نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و پنجم، شماره دوم، ۱۳۹۷
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2018.14320.1722

مطالعه ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده ساخته شده از خرده چوب صنعتی– پودر تایر بازیافتی

مظاهر عباسی[۱]، *وحید وزیری[۲]، فرشید فرجی[۲] و هدایت‌الله امینیان[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد فرآورده‌های چند سازه چوبی، دانشگاه گنبد کاووس،
[۲]استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه گنبد کاووس

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰۹/۰۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰٤/۰٦

چکیده

سابقه و هدف: افزایش جمعیت و سهم سرانه مصرف چوب و لزوم کاهش برداشت چوب از جنگل‌های طبیعی، نیاز به تأمین چوب از طریق استفاده از مواد جایگزین را اجتناب‌ناپذیر نموده است. در سال‌های اخیر، توجه زیادی به تولید محصولات از مواد بازیافت شده صورت گرفته است. از میان مواد بازیافتی، تایرهای بازیافتی یک نگرانی جدی هستند؛ زیرا مقدار آن به‌خاطر افزایش تقاضا و طول عمر کوتاه در حال افزایش بوده و بنابراین لازم است که روش‌هایی برای بازیابی تایر بازیافتی توسعه پیدا کند. یکی از راه حل‌های مؤثر برای بازیابی تایر بازیافتی می‌تواند استفاده از آن به‌منظور تولید کامپوزیت‌های بر پایه چوب– تایر باشد. در این تحقیق، خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب ساخته شده از تایر بازیافتی و خرده چوب صنعتی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق نسبت وزنی پودر تایر بازیافتی به خرده چوب در پنج سطح (۱۰۰/۰، ۹۰/۱۰، ۸۰/۲۰، ۷۰/۳۰، ٦۰/٤۰) به‌عنوان متغیرهای مستقل انتخاب گردید. خرده‌چوب صنعتی از شرکت صنعت چوب شمال تهیه شد. از رزین اوره فرم آلدهید به میزان ۱۰ درصد وزن خشک ماده اولیه و از کلرید آمونیوم به‌عنوان هاردنر به میزان ۲ درصد وزن خشک رزین استفاده شد. پس از فرآیند مخلوط کردن مواد اولیه با یکدیگر، کیک خرده چوب در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان ۵ دقیقه تحت پرس گرم قرار گرفت. برای انجام آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی از استانداردهای EN استفاده شد. همچنین برای نحوه پراکنش ذرات تایر بازیافتی در تخته خرده چوب از میکروسکوپ الکترونی پویشی استفاده گردید. خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها با استفاده از آنالیز واریانس در سطح اطمینان ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزایش تایر بازیافتی، مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌ها کاهش یافت. اگرچه با ذوب شدن تایر، احتمال افزایش چسبندگی بین تایر و چوب وجود داشت اما این عمل در دمای استفاده شده در این تحقیق روی نداد. زیرا ذرات تایر بازیافتی در دمای بیشتر از ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد ذوب

*مسئول مکاتبه: vahidvaziri@gmail.com

می‌شود. در تصاویر میکروسکوپ الکترونی به وضوح مشخص است که ذرات تایر در دمای پرس ذوب نشده و هیچ گونه اتصالی با خرده چوب برقرار نشده است. میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب تخته خرده چوب‌ها با افزایش میزان تایر بازیافتی یک روند کاهشی را نشان دادند، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن مربوط به عدم استفاده از تایر بازیافتی و کمترین میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت مربوط به تخته‌های دارای ٤۰ درصد تایر بازیافتی بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد، قابلیت به کارگیری تخته‌های دارای ۲۰ درصد تایر بازیافتی برای تخته‌های با اهداف عمومی (نجاری) و تخته‌های دارای ۱۰ درصد تایر بازیافتی برای لوازم داخلی (مبلمان) به‌منظور استفاده در شرایط خشک وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: پودر تایر بازیافتی، خرده چوب صنعتی، میکروسکوپ الکترونی پویشی، خواص فیزیکی و مکانیکی

مقدمه

با توجه به کاهش روزافزون سطح جنگل‌های جهان، تأمین مواد اولیه صنایع مختلف فرآورده‌های صفحه‌ای از منابع غیرجنگلی و بازیافتی چه در مرحله بهره‌برداری و چه در مرحله تولید فرآورده‌ها، در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (۲، ۷). کمبود منابع جنگلی و چوبی حقیقتی تلخ و انکارناپذیر است که باعث کاهش ظرفیت تولید و حتی در موارد متعددی تعطیلی کارخانجات صنایع چوب را در سال‌های اخیر در پی داشته است، بر اساس مطالعات صورت گرفته، ارزش زیست محیطی جنگل‌ها تا ٤۰۰ برابر ارزش آن‌ها در تولید چوب است (۵). سیاست‌های توسعه پایدار در جهان امروزی اقتضاء می‌کند تا راهکارهایی جهت کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی مورد توجه قرار گیرد، از جمله آلاینده‌های مهمی که در چرخه بازیافت طبیعت تجزیه نمی‌شود، تایرهای مستعمل انواع وسیله نقلیه می‌باشند که با توجه به گسترش روزافزون صنعت خودروسازی لازم است تا راهکارهایی مناسبی برای کاربرد آن‌ها اندیشیده شود (۵). از جمله کاربردهای تایر فرسوده می‌توان به‌عنوان منبع سوخت و انرژی، در تولید آسفالت و بتن، تولید بخار، استفاده مجدد برای تولید پلاستیک و لاستیک‌های جدید و برای تولید کربن اشاره نمود. در ایران سالیانه حدود ۱۰ میلیون حلقه تایر مصرف می‌شود که این تایرها پس از فرسوده شدن دور ریخته شده و باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی می‌کند (٦).

سانگ (۱۹۹۵) در تحقیقی کامپوزیت حاصل از پودر تایر بازیافتی و الیاف چوبی را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که واکشیدگی ضخامت تخته‌ها با افزایش نسبت پودر تایر بهبود یافت اما با افزودن پودر تایر به‌دلیل مقاومت پایین ذرات تایر و اتصال ضعیف این ذرات با خرده‌چوب، مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی تخته کاهش یافت (۸).

فبریانو و یاشیوکا (۱۹۹۹) با مطالعه بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت‌های حاصل از چوب- پودر تایر بازیافتی بیان نمود که افزایش میزان تایر در تخته خرده چوب باعث کاهش مقدار جذب آب شده اما انعطاف‌پذیری تخته را افزایش می‌دهد (۳).

یانگ و همکاران (۲۰۰٤) در تحقیقی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده از آرد چوب و لاستیک را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که ۰/۵ درصد جفت‌کننده مالئیک انیدرید، خواص

فیزیکی و مکانیکی تخته حاصله را بهبود بخشید. با افزودن تایر، مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی و واکشیدگی ضخامت بعد از ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب کاهش یافت (١٠).

غفرانی و ربیعی (٢٠٠٨) در تحقیقی از پودر تایر بازیافتی در ساخت تخته خرده چوب استفاده نمودند. نتایج نشان داد که درصد اختلاط پودر تایر بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب تأثیر دارد و با افزایش درصد پودر تایر، مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی تخته کاهش یافت. اما افزایش دانسیته و مقدار چسب باعث افزایش چسبندگی داخلی گردید (٤).

آیریلمیس و همکاران (٢٠٠٩) در تحقیقی استفاده از ضایعات تایر در ساخت تخته خرده چوب را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مقاومت خمشی تخته‌های دارای خرده لاستیک بین ١٣ تا ٥٨ درصد کمتر از مقادیر نمونه‌های شاهد بود. همچنین میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها با افزایش نسبت تایر به خرده چوب، کاهش یافت (١).

ژو و لی (٢٠١٢) در تحقیقی به بررسی ویژگی‌های چند سازه حاصله از افزودن تایر ضایعاتی به میزان ١٠ تا ٤٠ درصد نسبت به وزن خشک خرده چوب صنوبر پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش حضور ذرات تایر در چند سازه سبب کاهش نسبی مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی و بهبود واکشیدگی ضخامت گردید (٩).

متأسفانه تاکنون اقدامات و مطالعات جدی برای بازیافت تایرهای فرسوده در کشور انجام نشده است. نتایج تحقیقات و بررسی‌ها نشان می‌دهد که امر بازیافت تایرهای فرسوده نه تنها آثار مخرب بر محیط‌زیست ندارد و مشکلات مدیریتی این بخش را حل می‌کند، بلکه منشاء توسعه صنعتی و سود آوری اقتصادی و فرآوری و تولید محصولات دیگری نیز می‌باشد (١١). با توجه به ضد آب بودن تایر و یافتن کاربردهای جدید برای تایرهای فرسوده در این تحقیق سعی شده است تا تأثیر استفاده از پودر تایر بازیافتی در تولید تخته خرده‌چوب مورد بررسی قرار گیرد. محصول این تحقیق، تخته مرکبی است که علاوه‌بر کاهش آلودگی ناشی از انباشت، طولانی بودن زمان تجزیه، آلودگی‌های ناشی از سوزاندن و کمبود زمین برای دفن و ... موارد مصرف بسیار ارزشمندی دارد. نوآوری این تحقیق در این است که این ماده ضایعاتی با هدف جایگزین شدن با خرده چوب صنعتی با حفظ رعایت استاندارد مربوطه انجام شده است تا بتوان از این ماده بازیافتی به‌صورت کاربردی در صنعت تخته خرده‌چوب استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

خرده‌چوب: در این تحقیق از خرده‌چوب صنعتی با ضخامت ٠/٨-٠/٦ میلی‌متر از شرکت صنعت چوب شمال (نئوپان گنبد) استفاده شد.

پودر تایر بازیافتی: تایر ضایعاتی از کارخانه آذرسام واقع در شهرک صنعتی لیا شهرستان قزوین تهیه و ویژگی‌های آن نیز در جدول ١ ارائه شده است. پودر تایر توسط الک آزمایشگاهی از مش ٢٠ عبور داده شده و از پودر باقیمانده بر روی مش ٣٠ استفاده شد. در این تحقیق از نسبت وزنی تایر ضایعاتی به خرده چوب در پنج سطح (١٠٠/٠، ٩٠/١٠، ٨٠/٢٠، ٧٠/٣٠، ٦٠/٤٠) به‌عنوان متغیرهای مستقل این تحقیق انتخاب گردید.

جدول ۱- مشخصات تایر بازیافتی.

Table 1. Waste tire characteristics.

عوامل Factors	مقدار Content
لاستیک (درصد) Rubber (%)	52
نخ (درصد) Textile (%)	3
دوده (درصد) Carbon black (%)	27
اکسید روی (درصد) Oxidize zinc (%)	1
گوگرد (درصد) Sulfur (%)	1
مواد افزودنی (درصد) Additives (%)	16
نقطه ذوب (درجه سانتی‌گراد) Melt point (°c)	300
دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Density (g/cm^3)	0.9

رزین اوره فرم آلدهید: رزین اوره فرم آلدهید مورد استفاده، از شرکت سامد مشهد تهیه شده و پس از انتقال به آزمایشگاه، ویژگی‌های آن مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). مقدار رزین اوره فرم آلدهید مورد استفاده برای ساخت هر تخته ۱۰ درصد وزن خشک ماده اولیه چوبی در نظر گرفته شد.

جدول ۲- مشخصات رزین اوره فرم آلدهید مصرفی.

Table 2. Characteristics of urea formaldehyde resin.

نوع رزین Resin type	شرکت سازنده Manufacturer	مواد جامد (درصد) Solids (%)	پی اچ pH	زمان ژله‌ای شدن (ثانیه) Gel time (s)	ویسکوزیته (سانتی پوآز) Viscosity (cps)	وزن مخصوص (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Density (g/cm^3)
اوره فرم آلدهید مایع Liquid urea formaldehyde	سامد مشهد Mashhad Samed	61	7	320 56		1.27

کلرید آمونیوم: از نمک کلرید آمونیوم به‌عنوان سخت کننده (هاردنر) رزین اوره فرم آلدهید ساخت شرکت مرک آلمان استفاده شد. کلرید آمونیوم به‌صورت پودر به میزان ۲ درصد وزن خشک رزین مورد استفاده قرار گرفت.

فرآیند ساخت تخته خرده‌چوب: عوامل ثابت تحقیق جهت ساخت تخته خرده‌چوب در جدول ۳ ارائه شده است. برای ساخت تخته ابتدا خرده‌چوب و پودر تایر با درصد اختلاط مشخص شده (۰/۱۰۰، ۱۰/۹۰، ۲۰/۸۰، ۷۰/۰، ۳۰، ٤۰/٦۰) هر کدام جداگانه چسب‌زنی شده و سپس با یکدیگر مخلوط شدند. ذرات چسب‌خورده توسط قالب چوبی به ابعاد ٤٥×٤٥ سانتی‌متر، فرم‌دهی شده و پس از تشکیل کیک وارد پرس شدند تا سیکل پرس اعمال شود. برای هر تیمار ۳ تخته ساخته شد. تخته‌های ساخته شده به‌مدت ۱۵ روز در اتاق کلیما (دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٦٥ درصد) نگهداری شده تا به رطوبت تعادل با محیط برسند. سپس برش تخته‌ها جهت تهیه نمونه‌های آزمونی انجام گرفت.

جدول ۳- عوامل ثابت مورد استفاده در ساخت تخته خرده‌چوب.

Table 3. Fixed factors used in production of particleboard

مقدار Content	عوامل Factors
10	رطوبت کیک (درصد) Mat moisture (%)
12.38	فشار ویژه (مگاپاسکال) Special pressure (Mpa)
170	دمای پرس (درجه سانتی‌گراد) Press temperature (°C)
5	زمان پرس (دقیقه) Press time (Minute)
10	مقدار رزین اوره فرم آلدهید (درصد) Urea formaldehyde resin content (%)
2	کلرید آمونیوم (درصد) Ammonium chloride (%)
10	ضخامت تخته (میلی‌متر) Thickness of particleboard (mm)
0.7	دانسیته اسمی تخته (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Density of particleboard (g/cm^3)

اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی: برای تعیین جذب آب و واکشیدگی ضخامت از استاندارد EN 317، مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته از استاندارد EN 310 و چسبندگی داخلی از استاندارد EN 319 استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق با تخته‌های تیپ ۱ (تخته‌هایی با اهداف نجاری به‌منظور استفاده در شرایط خشک با مقاومت خمشی ۱۲/۵ مگاپاسکال و چسبندگی داخلی ۰/۲۸ مگاپاسکال) و با تخته‌های تیپ ۲ (تخته‌هایی برای لوازم داخلی (مبلمان) به منظور استفاده در شرایط خشک با مقاومت خمشی ۱۳ مگاپاسکال و مدول‌الاستیسیته ۱۸۰۰ مگاپاسکال و چسبندگی داخلی ۰/٤ مگاپاسکال) طبق استاندارد EN 312 مورد مقایسه قرار گرفت. **میکروسکوپ الکترونی پویشی**[1]: برای بررسی نحوه پراکنش و توزیع ذرات تایر بازیافتی در تخته خرده چوب، توسط میکروسکوپ الکترونی پویشی نمونه‌های میکروسکوپی تهیه گردید. در این روش از سطح شکست نمونه‌های آزمون خمش، مقطع‌گیری شد و مقاطع به دلیل جلوگیری از پدیده شارژ ساکن[2] توسط لایه نازکی از طلا پوشیده شدند.

تجزیه و تحلیل آماری: برای تجزیه و تحلیل نتایج از آزمون تجزیه واریانس در قالب طرح کاملا تصادفی استفاده شد. میانگین داده‌ها، با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارSPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مقایسه با نمونه شاهد، افزودن تایر بازیافتی تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۵ درصد بر مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته داشته است (جدول ٤).

1- Scanning electron microscopy

2- Charging effect

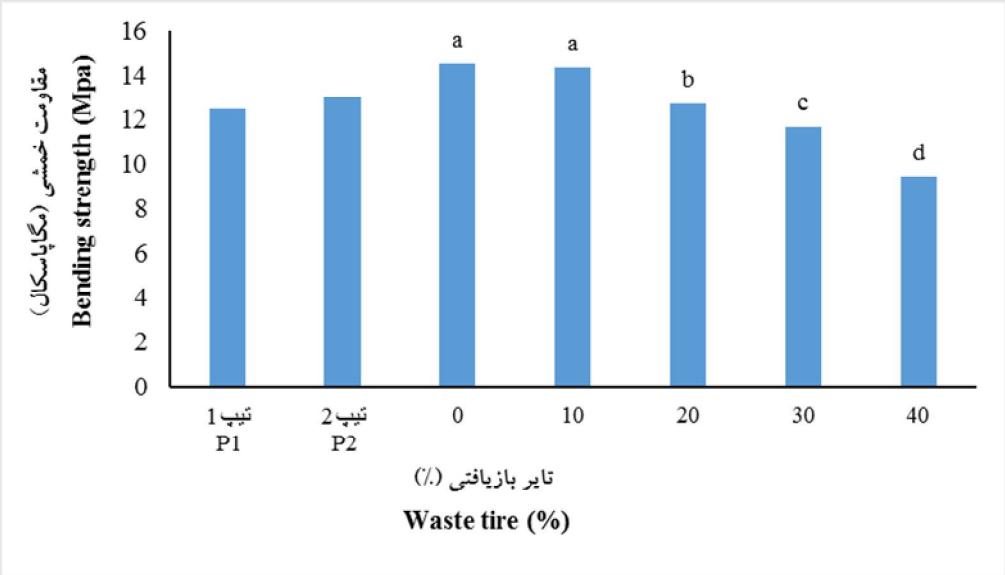
جدول ٤- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تایر بازیافتی بر مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته.

Table 4. Analysis of variance the effect of different levels of waste tire on modulus of elasticity and bending strength.

فاکتورهای اندازه‌گیری Measurement factors	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source of variation	میانگین مربعات Mean square	F	سطح معنی‌داری P
مقاومت خمشی Bending strength	4	تیمار Factor	13.247	379.210	0.004**
	10	خطا Error	0.035		
	14	کل Total			
مدول‌الاستیسیته Modulus of elasticity	4	تیمار Factor	1431657.437	1134.31	0.016*
	10	خطا Error	1262.136		
	14	کل Total			

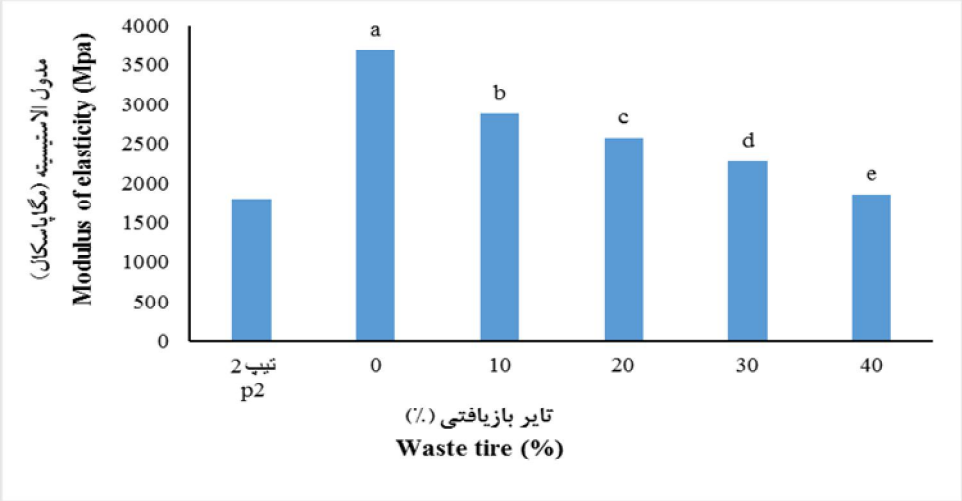
* معنی‌داری در سطح اطمینان ۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح اطمینان ۱ درصد.

همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲، مشاهده می‌شود با افزودن تایر بازیافتی، مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته کاهش پیدا کرده است که می‌تواند احتمالا به‌علت پایین‌تر بودن مقاومت ذاتی تایر و اتصال ضعیف بین تایر و خرده چوب باشد (۸). بر اساس استاندارد EN 312 حداقل مقاومت خمشی برای تخته‌های تیپ ۱، ۱۲/۵ مگاپاسکال و برای تخته‌های تیپ ۲، ۱۳ مگاپاسکال است؛ بنابراین به‌ترتیب تخته‌های دارای تا ۲۰ درصد تایر بازیافتی و تخته‌های دارای تا ۱۰ درصد تایر بازیافتی بالاتر از حد استاندارد هستند. در ضمن تمامی تخته‌ها از نظر مدول‌الاستیسیته بالاتر از حد استاندارد تیپ ۲ (۱۸۰۰ مگاپاسکال) هستند.



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف تایر بازیافتی بر مقاومت خمشی.

Figure 1. The effect of different levels of waste tire on bending strength



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف تایر بازیافتی بر مدول‌الاستیسیته.

Figure 2. The effect of different levels of waste tire on modulus of elasticity.

چسبندگی داخلی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مقایسه با نمونه شاهد، افزودن تایر بازیافتی تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۵ درصد بر چسبندگی داخلی داشته است (جدول ۵).

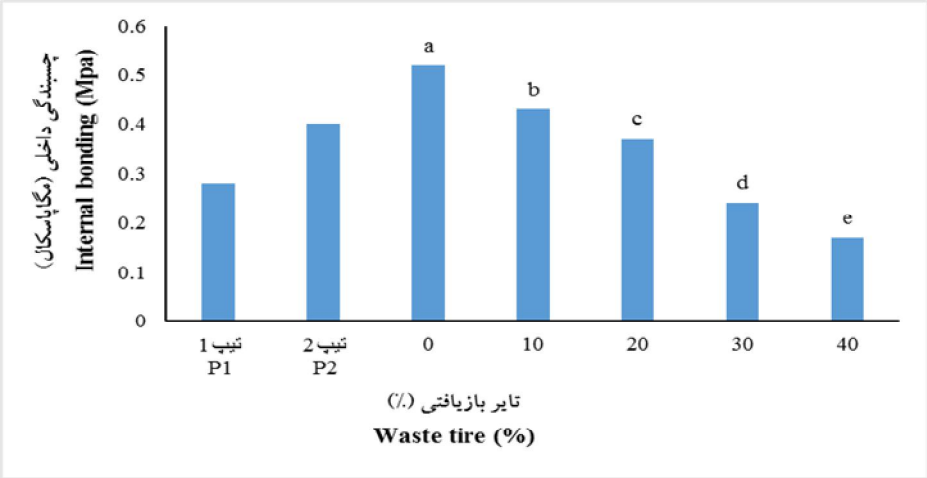
جدول ۵- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تایر بازیافتی بر چسبندگی داخلی.

Table 5. Analysis of variance the effect of different levels of waste tire on internal bonding.

فاکتورهای اندازه‌گیری Measurement factors	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source of variation	میانگین مربعات Mean square	F	سطح معنی‌داری P
چسبندگی داخلی Internal bonding	4	تیمار Factor	0.061	222.988	0.021*
	10	خطا Error	0.00027		
	14	کل Total			

* معنی‌داری در سطح اطمینان ۵ درصد.

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش تایر بازیافتی، چسبندگی داخلی کاهش می‌یابد. زیرا میزان چسبندگی داخلی به اتصالات درون مولکولی و مقاومت ذرات بستگی دارد. بیشترین میزان چسبندگی داخلی مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن مربوط به تخته‌های دارای ٤٠ درصد تایر بازیافتی بود. از آنجایی‌که ضریب کشیدگی ذرات تایر بازیافتی (تقریبا ۱) نسبت به خرده‌چوب (۳۳) کمتر است (۱۰). به همین دلیل در ضریب کشیدگی پایین، مقدار مصرف چسب به ازای واحد سطح ذرات افزایش می‌یابد. به‌دلیل ثابت بودن مقدار مصرف چسب، در واحد سطح ذرات مقدار چسب کمتری قرار می‌گیرد که در نتیجه با افزایش مقدار تایر بازیافتی، چسبندگی داخلی تخته‌ها کاهش پیدا کرده است (۲). بر اساس استاندارد EN 312 حداقل چسبندگی داخلی برای تخته‌های تیپ ۱، ۰/۲۸ مگاپاسکال و برای تخته‌های تیپ ۲، ۰/٤ مگاپاسکال است؛ بنابراین به‌ترتیب تخته‌های دارای تا ۲۰ درصد تایر بازیافتی و تخته‌های دارای ۱۰ درصد تایر بازیافتی بالاتر از حد استاندارد هستند.



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف تایر بازیافتی بر چسبندگی داخلی.

Figure 3. The effect of different levels of waste tire on internal bonding.

جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مقایسه با نمونه شاهد، افزودن تایر بازیافتی تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۵ درصد بر جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه وری در آب داشته است (جدول ٦).

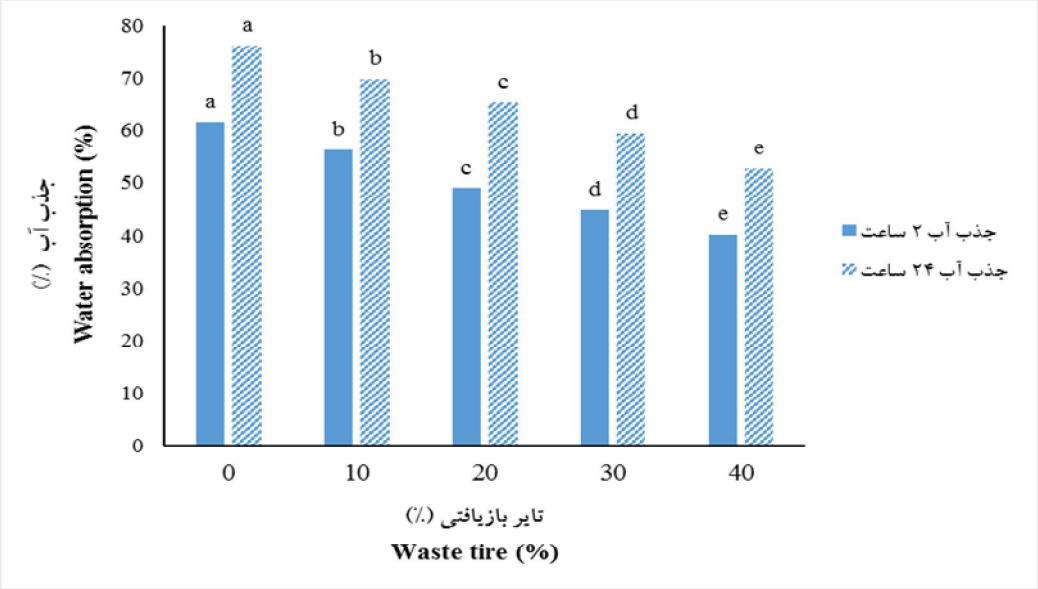
جدول ٦- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تایر بازیافتی بر جذب آب و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب.

Table 6. Analysis of variance the effect of different levels of waste tire on water absorption and thickness swelling after 2h and 24h immersion in water.

فاکتورهای اندازه‌گیری Measurement factors	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source of variation	میانگین مربعات Mean square	F	سطح معنی‌داری P
جذب آب بعد از ۲ ساعت Water absorption after 2h	4	تیمار Factor	223.117	527.130	0.030*
	10	خطا Error	0.423		
	14	کل Total			
جذب آب بعد از ۲٤ ساعت Water absorption after 24h	4	تیمار Factor	248.207	172.729	0.023*
	10	خطا Error	1.437		
	14	کل Total			
واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت Thickness swelling after 2h	4	تیمار Factor	71.080	1198.65	0.011*
	10	خطا Error	0.059		
	14	کل Total			
واکشیدگی ضخامت بعد از ۲٤ ساعت Thickness swelling after 24h	4	تیمار Factor	76.67	345.918	0.003**
	10	خطا Error	0.222		
	14	کل			

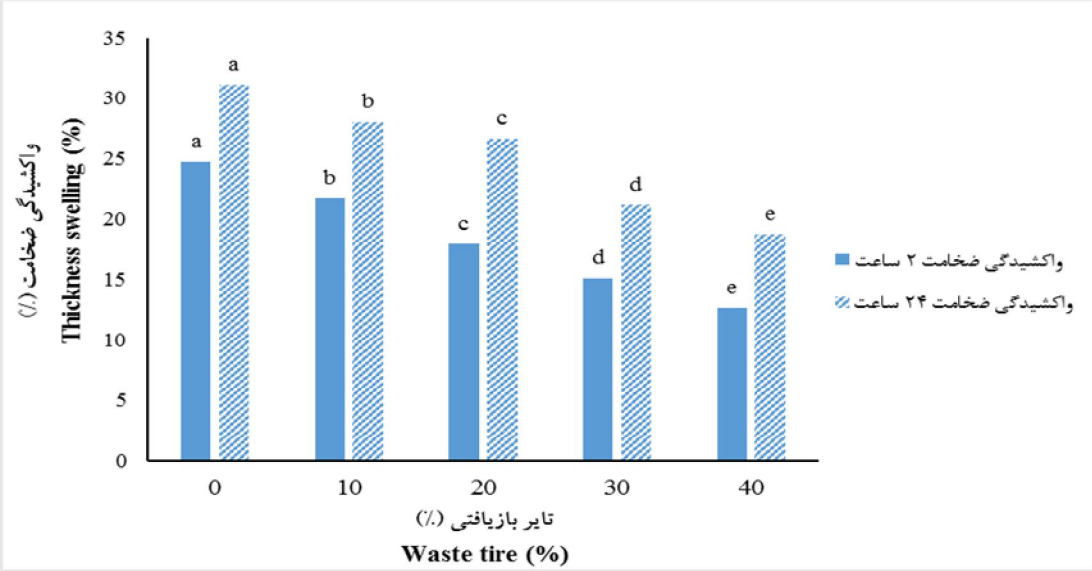
*معنی‌داری در سطح اطمینان ۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح اطمینان ۱ درصد.

همان‌طور که در شکل‌های ٤ و ٥ مشاهده می‌شود با افزایش پودر تایر بازیافتی میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته کاهش یافت. زیرا تایر بازیافتی به‌خاطر خاصیت آب‌گریزی باعث کاهش جذب آب می‌شود و از طرفی تایر، دسترسی مولکول‌های آب را به سلولز محدود می‌کند (۳). زیرا با افزایش تایر بازیافتی از میزان خرده چوب در تخته کاسته شده یعنی مقدار گروه‌های هیدروکسیل آب‌دوست موجود در خرده‌چوب با افزودن تایر بازیافتی کاسته شده که در نتیجه باعث کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت شده است (۱).



شکل ٤- تأثیر سطوح مختلف تایر بازیافتی بر جذب آب بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب.

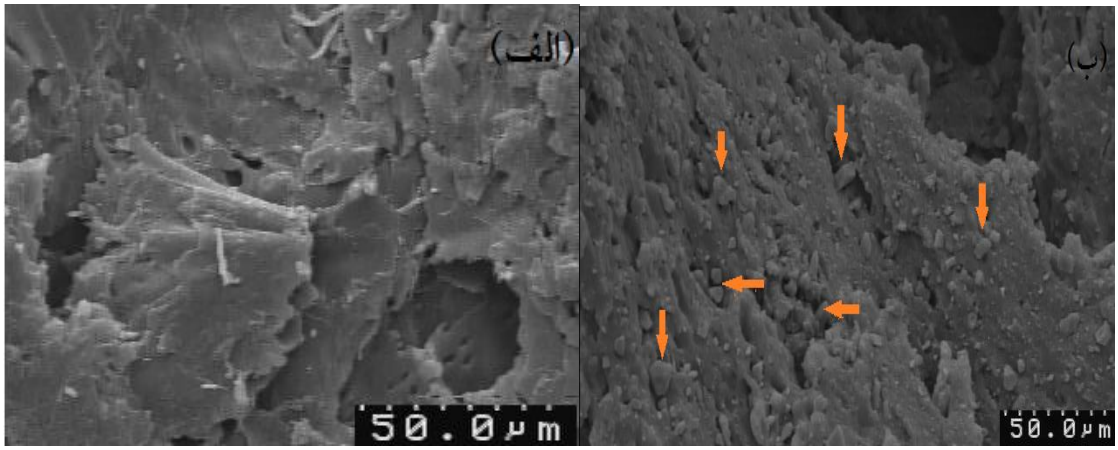
Figure 4. The effect of different levels of waste tire on water absorption after 2h and 24h immersion in water.



شکل ٥- اثر سطوح مختلف تایر بازیافتی بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب.

Figure 5. The effect of different levels of waste tire on thickness swelling after 2h and 24h immersion in water.

میکروسکوپ الکترونی پویشی: نحوه پراکنش ذرات تایر بازیافتی در تخته خرده چوب، در شکل ٦ نشان داده شده است. بر اساس این شکل به‌دلیل بالا بودن نقطه ذوب تایر (۳۰۰ درجه سانتی‌گراد)، تایر در دمای پرس ذوب نشده و هیچ‌گونه اتصالی با خرده چوب برقرار نکرده است که با نتایج حاصل از ویژگی‌های مکانیکی مطابقت دارد.



شکل ٦- تصاویر SEM نمونه شاهد (الف) و نمونه دارای ذرات تایر بازیافتی (ب).

Figure 6. Images of SEM control sample (A) and sample containing waste tire (B).

نتیجه‌گیری

بر پایه نتایج به‌دست آمده با افزایش نسبت میزان اختلاط تایر بازیافتی به خرده چوب، واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته‌ها کاهش یافته است. زیرا تایر بازیافتی دارای خاصیت آب‌گریز بوده و همچنین با افزایش نسبت تایر بازیافتی، از میزان ذرات خرده چوب دارای گروه‌های آب‌دوست کاسته شده و به همین دلیل تایر بازیافتی باعث بهبود پایداری ابعاد تخته شده است که با نتایج یانگ و همکاران (۲۰۰٤) مطابقت دارد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان تایر بازیافتی، مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته کاهش یافت. زیرا تمرکز تنش در اطراف ذرات چوب احتمالا با اضافه کردن پودر تایر بازیافتی افزایش می‌یابد که این عمل باعث ایجاد شکست در تخته می‌شود که با نتایج ژو و لی (۲۰۱۲) قابل انطباق است. مقاومت خمشی تخته خرده چوب تحت تأثیر ضریب کشیدگی ذرات است یعنی تخته‌ای با کیفیت بهتر را می‌توان از ذراتی با ضریب کشیدگی بیشتر به‌دست آورد. از آنجایی‌که ضریب کشیدگی ذرات خرده چوب و تایر بازیافتی به‌ترتیب ۳۳ و ۱ است در نتیجه می‌توان نتیجه‌گیری نمود که مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته به‌طور معنی‌داری با افزایش مقدار ذرات تایر بازیافتی کاهش یافته است. لذا با استفاده از نتایج حاصل از این تحقیق و با توجه به استاندارد EN 312 که مربوط به طبقه‌بندی تخته خرده چوب بر اساس ویژگی‌های مقاومتی است می‌توان نتیجه گرفت که تخته‌های دارای تا ۲۰ درصد تایر بازیافتی می‌توانند برای تخته‌های استاندارد با اهداف نجاری و تخته‌های دارای ۱۰ درصد تایر بازیافتی برای لوازم داخلی (مبلمان) به‌منظور استفاده در شرایط خشک مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

1.Ayrilmis, N., Buyuksari, U., and Avci, E. 2009. Utilization of waste tire rubber in the manufacturing of particleboard. Materials and Manufacturing Processes, 24: 688–692.
2.Doosthoseini, K. 2001. Wood composite materials manufacturing, applications. Tehran University Press, 648p. (In Persian)
3.Febriano, F., and Yoshioka, M. 1999. Composites of wood and trans-1,4-isoperene rubber: mechanical, physical and flow behavior. Journal of Wood Science, 45(1): 38-45.
4.Ghofrani, M., and Rabiei, A. 2008. Study of the physical and mechanical properties of composites boards made of a mixture of poplar chips and recycled tires. Journal of Environmental Sciences, 6(1): 123-129. (In Persian)
5.Kokabi, M. 2015. Plastic engineering. Tarbiat Modares University, 695p. (In Persian)
6.Sadre Momtazi, A., and Zarshin, R. 2011. Use of waste tire rubber particles and ash of rice straw in cement composites. 5th National Congress on Waste Management, 8p. (In Persian)
7.Sharma, V., and Sharon, A. 1993. Optimal oriented of flakes in oriented strand board. Journal of Experimental Mechanics, 33(2): 91-98.
8.Song, X.M. 1995. Wood fiber and recycled tire rubber hybrid composites. Ph.D. Thesis, Michigan Technological University, USA, 120p.
9.Xu, M., and Li, J. 2012. Effect of adding rubber powder to poplar particles on composite properties. Bioresource Technology, 118: 56-60.
10.Yang, H.S., Kim, D.J., Lee, Y.K., Kim, H.J., Jeon, J.Y., and Kang, C.W. 2004. Possibility of using waste tire composites reinforced with rice straw as construction materials. Bioresource Technology, 95: 61–65.
11.Zhao, J., Wang, X., Cheng, J., and Zheng, K. 2008. Optimization of processing variables in wood-rubber composite board manufacturing technology. Bioresource Technology, 99(5): 2384-2391.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 25 (2), 2018
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2018.14320.1722

Study on physical and mechanical properties of particleboard made of wood particles- waste tire powder

M. Abasi[1], *V. Vaziri[2], F. Faraji[2] and H. Aminian[2]
[1]M.Sc. Graduated of Wood Composite Products, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran,
[2]Assistant Prof., of Wood and Paper Science and Technology, Kavous Gonbad University, Gonbad, Iran
Received: 11/29/2017; Accepted: 06/27/2018

Abstract

Background and objective: It is a fact that demand for wood products has been increasing with the increasing in the population of the world that adversely influences the sustainable utilization of forest resources. In recent years, there has been widespread interest in the manufacturing of products from recycled materials. Among the waste materials, waste tires are a major concern, because the amount of waste tires is increasing more and more due to the increasing demand for tires and because of their short lifetime, it is therefore necessary to develop methods for recycling waste tires. Effectively recycling waste tires such as manufacturing wood-rubber-based composites could be one of the solutions. This research, physical and mechanical properties of particleboard made from waste tire powder and wood particles were investigated.

Materials and methods: The variable in this research were the ratio of waste tire powder to wood chips (at five levels; 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60). Industrial wood particles from Sanate Choube Shomal Company were used. Urea formaldehyde resin used at 10 percent level of dry weight of raw material as well as ammonium chloride was used as a catalyst at 2 percent level of the dry weight of adhesive. After the mixing process raw material together, mat at temperature of 170°^{c} for 5 minutes under hot press was placed. Physical and mechanical properties of panels measured according to EN Standard. Also the dispersion of waste tire in particleboard was evaluated by scanning electron microscopy (SEM). Physical and mechanical properties of panels analyzed using variance analysis in 5% probability level.

Results: The results showed, increasing waste tire percent resulted in decreasing the bending strength, modulus of elasticity and internal bonding of the boards. Although melting of the tire might be expected to increase bonding strength with the wood, this did not happen at the temperatures applied in this study, because the waste tire might melt at temperatures higher than 170°c. Based on images of scanning electron microscopy, it is clear that tire has not melted at the press temperature and has been created no connection with wood. Water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in water decreased with increasing of the waste tire content, So that the maximum of WA and TS after 2 and 24 hours of immersion in water were found in control specimens and the minimum value of these factors were found in the boards contain of 40 percent of the waste tire.

Conclusion: Results showed, there was usability of the waste tire up to 20 percent for general purpose boards and up to 10 percent for interior fitments (including furniture) for use in dry conditions.

***Keyword*:** Particleboard, Waste tire powder, Industrial wood chips, Scanning electron microscopy, Physical and mechanical properties

***Corresponding author; vahidvaziri@gmail.com