

تأثیر افزودن ضایعات تایر به تراشه‌های پالونیا بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته تراشه جهت‌دار

حسین سموئی^{۱*}، فرشید فرجی^۲، لعیا جمالی‌راد^۳ و وحید وزیری^۲^{۱*} - نویسنده مسئول، کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

پست الکترونیک: hosseinsamouie@gmail.com

^۲ - استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران^۳ - دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۹

چکیده

در این پژوهش اثر افزودن ضایعات تایر وسایل نقلیه بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌تراشه جهت‌دار ساخته‌شده از چوب گونه پالونیا (*Paulownia fortunei*) بررسی شد. فاکتورهای ثابت این تحقیق عبارت‌اند از: استرندها از گونه پالونیا با ابعاد $120 \times 20 \times 0.8$ میلی‌متر، رزین فنل فرمالدهید (در استرندها ۸ درصد وزن خشک استرند و در پودر تایر ضایعاتی ۱۰ درصد وزن خشک پودر تایر)، ضخامت اسمی تخته‌ها ۱۷ میلی‌متر، ابعاد 40×40 سانتی‌متر، دانسیته 0.5 گرم بر سانتی‌متر مکعب زمان پرس ۱۰ دقیقه و میزان حرارت پرس ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. تخته تراشه (OSB) از نوع سه لایه بود (لایه رویی ۲۵ درصد، لایه زیرین ۲۵ درصد و لایه میانی ۵۰ درصد وزنی). فاکتورهای متغیر عبارت‌اند از: مقدار پودر تایر به میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد و پراکنش ذرات پودر تایر ضایعاتی در ۳ لایه به‌صورت پراکنده در لایه‌های سطحی، پراکنده در لایه میانی و پراکنده در هر سه لایه بود. خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های آزمونی بر پایه استاندارد (EN 300) برای تولید تخته تراشه جهت‌دار مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد در بعد خواص فیزیکی، افزایش حضور پودر تایر ضایعاتی سبب بهبود واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها گردید، به‌طوری‌که کمترین مقدار واکنشیدگی ضخامت در حداکثر حضور پودر تایر ضایعاتی ۳۰ درصد و به‌صورت پراکنده در هر سه لایه بود. بیشترین مقدار مقاومت‌های مکانیکی در پانلهایی مشاهده شد که در ساخت آنها از ۱۰ درصد پودر تایر استفاده شده بود. به‌طوری‌که بالاترین مقدار مقاومت خمشی در ۱۰ درصد پودر تایر و به‌صورت پراکنده در هر سه لایه و بالاترین مقدار مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی در همین سطح مصرف با پراکنش پودر تایر در لایه‌های سطحی به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: محیط‌زیست، مدیریت ضایعات، انتشار فرمالدهید، فنل فرمالدهید.

مقدمه

تخته‌تراشه‌جهت‌دار (OSB) پانلی است چندلایه که با استفاده از تراشه‌های چوبی با ابعاد مشخص که توسط چسب‌های مقاوم به آب، تحت فشار و حرارت پرس به

یکدیگر اتصال یافته‌اند، ساخته‌شده است (Thoemen *et al.*, 2010). تخته‌تراشه‌جهت‌دار از نظر خواص، در حد تخته‌لایه ساختمانی بوده و به‌عنوان جایگزین آن در سال ۱۹۸۱ روانه بازار شد (Sharma & Sharon, 1993; Ansell, 2015).

۵ درصد و وزن مخصوص در دو سطح ۰/۷۵ و ۰/۵۵ گرم بر سانتی مترمکعب بوده است. نتایج نشان داد با افزایش درصد پودر لاستیک چسبندگی داخلی کاهش می‌یابد؛ اما وزن مخصوص و مقدار چسب سبب افزایش چسبندگی داخلی می‌شود. به طوری که بیشترین مقدار چسبندگی داخلی پانلهایی با اختلاط ۲۵ درصد پودر لاستیک، ۵ درصد مقدار چسب و وزن مخصوص ۰/۷۵ گرم بر سانتی مترمکعب حاصل شد. Ayrilmis و همکاران (۲۰۰۹ b) خواص فیزیکی و مکانیکی تخته تراشه جهت دار ساخته شده با تراشه‌های صنوبر-پودر تایر ضایعاتی را بررسی نمودند. نوع رزین (فنل فرمالدهید و ایزوسیانات به میزان ۱۰ درصد) و مقدار مصرف پودر تایر (سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) از عوامل متغیر این پژوهش بود. نتایج نشان داد تمامی (OSB) ساخته شده با ۱۰ درصد پودر تایر با هر دو نوع چسب حداقل ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی (OSB) تیب ۱ استاندارد (EN 300) را کسب نموده‌اند. در تحقیق دیگری Ong و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر افزودن پودر لاستیک بازیافتی به چسب ملامین اوره فرمالدهید بر ویژگی‌های کاربردی تخته لایه ساخته شده از آن را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق برای بهبود خواص شیمیایی و کیفیت اتصالات چسب، پودر لاستیک بازیافتی به وسیله مواد شیمیایی مختلفی از قبیل نیتریک اسید ۲۰ درصد، هیدروژن پراکسید ۳۰ درصد و استون تیمار شد. نتایج نشان داد که تیمار شیمیایی لاستیک‌های بازیافتی سبب بهبود خواص مکانیکی تخته لایه از قبیل مقاومت برشی می‌شود و همچنین انتشار فرمالدهید از تخته لایه‌های حاصل را کاهش می‌دهد. همچنین Babaei (۲۰۱۷) ویژگی رزین فنل فرمالدهیدی که در آن پودر تایر ضایعاتی به عنوان پرکننده به کار رفته است را در ساخت (LVL) مورد بررسی قرار داد و در درجه حرارت ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، فشار ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و مدت زمان ۸ دقیقه، سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد پودر تایر ضایعاتی با اندازه ابعاد ۴۰، ۶۰ و ۸۰ مش را آزمایش کرد. نتیجه بررسی نشان می‌دهد که (LVL) ساخته شده با رزین فنل فرمالدهید حاوی ۲۰ درصد پرکننده پودر تایر با اندازه ابعاد ۶۰ مش، بهترین خواص فیزیکی و مکانیکی را در بین تمامی تیمارها داشتند. Abasi و همکاران

(Hoseinaei et al., 2006). این فراورده کاربردهای متعددی دارد؛ از آن به طور گسترده‌ای در صنعت ساختمان، صنایع مبلمان، صنایع بسته‌بندی، پالت‌سازی، تیرچه‌های I شکل (به-عنوان بدنه)، کاتینرها، قرقره، جعبه، آستر تریلی و پانل‌های ساختمانی عایق (SIP) استفاده می‌شود (Thoemen et al., 2010; Shmulsky & Jones, 2011; APA, 2009; Akrami et al., 2014; karimi et al., 2020).

امروزه یکی از نگرانی‌های اصلی صنایع چوب، تأمین ماده اولیه چوبی است. از این رو توجه به مواردی که بخشی از نگرانی‌های موجود را از طرق مختلف، مانند کاهش مصرف چوب در تولید فراورده‌های چوبی مورد توجه قرار دهد، اهمیت فراوانی دارد (Hosseini et al., 2019). به منظور جایگزین بخشی از ماده چوبی با مواد دیگر برای ساخت فراورده‌های چوبی، تحقیقات متعددی انجام شده است. در این راستا Abasi و همکاران (۲۰۱۸) و Ayrilmis و همکاران (۲۰۰۹ a) تأثیر افزودن پودر تایر ضایعاتی را بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب بررسی کردند.

استفاده گسترده از وسایل نقلیه در زندگی انسان سبب شده است مواد مستهلک شده ناشی از آنها به محیط زیست وارد شود. یکی از مهمترین این مواد تایرهای فرسوده می‌باشد. در ایران سالانه حدود ۲۵۰ هزار تن تایر تولید می‌شود (Hoseinzadeh & Rahmani, 2012). این تایرها پس از استفاده شدن دور ریخته شده و باعث مشکلات زیست محیطی می‌شوند؛ بنابراین برنامه‌ریزی برای استفاده از تایرهای فرسوده امری ضروریست. استفاده از این مواد در صنایع مختلف، راه حل مناسبی برای مدیریت ضایعات و افزایش ایمنی محیط زیست است. در راستای اهداف مورد مطالعه تحقیقات متعددی انجام شده است. Rabiei و Ghofrani (۲۰۰۸) تحقیقی تحت عنوان بررسی چسبندگی داخلی تخته مرکب ساخته شده از مخلوط خرده‌چوب صنوبر و لاستیک بازیافتی از تایر اتومبیل انجام دادند. در این تحقیق عوامل متغیر شامل نسبت اختلاط پودر لاستیک به خرده‌چوب صنوبر، در چهار سطح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد (بر مبنای وزن چوب خشک)، چسب ایزوسیانات در سه سطح ۳، ۴ و

پژوهش سعی شد استفاده بهینه‌ای از تایلر ضایعاتی وسایل نقلیه انجام شود. بدین منظور برای تأمین بخشی از ماده چوبی در ساخت تخته تراشه جهت دار استفاده شدند. تخته تراشه- جهت دار مورد نظر از چوب گونه پالونیا - پودر تایلر ضایعاتی و رزین فنل فرمالدهید ساخته شد. سپس اثر افزودن پودر تایلر ضایعاتی بر خواص فیزیکی و مکانیکی آن مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از چوب گونه پالونیا (*Paulownia fortunei*) با قطر برابر سینه حدود ۴۰ سانتی‌متر و متوسط دانسیته پالونیا ۰/۲۵-۰/۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب که به صورت قانونی و تصادفی از جنگل شصت‌کلاته استان گلستان قطع گردید، برای تولید تراشه‌های مورد نیاز در ساخت تخته تراشه جهت دار استفاده شد (شکل ۱). بدین ترتیب که پس از قطع، درخت به گرده‌بینه‌هایی به طول ۱/۳۰ سانتی‌متر تبدیل و برای روکش‌گیری به یک کارگاه لوله‌بری در شهر گنبدکاووس استان گلستان انتقال داده شد. روکش‌های تهیه شده با استفاده از تیغ ماکت‌بری به ابعاد طول (در جهت الیاف) ۱۲۰ × عرض ۲۰ × ضخامت ۰/۸ میلی‌متر (۳ درصد هم‌کشیدگی) در کارگاه صنایع چوب دانشگاه گنبدکاووس تبدیل به تراشه شدند. سپس تراشه‌ها در خشک‌کن آزمایشگاهی تا حدود ۴-۵ درصد خشک و در کیسه‌های پلاستیکی برای جلوگیری از تبادل رطوبت نگهداری گردیدند.

(۲۰۱۸) نیز اثر استفاده از پودر تایلر ضایعاتی را بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آنان نشان می‌دهد که با افزایش مصرف پودر تایلر ضایعاتی در پانل‌های تولید شده، ویژگی‌های فیزیکی از قبیل جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت بهبود می‌یابد ولی ویژگی‌های مکانیکی مانند مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی روندی کاهشی از خود نشان می‌دهند. Tamjidi و همکاران (۲۰۱۶) تخته تراشه جهت‌داری را با استفاده از مخلوط چوب سه کلن ده‌ساله صنوبر دورگه با استفاده از دو سطح رطوبت یک ۷ و ۱۰ درصد و سه سطح حرارت پرس ۱۸۰، ۲۰۰ و ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد تولید نمودند. نتایج نشان داد که افزایش رطوبت یک ۷ اثر بسیار معنی‌داری بر افزایش ویژگی‌های خمشی تخته‌ها داشت. به طوری که بالاترین مدول گسیختگی در رطوبت یک ۱۰ درصد و حرارت پرس ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. افزایش حرارت پرس نیز اثر معنی‌داری در افزایش مدول گسیختگی تخته‌ها و همچنین کاهش واکنش‌پذیری ضخامت ۲۴ ساعت تخته‌ها داشته، به طوری که کمترین واکنش‌پذیری ضخامت ۲۴ ساعت در رطوبت یک ۷ درصد و حرارت پرس ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. بالاترین چسبندگی داخلی نیز در رطوبت یک ۷ درصد و حرارت پرس ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. در تمامی حالت‌ها خصوصیات تخته‌های تولید شده بیشتر از حد استاندارد مورد استفاده بود.

از یکسو با توجه به محدود بودن منابع چوبی ایران و از سوی دیگر با توجه به تولید روزافزون تایلرهای ضایعاتی و خطرات زیست‌محیطی که این تایلرها ایجاد می‌کنند؛ در این



شکل ۱- از راست به چپ پالونیا، برش و حمل گرده‌بینه‌ها

به شکل مایع از کارخانه عایق الکتریک گرگان تهیه شد. در این تحقیق، عملیات چسب‌زنی تراشه‌های چوبی و پودر تایر ضایعاتی هر یک به صورت جداگانه انجام شد. بدین ترتیب که میزان مصرف رزین فنل فرمالدهید ۸ درصد برای تراشه‌های چوبی (براساس وزن خشک تراشه‌ها) و ۱۰ درصد برای پودر تایر ضایعاتی (براساس وزن پودر تایر) در نظر گرفته شد. هر یک از این مواد (به صورت جداگانه) در یک چسب‌زن آزمایشگاهی (سیلندر چرخان) توسط اسپری دستی به رزین آغشته شدند. علت پاشش بیشتر رزین بر روی پودر تایر ضایعاتی در مقایسه با تراشه‌های چوبی، به دلیل سطح ویژه بالای پودر تایر بوده است.

پودر تایر ضایعاتی به عنوان جایگزین بخشی از تراشه‌های چوبی در ساخت تخته تراشه جهت دار از کارخانه مپ (مدیریت پسماند) مشهد تهیه شد. پودر تایر توسط الک آزمایشگاهی از مش ۸ عبور داده شده و از پودر باقی مانده بر روی مش ۱۸ استفاده شد. در این تحقیق درصد اختلاط پودر تایر ضایعاتی با تراشه‌های پالونیا در چهار سطح (۱۰۰:۰، ۹۰:۱۰، ۸۰:۲۰ و ۷۰:۳۰) و با سه نوع پراکنش (به صورت پراکنده در لایه‌های سطحی، پراکنده در لایه میانی و پراکنده در هر سه لایه) در نظر گرفته شد. رزین فنل فرمالدهید (وزن مخصوص ۱/۲۷ گرم بر سانتی-متر مکعب، $pH=7/5$)، مواد جامد ۶۲ درصد، ژل تایم ۵۸ ثانیه و ویسکوزیته ۳۲۰ سانتی‌پواز) به عنوان ماده اتصال دهنده

جدول ۱- تیمارها و شرایط ساخت تخته تراشه جهت دار

کد تخته	اختلاط پودر تایر (درصد)	نحوه پراکنش ذرات پودر تایر
T1 (10*s)	۱۰	S
T2 (10*c)	۱۰	C
T3 (10*u)	۱۰	U
T4 (20*s)	۲۰	S
T5 (20*c)	۲۰	C
T6 (20*u)	۲۰	U
T7 (30*s)	۳۰	S
T8 (30*c)	۳۰	C
T9 (30*u)	۳۰	U
شاهد	بدون پودر تایر	بدون پودر تایر

آزمایشگاهی (RANGBAR) مدل (S.W.P 100) در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه تحت فشار ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و رطوبت کبک ۵-۸ درصد ساخته شدند. پس از ساخت، تخته‌های تولیدی کدگذاری شده و بلافاصله در بین سایر تخته‌ها قرار داده شد تا پلیمریزاسیون

تخته تراشه‌های جهت دار لایه‌ای عمود برهم (لایه میانی عمود بر لایه‌های سطحی) پالونیا - پودر تایر ضایعاتی (نسبت لایه‌های سطحی به لایه میانی ۲۵:۵۰:۲۵ در نظر گرفته شد) با ضخامت ۱۷ میلی‌متر و دانسیته ۰/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب با استفاده از چسب فنل فرمالدهید توسط پرس گرم

نتایج حاصل از ارزیابی‌های خواص فیزیکی و مکانیکی این تحقیق به وسیله طرح آماری کاملاً تصادفی متعادل تحت آزمایش فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار (SPSS 16) استفاده شد و در نهایت از آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد به منظور مؤثرترین تیمارها بهره گرفته شد.

نتایج

مقادیر میانگین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده در جدول ۲ و ۳ آمده است. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها، گروه‌بندی آنها توسط آزمون دانکن انجام شد که به صورت حروف لاتین نمایش داده شده است.

رزین آن کامل تر شده و پس از تنش‌زدایی به تدریج به دمای محیط برسند. برای رسیدن به رطوبت تعادل، تخته‌های آزمونی به مدت ۲ هفته در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند (رطوبت تخته‌های تولید شده بین ۳ تا ۵ درصد بود). سپس تخته‌ها کناره‌بری شده و مطابق استاندارد نمونه‌های مورد نیاز برای انجام آزمایش‌های مورد نظر بریده شدند. در این تحقیق، در مجموع ۱۰ تیپ تخته با ابعاد آزمایشگاهی (۱۷×۴۰×۴۰ میلی‌متر) ساخته شد. جدول ۱ مشخصات این تخته‌ها را نشان می‌دهد.

برای تعیین واکشیدگی ضخامت از استاندارد (EN 317)، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته خمشی از استاندارد EN (310) و چسبندگی داخلی از استاندارد (EN 319) استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق طبق استاندارد (EN 300) مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۲- مقادیر میانگین ویژگی‌های تخته تراشه جهت‌دار ساخته شده از تراشه‌های پالونیا- پودر تایلر ضایعاتی

تیمار	مقاومت خمشی (مگاپاسکال)	مدول الاستیسیته (مگاپاسکال)	واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (درصد)	چسبندگی داخلی (مگاپاسکال)
T1 (10*s)	۴۱/۸	۵۰۶۹	۱۰/۸۸	۱/۶۱
T2 (10*c)	۳۲/۵	۴۲۳۵	۱۱/۰۲	۰/۸۱
T3 (10*u)	۴۱/۸	۴۸۰۷	۱۱/۳۵	۱/۰۷
T4 (20*s)	۲۷/۸	۴۷۸۷	۸/۰۱	۱/۵۱
T5 (20*c)	۲۰/۸	۲۵۷۰	۸/۶۶	۰/۴۳
T6 (20*u)	۲۴/۲	۴۳۹۰	۸/۴۱	۰/۷۷
T7 (30*s)	۲۰/۱	۳۵۴۸	۶/۹۰	۱/۳۷
T8 (30*c)	۱۴/۲	۲۰۳۸	۷/۰۶	۰/۲۵
T9 (30*u)	۱۸/۶	۳۲۳۰	۶/۸۱	۰/۵۹
شاهد	۵۰	۶۵۶۱	۱۲/۸۵	۱/۶۴
تیپ ۱	۱۸	۲۵۰۰	۲۵	۰/۲۸
تیپ ۲	۲۰	۳۵۰۰	۲۰	۰/۳۲

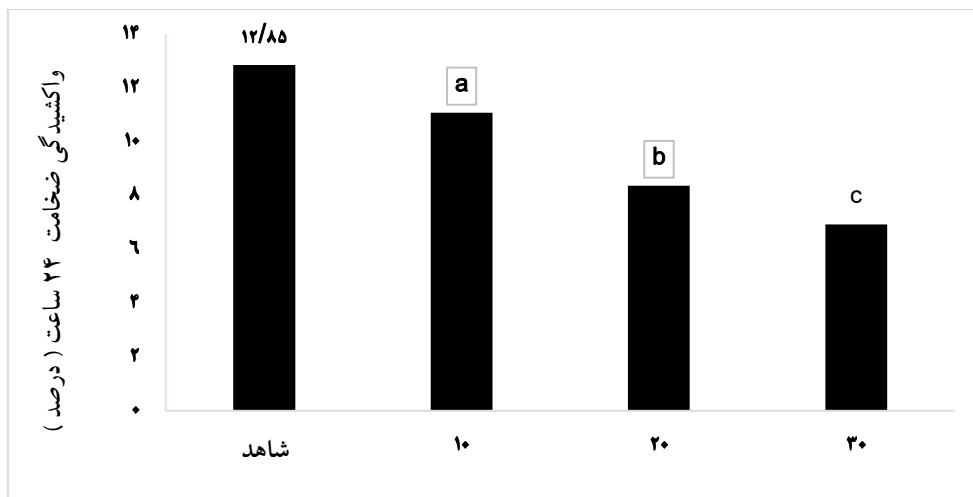
جدول ۳- نتایج اثر مستقل مقدار پودر تایر ضایعاتی و آرایش آن بر روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته تراشه جهت‌دار

نوع آزمون	منبع تغییرات							
	مقدار مصرف پودر تایر (درصد)				آرایش استقرار پودر تایر			
	۰	۱۰	۲۰	۳۰	شاهد	لایه سطحی	لایه میانی	هر سه لایه
TS 24 (%)	۱۲/۸۵	۱۱/۰۸	۸/۳۶	۶/۹۲	۵/۹۵	۳/۰۵	۳/۲۷	۳/۱۴
MOR(Mpa)	۵۰	۳۸/۷	۲۴/۲	۱۷/۶	۵۰	۲۹/۹	۲۲/۵	۲۸/۲
MOE(Mpa)	۶۵۶۱	۴۷۰۳	۳۹۱۶	۲۹۳۹	۶۵۶۱	۴۴۶۸	۲۹۴۸	۴۱۴۲
IB(Mpa)	۱/۶۴	۱/۱۶	۰/۹	۰/۷۳	۱/۶۴	۱/۵	۰/۵	۰/۸۱

جدول ۴- تجزیه واریانس اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی تخته‌های آزمونی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مدول گسیختگی	مدول الاستیسیته	چسبندگی داخلی	واکسیدگی ضخامت ۲۴ ساعت
		F	F	F	F
مقدار مصرف پودر تایر ضایعاتی	۲	۱۲۸/۹۱ **	۴۷/۸۷ **	۵۰/۱۲ **	۰/۰۰۰۱ **
آرایش پودر تایر ضایعاتی	۲	۱۶/۴۹ **	۳۹/۲۵ **	۲۸۰/۷۲ **	۰/۳۱۱۷ ns
مقدار مصرف پودر تایر ضایعاتی × آرایش پودر تایر ضایعاتی	۴	۰/۹۹ ns	۲/۹۷ *	۲/۷۵ *	۰/۶۱۴۳ ns

** : معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد * : معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد ns : عدم معنی‌داری



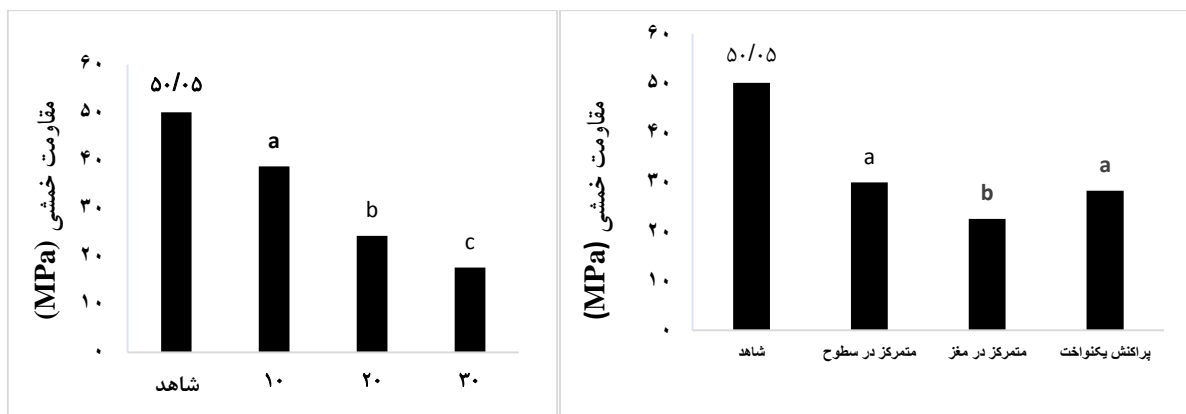
شکل ۲- اثر مستقل مقدار مصرف پودر تایر ضایعاتی بر واکسیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

مکانیکی تخته‌ها در جدول شماره ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد اثر مستقل عامل متغیر درصد

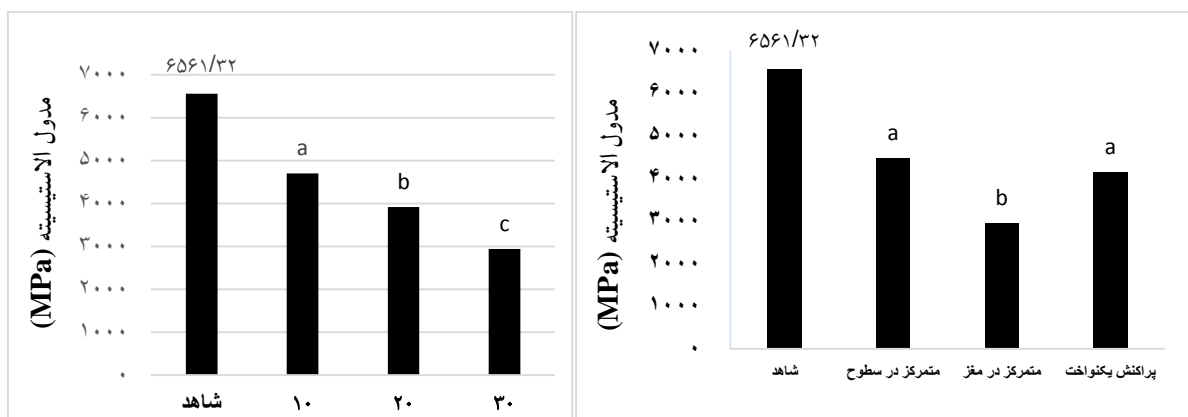
نتایج تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر مقدار مصرف پودر تایر و آرایش آن بر خواص فیزیکی و

بهبود یافته است. به نحوی که اثر مستقل آرایش پودر تایر در لایه‌های مختلف تخته روی واکشیدگی ضخامت معنی دار نبوده است.

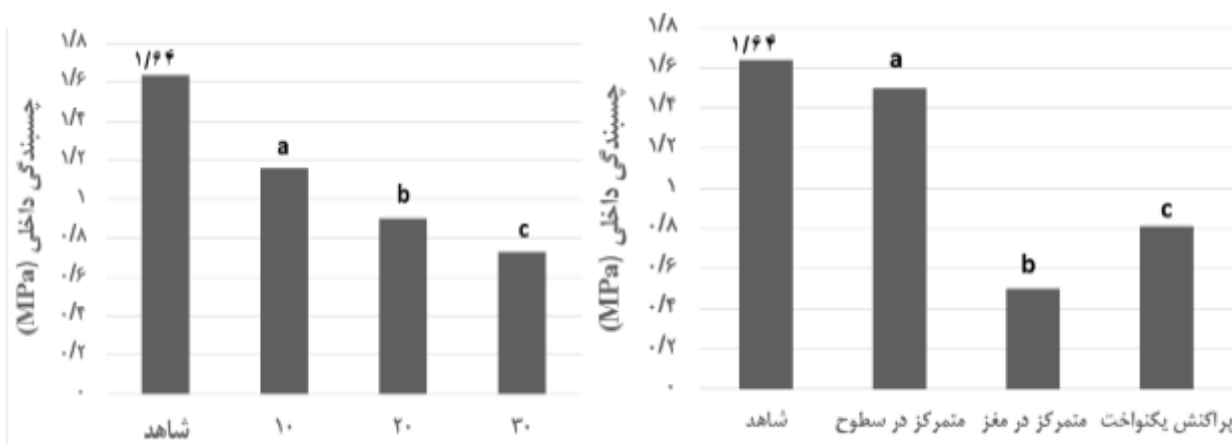
اختلاط پودر تایر بر واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت با احتمال ۹۹ درصد معنی دار بوده است. در واقع با افزایش حضور پودر تایر از ۱۰ به ۳۰ درصد واکشیدگی تخته‌ها با روند نزولی



شکل ۳- اثر مستقل مقدار مصرف پودر تایر ضایعاتی و آرایش استقرار آن بر مقاومت خمشی



شکل ۴- اثر مستقل مقدار مصرف پودر تایر ضایعاتی و آرایش استقرار آن بر مدول الاستیسیته

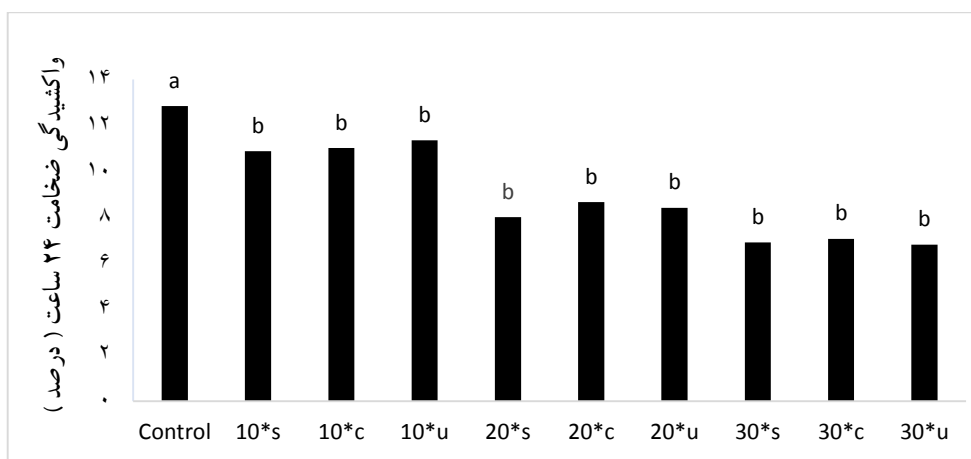


شکل ۵- اثر مستقل مقدار مصرف پودر تایر ضایعاتی و آرایش استقرار آن بر چسبندگی داخلی

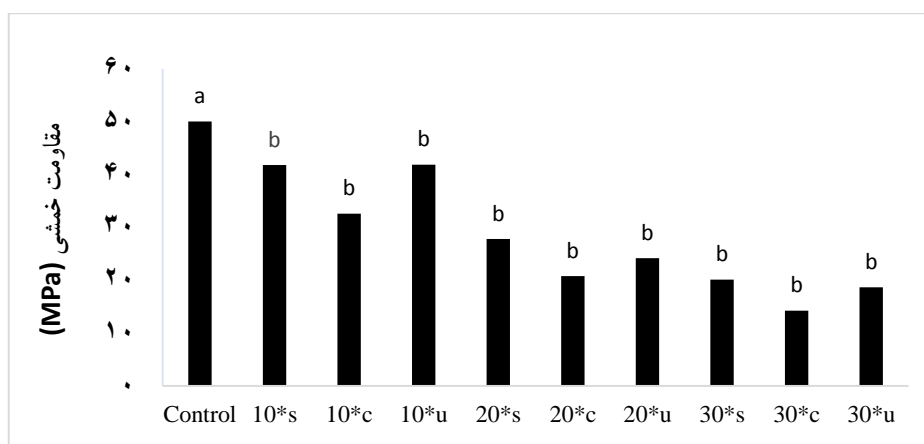
لایه بیشترین مقاومت را نسبت به پراکنش در لایه مغزی داشت.

اثر متقابل دو فاکتور درصد اختلاط پودر تایر و آرایش آن در لایه‌های مختلف تخته تراشه جهت دار بر روی واکنشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در پانل‌های حاوی ۱۰ درصد پودر تایر و کمترین مقدار آن در پانل‌های حاوی ۳۰ درصد پودر تایر مشاهده شد.

همچنین بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر مستقل مقدار مصرف پودر تایر و اثر مستقل آرایش استقرار پودر تایر بر مدول گسیختگی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌ها در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بوده است. با حضور و افزایش جایگزینی پودر تایر به جای ذرات استرند مقاومت‌های مکانیکی روند کاهشی پیدا کرد. در بین درصد اختلاط‌ها کمترین مقاومت‌های مکانیکی در تخته‌های حاوی ۳۰ درصد اختلاط و بیشترین مقاومت در تخته‌های حاوی ۱۰ درصد جایگزینی پودر تایر مشاهده گردید. نحوه پراکنش پودر تایر در لایه‌های سطحی و به‌صورت پراکنده در هر سه



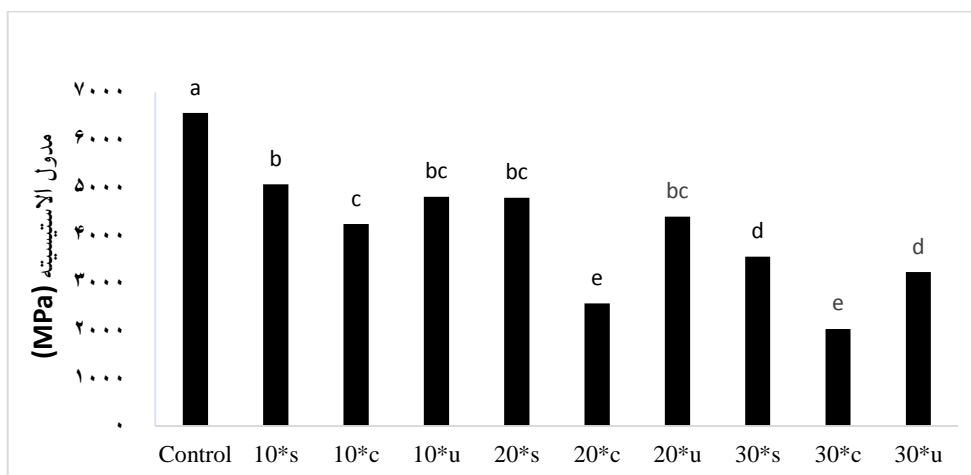
شکل ۶- اثر متقابل مقدار مصرف و آرایش پودر تایر ضایعاتی بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب



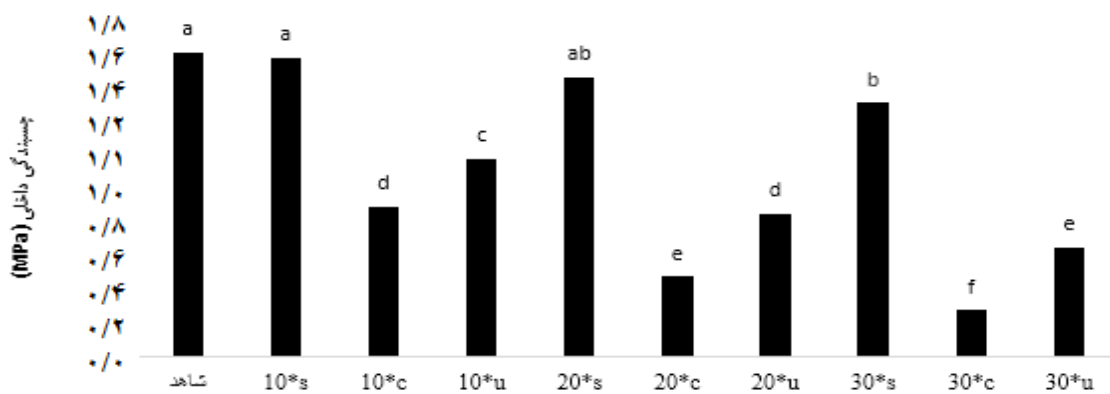
شکل ۷- اثر متقابل مقدار مصرف و آرایش پودر تایر ضایعاتی بر مقاومت خمشی (جهت طولی)

همچنین اثر متقابل دو عامل درصد اختلاط پودر تایر ضایعاتی - پراکنش پودر تایر ضایعاتی در لایه‌های سه‌گانه OSB بر مدول الاستیسیته در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. شکل ۸ چگونگی تغییرات مدول الاستیسیته در ۹ شرایط ساخت متفاوت OSB را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار مدول الاستیسیته در تیمار حاوی ۱۰ درصد پودر تایر زمانی که ذرات به صورت پراکنده در لایه‌های سطحی بودند مشاهده شد و کمترین مقدار مدول الاستیسیته در ۳۰ درصد اختلاط پودر تایر ضایعاتی زمانی که ذرات تایر پراکنده در لایه میانی بودند دیده شد.

اثر متقابل دو عامل درصد اختلاط و آرایش استقرار پودر تایر ضایعاتی بر مقاومت خمشی OSB ساخته شده از استرندهای پالونیا - پودر تایر ضایعاتی معنی‌دار نمی‌باشد. شکل ۷ نشان‌دهنده اثر متقابل دو فاکتور درصد اختلاط پودر تایر و آرایش آن در لایه‌های مختلف تخته تراشه جهت‌دار بر روی مقاومت خمشی تخته‌ها می‌باشد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار مقاومت خمشی در پانل‌های حاوی ۱۰ درصد پودر تایر پراکنده در تمام تخته و کمترین مقدار آن در پانل‌های حاوی ۳۰ درصد ذرات تایر ضایعاتی پراکنده در لایه میانی بود.



شکل ۸- اثر متقابل مقدار مصرف و آرایش پودر تایر ضایعاتی بر مدول الاستیسیته (جهت طولی)



شکل ۹- اثر متقابل مقدار مصرف و آرایش پودر تایر ضایعاتی بر چسبندگی داخلی

می‌بخشند. گروه‌های هیدروکسیل در OSB با افزایش ذرات تایر کاهش می‌یابد که موجب بهبود واکنش‌دهی ضخامت می‌شود. سطوح ذرات پودر تایر به‌طور کلی دارای انرژی سطحی کم، غیرقطبی و آبگریز است. در فرایند پرس کیک استرند - ذرات تایر فشرده شده و ذرات تایر از فرم گرد به فرم مسطح تبدیل می‌شوند و استرندها تحت فشار به هم نزدیک شده و فشرده می‌شوند که منجر به کاهش موئینگی چوب در OSB می‌شود. گروه‌های هیدروکسیل در OSB به نسبت کاهش استرند چوب به پودر تایر کاهش می‌یابد که باعث بهبود ثبات ابعادی می‌شود. یکی دیگر از عوامل مهم بر میزان جذب آب OSB، رزین فنل فرمالدهید است (Song, ۱۹۹۵). نتایج حاصل از نظر بهبود واکنش‌دهی ضخامت همگام با افزایش مصرف پودر تایر ضایعاتی در ساخت OSB در تطابق با نتایج حاصل در تحقیقات (Ayrilmis و همکاران، ۲۰۰۹a؛ XU & LI, ۲۰۱۲) می‌باشد.

کلیه خواص مکانیکی بررسی شده در این تحقیق در OSB ساخته شده از پودر تایر ضایعاتی با افزایش مقدار پودر تایر از ۱۰ درصد به ۲۰ درصد و بعد به ۳۰ درصد کاهش یافته اما نحوه آرایش ذرات تایر در لایه‌های سه‌گانه تخته با توجه به نوع آزمون مکانیکی نتایج متفاوتی نشان داد. نتیجه مشترک در کلیه خواص مکانیکی مبنی بر دستیابی به بیشترین مقاومت مکانیکی در شرایط پراکنش ذرات در لایه‌های سطحی و کمترین مقاومت مکانیکی در شرایط پراکنش در لایه میانی بوده است. همچنین نتایج نشان داد با افزودن ذرات پودر به مقدار ۳۰ درصد و توزیع ذرات تایر در لایه میانی بیشترین کاهش در مقایسه با نمونه‌های شاهد در مقاومت خمشی به میزان ۷۱/۵ درصد، در مدول الاستیسیته به میزان ۶۸/۹ درصد و در چسبندگی داخلی به میزان ۸۴/۷ درصد مشاهده گردید. در تحلیل دستیابی به چنین نتیجه‌ای می‌توان گفت که در دو حالت ذرات پودر تایر پراکنده در لایه‌های سطحی و ذرات پودر تایر پراکنده در هر سه لایه در مقایسه با ذرات پودر تایر پراکنده در لایه میانی، دانسیته لایه‌های سطحی در دو حالت اول و دوم بالاتر از حالت سوم می‌باشد؛ بنابراین با توجه به تفاوت شدید دانسیته بین پالونیا بسیار سبک (۲۵/۰

همچنین نتایج اثر متقابل دو عامل متغیر استفاده شده در این تحقیق بر فاکتور چسبندگی داخلی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. روند تغییرات چسبندگی داخلی در تیمارهای مختلف و شاهد در شکل ۹ نشان داده شده است. بیشترین مقدار چسبندگی داخلی در شرایط ساخت ۱۰ درصد پودر تایر به صورت ذرات پودر پراکنده در لایه‌های سطحی و کمترین مقدار چسبندگی داخلی در شرایط ساخت ۳۰ درصد پودر تایر به صورت ذرات پودر پراکنده در لایه میانی OSB مشاهده شد.

بحث

نتایج آزمون‌ها حکایت از آن دارد که بعضی از خواص تخته تراشه جهت‌دار ساخته شده مانند مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی با افزودن پودر تایر ضایعاتی کاهش می‌یابند اما واکنش‌دهی ضخامتی بهبود می‌یابد. بررسی خواص پایداری رطوبتی بر روی OSB ساخته شده از پودر تایر ضایعاتی نشان داد که با افزایش میزان پودر تایر ضایعاتی از ۱۰ درصد به ۲۰ و بعد به ۳۰ درصد واکنش‌دهی ضخامتی بهبود یافته است. از سوی دیگر هر چند چگونگی پراکنش ذرات تایر تأثیر معنی‌داری بر خواص پایداری رطوبتی نداشته است، اما به‌طور معنی‌داری بر خواص مکانیکی OSB اثرگذار بوده است. تیمار حاوی ۳۰ درصد پودر تایر ضایعاتی توزیع شده در لایه‌های سطحی در مقایسه با نمونه شاهد به میزان ۴۷ درصد بهبود در واکنش‌دهی ضخامت ۲۴ ساعت را نشان می‌دهد. چنین نتیجه‌ای قابل پذیرش است، زیرا پودر تایر یک ماده آبگریز و چوب یک ماده آبدوست می‌باشد؛ بنابراین طبیعی است هرچه از مقدار ماده آبدوست چوب کم و به مقدار ماده آبگریز پودر تایر در ساخت پانل افزوده شود، کاهش جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت پانل را به همراه دارد. Ayrilmis و همکاران (۲۰۰۹a) دریافتند که حضور و همچنین افزایش پودر تایر ضایعاتی در تخته خرده‌چوب، سبب بهبود واکنش‌دهی ضخامت پانل‌های ساخته شده می‌گردد. ضایعات تایر فرسوده به دلیل ویژگی هیدروفوبیک‌شان، مقاومت به رطوبت OSB را بهبود

همکاران (۲۰۰۹a)، Ayrimlis و همکاران (۲۰۰۹b) حکایت از آن دارد که حضور پودر تایر در تخته تراشه جهت دار و تخته خرده چوب ساخته شده، کاهش مدول الاستیسیته این فرآورده‌ها را به دنبال داشته است. میزان چسبندگی داخلی به اتصالات درون مولکولی و مقاومت ذرات بستگی دارد (Abasi *et al.*, 2018). نتایج حاصل در تطابق با نتایج Abasi و همکاران (۲۰۱۸)، Ghofrani and Rabiei (۲۰۰۸) و Ayrimlis و همکاران (۲۰۰۹a) مبنی بر اثر منفی افزایش حضور پودر تایر ضایعاتی بر چسبندگی داخلی می‌باشد. در مجموع بر اساس استاندارد اروپایی EN-۳۰۰ حداقل مدول گسیختگی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی و واکنشیدگی ضخامت برای تولید تخته‌های OSB تپ ۲ (۲۰)، ۳۵۰۰، ۳۲/۰ مگاپاسکال و ۲۰ درصد) می‌باشد که با توجه به نتایج حاصل استفاده از استرنند پالونیا و پودر تایر ضایعاتی استفاده شده در این تحقیق تا ۲۰ درصد پودر تایر توزیع شده در هر سه لایه (به استثناء لایه میانی در مدول الاستیسیته) قادر به تأمین الزامات تعیین شده حتی بیشتر از حد استاندارد را کسب کرده و می‌تواند به عنوان ماده اولیه مناسب و ارزان قیمت برای تولید صنعتی تخته تراشه جهت دار استفاده گردد.

منابع مورد استفاده

- Abasi, M., Vaziri, V., Faraji, F. and Aminian, H., 2018. Study on physical and mechanical properties of particleboard made of Wood particles-waste tire powder. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 25(2): 165-176.
- Akrami, A., Barbu, MC. and Fruehwald, A., 2014. Characterization of properties of oriented strand boards from beech and poplar. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72, 393-398.
- Ansell, M.P., 2015. *Wood Composites*. Woodhead Publishing, 437p.
- APA-The Engineered Wood Association. 2009. *Oriented Strand Board. Product Guide*.
- Ayrimlis, N., Buyuksari, U. and Avci, E., 2009a. Utilization of Waste Tire Rubber in the Manufacturing of Particleboard. *Materials and Manufacturing Processes*, 24, 688-692.
- Ayrimlis, N., Buyuksari, U. and Avci, E., 2009b. Utilization of waste tire rubber in manufacture of

۰/۲۸ گرم بر سانتی متر مکعب) با پودر تایر ضایعاتی سنگین (۰/۸۳ گرم بر سانتی متر مکعب) و با در نظر گرفتن این واقعیت که مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته به شدت متأثر از دانسیته لایه‌های سطحی کامپوزیت می‌باشد. از این رو می‌توان عامل مشاهده تفاوت معنی دار نحوه آرایش ذرات پودر تایر بر مقاومت خمشی را توجیه نمود. همچنین می‌توان به سست تر بودن مقاومت ذاتی ذرات پودر تایر ضایعاتی از یکسو و از سوی دیگر ضعیف تر بودن اتصالات برقرار شده بین ذرات استرنند-پودر تایر و اتصالات پودر تایر اشاره نمود. ضعف ذاتی و افزایش تعداد چنین اتصالات ضعیفی با افزایش مقدار پودر به طور سیستماتیک افزایش می‌یابد. از این رو در نهایت گرچه این ذرات ماهیتاً ضدآب هستند اما به دلیل مقاومت پایین مکانیکی سبب کاهش مقاومت خمشی در OSB می‌شوند. Abasi و همکاران (۲۰۱۸) بیان می‌کنند که با افزایش مصرف پودر تایر در ساخت تخته خرده چوب، مقاومت‌های مکانیکی کاهش می‌یابند و علت آن را باید افزایش تمرکز تنش در اطراف خرده چوب‌ها در مصرف بالای پودر تایر دانست. علاوه بر این بیان کردند که دمای پرس مورد استفاده در ساخت پانل‌ها، قادر به ذوب کردن ذرات پودر تایر نبوده، در نتیجه منجر به چسبندگی ضعیفی بین خرده چوب‌ها و پودر تایر شده است. Ghofrani and Rabiei (۲۰۰۸) گزارش کردند که با افزایش مصرف لاستیک بازیافتی اتومبیل در ترکیب با خرده چوب‌های صنوبر، مقاومت خمشی تخته‌های حاصل کاهش یافت و بیشترین مقاومت خمشی در نمونه‌های شاهد مشاهده گردید. همچنین Abasi و همکاران (۲۰۱۸) نیز دریافته‌اند که افزودن پودر تایر ضایعاتی به تخته خرده چوب، کاهش مقاومت خمشی آن را به همراه دارد. این پژوهشگران بیان کردند که علت این کاهش مقاومت می‌تواند به پایین بودن مقاومت ذاتی تایر و اتصال ضعیف بین تایر و خرده چوب‌ها مرتبط باشد. مدول الاستیسیته مواد مرکب تحت تأثیر مدول الاستیسیته مواد تشکیل دهنده آنها و پیوند بین اجزای تشکیل دهنده آن و دانسیته مواد مرکب می‌باشد (Behrooz *et al.*, 2011). نتایج تحقیقات Abasi و همکاران (۲۰۱۸)، Ghofrani and Rabiei (۲۰۰۸) و Ayrimlis

- Removal Racid Black1 Dye. *Iranian Journal of Health & Environment*, 4(4): 427-438.
- Hosseini, S.M., Khazaeian, A. and Tabarsa, T., 2019. Study of electrical and acoustic properties of lightweight wood-based panel products with polystyrene granules. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 26 (2): 63-74.
- Karimi, A., farrokh payam, S. and maleky galandoz, M., 2020. Investigating the Properties of Oriented Strand Board in Packaging Industry. *Journal of Packaging Sciencd and Techniques*, 10(40): 6-17.
- Sharma, V. and Sharon, A. 1993. Optimal Orientation of Flakes in Oriented Strand Board (OSB). *Journal of Experimental Mechanics*, 33(2): 91-98.
- Shmulsky, R. and Jones, P.D., 2011. *Forest Products and Wood Science an Introduction*. John Wiley & Sons, 477p.
- Song, X.M. 1995. *Wood Fiber and Recycled Tire Rubber Hybrid Composites*. Ph.D. Thesis, Michigan Technological University, Michigan.
- Tabatabaai, S.J., Vaziri, V., Faraji, F. and Kabiri, E., 2017. Investigating the effect of recycled polyethylene powder on physical and mechanical properties of three-layer particleboard. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 8(3): 441-451.
- Tamjidi, A. Faezipour, M.M., Doosthoseini, K., Ebrahimi, Gh. and Khademieslam, H., 2016. Investigation on the properties of oriented strand boards (OSB) made from mixture ten-year-old poplar clones. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 31(4): 647-661.
- Thoemen, H., Irle, M. and Sernek, M., 2010. *Wood-Based Panels: An Introduction for Specialists*. Brunel University Press, 283p.
- Xu, M. and Li, J., 2012. Effect of adding rubber powder to poplar particles on composite properties. *Bioresource Technology*. 118, 56-60.
- oriented strand board. *Waste Management*, 29, 2553-2557.
- Babaei, H., 2017. Effect of using waste tire powder as a filler of alcohol soluble PF resin on physical and mechanical properties of poplar LVL. MS.c. thesis, 105p.
- Behrooz, R., Younesi Kordkheili, H. and Kazemi Najafi, S., 2011. Use of Kraft lignin as compatibilizer in wood flour-polypropylene Composites. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 26(3): 454-465.
- BS EN 310, 1993. Wood-based panels-Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. European Committee for Standardization (CEN), Brussels.
- BS EN 317, 1993. Particleboards and fiberboards-Determination of swelling in thickness after immersion in water. European Committee for Standardization (CEN), Brussels.
- BS EN 319, 1993. Particleboards and fibreboards-Determination of Tensile strength perpendicular to the plane of the board. European Committee for Standardization (CEN), Brussels.
- DIN EN 300, 2006. Oriented Strand Boards (OSB)-Definitions, classification and specifications. English Version, European Committee for Standardization (CEN), Brussels.
- Ghofrani, M. and Rabiei, A., 2008. Study of the Physical and Mechanical Properties of Composite Boards Made of a Mixture of Poplar Chips and Recycled Tires. *Environmental Sciences*, 6(1): 123-129.
- Hoseinaei, H., Faezipour, M. and Doosthoseini, K., 2006. Study on the effect of Strand Orientation and Resin Content on The Properties of Strand board From *Populous nigra*. *Journal of the Iranian Natural Resource*, 59(3): 681-692.
- Hoseinzadeh, E. and Rahmani, A.R., 2012. Producing Activated Carbon from Scrap Tires by Thermo-Chemical Method and Evaluation its Efficiency at

Effect of using used tire rubber on physical and mechanical properties of Paulownia Oriented strand boards

H. Samouie^{1*}, F. Faraji², L. Jamalirad³ and V. Vaziri²

1*-Corresponding Author, M.Sc., Department of wood and paper science and technology, Faculty of agriculture and natural resources, Gonbad Kavous university, Gonbad, Iran, Email: hosseinsamouie@gmail.com

2-Assistant Professor, Department of wood and paper science and technology, Faculty of agriculture and natural resources, Gonbad Kavous university, Gonbad, Iran

3-Associate Professor, Department of wood and paper science and technology, Faculty of agriculture and natural resources, Gonbad Kavous university, Gonbad, Iran

Received: July, 2020

Accepted: Jan., 2021

Abstract

In this study, the effect of adding used tire rubber (UTR) on the physical and mechanical properties of OSB produced from Paulownia wood strands was investigated. Constant factors of this research are: strands of paulownia wood with the dimensions of $0.20 \times 0.8 \times 120$ mm, phenol formaldehyde resin (8% based on dry weight of strands and used tire powder was enriched with 10% resin based on dry weight of tire powder). Laboratory boards with a thickness of 17 mm, dimensions of 40×40 cm with a nominal density of 0.5 g cm^3 , pressing time of 10 minutes and the pressing temperature of 180°C . The 3 layers OSB consisting of top and bottom layer (25%), and middle layer (50% by weight was produced). Variable factors are: the amount of tire powder (10, 20 and 30%) and the distribution of tire powder particles in 3 layers was in the surface layers, in the middle layer and in all three layers. The mechanical and physical properties of the boards were measured as defined in relevant European standards test methods EN 300. The results of physical properties showed that increasing the used tire powder improved the thickness swelling of the boards and the minimum value of thickness swelling was observed in the dosage of maximum used tire powder of 30% and scattered in all three layers. The highest values of mechanical strength was observed in panels made of 10% used tire powder, and the highest value of MOR was reached at the dosage of 10% used tire powder and scattered in all three layers and the highest value of MOE and IB at the same level of used tire powder dosage distributed in the surface layers.

Keywords: Environment, waste management, formaldehyde release, phenol formaldehyde.