جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۴، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۰
ص ۳۷۱-۳۸۲(پژوهشی)
DOI: 10.22059/jfwp.2021.324125.1167

تأثیر افزودن پلی‌اتیلن ترفتالات به استرندهای پالونیا بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌تراشهٔ جهت‌دار

هادی ابراهیمی[۱]، فرشید فرجی[۲]، وحید وزیری[۲*]، هدایت‌الله امینیان[۲]، لعیا جمالی راد[۳]

۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد فرآورده‌های چندسازهٔ 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 پلی‌اتیلن ترفتالات بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌تراشهٔ جهت‌دار ساخته‌شده از استرندهای پالونیا بررسی شد. فاکتورهای ثابت این تحقیق عبارت‌اند از استرندهای گونهٔ پالونیا (*Paulownia fortunie*) به ابعاد ۰/۸×۲۰×۱۲۰ میلی‌متر، رزین فنل‌فرمالدهید رزول محلول در الکل (در استرندها ۸ درصد وزن خشک استرند و در ذرات پلی‌اتیلن ترفتالات ۱۰ درصد وزن خشک) و دانسیتهٔ ۰/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. تخته‌تراشه از نوع سه‌لایه (لایهٔ رویی ۲۵ درصد، لایهٔ زیرین ۲۵ درصد و لایهٔ میانی ۵۰ درصد وزنی) بود. فاکتورهای متغیر عبارت‌اند از درصد اختلاط پلی‌اتیلن ترفتالات با تراشه‌های پالونیا در چهار سطح ۰:۱۰۰، ۱۰:۹۰، ۲۰:۸۰ و ۳۰:۷۰ و پراکنش ذرات آن در سه لایه به‌صورت پراکنده در لایه‌های سطحی، پراکنده در لایهٔ میانی و پراکنده در هر سه لایه. نتایج نشان داد که افزایش پلی‌اتیلن ترفتالات در تخته‌تراشه سبب بهبود واکشیدگی ضخامت تخته‌ها شد، به‌طوری که با کاربرد ۳۰ درصد پلی‌اتیلن ترفتالات، واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت تخته‌ها ۵۰/۶۳ درصد بهبود یافت. در خواص مکانیکی افزایش پلی‌اتیلن ترفتالات در تخته‌تراشه سبب کاهش مقاومت‌های مکانیکی شد. کمترین مقاومت مکانیکی در حداکثر کاربرد پلی‌اتیلن ترفتالات، ۳۰ درصد حاصل شد. به‌طوری که در مقایسه با نمونهٔ 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 تخته‌تراشه‌های پالونیا- پلی‌اتیلن ترفتالات ساخته‌شده در این تحقیق موفق به تأمین الزامات مورد نظر در استاندارد EN-300 شدند.

واژه‌های کلیدی: استرند، پالونیا، پلی‌اتیلن ترفتالات، تخته‌تراشهٔ جهت‌دار، رزین فنل‌فرمالدهید.

مقدمه

تولید پنل‌های OSB[1] 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 که توجه تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را به این فرآورده معطوف کرده و رشد چشمگیر آن را توجیه می‌کند [۱]. در دههٔ ۱۹۹۰ در آمریکا میلیون‌ها هکتار از اراضی جنگلی دارای منابع چوبی قطور که صنایع تخته‌لایه قبلاً از آنها بهره‌برداری می‌کردند، به‌دلیل حراست از جنگل‌ها بدون بهره‌برداری باقی ماندند و ازآنجا که هزینهٔ تولید OSB تا حد چشمگیری کمتر از تخته‌لایهٔ ساختمانی

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۱۷۳۳۲۶۶۷۰۰
Email:vahidvaziri@gmail.com

1. Oriented strand board

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 استفادهٔ 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، به‌دلیل 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[1] به‌دلیل نفوذناپذیری و مقاومت شیمیایی زیاد، در تهیهٔ بطری‌های آب کاربرد بسیار دارد. مصرف روزافزون بطری‌های پلاستیکی، اهمیت بازیافت این مواد را بیشتر کرده است [۴].

PET نوعی پلیمر ترموپلاستیک از خانوادهٔ 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 درجهٔ سانتی‌گراد ذوب می‌شود و دانسیتهٔ 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 تجزیهٔ بسیار طولانی‌مدت آن در طبیعت (حدود ۳۰۰ سال)، سبب شده تا مسئلهٔ بازیافت این بطری‌ها، به‌خصوص در سال‌های اخیر توجه همگان را به خود جلب کند [۴].

غفرانی (۲۰۰۹) به بررسی امکان ساخت چندسازهٔ 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 لایهٔ میانی، ۲۰ درصد PET ضایعاتی در لایهٔ سطحی و ۷۰ درصد خاکاره در دمای پرس ۲۰۰ درجهٔ 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 اندازهٔ ذرات پودر تایر ضایعاتی ثابت در نظر گرفته شد (با اندازهٔ مش ۳۰). درصد اختلاط ۹۰/۱۰، ۸۰/۲۰، و ۷۰/۳۰ (به‌ترتیب 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 نمونهٔ شاهد شد [۵].

یورور (۲۰۱۶) تخته‌تراشهٔ جهت‌داری را با استفاده از پلی‌اتیلن بازیافتی و چسب فنل‌فرمالدهید 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 واکشیدگی ضخامتی، 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 نمونهٔ شاهد، همچنان حداقل الزامات استاندارد ۳۰۰- EN در تخته‌ها رعایت شد [۶].

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

1. Polyethylene terephthalate

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

مسگرهای کاشانی و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی به بررسی بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌خردهٔ ساخته‌شده از بامبو- خرده‌چوب صنعتی با استفاده از پودر پلی‌پروپیلن پرداختند. در این تحقیق سعی شد مقداری از خرده‌چوب صنعتی مورد استفاده در ساخت اوراق فشردهٔ چوبی با خرده‌ریزهای بامبو (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) جایگزین شود. از طرفی به‌منظور کاهش اثرهای منفی ناشی از افزودن بامبو از پودر پلی‌پروپیلن نیز در دو سطح ۵ و ۱۰ درصد استفاده شد. براساس یافته‌های این تحقیق، قابلیت استفاده از خرده‌ریزهای بامبو تا سطح ۲۰ درصد و پلی‌پروپیلن 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 ساخته‌شده از کلش برنج- خرده‌چوب صنعتی با پودر پلی‌پروپیلن را بررسی کردند. با افزایش درصد پلی‌پروپیلن، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌ها افزایش یافت. همچنین جذب آب و واکشیدگی 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 پلی‌پروپیلن در سطح ۱۰ درصد برای تخته‌های با اهداف عمومی (نجاری) به‌منظور استفاده در شرایط خشک وجود دارد [۹].

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 گونهٔ تندرشد پالونیا و استفاده از ضایعات پلی‌اتیلن ترفتالات برای ساخت تخته‌تراشه است. این تحقیق با هدف تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌تراشهٔ حاوی PET در مقادیر متفاوت و استقراریافته در لایه‌های متفاوت آن انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش دو اصله درخت پالونیا (*Paulownia fortunie*) با قطر برابرسینهٔ حدود ۴۰ سانتی‌متر و متوسط دانسیتهٔ ۰/۲۸- ۰/۲۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب با رعایت نبود هر گونه عیب از قبیل خمیدگی، شکاف، پوسیدگی از جنگل شصت‌کلاتهٔ استان گلستان به‌صورت تصادفی انتخاب و قطع شدند. پس از قطع، هر درخت به گرده‌بینه‌هایی به طول ۱۳۰ سانتی‌متر تبدیل و بلافاصله برای روکش‌گیری به یک کارگاه لوله‌بری در شهر گنبدکاووس منتقل شد (شکل ۱). روکش‌های تهیه‌شده به آزمایشگاه صنایع چوب دانشگاه گنبدکاووس انتقال یافتند و به ابعاد طول (در جهت الیاف) 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 آون تا حدود ۵ درصد خشک شده و سپس به‌منظور جلوگیری از تبادل رطوبت با محیط در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شدند. ذرات پلی‌اتیلن ترفتالات تهیه‌شده از کارخانهٔ 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 تخته‌تراشهٔ پالونیا- پلی‌اتیلن ترفتالات استفاده شدند. درصد اختلاط پلی‌اتیلن ترفتالات با تراشه‌های پالونیا در چهار سطح (۱۰۰:۰، ۹۰:۱۰، ۸۰:۲۰ و ۷۰:۳۰) و با سه

نوع پراکنش (به‌صورت پراکنده در لایه‌های سطحی، پراکنده در لایهٔ میانی و پراکنده در هر سه لایه) در نظر گرفته شد. رزین فنل‌فرمالدهید (وزن مخصوص ۱/۲۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب، مواد جامد ۶۲ درصد و ویسکوزیتهٔ ۳۲۰ سانتی پوآز) به‌عنوان مادهٔ اتصال‌دهنده به‌صورت مایع از کارخانهٔ عایق الکتریک تهیه شد. در این تحقیق، عملیات چسب‌زنی تراشه‌های چوبی و PET هر کدام به‌صورت 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 (به‌صورت جداگانه) در یک چسب زن آزمایشگاهی توسط افشانهٔ دستی به رزین آغشته شدند. سپس تراشه‌ها به‌صورت دستی در یک قالب با ابعاد ۴۰۰×۴۰۰ میلی‌متر در سه لایه به‌صورت ۲۵ درصد لایهٔ تحتانی، ۵۰ درصد لایهٔ میانی، ۲۵ درصد لایهٔ فوقانی به‌صورت عمود بر هم (لایهٔ میانی عمود بر لایه‌های سطحی) استقرار یافتند. PET به‌صورت دستی به سه صورت پراکنش یکنواخت، متمرکز در لایهٔ 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 درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه تحت فشار ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ساخته شدند. دانسیتهٔ نهایی تخته‌ها ۰/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ضخامت ۱۵ میلی‌متر 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 تنش‌زدایی به‌تدریج به دمای محیط برسند. برای رسیدن به رطوبت تعادل، تخته‌های آزمونی به‌مدت 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 (۱۵×۴۰۰×۴۰۰ میلی‌متر) ساخته شد. جدول ۱ مشخصات این تخته‌ها را نشان می‌دهد. برای تعیین واکشیدگی ضخامت از استاندارد EN-۳۱۷، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیتهٔ خمشی از استاندارد EN-۳۱۰ و چسبندگی داخلی از استاندارد EN-۳۱۹ استفاده شد. نتایج این تحقیق با استاندارد EN-۳۰۰ (برای تخته‌های تیپ ۳ مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت به‌ترتیب ۲۰ مگاپاسکال، ۳۵۰۰ مگاپاسکال، ۰/۳۲ مگاپاسکال و ۱۵ درصد، و برای تخته‌های تیپ ۴ مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت به‌ترتیب ۲۸ مگاپاسکال، ۴۸۰۰ مگاپاسکال، ۰/۴۵ مگاپاسکال و ۱۲ درصد) مقایسه شد.

شکل ۱. مراحل لوله‌بری گرده‌بینهٔ پالونیا

شکل ۲. نمونه‌های آزمایشی خواص فیزیکی و مکانیکی

جدول ۱. تیمارها و شرایط ساخت تخته‌تراشهٔ جهت‌دار

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

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

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

نتایج و بحث

مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته

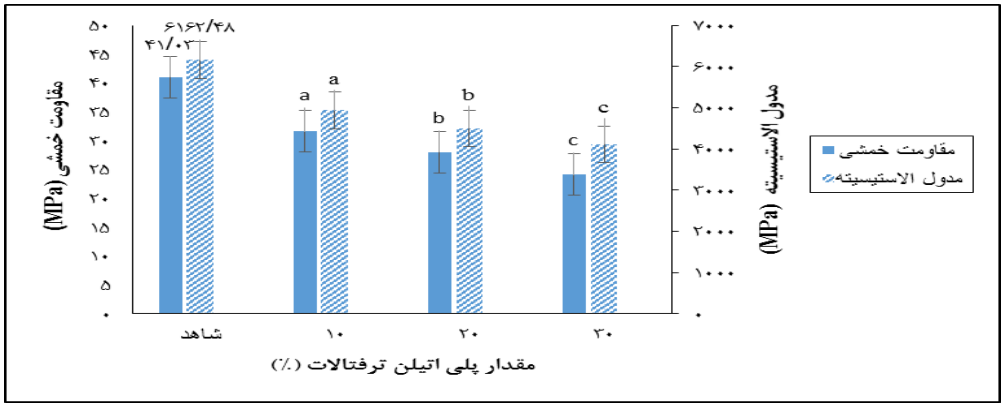
نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیتهٔ تخته‌ها داشته است. شکل ۳ روند تغییرات مقاومت خمشی و مدول الاستیسیتهٔ تخته‌ها را با توجه به درصد اختلاط PET نشان می‌دهد. با حضور و همچنین افزایش جایگزینی PET با استرند، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته دچار روند نزولی می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کمترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیتهٔ تخته‌ها در حضور ۳۰ درصد و بیشترین مقدار در نمونهٔ شاهد بود. ازآنجا که ذرات پلی‌اتیلن ترفتالات اثر پرکننده در تخته‌ها دارد، با افزودن ذرات PET اتصالی بین ذرات استرند–PET صورت نگرفت و در نتیجهٔ شکل‌گیری ضعیف‌تر در تخته‌تراشه، مقاومت‌ها کاهش پیدا کرد [۶].

شکل ۴ روند تغییرات مقاومت خمشی و مدول الاستیسیتهٔ 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 لایهٔ میانی به‌دست آمد. ازآنجا که ذرات PET در دمای ۱۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد ذوب

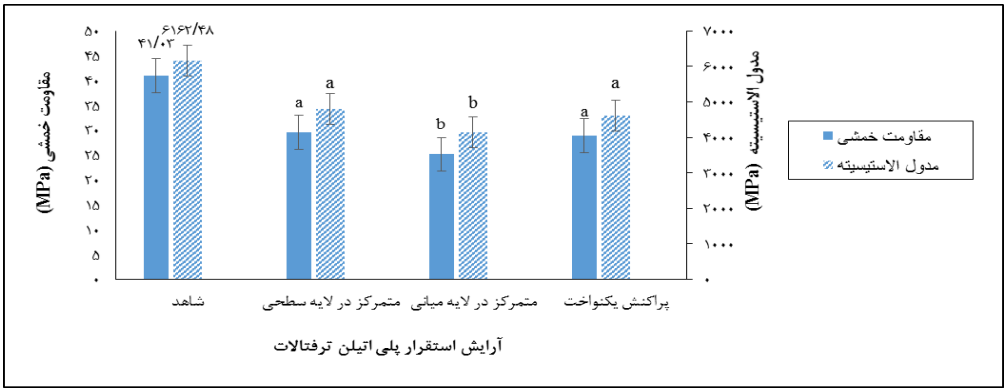
نمی‌شوند و در تخته‌ها اثر پرکننده دارند و همچنین به‌دلیل اینکه در لایهٔ میانی انتقال حرارت کندتر است، تأثیر رزین برای چسبندگی در لایهٔ مغزی کمتر شد و به همین دلیل حضور PET در لایهٔ میانی سبب کاهش بیشتری در مقاومت خمشی و مدول الاستیسیتهٔ تخته‌ها شد.

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 نمونهٔ 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 به‌صورت پراکنش در لایه‌های سطحی و پراکنش در هر سه لایه در گروه مصرف ۴ (OSB/4) و تخته‌های دارای ۲۰ درصد PET به‌صورت پراکنش در لایهٔ میانی و ۳۰ درصد PET در هر سه سطح پراکنش در گروه مصرف ۳ (OSB/3) قرار گرفتند.

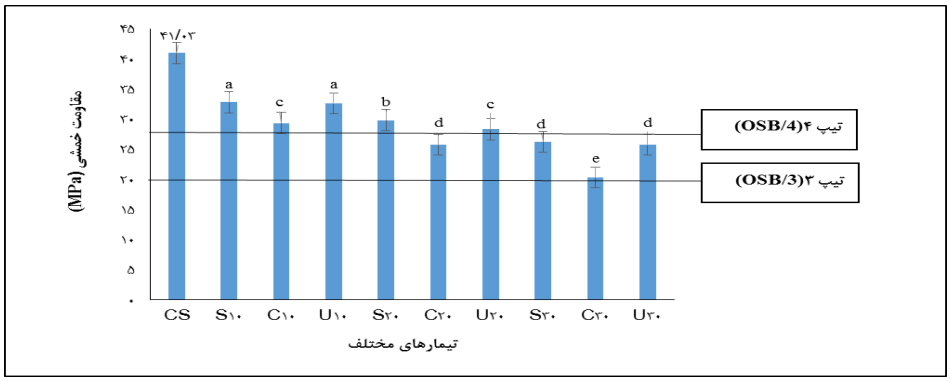
شکل ۶ روند تغییرات مدول الاستیسیتهٔ تخته‌ها در اثر متقابل مقدار مصرف PET و آرایش استقرار PET را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین مدول الاستیسیته مربوط به نمونهٔ شاهد و کمترین مقاومت نیز مربوط به تیمار ۳۰ درصد ذرات PET متمرکز در لایهٔ میانی حاصل آمد. مطابق استاندارد EN-۳۰۰ (مدول الاستیسیتهٔ استاندارد برای تخته‌های تیپ ۲ و ۳، ۳۵۰۰ مگاپاسکال و برای تخته‌های تیپ ۴، ۴۸۰۰ مگاپاسکال)، تخته‌های دارای ۱۰ درصد PET به‌صورت 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.



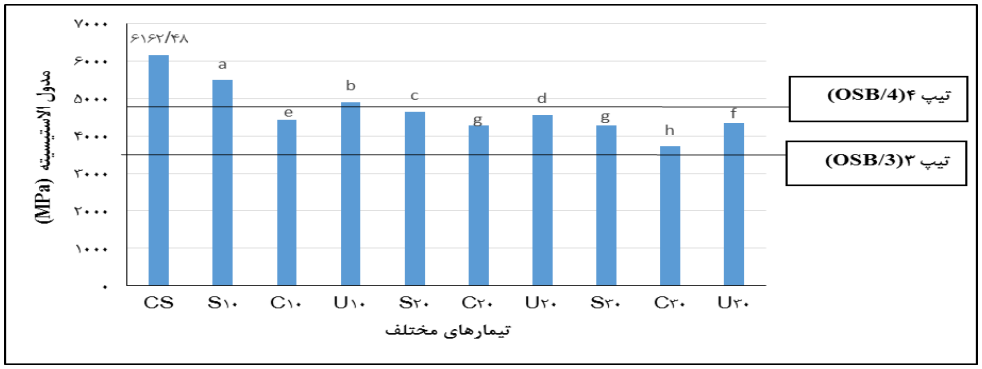
شکل ۳. اثر مستقل مقدار پلی‌اتیلن ترفتالات بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیتهٔ تخته‌ها



شکل ۴. اثر مستقل آرایش استقرار پلی‌اتیلن ترفتالات بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیتهٔ تخته‌ها



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



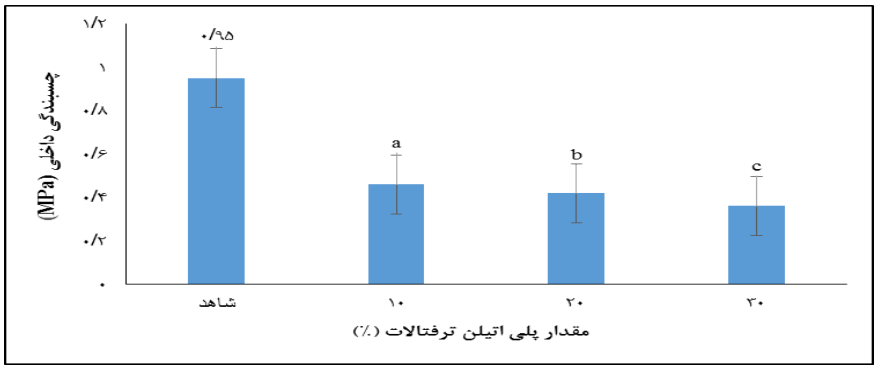
شکل ۶. اثر متقابل مقدار پلی‌اتیلن ترفتالات و آرایش استقرار آن بر مدول الاستیسیتهٔ تخته‌ها

چسبندگی داخلی

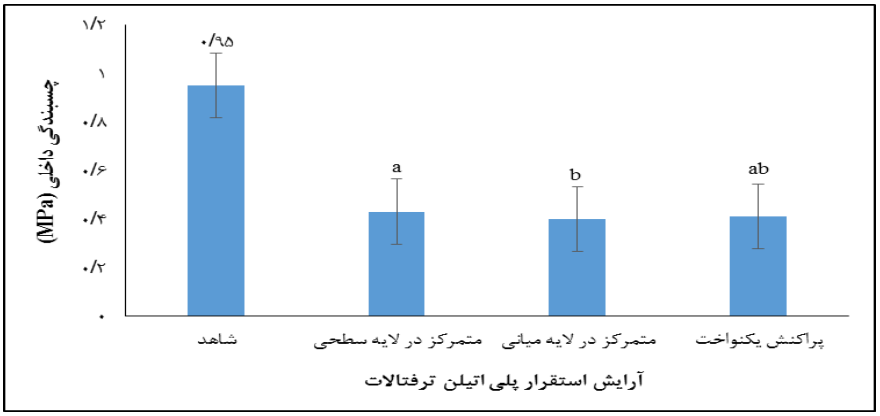
نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر، تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر چسبندگی داخلی تخته‌ها داشت. همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، در بین سه سطح مصرف پلی‌اتیلن ترفتالات به‌کار گرفته‌شده، سطح مصرف ۳۰ درصد، بیشترین کاهش چسبندگی داخلی تخته‌تراشه‌های ساخته‌شده را موجب شد. در واقع با افزایش درصد اختلاط پلی‌اتیلن ترفتالات، چسبندگی داخلی تخته‌ها کاهش یافت که دلیل آن، ذوب نشدن پلی‌اتیلن ترفتالات در پرس گرم (دمای ذوب ۲۵۵ درجهٔ 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 نمونهٔ شاهد در حالت پراکنش ذرات PET در لایه‌های سطحی بود. زیرا 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.

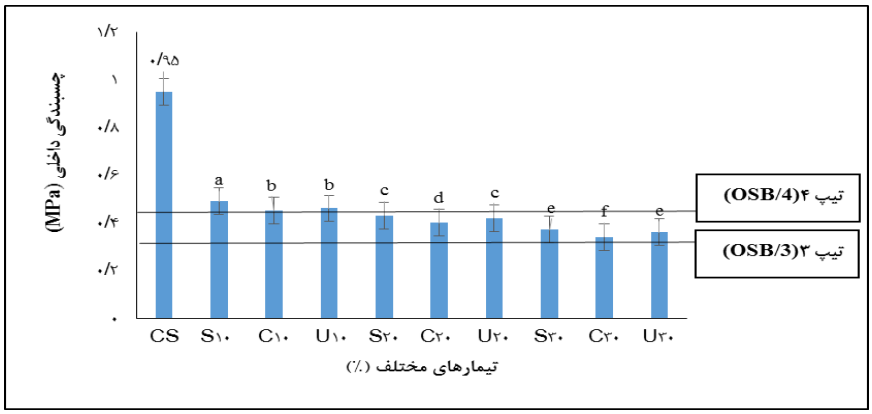
در شکل ۹ روند تغییرات چسبندگی داخلی تخته‌ها در اثر متقابل مقدار مصرف PET و آرایش استقرار PET نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین چسبندگی داخلی مربوط به نمونهٔ شاهد و کمترین چسبندگی داخلی نیز مربوط به تیمار ۳۰ درصد ذرات PET متمرکز در لایهٔ میانی است. مطابق استاندارد ۳۰۰–EN (چسبندگی داخلی استاندارد برای تخته‌های تیپ ۲ و ۳، ۰/۳۲ مگاپاسکال و برای تخته‌های تیپ ۴، 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.



شکل ۷. اثر مستقل مقدار پلی‌اتیلن ترفتالات بر چسبندگی داخلی تخته‌ها



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



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

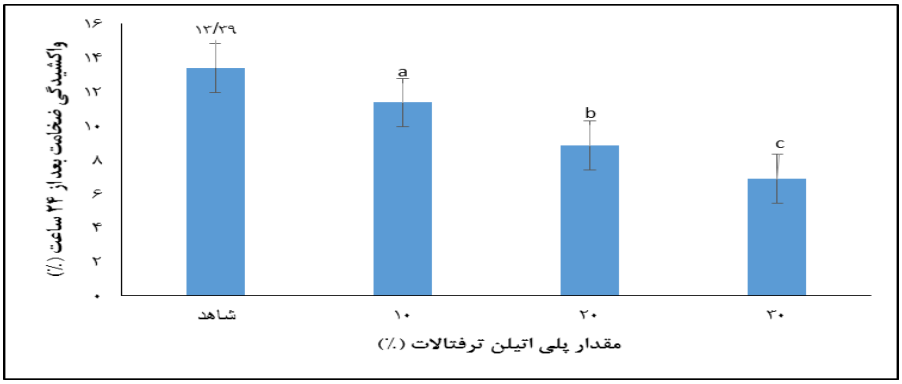
واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۵ درصد بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب داشته است. همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار مصرف پلی‌اتیلن ترفتالات مقاومت تخته‌تراشه‌ها در برابر واکشیدگی ضخامت بهبود می‌یابد. در واقع کمترین واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در تخته‌های در سطح مصرف ۳۰ درصد و بیشترین آن در نمونهٔ شاهد مشاهده شد. دستیابی به این نتیجه را می‌توان برمبنای جایگزینی ذرات کاملاً ضد آب PET با بخشی از استرندهای به‌شدت

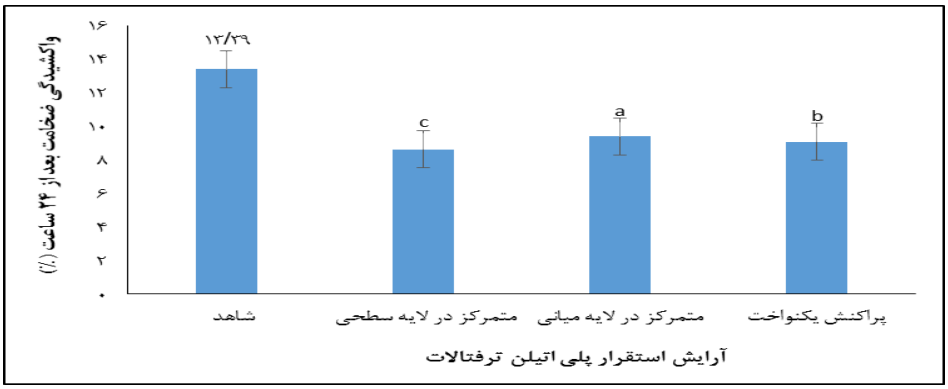
نم‌پذیر پالونیا بیان کرد که تنها مقدار حضور آنها سبب کاهش در جذب آب شده است [۵، ۶].

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

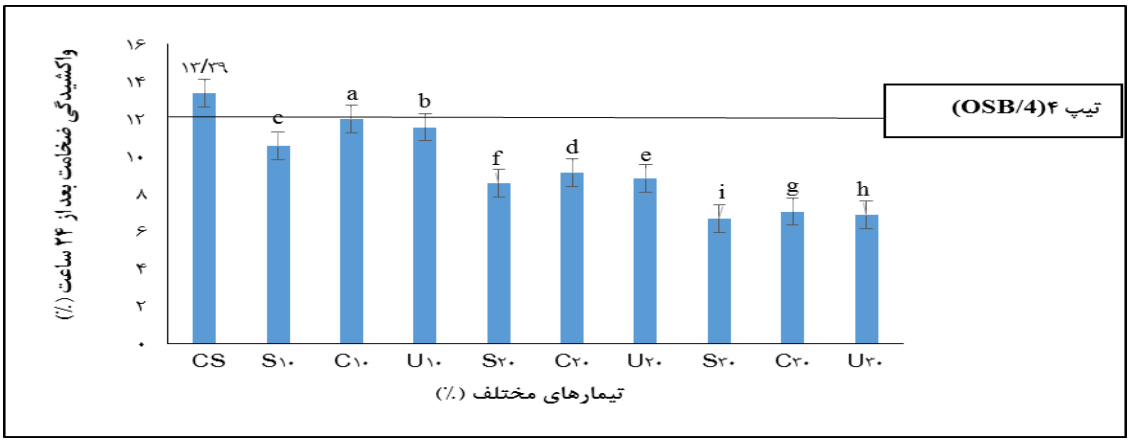
شکل ۱۲ روند تغییرات واکشیدگی ضخامت تخته‌ها در اثر متقابل مقدار مصرف PET و آرایش استقرار PET را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین واکشیدگی ضخامت تخته‌ها مربوط به نمونهٔ شاهد و کمترین واکشیدگی ضخامت نیز مربوط به تیمار ۳۰ درصد ذرات PET پراکنده در لایهٔ سطحی است. براساس استاندارد EN-۳۰۰ (واکشیدگی 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 واکشیدگی ضخامت برای استفاده در گروه مصرف ۴ کارایی ندارند، اما قابلیت کاربرد در گروه مصرف ۳ (OSB/3) را دارند.



شکل ۱۰. اثر مستقل مقدار پلی‌اتیلن ترفتالات بر واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲۴ ساعت



شکل ۱۱. اثر مستقل آرایش استقرار پلی‌اتیلن ترفتالات بر واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲۴ ساعت



شکل ۱۲. اثر متقابل مقدار پلی‌اتیلن ترفتالات و آرایش استقرار آن بر واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲۴ ساعت

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با افزایش مقدار PET، ویژگی‌های مکانیکی تخته‌تراشه‌ها روند کاهشی داشت. مشاهدهٔ چنین نتایجی متأثر از تشکیل اتصالات ضعیف بین PET – استرند است، اما نحوهٔ آرایش ذرات PET در لایه‌های سه‌گانه نتایج متفاوتی نشان داد. نتیجهٔ مشترک در همهٔ خواص مکانیکی مبنی بر دستیابی به بیشترین مقاومت مکانیکی در شرایط پراکنش ذرات در لایه‌های سطحی و کمترین مقاومت مکانیکی در شرایط پراکنش در لایهٔ میانی بوده است که در تحلیل نتایج می‌توان به انتقال کندتر حرارت به لایهٔ میانی و اتصالات ضعیف‌تر حاصل در لایهٔ میانی اشاره کرد.

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

با در نظر گرفتن جمیع خواص فیزیکی و مکانیکی و حدود تعیین‌شده در EN-۳۰۰ تیمار بهینه در تخته‌تراشهٔ جهت‌دار پالونیا-پلی‌اتیلن ترفتالات، تیمارهای ۱۰ درصد پلی‌اتیلن ترفتالات استقراریافته 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 واکشیدگی 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 پلی‌اتیلن ترفتالات تا ۳۰ درصد پلی‌اتیلن توزیع‌یافته در هر سه نوع پراکنش قادر به تأمین الزامات تعیین‌شده 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 تخته‌تراشهٔ جهت‌دار به‌عنوان مادهٔ اولیهٔ مناسب و ارزان‌قیمت استفاده کرد.

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]. Khazaeian, 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]. Tabatabaii, 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 fortunie)* 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/cm^3. 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