

تأثیر افزودن پلی اتیلن ترفتالات به استرندهای پالونیا بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته تراشه^۱ جهت‌دار

هادی ابراهیمی^۱، فرشید فرجی^۲، وحید وزیری^{۳*}، هدایت‌الله امینیان^۲، لعیا جمالی راد^۲

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد فرآورده‌های چندسازه چوبی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

۲. استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

۳. دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۶

چکیده

در این تحقیق اثر افزودن ضایعات پلی اتیلن ترفتالات بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته تراشه جهت‌دار ساخته شده از استرندهای پالونیا بررسی شد. فاکتورهای ثابت این تحقیق عبارت‌اند از استرندهای گونه پالونیا (*Paulownia fortunei*) به ابعاد ۱۲۰×۲۰×۸ میلی‌متر، رزین فنل فرمالدهید رزول محلول در الکل (در استرندها ۸ درصد وزن خشک استرند و در ذرات پلی اتیلن ترفتالات ۱۰ درصد وزن خشک) و دانسیته ۰/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. تخته تراشه از نوع سه‌لایه (لایه رویی ۲۵ درصد، لایه زیرین ۲۵ درصد و لایه میانی ۵۰ درصد وزنی) بود. فاکتورهای متغیر عبارت‌اند از درصد اختلاط پلی اتیلن ترفتالات با تراشه‌های پالونیا در چهار سطح ۱۰۰:۰، ۹۰:۱۰، ۸۰:۲۰، ۷۰:۳۰ و پراکنش ذرات آن در سه لایه به صورت پراکنده در لایه‌های سطحی، پراکنده در لایه میانی و پراکنده در هر سه لایه. نتایج نشان داد که افزایش پلی اتیلن ترفتالات در تخته تراشه سبب بهبود واکنش‌پذیری ضخامت تخته‌ها شد، به طوری که با کاربرد ۳۰ درصد پلی اتیلن ترفتالات، واکنش‌پذیری ضخامت ۲۴ ساعت تخته‌ها ۵۰/۶۳ درصد بهبود یافت. در خواص مکانیکی افزایش پلی اتیلن ترفتالات در تخته تراشه سبب کاهش مقاومت‌های مکانیکی شد. کمترین مقاومت مکانیکی در حداکثر کاربرد پلی اتیلن ترفتالات، ۳۰ درصد حاصل شد. به طوری که در مقایسه با نمونه شاهد، مقاومت خمشی ۵۰/۴۵ درصد، مدول الاستیسیته ۳۹/۵۴ درصد و چسبندگی داخلی ۷۳/۶۸ درصد کاهش یافت. با توجه به نتایج می‌توان گفت تخته تراشه‌های پالونیا- پلی اتیلن ترفتالات ساخته شده در این تحقیق موفق به تأمین الزامات مورد نظر در استاندارد EN-300 شدند.

واژه‌های کلیدی: استرند، پالونیا، پلی اتیلن ترفتالات، تخته تراشه جهت‌دار، رزین فنل فرمالدهید.

مقدمه

که توجه تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را به این فرآورده معطوف کرده و رشد چشمگیر آن را توجیه می‌کند [۱]. در دهه ۱۹۹۰ در آمریکا میلیون‌ها هکتار از اراضی جنگلی دارای منابع چوبی قطور که صنایع تخته‌لایه قبلاً از آنها بهره‌برداری می‌کردند، به دلیل حراست از جنگل‌ها بدون بهره‌برداری باقی ماندند و از آنجا که هزینه تولید OSB تا حد چشمگیری کمتر از تخته‌لایه ساختمانی

تولید پنل‌های OSB^۱ در سال‌های اخیر افزایش چشمگیری یافته است. قابلیت تولید این صفحات با استفاده از چوب‌های تندرشد کم‌قطر و گونه‌هایی با ارزش تجاری کمتر در عین عملکرد مناسب پنل از مهم‌ترین عواملی بود

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۱۷۳۳۲۶۶۷۰

Email: vahidvaziri@gmail.com

1. Oriented strand board

چوب-پلاستیک از خاکاره و PET ضایعاتی پرداخت. براساس نتایج، بهترین خواص فیزیکی و مکانیکی در نمونه‌های لایه‌ای با ضخامت ۵ میلی‌متر و ترکیب ۱۰ درصد پلی‌اتیلن در لایه میانی، ۲۰ درصد PET ضایعاتی در لایه سطحی و ۷۰ درصد خاکاره در دمای پرس ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۸۰ ثانیه مشاهده شد [۴].

آیریلیمیس و همکاران (۲۰۰۹) به تولید پنل OSB با استفاده از استرندهای صنوبر و پودر تایر ضایعاتی اقدام کردند. عامل اندازه ذرات پودر تایر ضایعاتی ثابت در نظر گرفته شد (با اندازه مش ۳۰). درصد اختلاط ۹۰/۱۰، ۸۰/۲۰ و ۷۰/۳۰ (به ترتیب ضایعات پودر تایر و استرندهای صنوبر) بود و در هر سه لایه از درصدهای مشابهی (پخش یکنواخت) استفاده شد. بررسی نتایج نشان داد که مقاومت به چسبندگی داخلی ۵۰-۱۶ درصد کاهش پیدا کرد، ولی جذب آب تا حد چشمگیری کاهش یافت. ذرات پودر تایر ضایعاتی تأثیر منفی بر مدول خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی داشت، چنانکه سبب حدود ۹ تا ۲۶ درصد کاهش مقاومت نسبت به نمونه شاهد شد [۵].

یورور (۲۰۱۶) تخته تراشه جهت‌داری را با استفاده از پلی‌اتیلن بازیافتی و چسب فنل فرمالدهید در شش سطح متفاوت درصد اختلاط استرند و پلی‌اتیلن بازیافتی ۱۰۰:۰ و ۹۰:۱۰ و ۸۰:۲۰ و ۷۰:۳۰ و ۶۰:۴۰ و ۵۰:۵۰ تولید کرد. نتایج نشان داد که واکنشیدگی ضخامت، رطوبت، ثبات ابعادی و جذب آب صرف‌نظر از مقاومت به پیچ به‌طور چشمگیری بهبود یافت. اگرچه مدول خمشی و مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی کاهش یافت. با افزایش مقدار پلی‌اتیلن بازیافتی به تخته‌ها در مقایسه با نمونه شاهد، همچنان حداقل الزامات استاندارد EN-۳۰۰ در تخته‌ها رعایت شد [۶].

طباطبایی و همکاران (۲۰۱۷) خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب سه لایه ساخته‌شده با پودر

بود، کارخانه‌های OSB با استفاده از منابع تندرشد غیرجنگلی رو به گسترش نهاد [۲]. پنل OSB علاوه‌بر چوب‌های گرد کم‌قطر، از ضایعات گونه‌های چوبی سبک و معیوب، سرشاخه‌های حاصل از هرس درختان و ضایعات کارخانه‌های چوب‌بری قابلیت تولید دارد. این محصول در ایران قدمتی ندارد. اما محققان زیادی در تلاش‌اند که این تخته را به تولید صنعتی و انبوه برسانند تا از هدر رفتن چوب جلوگیری کنند و به استفاده بیشتر و بهتر از چوب دست یابند [۳].

امروزه کاربرد مواد پلاستیکی در صنایع، چنان گسترده شده است که این مواد در حدود ۱۴ درصد وزنی ضایعات جامد را تشکیل می‌دهند. این ضایعات، به دلیل تجزیه‌ناپذیر بودن، مشکلات زیادی را در محیط زیست ایجاد می‌کنند. بنابراین بازیافت آنها هم از نظر زیست‌محیطی و هم از نظر اقتصادی حائز اهمیت است. PET^۱ به دلیل نفوذناپذیری و مقاومت شیمیایی زیاد، در تهیه بطری‌های آب کاربرد بسیار دارد. مصرف روزافزون بطری‌های پلاستیکی، اهمیت بازیافت این مواد را بیشتر کرده است [۴].

PET نوعی پلیمر ترموپلاستیک از خانواده پلی‌استرها است که به روش پلیمریزاسیون مرحله‌ای از واکنش بین اسید ترفتالیک خالص و مونو اتیلن گلیکول تولید می‌گردد. این پلیمر در دمای حدود ۲۵۵ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود و دانسیته آن ۱/۳۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. در ایران این پلیمر بیشتر برای ساخت انواع بطری‌های آشامیدنی استفاده می‌شود. حجم زیاد این بطری‌ها نسبت به وزن که فضای زیادی را در هنگام حمل‌ونقل و دفن به خود اختصاص می‌دهد و تجزیه بسیار طولانی‌مدت آن در طبیعت (حدود ۳۰۰ سال)، سبب شده تا مسئله بازیافت این بطری‌ها، به‌خصوص در سال‌های اخیر توجه همگان را به خود جلب کند [۴].

غفرانی (۲۰۰۹) به بررسی امکان ساخت چندسازه

با توجه به داشتن منابع محدود جنگلی و قابلیت زیاد زراعت چوب‌های تندرشد در مناطق شمالی و غربی کشور ایران و با در نظر گرفتن قیمت زیاد چوب، تمرکز این پژوهش بر استفاده از گونه تندرشد پالونیا و استفاده از ضایعات پلی اتیلن ترفتالات برای ساخت تخته تراشه است. این تحقیق با هدف تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی تخته تراشه حاوی PET در مقادیر متفاوت و استقرار یافته در لایه‌های متفاوت آن انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش دو اصله درخت پالونیا (*Paulownia fortunei*) با قطر برابر سینه حدود ۴۰ سانتی متر و متوسط دانسیته ۰/۲۸ - ۰/۲۵ گرم بر سانتی متر مکعب با رعایت نبود هر گونه عیب از قبیل خمیدگی، شکاف، پوسیدگی از جنگل شصت کلاته استان گلستان به صورت تصادفی انتخاب و قطع شدند. پس از قطع، هر درخت به گرده‌بینه‌هایی به طول ۱۳۰ سانتی متر تبدیل و بلافاصله برای روکش‌گیری به یک کارگاه لوله‌بری در شهر گنبدکاووس منتقل شد (شکل ۱). روکش‌های تهیه شده به آزمایشگاه صنایع چوب دانشگاه گنبدکاووس انتقال یافتند و به ابعاد طول (در جهت لیاف) ۱۲۰ × عرض ۲۰ × ضخامت ۰/۸ میلی‌متر به تراشه تبدیل شدند. تراشه‌ها پس از اندازه‌بری در هوای آزاد قرار داده شدند تا به ۱۲ درصد رطوبت رسیدند و سپس توسط آن تا حدود ۵ درصد خشک شده و سپس به منظور جلوگیری از تبادل رطوبت با محیط در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شدند. ذرات پلی اتیلن ترفتالات تهیه شده از کارخانه مدیریت پسماند شهر مشهد به آزمایشگاه صنایع چوب گنبدکاووس منتقل شدند و پس از عبور از طبقات الک مطبق، ذراتی که از مش ۱۰ عبور کردند و روی مش ۱۸ باقی ماندند، برای کاربرد در تولید تخته تراشه پالونیا- پلی اتیلن ترفتالات استفاده شدند. درصد اختلاط پلی اتیلن ترفتالات با تراشه‌های پالونیا در چهار سطح (۱۰۰:۰، ۹۰:۱۰، ۸۰:۲۰ و ۷۰:۳۰) و با سه

پلی اتیلن بازیافتی و ذرات خرده‌چوب را بررسی کردند. برای این منظور از پودر پلی اتیلن بازیافتی در سطوح مختلف (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) و چسب اوره‌فرمالدهید در دو سطح ۵ و ۱۰ درصد استفاده شد. به دلیل عملکرد خوب پودر پلی پروپیلن در بهبود مقاومت‌ها، مقدار چسب اوره‌فرمالدهید در ساخت تخته خرده‌چوب را می‌توان کاهش داد. از این رو با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان تیمار ۴۰ درصد پلی اتیلن و ۵ درصد رزین را پیشنهاد کرد [۷].

مسگرهای کاشانی و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی به بررسی بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده ساخته شده از بامبو- خرده‌چوب صنعتی با استفاده از پودر پلی پروپیلن پرداختند. در این تحقیق سعی شد مقداری از خرده‌چوب صنعتی مورد استفاده در ساخت اوراق فشرده چوبی با خرده‌ریزهای بامبو (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) جایگزین شود. از طرفی به منظور کاهش اثرهای منفی ناشی از افزودن بامبو از پودر پلی پروپیلن نیز در دو سطح ۵ و ۱۰ درصد استفاده شد. براساس یافته‌های این تحقیق، قابلیت استفاده از خرده‌ریزهای بامبو تا سطح ۲۰ درصد و پلی پروپیلن تا سطح ۱۰ درصد برای ساخت تخته خرده‌چوب‌های نجاری به‌منظور استفاده در شرایط خشک وجود دارد [۸].

صادقی و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب ساخته شده از کلش برنج- خرده‌چوب صنعتی با پودر پلی پروپیلن را بررسی کردند. با افزایش درصد پلی پروپیلن، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌ها افزایش یافت. همچنین جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نمونه‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب بهبود یافت. نتایج نشان داد که قابلیت به‌کارگیری کلش برنج در سطح ۳۰ درصد و پلی پروپیلن در سطح ۱۰ درصد برای تخته‌های با اهداف عمومی (نجاری) به‌منظور استفاده در شرایط خشک وجود دارد [۹].

تخته‌ها ۰/۵ گرم بر سانتی متر مکعب و ضخامت ۱۵ میلی متر بود. تخته‌های تولیدی پس از خروج از پرس گرم بلافاصله در بین تخته‌های دیگر قرار داده شدند تا پلیمریزاسیون رزین آنها کامل شود و پس از تنش زدایی به تدریج به دمای محیط برسند. برای رسیدن به رطوبت تعادل، تخته‌های آزمون به مدت ۱۵ روز در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند. سپس تخته‌ها کناره‌بری شده و مطابق استاندارد نمونه‌های لازم برای آزمایش‌های مورد نظر بریده شدند (شکل ۲). در این تحقیق، در مجموع ۳۰ تخته با ابعاد آزمایشگاهی (۴۰۰×۴۰۰×۱۵) میلی متر ساخته شد. جدول ۱ مشخصات این تخته‌ها را نشان می‌دهد. برای تعیین واکنش‌پذیری ضخامت از استاندارد EN-۳۱۷، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته خمشی از استاندارد EN-۳۱۰ و چسبندگی داخلی از استاندارد EN-۳۱۹-EN استفاده شد. نتایج این تحقیق با استاندارد EN-۳۰۰ (برای تخته‌های تیپ ۳ مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی و واکنش‌پذیری ضخامت بعد از ۲۴ ساعت به ترتیب ۲۰ مگاپاسکال، ۳۵۰۰ مگاپاسکال، ۰/۳۲ مگاپاسکال و ۱۵ درصد، و برای تخته‌های تیپ ۴ مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی و واکنش‌پذیری ضخامت بعد از ۲۴ ساعت به ترتیب ۲۸ مگاپاسکال، ۴۸۰۰ مگاپاسکال، ۰/۴۵ مگاپاسکال و ۱۲ درصد) مقایسه شد.

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، مواد جامد ۶۲ درصد و ویسکوزیته ۳۲۰ سانتی پواز) به عنوان ماده اتصال‌دهنده به صورت مایع از کارخانه عایق الکتریک تهیه شد. در این تحقیق، عملیات چسب‌زنی تراشه‌های چوبی و PET هر کدام به صورت جداگانه انجام گرفت؛ بدین ترتیب که ۸ درصد رزین برای تراشه‌های چوبی و ۱۰ درصد رزین برای PET در نظر گرفته شد. هر یک از این مواد (به صورت جداگانه) در یک چسب زن آزمایشگاهی توسط افشانه دستی به رزین آغشته شدند. سپس تراشه‌ها به صورت دستی در یک قالب با ابعاد ۴۰۰×۴۰۰ میلی متر در سه لایه به صورت ۲۵ درصد لایه تحتانی، ۵۰ درصد لایه میانی، ۲۵ درصد لایه فوقانی به صورت عمود بر هم (لایه میانی عمود بر لایه‌های سطحی) استقرار یافتند. PET به صورت دستی به سه صورت پراکنش یکنواخت، متمرکز در لایه میانی و در نهایت متمرکز در لایه‌های سطحی در داخل کیک استقرار یافت. با افزایش PET، به همان نسبت از وزن تراشه کاسته شد. کیک‌ها در پرس گرم آزمایشگاهی در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه تحت فشار ۳۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع ساخته شدند. دانسیته نهایی



شکل ۱. مراحل لوله‌بری گرده‌بینة پالونیا



شکل ۲. نمونه‌های آزمایشی خواص فیزیکی و مکانیکی

جدول ۱. تیمارها و شرایط ساخت تخته تراشه جهت دار

نحوه پراکنش ذرات PET	PET (درصد)	کد تیمار
S	۱۰	S10
C	۱۰	C10
U	۱۰	U10
S	۲۰	S20
C	۲۰	C20
U	۲۰	U20
S	۳۰	S30
C	۳۰	C30
U	۳۰	U30
بدون پلی اتیلن	۰	CS

S: لایه سطحی، C: لایه میانی، U: پراکنش یکنواخت، CS: شاهد

نزولی می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کمترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها در حضور ۳۰ درصد و بیشترین مقدار در نمونه شاهد بود. از آنجا که ذرات پلی اتیلن ترفتالات اثر پرکننده در تخته‌ها دارد، با افزودن ذرات PET اتصال بین ذرات استرندها-PET صورت نگرفت و در نتیجه شکل‌گیری ضعیف‌تر در تخته تراشه، مقاومت‌ها کاهش پیدا کرد [۶].

شکل ۴ روند تغییرات مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها را براساس آرایش استقرار PET نشان می‌دهد. بیشترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در تخته‌تراشه‌های حاوی ذرات PET پراکنده در لایه‌های سطحی و سپس در حالت ذرات پراکنده در هر سه لایه و در نهایت کمترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در حالت ذرات پراکنده در لایه میانی به دست آمد. از آنجا که ذرات PET در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد ذوب

تجزیه و تحلیل آماری: برای تجزیه و تحلیل نتایج از آزمون تجزیه واریانس در قالب طرح فاکتوریل استفاده شد. میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته

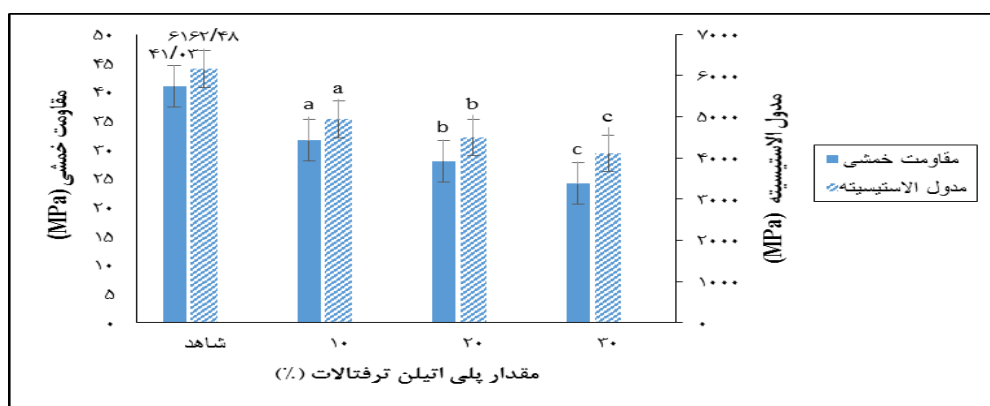
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها داشته است. شکل ۳ روند تغییرات مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها را با توجه به درصد اختلاط PET نشان می‌دهد. با حضور و همچنین افزایش جایگزینی PET با استرندها، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته دچار روند

هر سه لایه در گروه مصرف ۴ (OSB/4) و تخته‌های دارای ۲۰ درصد PET به صورت پراکنش در لایه میانی و ۳۰ درصد PET در هر سه سطح پراکنش در گروه مصرف ۳ (OSB/3) قرار گرفتند.

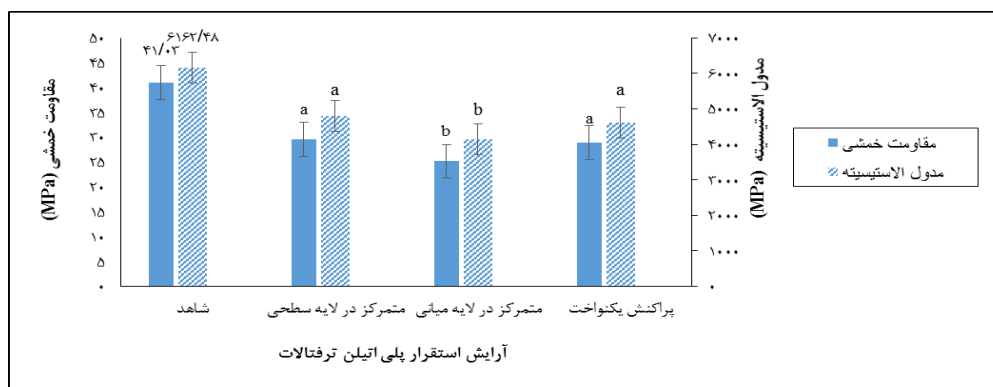
شکل ۶ روند تغییرات مدول الاستیسیته تخته‌ها در اثر متقابل مقدار مصرف PET و آرایش استقرار PET را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین مدول الاستیسیته مربوط به نمونه شاهد و کمترین مقاومت نیز مربوط به تیمار ۳۰ درصد ذرات PET متمرکز در لایه میانی حاصل آمد. مطابق استاندارد EN-۳۰۰ (مدول الاستیسیته استاندارد برای تخته‌های تیپ ۲ و ۳، ۳۵۰۰ مگاپاسکال و برای تخته‌های تیپ ۴، ۴۸۰۰ مگاپاسکال)، تخته‌های دارای ۱۰ درصد PET به صورت پراکنش در لایه‌های سطحی و پراکنش در هر سه لایه در گروه مصرف ۴ (OSB/4) و تیمارهای دیگر در گروه مصرف ۳ (OSB/3) قرار گرفتند.

نمی‌شوند و در تخته‌ها اثر پرکننده دارند و همچنین به دلیل اینکه در لایه میانی انتقال حرارت کندتر است، تأثیر رزین برای چسبندگی در لایه مغزی کمتر شد و به همین دلیل حضور PET در لایه میانی سبب کاهش بیشتری در مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها شد.

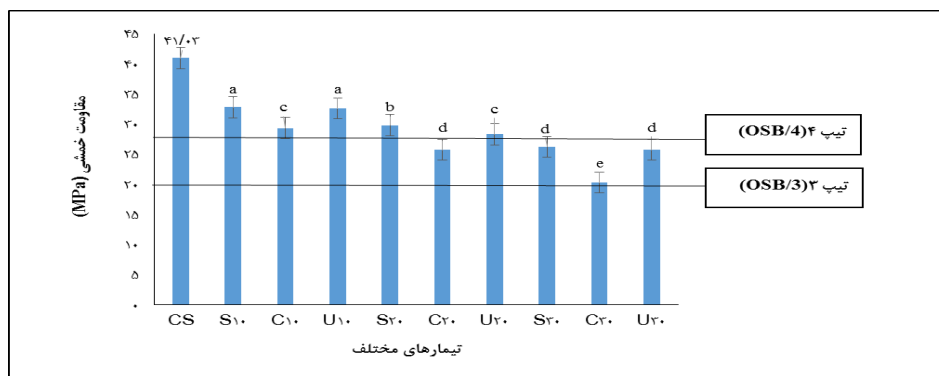
شکل ۵ روند تغییرات مقاومت خمشی در اثر متقابل مقدار مصرف PET و آرایش استقرار PET را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین مقاومت خمشی مربوط به نمونه شاهد و کمترین مقاومت نیز مربوط به تیمار ۳۰ درصد ذرات PET پراکنده در مغز است. مطابق استاندارد EN-۳۰۰ (مقاومت خمشی استاندارد برای تخته‌های تیپ ۲ و ۳، ۲۰ مگاپاسکال و برای تخته‌های تیپ ۴، ۲۸ مگاپاسکال) تخته‌های دارای ۱۰ درصد PET در هر سه سطح پراکنش و ۲۰ درصد PET به صورت پراکنش در لایه‌های سطحی و پراکنش در



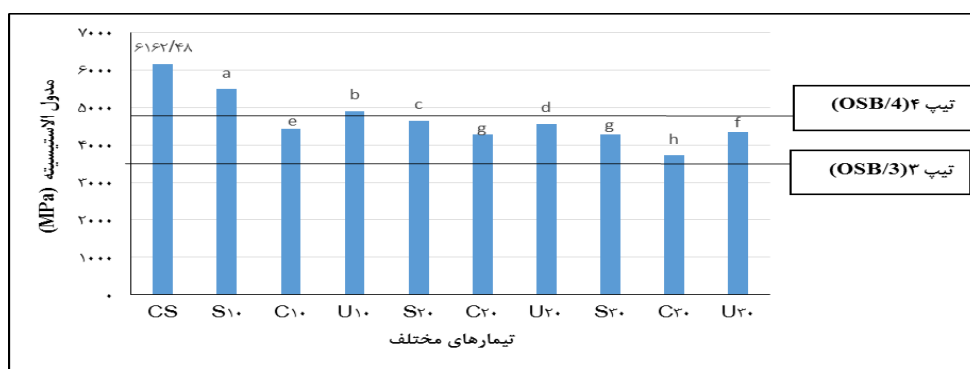
شکل ۳. اثر مستقل مقدار پلی اتیلن ترفتالات بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها



شکل ۴. اثر مستقل آرایش پلی اتیلن ترفتالات بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها



شکل ۵. اثر متقابل مقدار پلی اتیلن ترفتالات و آرایش استقرار آن بر مقاومت خمشی تخته‌ها



شکل ۶. اثر متقابل مقدار پلی اتیلن ترفتالات و آرایش استقرار آن بر مدول الاستیسیته تخته‌ها

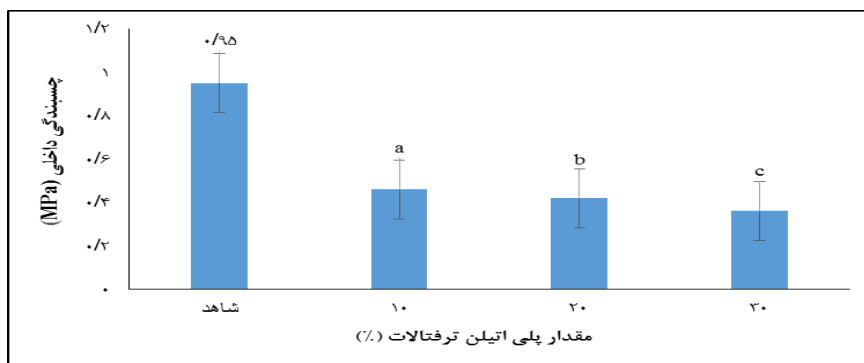
در لایه‌های سطحی انتقال حرارت سریع‌تر صورت می‌گیرد که سبب چسبندگی بیشتر ذرات به یکدیگر و در نتیجه، افزایش چسبندگی داخلی تخته در حالت پراکنش ذرات PET در لایه‌های سطحی شده است.

در شکل ۹ روند تغییرات چسبندگی داخلی تخته‌ها در اثر متقابل مقدار مصرف PET و آرایش استقرار PET نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین چسبندگی داخلی مربوط به نمونه شاهد و کمترین چسبندگی داخلی نیز مربوط به تیمار ۳۰ درصد ذرات PET متمرکز در لایه میانی است. مطابق استاندارد ۳۰۰-EN (چسبندگی داخلی استاندارد برای تخته‌های تیپ ۲ و ۳، ۰/۳۲، ۰/۴۵، ۰/۴۵ مگاپاسکال)، تخته‌های دارای ۱۰ درصد PET در هر سه شکل آرایش ذرات تأمین‌کننده حداقل مقاومت برای گروه مصرف ۴ (OSB/4) و تیمارهای دیگر در گروه مصرف ۳ (OSB/3) قرار گرفتند.

چسبندگی داخلی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر، تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر چسبندگی داخلی تخته‌ها داشت. همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، در بین سه سطح مصرف پلی اتیلن ترفتالات به کار گرفته شده، سطح مصرف ۳۰ درصد، بیشترین کاهش چسبندگی داخلی تخته تراشه‌های ساخته شده را موجب شد. در واقع با افزایش درصد اختلاط پلی اتیلن ترفتالات، چسبندگی داخلی تخته‌ها کاهش یافت که دلیل آن، ذوب نشدن پلی اتیلن ترفتالات در پرس گرم (دمای ذوب ۲۵۵ درجه سانتی‌گراد) و شکل نگرفتن چسبندگی خوب بین ذرات PET و استرندها است [۴].

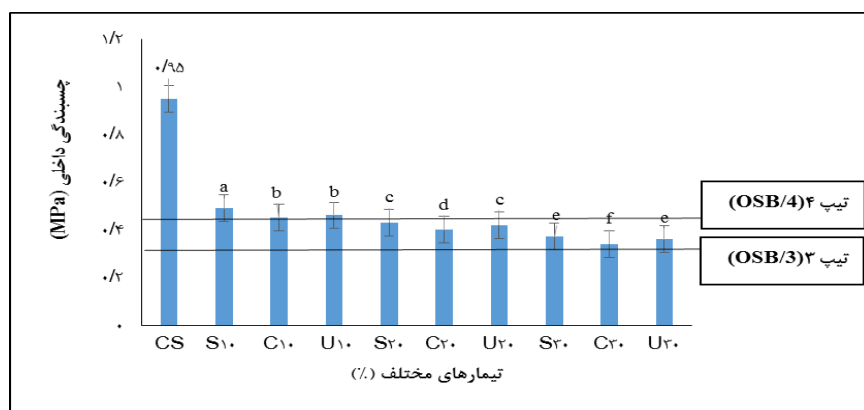
شکل ۸ روند تغییرات چسبندگی داخلی تخته‌ها را براساس آرایش استقرار PET نشان می‌دهد. بیشترین چسبندگی داخلی در بین تیمارها بعد از نمونه شاهد در حالت پراکنش ذرات PET در لایه‌های سطحی بود. زیرا



شکل ۷. اثر مستقل مقدار پلی اتیلن ترفتالات بر چسبندگی داخلی تخته‌ها



شکل ۸. اثر مستقل آرایش استقرار پلی اتیلن ترفتالات بر چسبندگی داخلی تخته‌ها



شکل ۹. اثر متقابل مقدار پلی اتیلن ترفتالات و آرایش استقرار آن بر چسبندگی داخلی تخته‌ها

مقاومت تخته تراشه‌ها در برابر واكشیدگی ضخامت بهبود می‌یابد. در واقع کمترین واكشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در تخته‌های در سطح مصرف ۳۰ درصد و بیشترین آن در نمونه شاهد مشاهده شد. دستیابی به این نتیجه را می‌توان بر مبنای جایگزینی ذرات کاملاً ضد آب PET با بخش‌های استرندهای به شدت

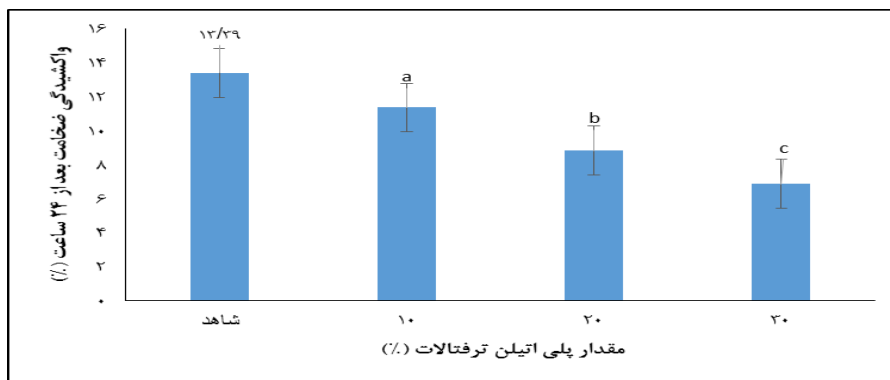
واكشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۵ درصد بر واكشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب داشته است. همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار مصرف پلی اتیلن ترفتالات

واکسیدگی ضخامت تخته‌ها مربوط به نمونه شاهد و کمترین واکسیدگی ضخامت نیز مربوط به تیمار ۳۰ درصد ذرات PET پراکنده در لایه سطحی است. براساس استاندارد EN-۳۰۰ (واکسیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب استاندارد برای تخته‌های تیپ ۳، ۱۵ درصد و برای تخته‌های تیپ ۴، ۱۲ درصد)، هیچ کدام از تیمارهای دارای ذرات PET از حداکثر مجاز برای قرار گرفتن در گروه مصرف ۴ (OSB/4) تجاوز نکرده‌اند. نمونه‌های شاهد از نظر واکسیدگی ضخامت برای استفاده در گروه مصرف ۴ کارایی ندارند، اما قابلیت کاربرد در گروه مصرف ۳ (OSB/3) را دارند.

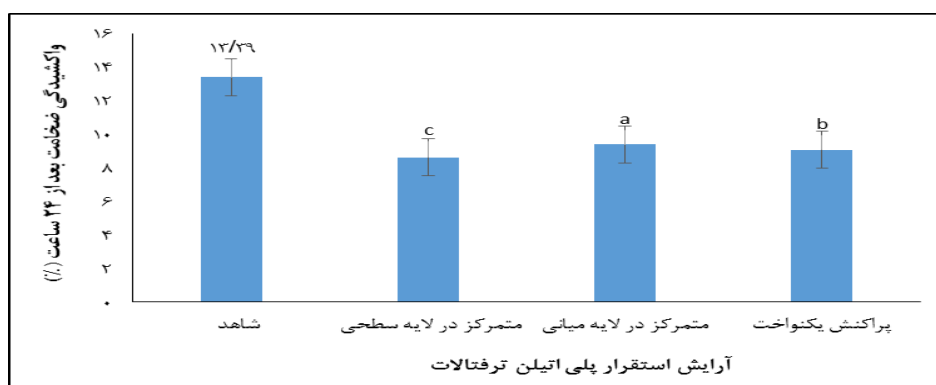
نم‌پذیر پالونیا بیان کرد که تنها مقدار حضور آنها سبب کاهش در جذب آب شده است [۵، ۶].

همان‌طور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، تغییرات آرایش استقرار پلی اتیلن ترفتالات سبب تغییر معنی‌داری در عملکرد واکسیدگی ضخامت تخته‌ها شده است. به‌طوری که کمترین واکسیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲۴ ساعت در حالت پراکنش ذرات PET در لایه‌های سطحی بود که ناشی از پوشش لایه‌های سطحی تخته تراشه با ذرات غیرقطبی PET است.

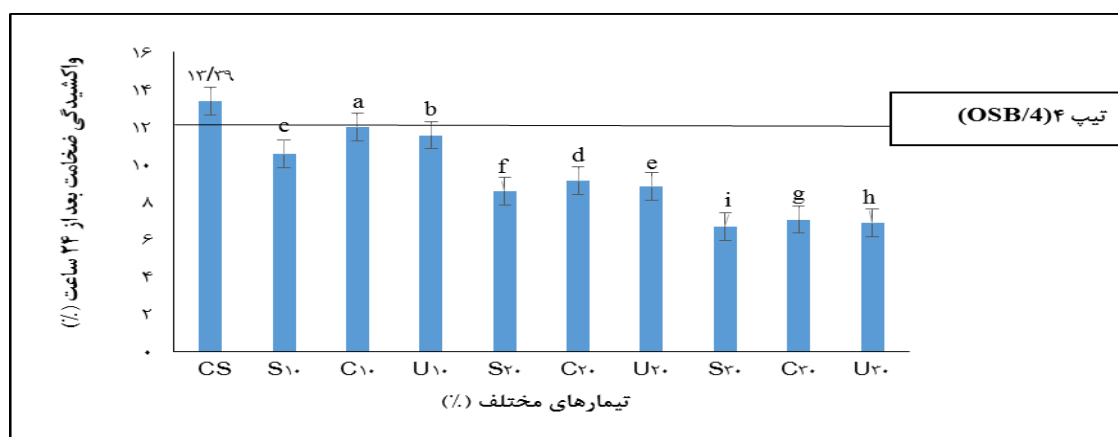
شکل ۱۲ روند تغییرات واکسیدگی ضخامت تخته‌ها در اثر متقابل مقدار مصرف PET و آرایش استقرار PET را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین



شکل ۱۰. اثر مستقل مقدار پلی اتیلن ترفتالات بر واکسیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲۴ ساعت



شکل ۱۱. اثر مستقل آرایش استقرار پلی اتیلن ترفتالات بر واکسیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲۴ ساعت



شکل ۱۲. اثر متقابل مقدار پلی اتیلن ترفتالات و آرایش استقرار آن بر واكشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲۴ ساعت

نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن جمیع خواص فیزیکی و مکانیکی و حدود تعیین شده در EN-۳۰۰ تیمار بهینه در تخته‌تراشه جهت دار پالونیا-پلی اتیلن ترفتالات، تیمارهای ۱۰ درصد پلی اتیلن ترفتالات استقرار یافته در لایه‌های سطحی و پراکنش یکنواخت قادر به تأمین الزامات مورد نظر استاندارد برای کاربرد در نوع باربر ویژه در محیط مرطوب (OSB/4) هستند.

همچنین براساس استاندارد EN-۳۰۰ حداقل مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی و واكشیدگی ضخامت برای تولید تخته‌های OSB تیپ ۲، ۲۰، ۳۵۰۰، ۰/۳۲ مگاپاسکال و ۲۰ درصد است که با توجه به یافته‌های این تحقیق، استرند پالونیا و پلی اتیلن ترفتالات تا ۳۰ درصد پلی اتیلن توزیع یافته در هر سه نوع پراکنش قادر به تأمین الزامات تعیین شده حتی بیشتر از حد استاندارد هستند و می‌توان از آنها به‌منظور مشارکت در بازیافت و حفاظت از محیط زیست و نیز کمک به کاهش هزینه‌های تولید تخته‌تراشه جهت دار به‌عنوان ماده اولیه مناسب و ارزان قیمت استفاده کرد.

نتایج نشان داد که با افزایش مقدار PET، ویژگی‌های مکانیکی تخته‌تراشه‌ها روند کاهشی داشت. مشاهده چنین نتایجی متأثر از تشکیل اتصالات ضعیف بین PET - استرند است، اما نحوه آرایش ذرات PET در لایه‌های سه‌گانه نتایج متفاوتی نشان داد. نتیجه مشترک در همه 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 که در تحلیل نتایج می‌توان به انتقال کندتر حرارت به لایه میانی و اتصالات ضعیف‌تر حاصل در لایه میانی اشاره کرد.

با افزایش ذرات PET، پایداری ابعاد تخته‌های تولیدی افزایش و در نتیجه جذب آب و واكشیدگی ضخامت آنها کاهش یافت. زیرا پلی اتیلن ترفتالات ماده‌ای آب‌گریز و چوب ماده‌ای آب‌دوست است. بنابراین طبیعی است که کاهش ماده آب‌دوست چوب و افزایش ماده آب‌گریز در ساخت پنل، سبب کاهش جذب آب و واكشیدگی ضخامت پنل خواهد شد.

References

- [1]. Iwakiri, S. (2005). *Reconstituted Wood Panels*. FUPEF, Curitiba, 245p.
- [2]. Williamson, T. G. (2002). *APA Engineered Wood Handbook*. Mc GRAW-HILL. 750p.

- [3]. Khazaiean, A., Massomi, Z., and Tabarsa, T. (2010). Investigation on surface quality of MDF edge in peripheral milling process. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 17(1):49-63.
- [4]. Ghofrani, M. (2009). Study on the possibility of WPC production with sawdust and polyethylene terephthalate residues. *Environmental Sciences*, 6(2): 133-151.
- [5]. Ayrilmis, N., Buyuksari, U., and Avci, E. (2009). Utilization of waste tire rubber in manufacture of oriented strandboard. *Waste Management*, 29: 2553–2557.
- [6]. Yorur, H. (2016). Utilization of waste polyethylene and its effects on physical and mechanical properties of oriented strand board. *BioResources*, 11(1): 2483 -2491.
- [7]. 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.
- [8]. Mesgarhae Kashani, M. H., Vaziri, V., Faraji, F., and Jamalirad, L. (2017). Improving the mechanical and physical properties of particleboard produced from bamboo-industrial wood using polypropylene powder. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 8(3): 441-451.
- [9]. Sadeghi, M., Vaziri, V., Faraji, F., and Aminian, H. (2017). The effect of polypropylene on physical and mechanical properties of particleboard produced from rice straw and industrial wood particles. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 24(4): 71-84.

The effect of using PET to Paulownia strands on physical and mechanical properties of OSB

H. Ebrahimi; M.Sc. Graduated of Wood Composite Products, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, I.R. Iran.

F. Faraji; Assist. Prof., of Wood and Paper Science and Technology, Kavous Gonbad University, Gonbad Kavous, I.R. Iran.

V. Vaziri*; Assist. Prof., of Wood and Paper Science and Technology, Kavous Gonbad University, Gonbad Kavous, I.R. Iran.

H. Aminian; Assist. Prof., of Wood and Paper Science and Technology, Kavous Gonbad University, Gonbad Kavous, I.R. Iran.

L. Jamalirad; Assoc. Prof., of Wood and Paper Science and Technology, Kavous Gonbad University, Gonbad Kavous, I.R. Iran.

(Received: 19 May 2021, Accepted: 28 August 2021)

ABSTRACT

In this research, the effect of adding polyethylene terephthalate (PET) on the physical, and mechanical properties of oriented strand boards (OSB) made from Paulownia strands wood was investigated. Fixed factors of this research are: strands of paulownia species (*Paulownia fortunei*) with the dimensions of 120×20×0.8 mm, soluble phenol formaldehyde resin (8% based on dry weight of strands and 10% based on the dry weight of PET), and density of 0.5 gr/cm³. The three layers OSB consisted of top layer (25% by weight), the bottom layer (25% by weight), and the middle layer (50% by weight). Variable factors are: the mixing ratio of PET to paulownia strands at four different levels of 0:100, 10:90, 20:80, 30:70 and the distribution of PET in three layers as in the surface layers, in the middle layer, and all three layers. The results showed that increasing in PET content decreased thickness swelling of the boards so that at the 30 percent level of PET, thickness swelling after 24 hours improved by 50.63%. The mechanical properties decreased when PET content increased. The minimum mechanical strengths were observed at 30 percent of PET content. So that in comparison with the control samples, it showed a decrease of 50.45% in bending strength, 39.54% in modulus of elasticity, and 73.68% in internal bond. According to the results, it can be concluded that the paulownia-PET OSBs meet the requirements of the EN-300 standard.

Keywords: Strand, Polyethylene terephthalate (PET), Oriented strand board (OSB), Paulownia, Phenol formaldehyde resin.

* Corresponding author, Email: vahidvaziri@gmail.com, Tel:+981733266700