مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۷ شماره ۲، صفحه ۱۲۷-۱۱۳ (۱۴۰۱)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijwpr.2022.356576.1701
شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350913.1401.37.2.2.9

امکان استفاده از ذرات تایر ضایعاتی در ساخت تخته تراشه جهت‌دار

رحیم کاظمی[۱]، فرشید فرجی[۲]، هدایت الله امینیان[۲] و وحید وزیری[۳*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، فراورده‌های چندسازه چوبی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران
۲- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران
۳*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. پست‌الکترونیک: vahidvaziri@gmail.com

تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۰

چکیده

در این تحقیق اثر افزودن ذرات تایر ضایعاتی بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته تراشه جهت‌دار ساخته شده از تراشه‌های گونه صنوبر بررسی شد. فاکتورهای ثابت این تحقیق عبارتند از: تراشه‌های گونه صنوبر (*Populus deltoides*)، رزین فنل فرم‌آلدهید (مقدار مصرف رزین در تراشه‌ها ۸ درصد وزن خشک تراشه و در خرده ضایعات تایر ۱۰ درصد وزن خشک تایر)، تخته تراشه از نوع سه لایه (لایه رویی ۲۵ درصد، لایه زیرین ۲۵ درصد و لایه وسط ۵۰ درصد وزنی)، ضخامت اسمی تخته‌ها ۱۶ میلی‌متر، ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی‌متر و دانسیته ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب. فاکتورهای متغیر عبارتند از: درصد اختلاط ضایعات تایر با تراشه‌های صنوبر در چهار سطح مختلف (۱۰۰:۰، ۹۵:۵، ۹۰:۱۰، ۸۵:۱۵) و اندازه ذرات خرده ضایعات تایر (با مش‌های ۸، ۱۸ و ۴۵). خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های آزمونی بر پایه استاندارد اروپایی (EN300) برای تولید تخته تراشه جهت‌دار ارزیابی شد. نتایج نشان داد که تغییرات در مقدار و اندازه ذرات تایر تأثیر معنی‌داری در ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته تراشه جهت‌دار داشت. افزایش وجود خرده ضایعات تایر در تخته تراشه‌ها سبب کاهش مقاومت‌های مکانیکی و بهبود واکشیدگی ضخامت تخته‌ها شد. کمترین مقدار مقاومت‌های مکانیکی در حداکثر وجود ضایعات تایر (۱۵ درصد) و در اندازه ذرات تایر با مش ۴۵ حاصل گردید. به‌طورکلی تخته تراشه‌های حاوی خرده ضایعات تایر می‌تواند الزامات مورد نظر استاندارد EN300 را تأمین کند.

واژه‌های کلیدی: ذرات تایر ضایعاتی، صنوبر، تخته تراشه جهت‌دار، رزین فنل فرم‌آلدهید، خواص فیزیکی و مکانیکی.

مقدمه

امروزه تقاضا برای فراورده‌های مرکب چوبی افزایش یافته و تلاش‌ها برای پیدا کردن منابع جدید به جای چوب در حال بررسی است. این افزایش تقاضا بر واقعیت روند افزایش جمعیت جهان همزمان با روند کاهش منابع جنگلی استوار است. با افزایش جمعیت و لزوم کاهش برداشت چوب از جنگل‌های طبیعی، استفاده از گونه‌های چوبی تندرشد اجتناب‌ناپذیر شده است (Khazaeian *et al*., 2009). بر این اساس طرح‌های تولید انبوه چوب در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت مانند صنوبر مورد توجه قرار گرفته است (Merrikh *et al*., 2007; Tamjidi *et al*., 2016). در بیشتر مناطق مساعد اعم از حاشیه زمین‌های کشاورزی، باغ‌ها، منازل مسکونی و راه‌ها صنوبر کاشته شده است. انواع صنوبرها در ایران به‌جز منطقه کویر، در تمام مناطق جنگلی و

غیر جنگلی کاشته می‌شود. صنوبرها در میان درختان دیگر با خصوصیاتی مانند دوره‌های بهره‌برداری کوتاه‌مدت، کاربردهای گسترده درصنایع مختلف چوب و به‌کارگیری متداول آن در رفع نیازهای چوبی به‌ویژه در مناطق غیر برخوردار از جنگل، متمایز و شناخته شده‌اند. سرعت رشد زیاد این درختان سبب شده است تا بتوانند در دوره‌های زمانی کوتاه چوب فراوانی تولید کنند (Modir Rahmati & Bagheri, 2003). این گونه‌ها با تولید بیش از دو میلیون مترمکعب چوب در سال، نقش ارزنده‌ای در تأمین منابع سلولزی و کاهش فشار بر جنگل‌های طبیعی ایفا می‌کنند (Ghasemi *et al*., 2009).

با توجه به کاهش روزافزون سطح جنگل‌های جهان، تأمین مواد اولیه صنایع مختلف فراورده‌های چوبی صفحه‌ای از منابع غیرجنگلی و بازیافتی چه در مرحله بهره‌برداری و چه در مرحله تولید فراورده‌ها، در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (Kargarfard, 2018). ضایعات تایر اتومبیل می‌تواند کمکی به کمتر مصرف کردن چوب در صنعت و همچنین کاهش مشکلات زیست‌محیطی را به همراه داشته باشد (Abasi *et al*., 2018). بیشتر کشورهای جهان شرکت‌ها را تشویق به استفاده از ضایعات تایر اتومبیل برای جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست می‌کنند (Abasi *et al*., 2018). 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 زیست‌محیطی می‌شوند؛ بنابراین برنامه‌ریزی برای استفاده از تایرهای فرسوده موضوعی ضروریست. البته استفاده از این مواد در صنایع مختلف، راه‌حل مناسبی برای مدیریت ضایعات و افزایش ایمنی محیط‌زیست است (Samouie *et al*., 2021).

Ayrilmis و همکاران (۲۰۰۹) خواص فیزیکی و مکانیکی تخته تراشه جهت‌دار (OSB)(Oriented strand board) ساخته شده با تراشه‌های صنوبر- تایر ضایعاتی را بررسی کردند. نوع رزین (فنل فرم‌آلدهید و ایزوسیانات به میزان ۱۰ درصد) و مقدار مصرف ضایعات تایر (سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) از عوامل متغیر این پژوهش بود. نتایج نشان داد که تمامی تخته‌های ساخته شده با ۱۰ درصد ضایعات تایر با هر دو نوع چسب حداقل ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی نوع ۱ استاندارد را کسب کرده‌اند.

Xu و Li (۲۰۱۲) در تحقیقی به بررسی اثر افزودن تایر ضایعاتی به میزان ۱۰ تا ۴۰ درصد نسبت به وزن خشک خرده چوب در شرایط استفاده از رزین ایزوسیانات کردند. آنان دریافتند که افزایش وجود ذرات تایر در چندسازه سبب کاهش نسبی مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی و بعکس بهبود واکشیدگی ضخامتی تا ۶۱ درصد شده است.

Akrami و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی به بررسی خصوصیات تخته تراشه جهت‌دار ساخته شده از چوب راش و صنوبر پرداختند. نتایج آنان نشان داد که تخته‌های ساخته شده از ۶۰ درصد تراشه راش در لایه‌های سطحی بیشترین مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته را داشت. تخته‌های دارای ۷۵ درصد تراشه‌های راش در لایه مغزی نیز بیشترین چسبندگی داخلی را دارا بود.

Tamjidi و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی به بررسی امکان ساخت تخته تراشه جهت‌دار از چوب ممرز پرداختند. نتایج نشان داد که درمجموع بیشترین مقادیر مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی و همچنین کمترین واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت در زمان پرس ۸ دقیقه و حرارت پرس ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. در این حالت تمامی خصوصیات تخته‌های تولید شده بیشتر از حد استاندارد مورد نیاز بود.

Abasi و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی به بررسی ویژگی-های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده ساخته شده از خرده چوب صنعتی – تایر بازیافتی پرداختند. نتایج آنان نشان داد که با افزایش تایر بازیافتی، تمامی مقاومت‌های تخته‌ها کاهش یافت؛ اما میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها با افزایش میزان تایر بازیافتی یک روند کاهشی را نشان داد.

Samouie و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی به بررسی تأثیر افزودن ضایعات تایر (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) به تراشه‌های پالونیا بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته تراشه

جهت‌دار پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که در بعد خواص فیزیکی، افزایش حضور تایر ضایعاتی سبب بهبود واکشیدگی ضخامت تخته‌ها گردید. بیشترین مقدار مقاومت مکانیکی در پانل‌هایی مشاهده شد که در ساخت آنها از ۱۰ درصد تایر ضایعاتی استفاده شده بود.

تولید پنل‌های تخته تراشه جهت‌دار به‌طور قابل ملاحظه‌ای در سال‌های اخیر افزایش یافته است. در واقع قابلیت تولید این صفحات با استفاده از چوب‌های سریع‌الرشد کم قطر و گونه‌های با ارزش تجاری پایین‌تر در عین عملکرد مناسب پنل در محل مصرف ازجمله مهمترین عواملی بوده‌اند که رشد قابل‌توجه آن را توجیه می‌کند (Iwakiri, 2005). در تخته تراشه جهت‌دار می‌توان از گرده‌بینه‌های کوچک‌تر با کیفیت پایین‌تر استفاده کرد و خواصی مشابه تخته لایه به‌دست آورد (Ramtin *et al.*, 2006). با توجه به روند کاهش منابع چوبی در ایران و جهان و تولید روزافزون تایرهای ضایعاتی، در این تحقیق سعی شد استفاده بهینه‌ای از تایر ضایعاتی وسایل نقلیه انجام شود. بدین‌منظور برای تأمین بخشی از ماده چوبی در ساخت تخته تراشه جهت‌دار استفاده شدند. تخته تراشه جهت‌دار مورد نظر از چوب گونه صنوبر –خرده ضایعات تایر و رزین فنل فرم‌آلدهید ساخته شد. سپس افزودن خرده ضایعات تایر بر خواص فیزیکی و مکانیکی آن بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۲ اصله درخت صنوبر (*Populus deltoides*) با قطر برابر سینه حدود ۴۰ سانتی‌متر و با دانسیته متوسط ۰/۳۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب از جنگل شصت‌کلاته استان گلستان به صورت تصادفی انتخاب و قطع شد. پس از قطع، هر درخت به گرده‌بینه‌هایی به طول ۱۳۰ سانتی‌متر تبدیل و برای روکش‌گیری به یک کارگاه لوله‌بری در شهر گنبدکاووس منتقل شدند. روکش‌های تهیه شده به آزمایشگاه صنایع چوب دانشگاه گنبدکاووس انتقال داده شد و با استفاده از تیغ موکت‌بری به ابعاد طول (در جهت الیاف) ۱۲۰× عرض ۲۰ × ضخامت ۰/۸ میلی‌متر مکعب تبدیل به تراشه شدند. تراشه‌ها پس از تولید در هوای آزاد قرار داده شدند و بعد توسط خشک‌کن آزمایشگاهی تا حدود ۵ درصد خشک و بعد برای جلوگیری از تبادل رطوبت با محیط در کیسه های پلاستیکی نگهداری گردیدند. خرده ضایعات تایر از کارخانه آذر سام خریداری شد، آنگاه بعد از مش‌بندی در سه سطح مش ۸، ۱۸ و ۴۵ مورد استفاده قرار گرفت. درصد اختلاط ذرات خرده تایر ضایعاتی با سه مش مختلف (۸، ۱۸ و ۴۵) با تراشه‌های صنوبر در چهار سطح (۱۰۰:۰، ۵: ۹۵، ۱۰:۹۰ و ۱۵: ۸۵) به صورت پراکنده در سه لایه عمود بر هم در نظر گرفته شدند. چسب فنل فرم‌آلدهید (وزن مخصوص ۱/۲۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب، مواد جامد ۶۲ درصد و ویسکوزیته ۳۲۰ سانتی‌پوآز) به‌عنوان ماده اتصال‌دهنده به‌صورت مایع از کارخانه عایق الکتریک تهیه شد. در این تحقیق عملیات چسب‌زنی تراشه‌های چوبی و ذرات خرده تایر ضایعاتی هر یک به‌صورت جداگانه انجام شد. بدین ترتیب که میزان مصرف رزین فنل فرم‌آلدهید ۸ در صد برای ترا شه‌های چوبی (بر اساس وزن خشک تراشه‌ها) و ۱۰ درصد برای ذرات تایر ضایعاتی (بر اساس وزن خشک تایر) در نظر گرفته شد. هر یک از این مواد (به‌صورت جداگانه) در یک چسب‌زن آزمایشگاهی (سیلندر چرخان) توسط اسپری دستی به رزین آغشته گردید. علت پاشش بیشتر رزین بر روی ذرات تایر ضایعاتی در مقایسه با تراشه‌های چوبی، به دلیل سطح ویژه بالای ذرات تایر ضایعاتی بوده است. سپس به صورت دستی در یک قالب با ابعاد ۴۰۰×۴۰۰ میلی‌متر در سه لایه به نسبت وزنی ۲۵ درصد لایه تحتانی، ۵۰ درصد لایه میانی، ۲۵ درصد لایه فوقانی به‌صورت عمود بر هم (لایه میانی عمود بر لایه های سطحی) استقرار یافتند. کیک‌ها در یک پرس گرم آزمایشگاهی در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه تحت فشار ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ساخته شدند. دانسیته تخته‌ها ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ضخامت آن ۱۶ میلی‌متر بود. تخته های تولیدی پس از

خروج از پرس گرم بعد از کدگذاری بلافاصله در بین سایر تخته‌ها قرار داده شدند تا سخت شدن رزین آن کامل شده و پس از تنش‌زدایی به‌تدریج به دمای محیط بر سند. تخته‌های ساخته شده در اتاق مشروط سازی (دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد) نگهداری شدند تا به رطوبت تعادل با محیط برسند. بعد نمونه‌های آزمایشی طبق استاندارد اروپایی EN326-1 از آنها تهیه شد. در این تحقیق، درمجموع ۳۰ تخته با ابعاد آزمایشگاهی (۱۶×۴۰۰×۴۰۰ میلی‌متر) ساخته شد. جدول ۱ کدگذاری مربوط به هر تیمار را نشان می‌دهد. برای تعیین واکشیدگی ضخامت از استاندارد (EN317)، مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته خمشی از استاندارد (EN310) و چسبندگی داخلی از استاندارد (EN319) استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق با استاندارد EN300 با تخته‌های نوع ۱ (تخته‌هایی با اهداف و تولید مبلمان برای استفاده در شرایط خشک) مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته، چسبندگی داخلی و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت به‌ترتیب ۱۸ مگاپاسکال، ۲۵۰۰ مگاپاسکال، ۰/۲۸ مگاپاسکال و ۲۵ درصد و برای تخته‌های نوع ۲ (تخته‌های برای تحمل بار برای استفاده در شرایط خشک) مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته، چسبندگی داخلی و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت به‌ترتیب ۲۰ مگاپاسکال، ۳۵۰۰ مگاپاسکال، ۰/۳۲ مگاپاسکال و ۲۰ درصد مقایسه شد.

جدول ۱- تیمارها و شرایط ساخت تخته‌تراشه جهت‌دار

Table 1. Conditions and treatments for oriented strand board production

کد تیمار Treatment code	اختلاط پودر تایر (درصد) Mixing ratio of waste tire (%)	اندازه ذرات تایر (مش) Particle size of waste tire (Mesh)
T1	5	8
T2	5	18
T3	5	45
T4	10	8
T5	10	18
T6	10	45
T7	15	8
T8	15	18
T9	15	45
CS	0	بدون تایر ضایعاتی Without waste tire

تجزیه‌وتحلیل آماری

برای تجزیه‌وتحلیل نتایج از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. میانگین داده‌ها، با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه گردید. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج

مقادیر میانگین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته تراشه‌های ساخته شده در جدول ۲ و ۳ آمده است.

جدول ۲- مقادیر میانگین ویژگی‌های تخته تراشه جهت‌دار ساخته شده از تراشه‌های صنوبر–ذرات تایر ضایعاتی

Table 2. Mean values of oriented strand board properties made of poplar wood strands – waste tire particles

تیمار Treatment	مقاومت خمشی (مگاپاسکال) Bending strength (Mpa)	مدول‌الاستیسیته (مگاپاسکال) Modulus of elasticity (Mpa)	چسبندگی داخلی (مگاپاسکال) Internal bonding (Mpa)	واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت (درصد) Thickness swelling after 24 h (%)
T1	38.76	5150.3	0.53	9.04
T2	41.81	5800.6	0.61	8.79
T3	31.59	4900.2	0.47	10.28
T4	34.6	4950.6	0.49	7.47
T5	37.6	5100.1	0.51	7.1
T6	23.9	4600.65	0.38	8.45
T7	18.1	3300.69	0.32	7.32
T8	19.36	3450.7	0.34	6.75
T9	14.31	3030.27	۰/۲۹	8.19
شاهد CS	47.8	6531.48	0.67	13.28
تیپ ۱ Type 1	18	2500	0.28	25
تیپ ۲ Type 2	20	3500	0.32	20

جدول ۳- مقادیر اثر مستقل تایر ضایعاتی و اندازه ذرات تایر بر ویژگی‌های تخته تراشه جهت‌دار

Table 3. Values of independent effect of waste tire and particle size tire on the properties of oriented strand board

منبع تغییرات Source of variation							
مقدار تایر ضایعاتی نوع آزمون Type of test	The amount of waste tire (%)			اندازه ذرات تایر ضایعاتی (مش) (درصد) Particle size of waste tire (Mesh)			
	۰	5	10	15	8	18	45
مقاومت خمشی (مگاپاسکال) Bending strength (MPa)	47.8	37.39	32.03	17.26	30.49	32.92	23.27
مدول‌الاستیسیته (مگاپاسکال) Modulus of elasticity (MPa)	6531.48	5283.7	4883.78	3260.55	4467.19	4783.8	4177.04
چسبندگی داخلی (مگاپاسکال) Internal bonding (MPa)	0.67	0.54	0.46	0.32	0.45	0.49	0.38
واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (٪) Thickness swelling after 24h (%)	13.28	9.37	7.67	7.42	7.94	7.55	8.97

خواص مکانیکی

تجزیه‌وتحلیل واریانس خواص مکانیکی مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی تخته تراشه جهت‌دار در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- تجزیه واریانس خواص مکانیکی تخته تراشه جهت‌دار

Table 4. Analysis of variance the mechanical properties of oriented strand board

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean squares	F	سطح معنی‌داری P
مقاومت خمشی Bending strength					
درصد اختلاط تایر ضایعاتی (**A**) Mixing ratio of waste tire (A)	2	1593.497	796.7487	59.708	0.0001 **
اندازه ذرات ضایعات تایر (**B**) Particle size of waste tire (B)	2	803.470	401.735	30.106	0.0001 **
A×B	4	93.170	23.292	1.745	0.03*
مدول‌الاستیسیته Modulus of elasticity					
درصد اختلاط تایر ضایعاتی (**A**) Mixing ratio of waste tire (A)	2	74515653	37257827	217.213	0.0001 **
اندازه ذرات ضایعات تایر (**B**) Particle size of waste tire (B)	2	43010450	21505225	125.375	0.0001 **
A×B	4	32230718	8057680	46.976	0.0001 **
چسبندگی داخلی Internal bonding					
درصد اختلاط تایر ضایعاتی (**A**) Mixing ratio of waste tire (A)	2	0.843	0.421	14.842	0.0001 **
اندازه ذرات ضایعات تایر (B) Particle size of waste tire (B)	2	0.274	0.137	4.836	0.013*
A×B	4	0.181	0.045	1.597	0.023*

**: معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد Significance at the level of 99%

*: معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد Significance at the level of 95%

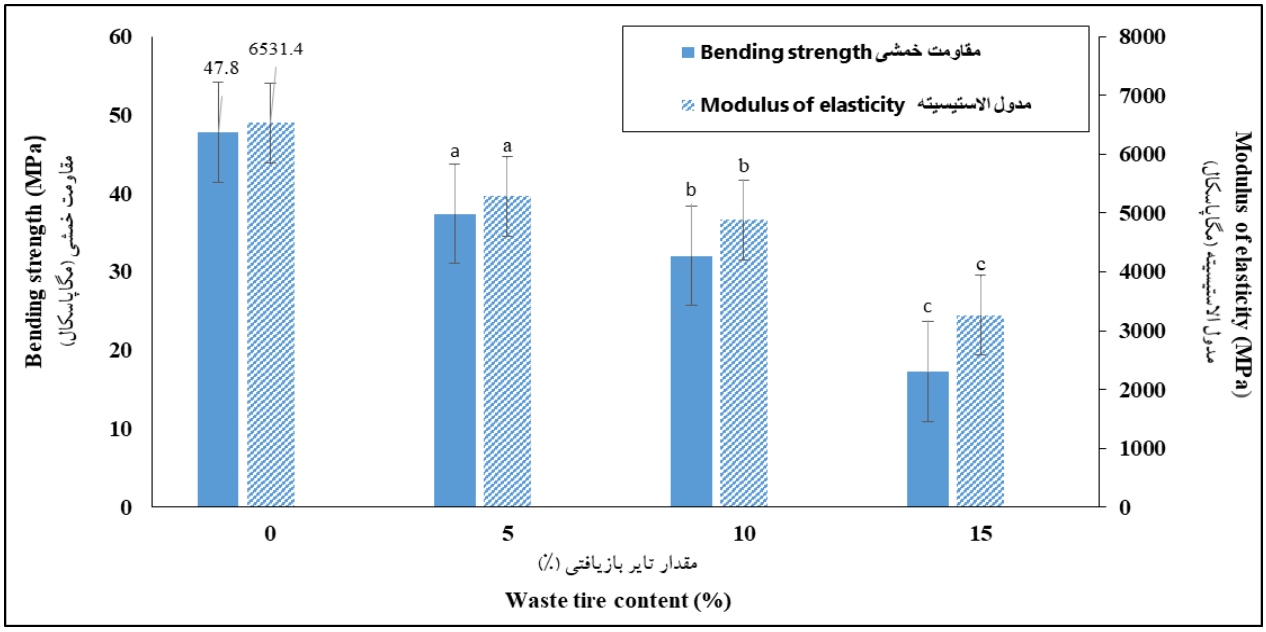
مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته

نتایج تجزیه واریانس نشان دادند که اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها داشته‌اند. شکل ۱ روند تغییرات مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها را با توجه به درصد اختلاط ضایعات تایر بازیافتی نشان می‌دهد. با حضور و همچنین افزایش جایگزینی ضایعات تایر با تراشه، مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته دچار روند نزولی می شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود کمترین مقدار مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها در حضور ۱۵ درصد و بیشترین مقدار مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته در نمونه شاهد بود.

شکل ۲ روند تغییرات مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها را بر اساس اندازه ذرات خرده ضایعات تایر نشان می‌دهد. بیشترین و کمترین مقدار مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته به‌ترتیب در تخته تراشه‌های حاوی ذرات با مش ۱۸ و مش ۴۵ حاصل شد.

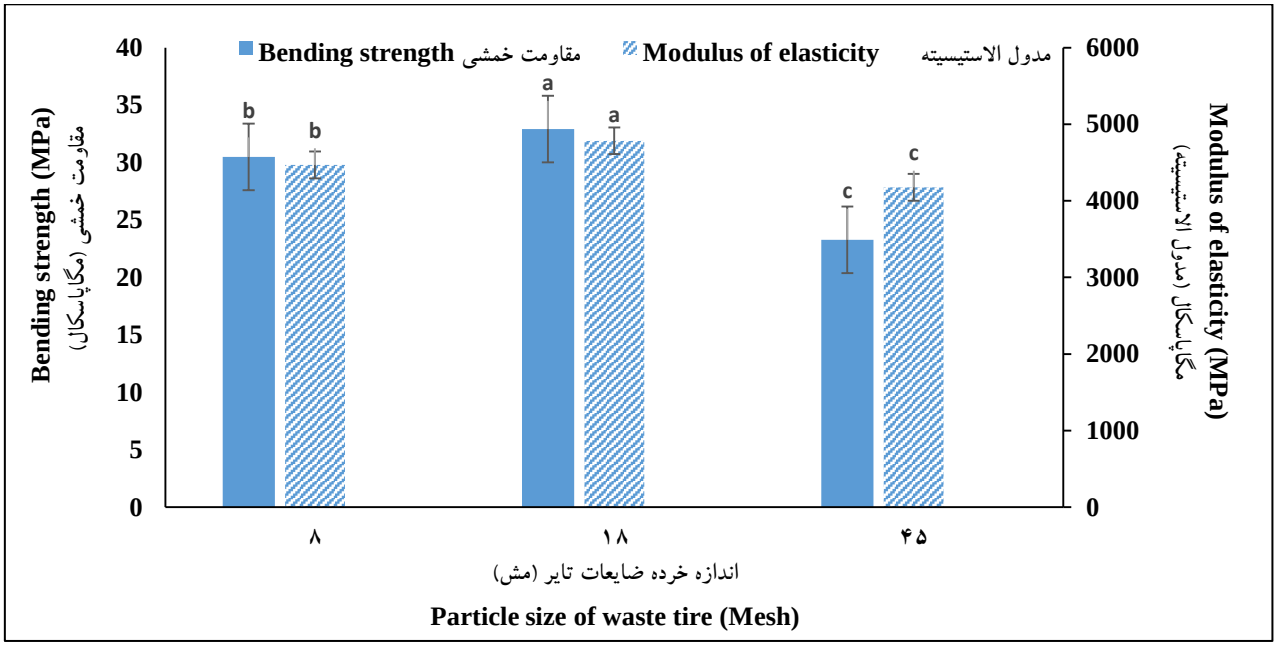
شکل ۳ روند تغییرات مقاومت خمشی در اثر متقابل درصد اختلاط و اندازه ذرات خرده ضایعات تایر را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می شود بیشترین مقاومت خمشی مربوط به نمونه شاهد می‌باشد و کمترین مقاومت نیز مربوط به تیمار T9 (تخته های دارای ۱۵ درصد ضایعات تایر با اندازه ذرات مش ۴۵) است.

شکل ۴ روند تغییرات مدول‌الاستیسیته تخته‌ها را در اثر متقابل درصد اختلاط و اندازه ذرات خرده ضایعات تایر نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می شود بیشترین مدول‌الاستیسیته مربوط به نمونه شاهد می‌باشد و کمترین مقاومت نیز مربوط به تیمار T9 (تخته های دارای ۱۵ درصد خرده ضایعات تایر با اندازه ذرات مش ۴۵) است.



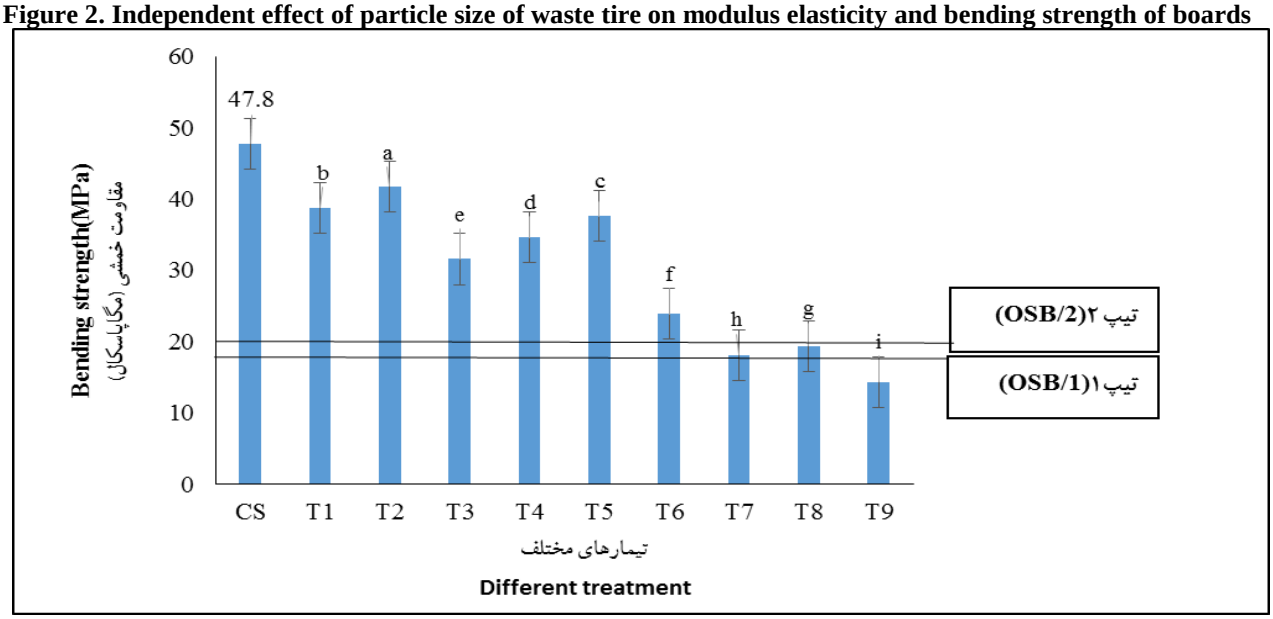
شکل ۱- اثر مستقل اختلاط ضایعات تایر بر مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها

Figure 1. Independent effect of mixing ratio of waste tire on modulus elasticity and bending strength of boards



شکل ۲- اثر مستقل اندازه ذرات خرده ضایعات تایر بر مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها

Figure 2. Independent effect of particle size of waste tire on modulus elasticity and bending strength of boards

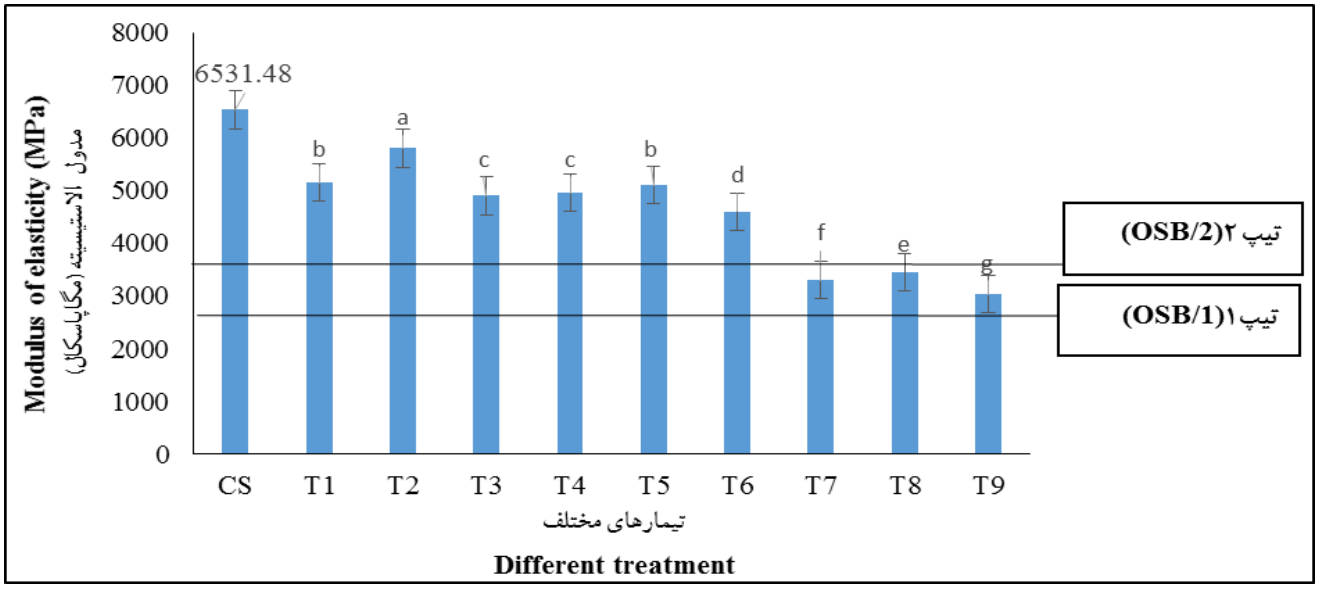


شکل ۳- اثر متقابل درصد اختلاط و اندازه ذرات خرده ضایعات تایر بر مقاومت خمشی تخته‌ها

Figure 3. Interaction effect of mixing ratio and particle size of waste tire on bending strength of boards

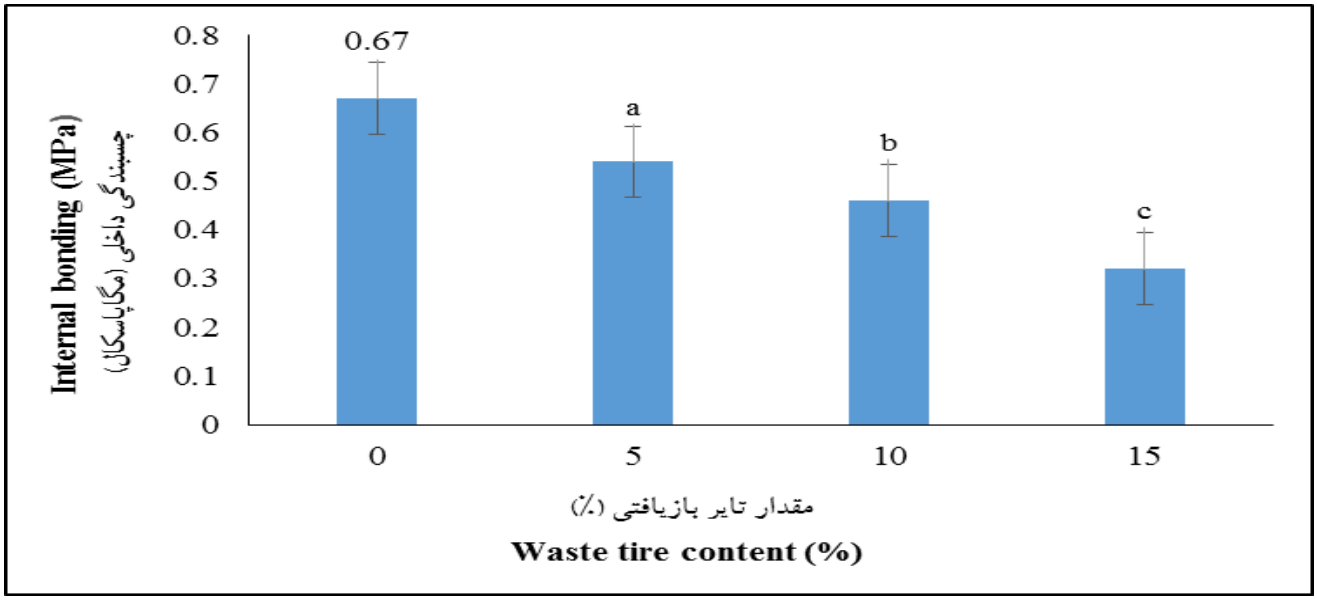
چسبندگی داخلی

نتایج تجزیه واریانس نشان دادند که اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر چسبندگی داخلی تخته‌ها داشته‌اند. شکل ۵ روند تغییرات چسبندگی داخلی تخته‌ها را با توجه به درصد اختلاط خرده ضایعات تایر نشان می‌دهد. به‌طوری‌که با افزایش مصرف ضایعات تایر، چسبندگی داخلی تخته‌ها کاهش یافت.



شکل ۴- اثر متقابل درصد اختلاط و اندازه ذرات خرده ضایعات تایر بر مدول‌الاستیسیته تخته‌ها

Figure 4. Interaction effect of mixing ratio and particle size of waste tire on modulus of elasticity of boards

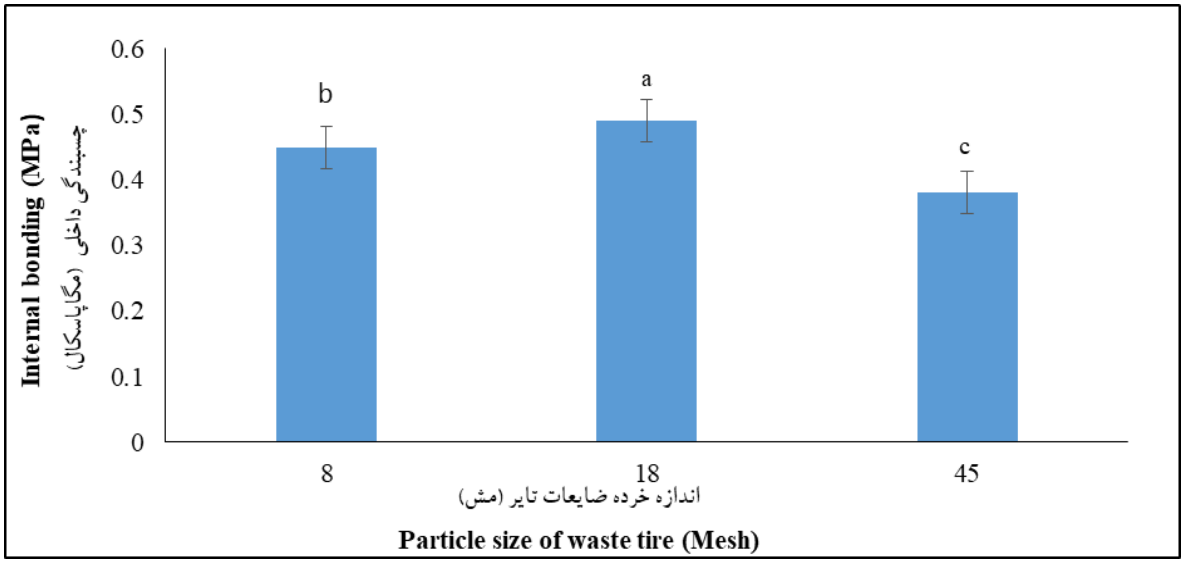


شکل ۵- اثر مستقل درصد اختلاط ضایعات تایر بر چسبندگی داخلی تخته‌ها

Figure 5. Independent effect of mixing ratio of waste tire on internal bonding of boards

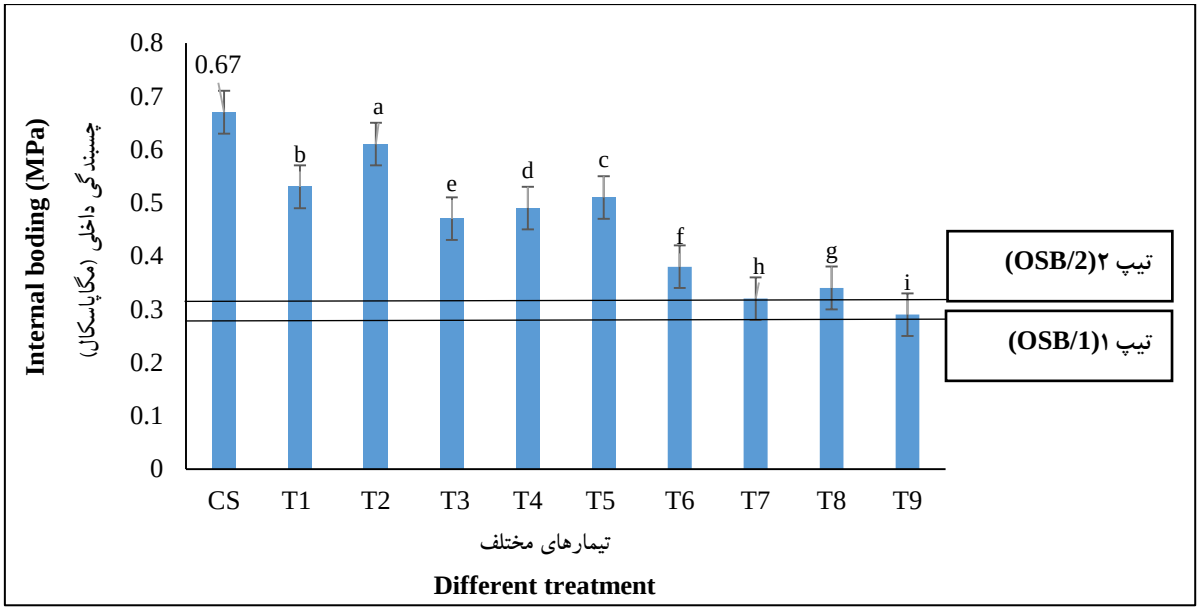
شکل ۶ روند تغییرات چسبندگی داخلی تخته‌ها را بر اساس اندازه ذرات خرده ضایعات تایر نشان می‌دهد. بیشترین و کمترین مقدار چسبندگی داخلی به‌ترتیب در تخته تراشه‌های حاوی ذرات با مش ۱۸ و مش ۴۵ حاصل شد.

شکل ۷ روند تغییرات چسبندگی داخلی را در اثر متقابل درصد اختلاط و اندازه ذرات خرده ضایعات تایر نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین چسبندگی مربوط به نمونه شاهد می‌باشد و کمترین نیز مربوط به تیمار T9 (تخته‌های دارای ۱۵ درصد ضایعات تایر با اندازه ذرات مش ۴۵) است.



شکل ۶- اثر مستقل اندازه ذرات خرده ضایعات تایر بر چسبندگی داخلی تخته‌ها

Figure 6. Independent effect of particle size of waste tire on internal bonding of boards



شکل ۷- اثر متقابل درصد اختلاط و اندازه ذرات خرده ضایعات تایر بر چسبندگی داخلی تخته‌ها

Figure 7. Interaction effect of mixing ratio and particle size of waste tire on internal bonding of boards

خواص فیزیکی

تجزیه‌وتحلیل واریانس خواص فیزیکی (واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب) تخته تراشه جهت‌دار در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵- تجزیه واریانس واکشیدگی ضخامت تخته تراشه جهت‌دار بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

Table 5. Analysis of variance the thickness swelling of oriented strand board after 24h immersion in water

واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب					
منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean squares	F	سطح معنی‌داری P
درصد اختلاط تایر ضایعاتی (A) Mixing ratio of waste tire (A)	2	45.37	22.67	8.75	** 0.005
اندازه ذرات ضایعات تایر (B) Particle size of waste tire (B)	2	23.34	11.66	4.5	* 0.0154
A×B	4	2.35	0.58	0.226	* 0.035

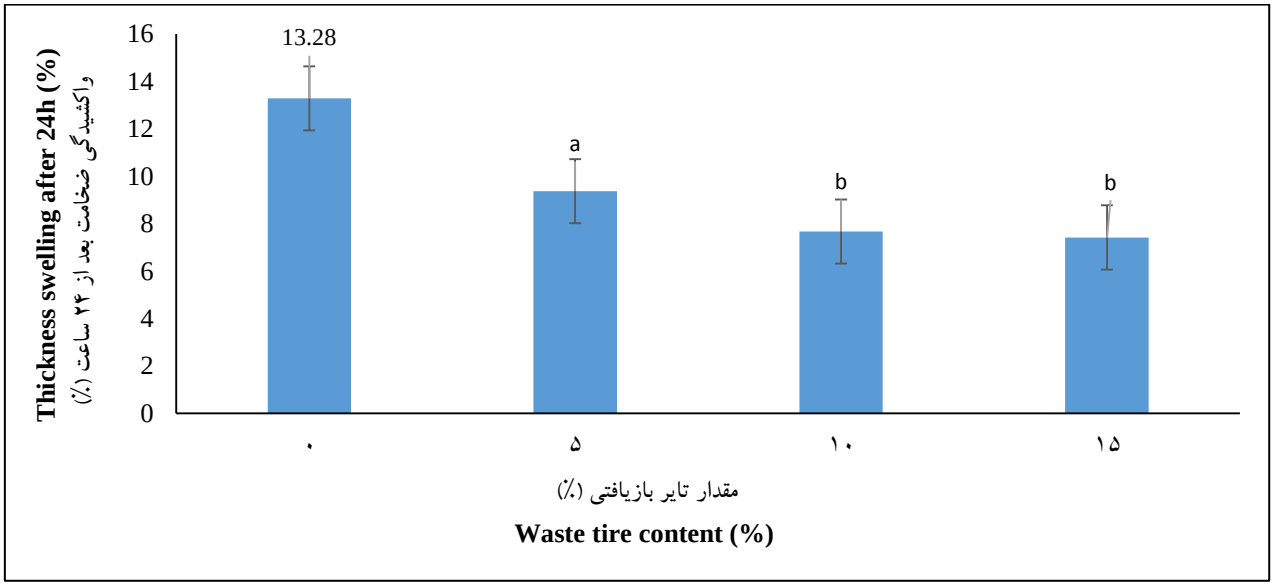
**: معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد Significance at the level of 99%

*: معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد Significance at the level of 95%

واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

نتایج تجزیه واریانس نشان دادند که اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب داشته‌اند.

شکل ۸ روند تغییرات واکشیدگی ضخامت تخته‌ها را با توجه به درصد اختلاط خرده ضایعات تایر نشان می‌دهد. به‌طوری‌که با افزایش مصرف ضایعات تایر، واکشیدگی ضخامت تخته‌ها کاهش یافت.

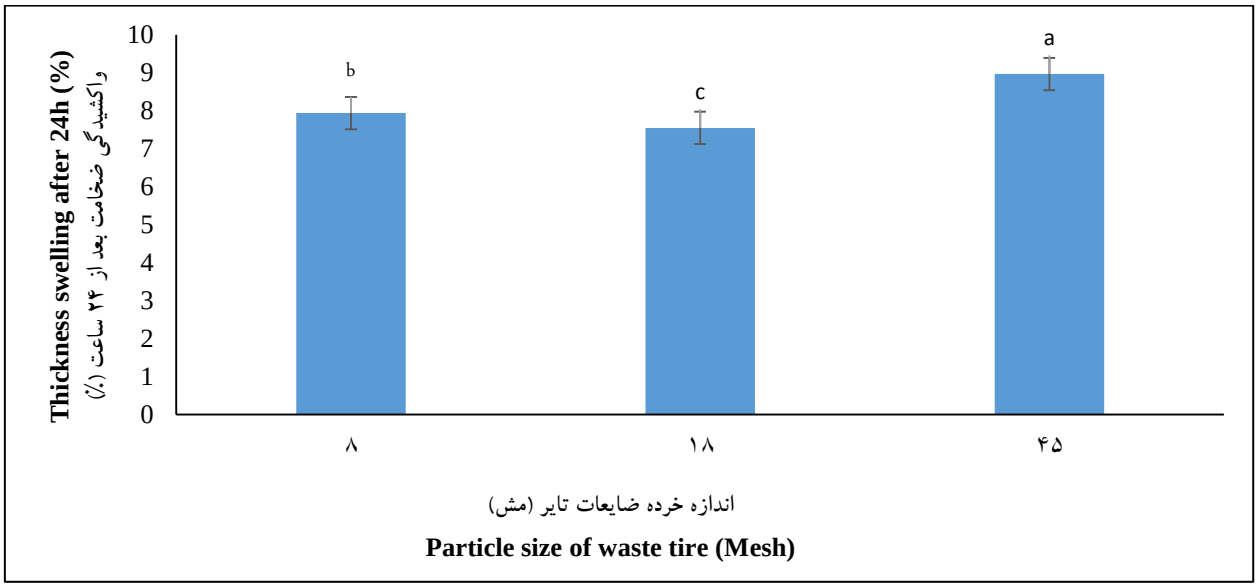


شکل ۸- اثر مستقل درصد اختلاط ضایعات تایر بر واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲۴ ساعت

Figure 8. Independent effect of mixing ratio of waste tire on thickness swelling of boards after 24h

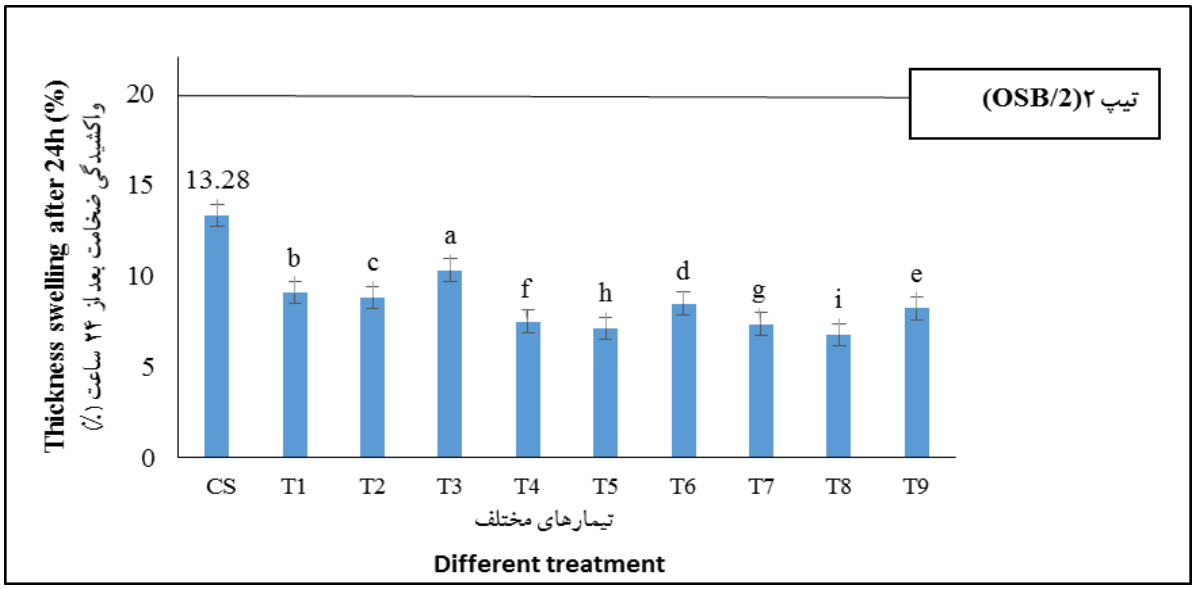
شکل ۹ روند تغییرات واکشیدگی ضخامت تخته‌ها را بر اساس اندازه ذرات خرده ضایعات تایر نشان می‌دهد. بیشترین و کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت به‌ترتیب در تخته تراشه-های حاوی ذرات با مش ۴۵ و مش ۱۸ حاصل شد.

شکل ۱۰ روند تغییرات واکشیدگی ضخامت تخته‌ها را در اثر متقابل درصد اختلاط و اندازه ذرات خرده ضایعات تایر نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین واکشیدگی ضخامت مربوط به نمونه شاهد می‌باشد و کمترین نیز مربوط به تیمار T8 (تخته‌های دارای ۱۵ درصد ضایعات تایر با اندازه ذرات مش ۱۸) است.



شکل ۹- اثر مستقل اندازه ذرات خرده ضایعات تایر بر واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲۴ ساعت

Figure 9. Independent effect of particle size of waste tire on thickness swelling of boards after 24h



شکل ۱۰- اثر متقابل درصد اختلاط و اندازه ذرات خرده ضایعات تایر بر واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲۴ ساعت

Figure 10. Interaction effect of mixing ratio and particle size of waste tire on thickness swelling of boards after 24h

بحث

بر اساس نتایج حاصل، اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر خواص مکانیکی تخته‌ها داشت. خواص مکانیکی (مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی) تخته تراشه‌های ساخته شده، با افزایش مقدار ضایعات تایر از ۵ به ۱۵ درصد کاهش یافته و با بزرگ‌تر شدن اندازه ذرات از مش ۴۵ به مش ۱۸ و ۸، مقاومت تخته تراشه‌های ساخته شده از ضایعات تایر افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که اثر افزودن ذرات خرده ضایعات تایر به مقدار ۱۵ درصد وزنی و به‌کارگیری ذرات با مش ۴۵ سبب بیشترین کاهش در خواص مکانیکی در مقایسه با نمونه شاهد می‌گردد. احتمالاً دلیل این کاهش را می‌توان به سهم کمتر چسب در ذرات ریزتر ضایعات تایر در واحد وزن نسبت به ذرات درشت‌تر و همچنین مقاومت مکانیکی پایین‌تر ذرات تایر در مقایسه با ذرات تراشه نسبت داد. همچنین می‌توان به سست‌تر بودن مقاومت ذاتی ذرات تایر از یکسو و ضعیف بودن اتصالات برقرار شده بین ذرات تراشه-تایر از سوی دیگر اشاره کرد (Abasi *et al*., 2018). نتایج نشان داد که وجود ذرات تایر در OSB، کاهش مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی این فراورده را به دنبال داشته است که با نتایج Abasi و همکاران (۲۰۱۸) و Ayrilmis و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد. در تحلیل نتایج حاصل به علت ثابت بودن مقدار چسب برای هر سه گروه مش، می‌توان به عامل بسیار مهم سطح ویژه ذرات تایر اشاره کرد؛ به‌نحوی‌که به دلیل بزرگ‌تر بودن اندازه ذرات در مش ۸ و سطح ویژه زیاد در ذرات با مش ۴۵ و عدم آغشتگی کافی ذرات پودر به رزین در ذرات بسیار ریز باعث می‌گردد تا نقاط چسب نخورده در بین این دسته از ذرات شکل بگیرد، در نتیجه اثر منفی این فرایند در کاهش مقاومت‌های ذکرشده مشاهده گردد.

بر اساس نتایج حاصل، اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر واکشیدگی ضخامت تخته‌ها داشت. نتایج آزمون حکایت از آن دارد که با افزایش میزان ذرات تایر از ۵ درصد به ۱۰ درصد و بعد به ۱۵ درصد، واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بهبود یافته است؛ زیرا تایر یک ماده آب‌گریز و چوب یک ماده آبدوست است؛ بنابراین هرچه از مقدار ماده آبدوست چوب کم و به مقدار ماده آب‌گریز تایر در ساخت تخته تراشه افزوده شود، کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت را به همراه دارد؛ زیرا سطح ذرات تایر غیرقطبی و آب‌گریز است و به‌دلیل آب‌گریز بودن ذرات تایر، مقاومت به رطوبت را بهبود بخشیده و همچنین گروه‌های هیدروکسیل موجود در تخته تراشه با افزایش ذرات تایر کاهش یافته که این عمل موجب بهبود واکشیدگی ضخامت می‌شود (Ayrilmis *et al*., 2019; Samouie *et al*., 2021). دلیل واکشیدگی ضخامت زیاد تخته‌ها در مش ۴۵ را می‌توان به چسبندگی کمتر ذرات به علت ثابت بودن مقدار چسب در واحد سطح و سطح ویژه بیشتر این ذرات نسبت داد. به‌طوری‌که بیشترین واکشیدگی ضخامت مربوط به نمونه شاهد می‌باشد و کمترین نیز مربوط به تیمار T8 (تخته‌های دارای ۱۵ درصد ضایعات تایر با اندازه ذرات مش ۱۸) است.

مطابق استاندارد EN 300 (واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت استاندارد برای تخته‌های نوع ۲، ۲۰ درصد) همه تیمارها از حداقل تعیین شده در استاندارد مذکور برای تولید تخته‌های OSB/2 برخوردار هستند. بر اساس نتایج این تحقیق و با توجه به استاندارد EN300، تخته‌های دارای ۵ و ۱۰ درصد خرده ضایعات تایر در هر سه سطح مش برای تولید تخته‌های OSB/2 و تخته‌های دارای ۱۵ درصد خرده ضایعات تایر در هر سه سطح مش برای تولید تخته‌های OSB/1 الزامات تعیین شده حتی بیشتر از حد استاندارد را کسب کرده و برای تولید تخته تراشه جهت‌دار استفاده می‌شود.

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 and Forest Science and Technology, 25(2): 165-176. (In Persian)

-Akrami, A., Barbu, M. and Fruwhwald, A., 2014. Characterization of properties of oriented strand

years short rotation system in Karaj region. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 11(4): 613-637 (In Persian).

-Ramtin, A., Doosthoseini, K., Dadkhah Tehrani, B., Poudineh Pour, M. and Chaharmahali, M., 2006. The effect of resin amount and orientation of strand board on physical and mechanical properties. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 21(2): 70-77 (In Persian).

-Samouie, H., Faraji, F., Jamalirad, L. and Vaziri, V., 2021. Effect of using tire rubber on physical and mechanical properties of paulownia oriented strand boards. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 36(1): 1-13 (In Persian).

-Tamjidi, A., Faezipour, M.M., Doosthoseini, K., Ebrahimi, Gh. and Khademieslam, H., 2016. Investigation on the properties of oriented strand board (OSB) made from mixture ten years old poplar clones. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 31(4): 648-661 (In Persian).

-Tamjidi, A., Faezipour, M.M., Doosthoseini, K., Ebrahimi, Gh. and Khademieslam, H., 2019. Investigation on the possibility of oriented strand board (OSB) production from hornbeam wood. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 34(1): 140-155 (In Persian).

-Xu, M. and Li, J., 2012. Effect of adding rubber powder to poplar particles on composite properties. Bioresource Technology, 118: 56-60.

boards from beech and poplar. European Journal of Wood and Wood Products, 72: 393-398.

-Ayrilmis, N., Buyuksari, U. and Avci, E., 2009. Utilization of waste tire rubber in manufacture of oriented strand board. Waste Management, 29: 2553-2557.

-Ghasemi, R., Asadi, F. and Torabi, A., 2009. Evaluation of height and diameter growth of indigenous and exotic poplar clones in one growing season. Iranian Journal of Forest 1(4): 333-343 (In Persian).

-Iwakiri, S., 2005. Reconstituted wood panels. FUPEF, Curitiba, 245p.

-Hoseinzadeh, E. and Rahmani, A. R., 2012. Producing activated carbon from scrap tires by thermo-chemical method and evaluation its efficiency at removal racid back1 dye. Iran Journal of Health and Environment, 4(4): 427-438 (In Persian).

-Kargarfard, A., 2018. The investigation on physical and mechanical properties of oriented strand board (OSB) produced using corn stalks. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 33(2): 155-165 (In Persian).

-Khazaeian, A., Yaghmaei, F. and Tabarsa, T., 2009. Investigation on bending and compression strength of *Paulownia fortunie* wood grown in Gorgan region. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 16(3): 1-22 (In Persian).

-Modir Rahmati, A. and Bagheri, R., 2003. Determination of suitable poplar cultivars in three

The possibility of using waste tire particles for oriented strand board production

R. Kazemi [1], F. Faraji [2], H. Aminian[2] and V. Vaziri[3]*

1-M.Sc. Student, Wood Composite Products, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
2-Assistant Prof., Wood and Paper Science and Technology, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
3*-Corresponding Author, Assistant Prof., Wood and Paper Science and Technology, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran, E-mail: vahidvaziri@gmail.com

Received: Nov., 2021 Accepted: Jan., 2022

Abstract

In this research, the effect of adding waste tire particles on physical and mechanical properties of oriented strand boards (OSB) produced from poplar wood strands was investigated. Constant factors of this research are: Poplar wood strands *(Populus deltoides)*, phenol formaldehyde resin (8 percent for the strands and 10 percent for waste tire on dry weight basis), three layer OSB (25 percent on either top and bottom layers and 50 percent core layer), boards with a thickness of 16 mm, dimensions of 40×40 cm with a nominal density of 0.75 g/cm^3.Variable factors are: mixing ratio of waste tire particles to poplar strands at the four levels of 0:100, 5:95, 10:90, 15:85 and particle size of waste tire in three different sizes of 8, 18 and 45 mesh. The physical and mechanical properties of the boards were measured as defined in relevant European standards test methods EN 300. The results showed that changes in the amount and size of waste tire particles have a significant effect on the physical and mechanical properties of OSB panels. Increasing the ratio of waste tire particles decreased the mechanical properties and inversely improved the thickness swelling of the panels. The minimum value of mechanical strength was observed in panels made of 15% waste tire particles and 45 mesh particles. In general, OSB containing waste tire particles can meet the requirements of the EN 300 standard.

Keywords :Waste tire particles, poplar, oriented strand board (OSB), phenol formaldehyde resin, physical and mechanical properties.