌پروپیلن قدرت نگه‌داری میخ نیز همانند قدرت نگه‌داری پیچ با افزایش درصد وزنی الیاف کوتاه شیشه کاهش پیدا کرد (شکل ٤). بیشترین مقاومت مربوط به تیمار شماره ۱ (نمونه شاهد سطح ٤۰ درصد نرمه MDF) و کمترین مقاومت مربوط به تیمار شماره ۱۲ (ترکیب سطح ٦۰ درصد نرمه MDF همراه با ۱۵ درصد الیاف کوتاه شیشه) می‌باشد که به‌ترتیب برابر عددی ۳۸/۰۳۸ N/mm و ۷/۸٦۷ N/mm است (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان قدرت نگه‌داری میخ عمود بر سطح.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F (آماره آزمون)	معنی‌داری
نرمه MDF	۲	۲۰٤۰/٥۳۸	۱۰۲۰/۲٦۹	۲۹/۲۱۲	۰/۰۰۰**
الیاف شیشه	۳	۳۲۰٤/٦٥٥	۱۰٦۸/۲۱۸	۳۰/٥۸٥	۰/۰۰۰**
نرمه MDF * الیاف شیشه	٦	۹٥/۲۷٤	۱٥/۸۷۹	۰/٤٥٥	۰/۸۳۹ns
خطا	٦۰	۲۰۹٥/٥۲٦	۳٤/۹۲٦		
کل	۷۱	۷٤۳٦/۰۲۸			

** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * معنی‌داری با سطح اطمینان ۹٥ درصد، ns عدم معنی‌داری.



شکل ٤- قدرت نگه‌داری میخ حاصل از تیمارهای چندسازه الیاف کوتاه شیشه- نرمه MDF- پلی‌پروپیلن.

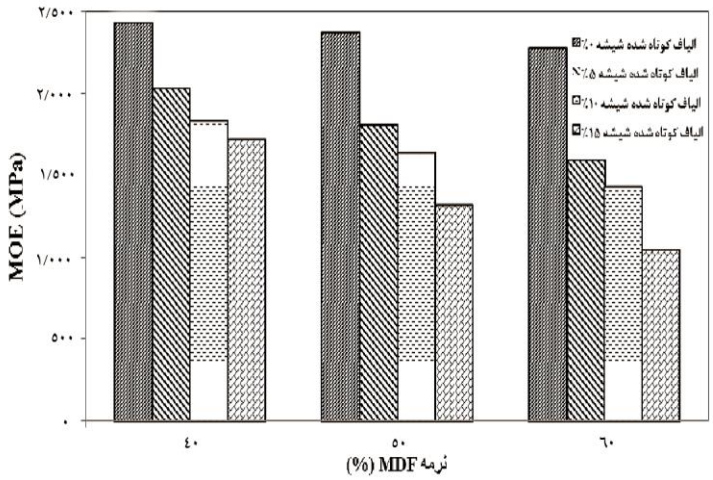
شکل ۵ اثر مستقل سطوح مختلف نرمه MDF و الیاف کوتاه شیشه را بر میزان متوسط قدرت نگه‌داری میخ عمود بر سطح نمونه‌های آزمونی نشان می‌دهد. با توجه به شکل کاملاً مشخص است که با افزایش سطح الیاف کوتاه شیشه شاهد کاهش قدرت نگه‌داری میخ عمود بر سطح هستیم.

شکل ۵- تأثیر مستقل مقدار نرمه MDF و الیاف شیشه بر قدرت نگه‌داری میخ.

اصولاً به‌خاطر طبیعت غیرقطبی پلاستیک و طبیعت قطبی الیاف چوب و عدم ایجاد اتصالات شیمیایی در مواد مرکب چوب- پلاستیک با مقادیر بالای پرکننده، پلاستیک نقش چسب را برای اتصال

ذرات چوبی به هم ایفا می‌کند. همچنین در نتیجهٔ کاهش درصد پلاستیک، مقدار اتصالات نیز کاهش خواهد یافت که در نتیجه آن مقاومت‌های مکانیکی کاهش می‌یابد (رامتین و همکاران، ۲۰۰۹).

مدول الاستیسیته خمشی (MOE) و مقاومت خمشی (MOR): نتایج مدول الاستیسیته خمشی (MOE) در شکل ۷ قابل مشاهده است. به‌طور کلی در تمامی تیمارهایی که الیاف کوتاه شیشه استفاده شده بود شاهد کاهش مدول الاستیسیته خمشی (MOE) بودیم. به‌طوری که بیشترین مدول الاستیسیته خمشی (MOE) در تیمار شاهد سطحِ ٤٠ درصد نرمه MDF به‌دست آمد. بیشترین و کمترین مقاومت خمشی (MOR) به‌ترتیب برابر ٢٤٣٣ Mpa و ١٠٥٢/٥ Mpa می‌باشد. به‌طورکلی با افزایش سطوح نرمه‌های MDF و الیاف کوتاه شیشه مدول الاستیسیته خمشی (MOE) نمونه‌های آزمونی کاهش یافتند (جدول ٤).



شکل ٦- مقدار مدول الاستیسیته خمشی (MOE) تیمارهای چندسازه الیاف کوتاه شیشه- نرمه MDF- پلی‌پروپیلن.

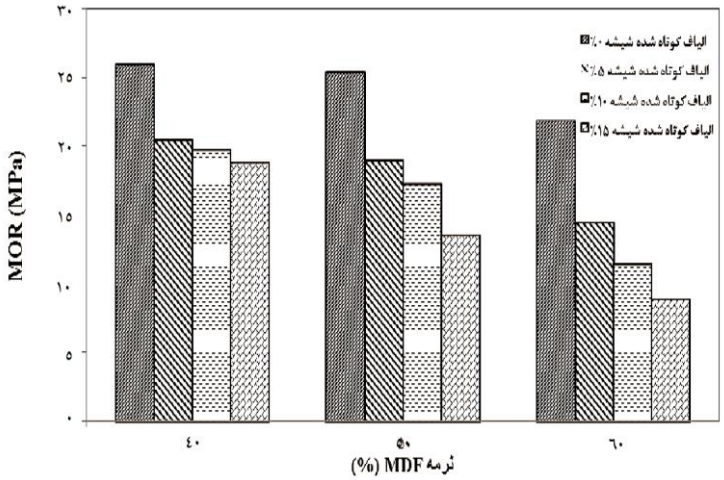
با توجه به شکل ۷ قابل مشاهده است که با افزایش میزان سطوح نرمه MDF از ٤٠ درصد به ٥٠ درصد و ٦٠ درصد و همچنین افزایش سطوح الیاف کوتاه شیشه مقدار مقاومت خمشی نمونه‌های آزمونی به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده است (جدول ٤). همچنین نتایج نشان می‌دهد بیشترین مقاومت خمشی در نمونه شاهد سطح ٤٠ درصد نرمه MDF به‌دست آمده است (٢٥/٩٤٨MPa)، این در حالی است که کمترین مقاومت خمشی، به نمونه‌های آزمونی حاصل از ترکیب ٦٠ درصد نرمه

MDF همراه با ۱۵ درصد الیاف کوتاه شیشه مربوط می‌باشد (۸/۹۳۲MPa). به‌طور کلی بیشترین مقاومت خمشی در نمونه‌های شاهد مشاهد شد. نتایج رامتین و همکاران ۱۳۸۸ نیز مشابه نتایج به‌دست آمد بود.

جدول ٤- تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان مدول الاستیسیته خمشی و مقاومت خمشی.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات		میانگین مربعات		F (آماره آزمون)		معنی‌داری	
		MOE	MOR	MOE	MOR	MOE	MOR	MOE	MOR
نرمه MDF	۲	۲۰۷۷۱۹۵/۱۹	٦۱۸/۳۳	۱۰۳۸۵۹۷/٦۰	۳۰۹/۱٦	۳۲/۳۸	۵۲/۵۹	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
الیاف شیشه	۳	۹۵۸۱۹۷۵/۷۱	۱۱۲۱/٤۵	۳۱۹۳۹۹۱/۹۰	۳۷۳/۸۲	۹۹/۵۷	٦۳/۵۹	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
نرمه MDF × الیاف شیشه	٦	٤۲۳۲۷۰/۵۸	۷۰/۰٤	۷۰٤۵/۱۰	۱۱/٦۷	۲/۲۰	۱/۹۹	۰/۰٦^{ns}	۰/۰۸^{ns}
خطا	٦۰	۱۹۲٤۷۱٤/۱۷	۳۵۲/۷٤	۳۲۰۷۸/۵۷	۵/۸۸				
کل	۷۱								

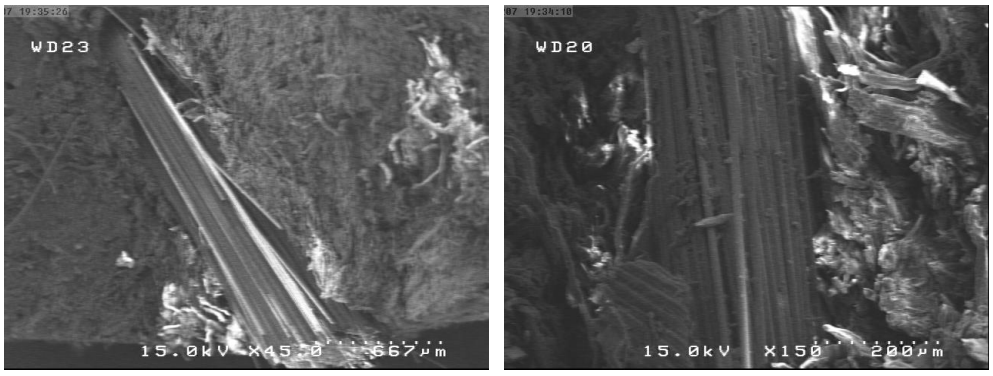
** معنی‌داری در سطح ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ^{ns} عدم معنی‌داری.



شکل ۷- مقدار مقاومت خمشی (MOR) تیمارهای چندسازه الیاف کوتاه شیشه- نرمه MDF- پلی‌پروپیلن.

به‌طور کلی با توجه به نتایج به‌دست آمده کاهش مقاومت‌ها را می‌توان به تضعیف اتصال میان مواد لیگنوسلولزی (نرمه‌های MDF)، الیاف کوتاه شیشه و ماده ترموپلاستیک نسبت داد که به‌هنگام استفاده

از الیاف کوتاه شیشه موجب کاهش استفاده ار مقدار ماده ترموپلاستیک می‌شود. تصاویر FE-SEM در شکل ۸ نشان می‌دهد که به‌هنگام استفاده از الیاف شیشه، اتصالات میان فاز پلیمری و فاز پز کننده کاهش می‌یابد. همچنین می‌توان این کاهش مقاومت‌ها را به شکل پلیمر مصرفی (گرانول بودن) و نوع فرایند تولید (پرس گرم) نسبت داد. در سطح شکست نمونه‌های آزمونی پلیمرهای ذوب نشده قابل مشاهده بود، که نشان دهنده ترکیب نشدن مناسب نرمه‌های MDF با مواد ترموپلاستیک می‌باشد. استفاده از پلیمر به شکل گرانول و نوع فرایند و همچنین ابعاد ریز نرمه‌های MDF از دلایل اختلاط نامناسب مواد با یکدیگر می‌باشد. این نتایج در شکل ۹ که از سطح شکست نمونه‌های آزمونی توسط دستگاه FE-SEM گرفته شده است، قابل مشاهده است. با توجه به شکل قسمت‌هایی از پلیمرهای ذوب نشده و همچنین فضاهای خالی بدون پلیمر مشخص است که نشان می‌دهد که با توجه به شکل پلیمر مصرفی و فرایند تولید و با توجه به حضور الیاف کوتاه شیشه اختلاط مناسبی میان مواد اولیه صورت نگرفته است که مناطق ضعیف را تشکیل می‌دهد و باعث تمرکز تنش و ایجاد شکست در نمونه‌های آزمونی می‌گردد.



شکل ۸- تصاویر FE-SEM از مقطع شکست نمونه‌های آزمونی با الیاف شیشه.

شکل ۹- تصویر FE-SEM از نمونه آزمونی تیمار شماره ٤ چندسازه الیاف کوتاه شیشه- نرمه MDF- پلی‌پروپیلن.

نتیجه‌گیری کلی

- نتایج آنالیز واریانس دو طرفه مشخص نمود که اختلاف کاملاً معنی‌داری با سطح اطمینان ۹۹ درصد بین سطوح نرمه MDF و سطوح الیاف کوتاه شیشه بر میزان مدول الاستیسیته خمشی (MOE)، مقاومت خمشی (MOR) و قدرت نگه‌داری پیچ و میخ عمود بر سطح نمونه‌های آزمونی وجود دارد. همچنین نتایج آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که هیچ‌گونه اثر متقابلی بین متغیرهای سطوح نرمه MDF و سطوح الیاف کوتاه شیشه بر میزان مدول الاستیسیته خمشی (MOE)، مقاومت خمشی (MOR) و قدرت نگه‌داری پیچ و میخ عمود بر سطح نمونه‌های آزمونی وجود ندارد.
- با افزایش درصد وزنی نرمه‌های MDF در چندسازه الیاف کوتاه شیشه- نرمه MDF- پلی‌پروپیلن، مدول الاستیسیته خمشی (MOE)، مقاومت خمشی (MOR)، قدرت نگه‌داری پیچ و میخ عمود بر سطح نمونه‌های آزمونی کاهش پیدا کردند.
- با افزایش درصد وزنی الیاف کوتاه شیشه مدول الاستیسیته خمشی (MOE)، مقاومت خمشی (MOR)، قدرت نگه‌داری پیچ و میخ عمود بر سطح نمونه‌های آزمونی کاهش پیدا کردند. کمترین مقاومت‌ها در سطوح ۱۵ درصد وزنی الیاف کوتاه شیشه به‌دست آمد.
- تفاوت در شکل پُرکننده (الیاف شیشه و الیاف لیگنوسلولزی) باعث ایجاد فضاهای خالی در چندسازه هیبریدی ساخته شده می‌شود و با افزایش درصد الیاف شیشه حجم این فضاهای خالی

افزایش می‌یابد در نتیجه تشکیل ناحیه ضعیف را می‌دهد که باعث ایجاد تمرکز تنش در این ناحیه و شکست می‌شود.

منابع

1.Ahmed, K.S., Vijayarangan, S., and Rajput, C. 2006. Mechanical Behavior of Isothalic Polyester based Untreated Woven Jute and Glass Fabric Hybrid Composites, Journal of Reinforced Plastic and Composites. 25: 1549-1569.

2.British Standard. Wood-plastics Composites (WPC)– Part 1: Test Methods for Characterization of WPC Materials and Products; 2007.

3.Chaharmahali, M., Kazemi Najafi, S., Tajvidi, M., and Poodinepur, M.A. 2005. Mechanical Properties of Wood Plastic Composite Panels Made From Waste MDF and Particleboard-HDPE composites, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research,20(2). (In Persian)

4.Chaharmahali, M., Tajvidi, M., and Kazemi Najafi, S. 2008. Mechanical Properties of Wood Plastic Composite Panels Made from Waste Fiberboard and Particleboard, polymer composites, 606-610 p.

5.Ghotbifar, A., Kazemi Najafi, S., and Behrooz Eshkiki, R. 2009. A Study on water absorption and thickness swelling behavior of wood flour/glass fiber hybrid composites. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research Vol. 24 No. (2), 324. (In Persian)

6.Ghotbifar, A.R., Kazemi Najafi, S., and Behrooz Eshkiki, R. 2010. Influence of Concentration of Compatibilizer on Long- term Water Absorption and Thickness Swelling Behavior of Polypropylene, Wood Flour/Glass Fiber Hybrid Composites. Iranian Scientific Association of Wood and Paper Industries, (1): 76-78. (In Persian)

7.Jarukumjorn, K., and Suppakarn, N. 2009. Effect of glass fiber hybridization on properties of sisal fiber–polypropylene Composites. Composites: Part B 40: 623–627.

8.Madanipur, M., Dust hosseini, K., Khademi eslam, H., Hamsi, A.H., and Faezipur, M. 2007. Study of mechanical properties waste MDF/HDPE, Agricultural Sciences, 13(3): 737-750.

9.Madhoushi, M., Nadalizadeh, H., Ansell, M.P. 2009. Withdrawal strength of fasteners in rice straw fibre-thermoplastic composites under dry and wet conditions, Polymer Testing. 28: 301–306

10.Matthews, F.L., and Rawling, R.D. 1999. Composite materials engineering and science: woixhead lid, Cambridge, England.

11.Miguez Suarez, C., Coutinho, M.B. and Sydenstricker, H. 2005. Analysis of the fracture behavior of polypropylene- saedust composites. J. polymers. 15(2): 139-141.

12. Najafi, A., and Maleki, A. 2010. Investigation of comparative mechanical properties of plastic-MDF dust and medium density board. The 1st National Conference on Modern Technologies of Wood and Paper, 79 pages. (In Persian)
13. Nourbakhsh, A., Doosthossieni, K., Kargarfard, A., Golbabaei, F., and Haji hassani, R. 2008. Investigation of OCC Fiber/Polymers Composites in Air–Forming Production. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 23(2), (In Persian)
14. Ramtin, A.A., Karimi, A.N., Tajvidi, M. 2009. Study on mechanical properties of composite made from sander dust of particleboard-polypropylene, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 24(1(30)): 58-68. (In Persian)
15. Rostamnejad, M.A. 2007. Investigation on the mechanical properties of saw dust-HDPE composite, M.Sc. Thesis, Department of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources., 81 p. (In Persian)
16. Sanadi, A.R., Hunt, J.F., Caulfield, D.F., Kovacsvolgyi, G., and Destree, B. 2001. High fiber-low matrix composite: Kenaf fibr/ polypropylene. The sixth international.
17. Valente, M., Sarasini, F., Marra, F., Tirillo, J., Pulci, G. 2011. Hybrid recycled glass fiber/wood flour thermoplastic composites: Manufacturing and mechanical characterization. Composites: Part A. 42: 649–657.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 21 (1), 2014
http://jwfst.gau.ac.ir

Using of short glass fiber in the MDF dust-PP composite, and investigation of its effect on mechanical properties of composite

***A. Chavoshi[1], M. Madhoushi[2], E. Mehrabi[1] and A.R. Shakeri[3]**
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Wood Engineering and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Assocaite Prof., Dept. of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assocaite Prof., Dept. of Chemistry, University of Tehran, Tehran, Iran
Received: 3-6-2012 ; Accepted: 14-7-2014

Abstract

In this research, effects of using short glass fiber on mechanical properties of MDF dust-PP composite were investigated. Short glass fibers 3 mm in size were prepared. Hence, sanding dust of MDF used as lignocellulose material and polypropylene as the thermoplastic material. MAPP as coupling agent to the rate of 4% by weight was used. 36 boards (12 treatments in 3 replicates) with nominal density of 1 gr/cm^3 and dimensions of 30 cm by 20 cm by 1 cm were produced using hot pressing method. Afterward, samples were kept in room temperature conditions for 2 weeks. Then, mechanical properties were measured according to BS Standard (CEN/TS15534–1:2007). Results showed that the withdrawal strengths of nails and screws, flexural strength (MOE), modulus strength (MOR) were decreased as MDF dust volume increased. Also, with increasing weight percent short glass fibers resistances were decreased. Maximum mechanical resistances were obtained in the control treatments (0% short glass fiber).

Keywords: Short glass fiber, MDF dust, Withdrawal strengths of nail and screw, MOE, MOR

*Corresponding author; arashchavooshi@hotmail.com