DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwpr.2016.101480

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران

جلد ۳۱، شماره ۴، صفحه ۵۶۸-۵۵۷، (۱۳۹۵)

استفاده از پلی‌اتیلن بازیافتی برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده چوب

ابوالفضل کارگرفرد[۱*] امیر نوربخش[۲] و فرداد گلبابائی[۳]

۱*- نویسنده مسئول، دانشیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: a_kargarfard@yahoo.com

۲- دانشیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- کارشناس ارشد، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۵

چکیده

هدف از این بررسی، استفاده از پلی‌اتیلن بازیافتی برای اصلاح ویژگی‌های تخته خرده چوب بوده است؛ بنابراین با استفاده از ۳ سطح مصرف چسب ۱۰، ۷ و ۴ درصد و ۳ میزان مصرف پلی‌اتیلن بازیافتی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد (بر اساس وزن خشک خرده چوب) در لایه سطحی کیک خرده چوب اقدام به ساخت تخته خرده چوب شد. همچنین به‌منظور بررسی تأثیر این عوامل بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده، تعداد ۳ تخته خرده چوب شاهد با مصرف ۱۰ درصد چسب در لایه سطحی و بدون کاربرد پلی‌اتیلن ساخته شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده با استفاده از طرح آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش مقدار مصرف پلی‌اتیلن باعث بهبود مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته‌شده می‌گردد. به‌طوری‌که مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته‌شده با کاربرد ۱۵ درصد پلی‌اتیلن نسبت به تخته‌های شاهد به‌ترتیب در حدود ۵۹ و ۵۳ درصد افزایش داشته است. همچنین واکشیدگی ضخامت تخته‌ها با افزایش مصرف پلی‌اتیلن بهبود یافته است و حداقل واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت در شرایط مصرف چسب ۱۰ درصد و ۱۵ درصد پلی‌اتیلن بازیافتی به‌دست آمده است که کمتر از ۱۰ درصد تخته‌های شاهد می‌باشد. افزایش مقدار مصرف پلی‌اتیلن، جذب آب تخته‌ها را کاهش داده که حداقل آن در تخته‌های دارای ۱۵ درصد پلی‌اتیلن مشاهده شد. به‌طوری‌که با مصرف ۱۵ درصد پلی‌اتیلن تا حدود ۵۸ درصد در جذب آب ۲ ساعت آنها در مقایسه با تخته‌های شاهد کاهش دیده شد. در یک جمع‌بندی کلی، می‌توان بیان داشت که یکی از بهترین راهکارها برای مصرف ضایعات پلیمری و تولید محصولاتی با ارزش افزوده بالا، به‌کارگیری آنها در جهت بهبود ویژگی‌های تخته خرده چوب می‌باشد

واژه‌های کلیدی: تخته خرده چوب، پلی‌اتیلن بازیافتی، میزان مصرف چسب، خواص فیزیکی و مکانیکی.

مقدمه

رشد و توسعه صنعتی در دهه‌های اخیر از شتاب بیشتری به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه برخوردار شده است. به‌طوری‌که بسیاری از کشورهای در حال توسعه، گام‌های مهمی را در جهت صنعتی شدن و مصرف مواد اولیه‌ای که صادرکننده آن بوده‌اند، برداشته‌اند. این تغییر ساختار و محدود شدن عرضه مواد اولیه در سال‌های اخیر، سبب شده که تلاش‌ها به‌سوی تولید محصولاتی معطوف گردد که توانایی استفاده از مواد اولیه ارزان‌قیمت و در دسترس را داشته باشد، همچنین از ویژگی‌های مناسب مقاومتی و فیزیکی و استحکام مناسب برخوردار باشد. از این‌رو جایگزینی محصولاتی مانند تخته خرده چوب، انواع تخته فیبر و چندسازه‌های چوب و پلاستیک با چوب ماسیو، حاصل تلاش‌های انجام شده در این زمینه بوده است. بااین‌حال تلاش برای ارتقای استحکام و دوام فراورده‌هایی مانند تخته خرده چوب به‌عنوان یکی از راهکارهای کاهش نیاز به مواد چوبی اولیه ادامه داشته است. از سوی دیگر طبق آمارهای منتشره از سوی منابع ذیربط، افزایش مصرف انواع پلیمرها به‌طور مستمر به تولید ضایعات و پسماندهای پلاستیکی در سطح جهانی افزوده است. به‌طوری‌که با افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف این پلیمرها، بسیاری از کشورها به دنبال وضع قوانینی مانند گرفتن مالیات برای محدود کردن مصرف انواع پلاستیک‌ها هستند و امکان کاربرد دوباره این پلیمرهای بازیافتی در تولید محصولات صنعتی از اولویت‌های تحقیقاتی آنان می‌باشد (Kargarfard, 2011). به دلیل مصارف گسترده فراورده‌های مرکب چوبی به‌ویژه تخته خرده چوب، تحقیقات وسیعی در جهت بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن انجام شده است که یکی از روش‌ها تقویت این فراورده با موادی مانند پلیمرها می‌باشد. در بررسی‌های انجام شده توسط Malcolm (۱۹۹۲)، وی توانست با استفاده از الیاف شیشه و کربن اقدام به تقویت تخته فیبر دانسیته متوسط کرده که محصول فوق از مقاومت‌های بالاتری به‌ویژه مقاومت به ضربه برخوردار بوده است. Yu-He Deng و همکاران (۲۰۰۰) تأثیر طول و مقدار الیاف پلی‌پروپیلن را بر روی ویژگی‌های مکانیکی تخته خرده چوب–گچ مورد بررسی قرار داده و نتایج تحقیقات آنان نشان داد که افزایش طول و مقدار الیاف PP مصرف شده دارای اثر معنی‌داری بر روی چسبندگی داخلی و مقاومت خمشی تخته‌های ساخته‌شده داشته و بهبود واکشیدگی ضخامت را به دنبال داشت. همچنین Mura (۲۰۰۱) از الیاف شیشه، کربن و کولار در لایه میانی برای تقویت تخته خرده چوب استفاده کرد که نتیجه آن افزایش مقاومت‌های مکانیکی تخته بود. Dimakis و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از الیافی از جنس لاستیک، پلاستیک، شیشه، کربن و فلز سعی در تقویت فراورده‌هایی مانند تخته لایه، OSB و LVL کردند که نتایج کار آنان نشان داد که مقاومت کششی و مقاومت به ضربه این چندسازه‌ها در سطح معنی‌داری افزایش یافته است. در نتایج حاصل از تحقیقات Mohebby و همکاران (۲۰۱۰) بر روی امکان استفاده از شبکه‌های بافته پلیمری و فلزی برای تقویت خواص مکانیکی MDF؛ مشاهده شد که مقاومت خمشی؛ مدول‌الاستیسیته؛ مقاومت کششی و ضربه تخته‌های ساخته‌شده به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. Murathan و Gurum (۲۰۰۶) از ضایعات پاکت‌های بسته‌بندی تتراپک[1] که حاوی پلی‌اتیلن؛ کاغذ و آلومینیم می‌باشد با استفاده از دو نوع چسب پلی وینیل استات و اوره فرم آلدئید به‌صورت جداگانه اقدام به ساخت چندسازه کردند که چندسازه‌های ساخته‌شده با چسب اوره فرم آلدئید از خواص فیزیکی بهتری برخوردار بودند. آنان همچنین مشاهده کردند که ویژگی‌های خمشی تخته‌ها با افزایش مصرف چسب UF از ۸ به ۱۲ درصد به نحو معنی‌داری افزایش می‌یابد. در این زمینه همچنین Ayrilmis و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از ظروف تتراپک چندسازه‌هایی را ساخته و با استفاده از ۴ نوع چسب اوره فرم آلدئید؛ فنل فرم آلدئید؛ ملامین اوره فرم آلدئید و پلی اورتان آنها را با روکش راش پوشش دادند که استفاده از چسب پلی اورتان خواص بهتری را در تخته‌ها

1-tetra pak

ایجاد کرد. همچنین در تحقیقات انجام شده توسط Borysiuk و همکاران (۲۰۱۱)، آنان با استفاده از ۵۰ درصد ضایعات پلیمری شامل پلی‌اتیلن؛ پلی‌پروپیلن و پلی استایرن و ۵۰ درصد خرده چوب اقدام به ساخت چندسازه کردند و آنها را با تخته خرده چوب ساخته‌شده با چسب اوره فرمآلدئید مقایسه کردند. نتایج نشان داد که خواص مقاومتی تخته‌های ساخته‌شده با خرده چوب و ضایعات پلیمری نسبت به تخته خرده چوب شاهد از سطح پائین‌تری برخوردار بودند. درحالی‌که میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت چندسازه‌های فوق از شرایط بهتری نسبت به تخته خرده چوب شاهد برخوردار بود و بهبود یافته بودند. در تحقیق دیگری که توسط Baoguo و همکاران (۲۰۰۷) بر روی ساخت تخته خرده چوب از ساقه جو وحشی با استفاده از چسب ایزوسیانات انجام شده است، آنان بیان کرده‌اند با جایگزینی ۲۰ درصد پلیمر پلی‌اتیلن با ۳۰ درصد چسب، می‌توان تخته‌هایی با خواص مکانیکی و مقاوم به آب بالاتری را تولید کرد؛ اما نتایج تحقیقی که توسط Muehl و همکاران (۲۰۰۴) انجام شد و آنان در تولید تخته فیبر دانسیته متوسط و تخته خرده چوب از ترکیب چسب فنل و پلی‌پروپیلن استفاده کردند، نشان داد که تخته‌های تولیدی به دلیل همزمان نبودن سخت شدن چسب فنل و پلی‌پروپیلن دارای مقاومت به رطوبت پائین‌تری نسبت به تخته‌های فاقد پلیمرهای ترموپلاستیک هستند.

این تحقیق با هدف امکان استفاده از پلی‌اتیلن بازیافت شده از پلاستیک‌های مستعمل در اصلاح ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب به‌ویژه مقاوم‌سازی آنها نسبت به رطوبت که همگام با کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از انباشت مواد پلیمری که بتواند فراورده‌ای را با ارزش افزوده بالا تولید کند، انجام شده است.

مواد و روش‌ها

در این بررسی از چوب اکالیپتوس کاملدولنسیس که از حومه شهرستان گنبد در استان گلستان تهیه شده بود، برای تهیه خرده چوب استفاده شد. پس از حمل به آزمایشگاه، چوب‌ها با استفاده از یک خردکن غلتکی آزمایشگاهی از نوع Pallmann X 430 - 120PHT به قطعات کوچک‌تر تبدیل و بعد با استفاده از یک آسیاب حلقوی (Ring Flaker) آزمایشگاهی از نوع Pallmann PZ8 به خرده چوب قابل‌استفاده در ساخت تخته تبدیل شدند. سپس خرده چوب‌های مناسب ساخت تخته با استفاده از یک خشک‌کن گردان با سرعت ۳ دور در دقیقه و در درجه حرارت ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و رطوبت آنها به سطح ۱ درصد کاهش یافت که پس از تخلیه در کیسه‌های مقاوم و عایق رطوبت بسته‌بندی شد.

در این تحقیق، با توجه به اینکه دمای ذوب پلی‌اتیلن بازیافتی در حدود ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید و در طی دوره پرس تخته خرده چوب، دمای لایه میانی کیک خرده چوب به این درجه حرارت نمی‌رسد، برای پی بردن به تأثیر میزان مصرف پلی‌اتیلن بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب، از این ماده در لایه سطحی کیک خرده چوب استفاده شد. از این‌رو پلی‌اتیلن بازیافتی خریداری شده که منشأ آن شرکت پتروشیمی اراک بوده است به‌عنوان ماتریکس پلیمری در ۳ سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد (بر اساس وزن خشک خرده چوب مصرفی) مورد استفاده قرار گرفته است. پلی‌اتیلن تهیه شده ابتدا توسط یک آسیاب به قطعاتی با ابعاد حدود ۵ میلی‌متر و بعد توسط یک آسیاب ثانویه به ذراتی با ابعاد حدود ۵۰ میکرون تبدیل شد. این ابعاد برای ترکیب یکنواخت این ماده با خرده چوب‌ها در هنگام چسب‌زنی بسیار مناسب تشخیص داده شد؛ زیرا استفاده از ابعاد بزرگ‌تر باعث ته‌نشین شدن ذرات پلی‌اتیلن در محفظه چسب‌زنی شده و مخلوط خرده چوب و ذرات پلیمری از حالت یکنواختی خارج می‌شد. در این تحقیق برای چسبندگی و اتصال بهتر پلی‌اتیلن و خرده چوب و بهبود ویژگی‌های تخته خرده چوب از ماده جفت‌کننده MAPE (پلی‌اتیلن انیدرید مالئیک‌دار) با نقطه ذوب ۱۵۶ درجه سانتی‌گراد و دانسیته سیال ۰/۹۳۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب که ساخت شرکت

Aldrich کشور آلمان بود به مقدار ۵ درصد وزن پلیمر مصرفی، استفاده شده است.

همچنین در این بررسی مقدار مصرف چسب در سطح ۸ درصد برای لایه میانی ثابت و از ۳ سطح مصرف چسب ۱۰، ۷ و ۴ درصد (بر اساس وزن خشک خرده چوب مصرفی) در لایه سطحی تخته خرده چوب به‌عنوان عامل متغیر دوم استفاده شده است. عوامل دیگر ساخت شامل جرم مخصوص تخته (۰/۷۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، فشار پرس برابر ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، رطوبت کیک خرده چوب در حد ۱۰ درصد، دمای پرس ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ۶ دقیقه و ضخامت تخته ۱۵ میلی‌متر برای تمام تیمارها ثابت در نظر گرفته شده است.

برای چسب‌زنی خرده چوب‌ها از یک دستگاه چسب‌زن آزمایشگاهی استفاده شد و محلول چسب همراه با کاتالیزور به‌وسیله یک نازل بر روی خرده چوب‌ها پاشیده شده و با آنها مخلوط گردید. به‌منظور تشکیل کیک خرده چوب از یک قالب چوبی با ابعاد ۳۵×۳۵ سانتی‌متر استفاده شد و خرده چوب‌های چسب‌زنی شده که به‌وسیله ترازوی آزمایشگاهی توزین شده بود، به‌صورت لایه‌های یکنواخت در داخل قالب پاشیده شدند. در این تحقیق با توجه به عوامل متغیر در نظر گرفته شده که شامل مصرف سطوح مختلف چسب و پلی‌اتیلن بازیافتی در لایه سطحی تخته خرده چوب بود، مقدار خرده چوب مورد نیاز لایه‌های سطحی و میانی به‌صورت جداگانه چسب‌زنی شده است و پلی‌اتیلن مورد مصرف در لایه سطحی قبل از مرحله چسب‌زنی با خرده چوب‌ها به خوبی مخلوط و به‌صورت یکنواخت در آمده است. پس از تشکیل کیک خرده چوب، با استفاده از یک پرس آزمایشگاهی از نوع BURKLE L100 اقدام به ساخت تخته خرده چوب‌های آزمایشگاهی گردید. در این بررسی از ترکیب ۲ متغیر در سطوح مختلف ۹ تیمار حاصل شد که برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد که در مجموع ۲۷ تخته آزمایشگاهی ساخته شد. علاوه بر تخته‌های فوق تعداد ۳ تخته آزمایشگاهی با شرایط مصرف ۱۰ درصد چسب در لایه سطحی و بدون مصرف پلی‌اتیلن بازیافتی ساخته شد که به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شده است. بعد از پایان مرحله پرس، به‌منظور مشروط سازی و یکنواخت سازی رطوبت تخته‌ها و همچنین متعادل‌سازی تنش‌های داخلی، تخته‌های ساخته‌شده به مدت ۱۵ روز در شرایط آزمایشگاهی (رطوبت نسبی ۱ ± ۶۵ درصد و درجه حرارت ۳ ± ۲۰ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. در جدول شماره ۱ درصد وزنی پلی‌اتیلن بازیافتی و چسب مصرفی در لایه سطحی تخته‌های ساخته‌شده آورده شده است.

جدول ۱- درصد وزنی پلی‌اتیلن؛ چسب و خرده چوب مورد مصرف در لایه سطحی تخته خرده چوب

نام تیمار	پلی‌اتیلن بازیافتی (٪)	مصرف چسب (٪)	خرده چوب (٪)
شاهد	صفر	۱۰	۹۰
A1	۵	۱۰	۸۵
A2	۱۰	۱۰	۸۰
A3	۱۵	۱۰	۷۵
A4	۵	۷	۸۸
A5	۱۰	۷	۸۳
A6	۱۵	۷	۷۸
A7	۵	۴	۹۱
A8	۱۰	۴	۸۶
A9	۱۵	۴	۸۱

تهیه نمونه‌های آزمونی برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها مطابق استاندارد EN326-1 انجام شده است. در این تحقیق تعیین مقاومت خمشی (MOR) و مدول‌الاستیسیته (MOE)، بر اساس استاندارد EN310، تعیین مقاومت چسبندگی داخلی (IB) بر اساس استاندارد EN319 و تعیین واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب ($T.S_{۲}$ و $T.S_{۲۴}$) و جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب (W.A۲ و W.A۲۴) بر اساس استاندارد EN317 انجام شده است.

بعد از انجام آزمون‌های مکانیکی و فیزیکی بر روی نمونه‌های تهیه شده، نتایج حاصل در قالب طرح کامل تصادفی تحت آزمایش‌های فاکتوریل با سه متغیر و با استفاده از آزمون دانکن (DMRT) و به کمک فن تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با استفاده از این روش آماری تأثیر مستقل و متقابل هریک از عوامل متغیر بر خواص مورد مطالعه در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین میانگین‌های حاصل با استفاده از آزمون T-test با میانگین‌های تخته‌های شاهد از نظر آماری مقایسه و مورد تحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایج

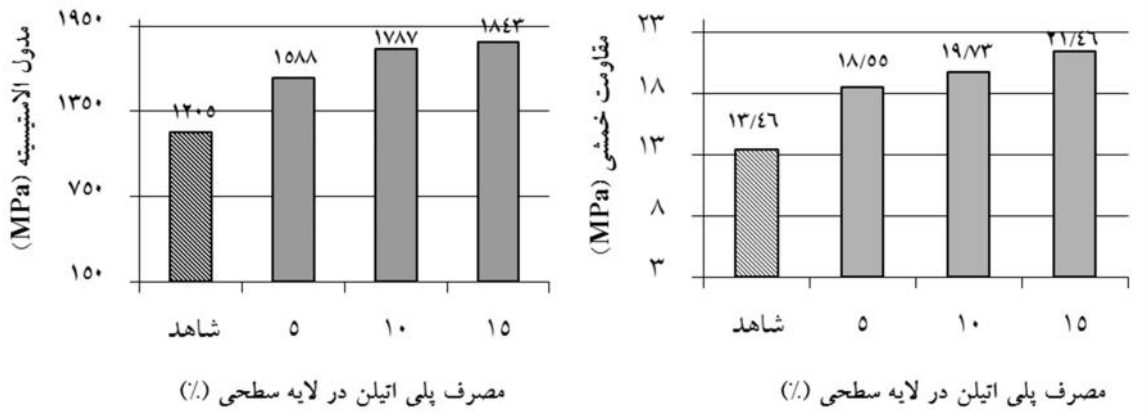
نتایج حاصل از تجزیه واریانس ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی تخته‌های ساخته‌شده در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌گردد، اثر مقدار مصرف پلی‌اتیلن بر مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد و با مصرف پلی‌اتیلن در لایه سطحی تخته‌ها، مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته بهبود یافته است، به‌طوری‌که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد در شرایط استفاده از ۱۵ درصد پلی‌اتیلن، بالاترین و در شرایط استفاده از ۵ درصد پلی‌اتیلن، کمترین مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته در تخته‌ها مشاهده شد. بااین‌حال این ویژگی‌ها در تمام تخته‌های ساخته‌شده که در لایه سطحی آنان پلی‌اتیلن به‌کاررفته است نسبت به تخته‌های شاهد به‌طور معنی‌داری از نظر آماری بالاتر هستند.

اثر متقابل مصرف چسب و پلی‌اتیلن بر مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها نیز معنی‌دار بوده است و تخته‌های دارای ۴ درصد چسب و ۱۵ درصد پلی‌اتیلن، با ۲۳/۶ مگاپاسکال و تخته‌های دارای ۴ درصد چسب و ۵ درصد پلی‌اتیلن، با ۱۵/۰۴ مگاپاسکال دارای حداکثر و حداقل مقاومت خمشی بوده‌اند. همچنین تخته‌های دارای ۷ درصد چسب و ۱۰ درصد پلی‌اتیلن، با ۲۰۰۳ مگاپاسکال و تخته‌های دارای ۴ درصد چسب و ۵ درصد پلی‌اتیلن، با ۱۳۵۷ مگاپاسکال دارای حداکثر و حداقل مدول‌الاستیسیته بوده‌اند (شکل ۲).

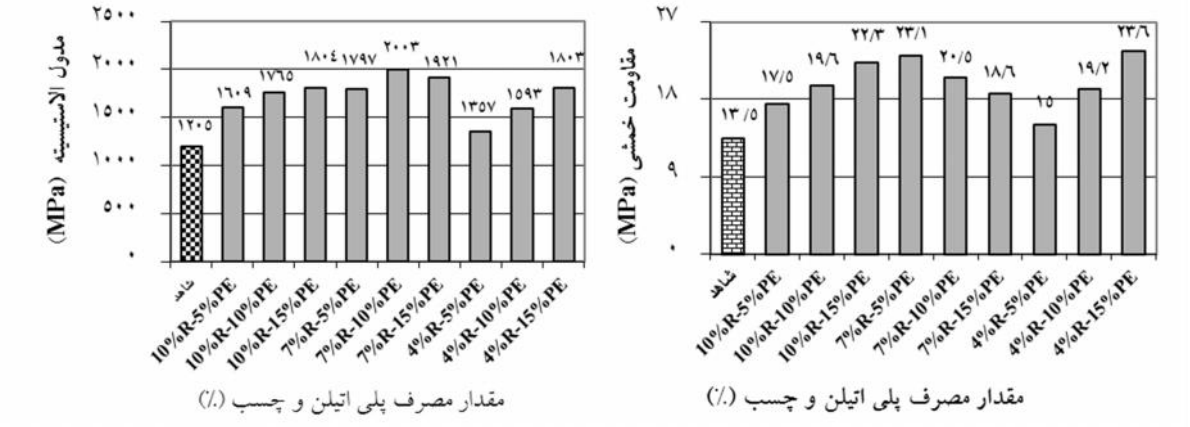
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی تخته‌های آزمونی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مقاومت خمشی (F)	مدول‌الاستیسیته (F)	چسبندگی داخلی (F)	واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت (F)	واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (F)	جذب آب ۲ ساعت (F)	جذب آب ۲۴ ساعت (F)
مصرف چسب	۲	۱/۶۵۳$^{n.s}$	۸/۰۸۳**	۰/۶۲۶$^{n.s}$	۱۲/۷۷۴**	۰/۷۱۰$^{n.s}$	۴/۷۶۲*	۲/۴۰۲$^{n.s}$
مصرف پلی‌اتیلن	۲	۶/۴۵۳**	۵/۵۵۳**	۵/۴۰۷**	۵۶/۱۹۴**	۷۹/۸۵۲**	۱۹/۶۷۵**	۳۰/۳۸۵**
چسب * پلی‌اتیلن	۴	۱۱/۴۰۳**	۰/۸۸۳$^{n.s}$	۰/۴۰۱$^{n.s}$	۵/۱۳۱**	۴/۳۰۷**	۰/۸۶۲$^{n.s}$	۱/۸۰۲$^{n.s}$

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد *: معنی‌دار در سطح ۵ درصد $^{n.s}$: معنی‌دار نیست

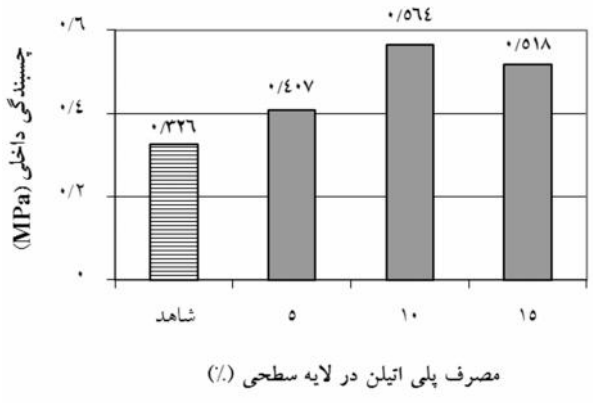


شکل ۱- اثر مقدار مصرف پلی‌اتیلن بر مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته

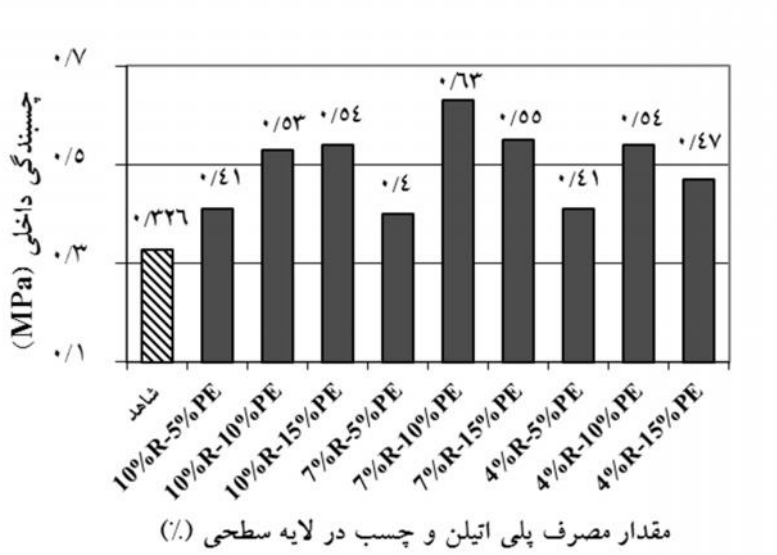


شکل ۲- اثر متقابل مقدار مصرف چسب و پلی‌اتیلن بر مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته

نتایج نشان داد که در شرایط استفاده از ۵ درصد پلی‌اتیلن، حداقل و استفاده از ۱۰ درصد پلی‌اتیلن، حداکثر چسبندگی داخلی به‌دست آمده است. بااین‌حال به‌طوری‌که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد در شرایط استفاده از پلی‌اتیلن در تخته‌های ساخته‌شده، چسبندگی داخلی نسبت به نمونه شاهد بهبود یافته است.

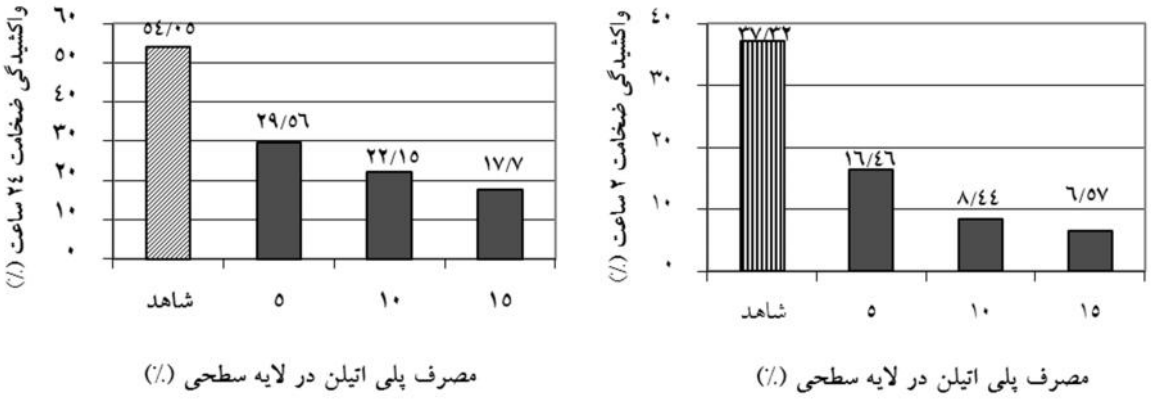


شکل ۳- تأثیر مقدار مصرف پلی‌اتیلن بر چسبندگی داخلی

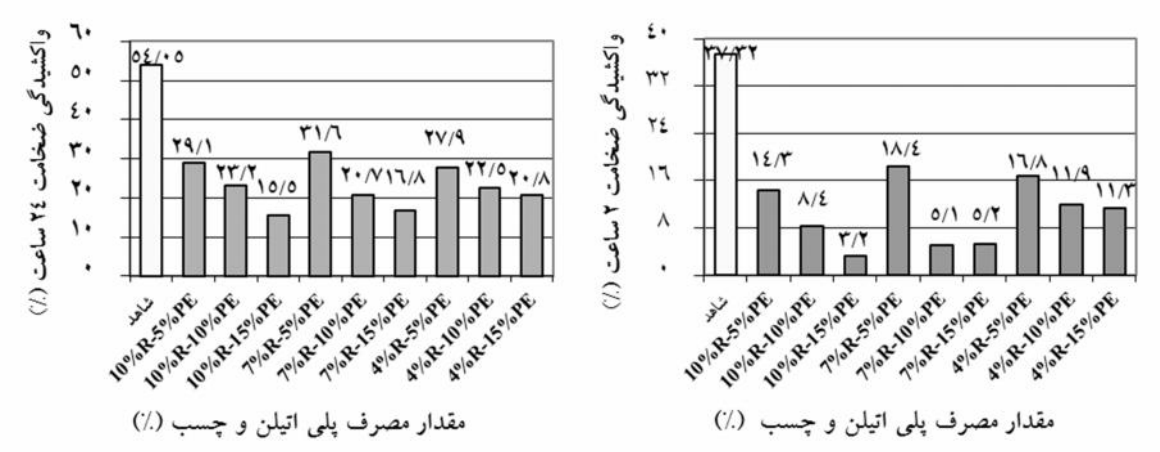


شکل ۴- اثر متقابل مقدار مصرف چسب و پلی‌اتیلن بر چسبندگی داخلی

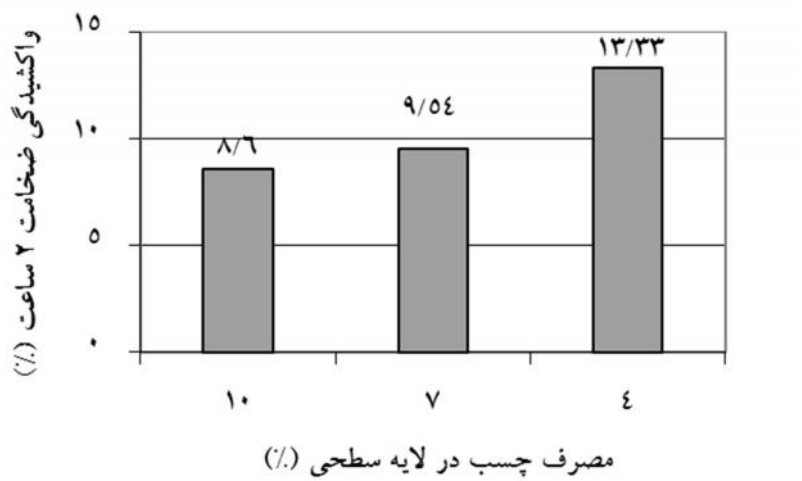
نتایج همچنین نشان داد با افزایش مقدار مصرف پلی‌اتیلن، واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت تخته‌ها بهبود یافته است. به‌طوری‌که در شکل ۵ مشاهده می‌گردد در شرایط استفاده از مقدار ۵ درصد پلی‌اتیلن، تخته‌ها حداکثر و در شرایط استفاده از مقدار ۱۰ و ۱۵ درصد مصرف پلی‌اتیلن، حداقل واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت را نشان داده‌اند. به‌طوری‌که با مقایسه میانگین واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت تخته‌های شاهد که با مصرف ۱۰ درصد چسب در لایه سطحی و بدون کاربرد پلی‌اتیلن ساخته‌شده بودند (۳۷/۳۲ درصد) با میانگین واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت تخته‌های دارای ۱۵ درصد پلی‌اتیلن (۶/۵۷ درصد)، ملاحظه می‌گردد که با کاربرد پلی‌اتیلن تا حدود ۴۷۰ درصد در واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت تخته‌های ساخته‌شده کاهش دیده می‌شود.



شکل ۵- تأثیر مقدار مصرف پلی‌اتیلن بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت



شکل ۶- اثر متقابل مصرف چسب و پلی‌اتیلن بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت

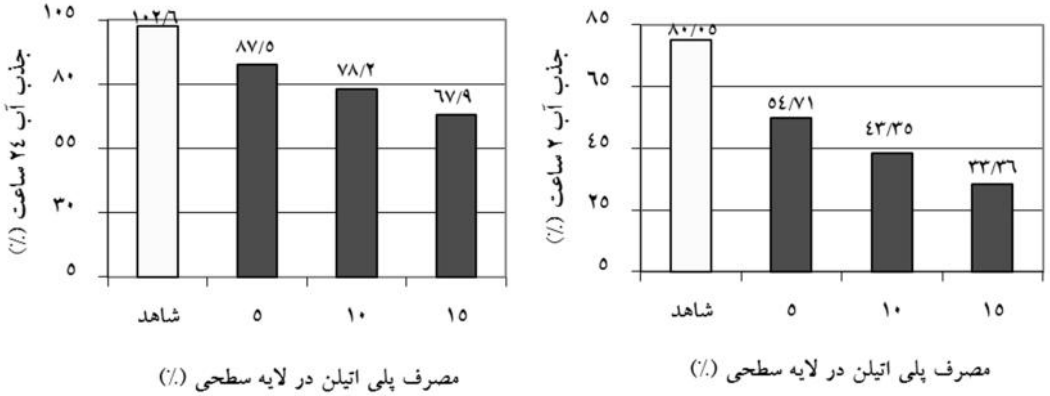


شکل ۷- اثر مستقل مقدار مصرف چسب بر واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت

بااین‌حال در تأثیر متقابل مقدار مصرف چسب و پلی‌اتیلن بر واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت تخته‌ها مشاهده می‌گردد که حداقل واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت در شرایط مصرف چسب ۱۰ درصد و ۱۵ درصد پلی‌اتیلن بازیافتی به‌دست آمده است (۳/۲ درصد) و این نشان می‌دهد که واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت تخته‌های ساخته‌شده در این شرایط کمتر از ۱۰ درصد تخته‌های شاهد می‌باشد. زیرا در این حالت حداکثر کیفیت اتصال بین ذرات خرده چوب توسط ذرات چسب و پلی‌اتیلن بازیافتی ایجاد شده است.

همچنین تأثیر متقابل مقدار مصرف چسب و پلی‌اتیلن در لایه سطحی تخته‌ها بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت تخته‌ها معنی‌دار بوده است و در شرایط استفاده از مقدار ۱۰ درصد چسب و ۱۵ درصد پلی‌اتیلن، مقدار واکشیدگی ضخامت تخته‌ها حداقل و در شرایط استفاده از ۷ درصد چسب و ۵ درصد پلی‌اتیلن، حداکثر بوده است. در شکل ۶ میانگین‌های به‌دست آمده برای واکشیدگی ضخامت تخته‌ها در شرایط مختلف مصرف چسب و پلی‌اتیلن و همچنین تخته‌های شاهد قابل مشاهده می‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر مقدار مصرف پلی‌اتیلن بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت تخته‌های ساخته‌شده نشان داد که با افزایش مقدار مصرف پلی‌اتیلن، جذب آب تخته‌ها بهبود یافته است و حداقل آن در مقدار مصرف ۱۵ درصد پلی‌اتیلن حاصل شده است. به‌طوری‌که با مقایسه میانگین جذب آب ۲ ساعت تخته‌های شاهد که با مصرف ۱۰ درصد چسب در لایه سطحی و بدون کاربرد پلی‌اتیلن ساخته‌شده بودند (۸۰/۰۵ درصد) با میانگین جذب آب ۲ ساعت تخته‌های ساخته‌شده با مصرف ۱۵ درصد پلی‌اتیلن (۳۳/۳۶ درصد)، ملاحظه می‌گردد که با کاربرد پلی‌اتیلن تا حدود ۵۸ درصد کاهش در جذب آب ۲ ساعت تخته‌های ساخته‌شده دیده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌گردد در شرایط استفاده از مقدار ۵ درصد پلی‌اتیلن، جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت تخته‌ها به حداکثر و در شرایط استفاده از مقدار ۱۵ درصد مصرف پلی‌اتیلن، به حداقل مقدار رسیده است. بااین‌حال در شرایط استفاده از هر ۳ سطح مصرف پلی‌اتیلن، مقدار جذب آب تخته‌ها نسبت به نمونه‌های شاهد از کاهش چشمگیری برخوردار بوده است.



شکل ۸– تأثیر مقدار مصرف پلی‌اتیلن بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش مصرف پلی‌اتیلن بازیافتی در لایه سطحی تخته‌ها، مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته افزایش یافته است و بالاترین مقدار آن در تخته‌های حاوی ۱۵ درصد پلی‌اتیلن مشاهده شد. در واقع کاربرد پلی‌اتیلن بازیافتی در لایه سطحی باعث می‌گردد چسبندگی و اتصال بین ذرات خرده چوب که توسط چسب ایجاد شده است به‌وسیله این ماده تقویت‌شده و فشردگی و یکنواختی سطح تخته‌ها افزایش یابد که موجب افزایش و بهبود مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته می‌شود. البته کاهش مصرف چسب به ۴ درصد تا حدود زیادی می‌تواند از مقاومت اتصال و مقاومت خمشی تخته‌ها بکاهد ولی افزایش مصرف پلی‌اتیلن بازیافتی از ۵ به ۱۵ درصد این ضعف را پوشش داده و با ایجاد یک اتصال کارآمد و کپسوله کردن ذرات خرده چوب به تقویت اتصال خرده چوب‌ها کمک کرده و افزایش مقاومت خمشی را موجب شده است. با مقایسه میانگین مقاومت خمشی حاصل از تخته‌های شاهد که بدون کاربرد پلی‌اتیلن ساخته‌شده بودند (۱۳/۴۶ مگاپاسکال) با میانگین مقاومت خمشی تخته‌های حاوی ۱۵ درصد پلی‌اتیلن (۲۱/۴۶ مگاپاسکال)، ملاحظه می‌گردد که با کاربرد پلی‌اتیلن تا حدود ۵۹ درصد افزایش در مقاومت خمشی تخته‌ها دیده می‌شود. Yu-He Deng و همکاران (۲۰۰۰) نیز نتایج مشابهی را از تحقیقاتشان به‌دست آورده‌اند. از سوی دیگر در تأثیر متقابل مقدار مصرف چسب و پلی‌اتیلن بر مقاومت خمشی ملاحظه شد که بالاترین مقدار مقاومت خمشی تخته‌ها در شرایط استفاده از ۴ درصد

چسب و ۱۵ درصد پلی‌اتیلن در لایه سطحی و به مقدار ۲۳/۵۵ مگاپاسکال حاصل شده است که نشان می‌دهد با وجود کاهش مصرف چسب در لایه سطحی، مقاومت خمشی تخته‌ها بهبود یافته است. با توجه به اینکه پلی‌اتیلن با آب سازگاری نداشته و هرچقدر از مقدار رطوبت کیک خرده چوب کاسته شود، پلی‌اتیلن اتصالات بهتری برقرار می‌کند، کاهش مصرف چسب و به دنبال آن کاهش مقدار آب باعث می‌گردد مقاومت خمشی تخته‌ها با وجود کاهش مصرف چسب با افزایش نسبی روبرو گردد. در این رابطه نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده توسط Baoguo و همکارانش در سال ۲۰۰۷ بر روی امکان استفاده از پلی‌اتیلن در ساخت تخته خرده چوب نیز نشان داده است که با افزودن ۲۰ درصد پلی‌اتیلن و کاهش چسب ایزوسیانات مصرفی می‌توان تخته‌هایی با خواص مکانیکی و مقاوم به آب بالاتر تولید کرد. همچنین تحقیقات Mura (۲۰۰۱) نتایج مشابهی را نشان داده است.

نتایج نشان داد که حداقل و حداکثر چسبندگی داخلی به‌ترتیب در تخته‌های دارای پلی‌اتیلن بازیافتی ۵ و ۱۰ درصد به‌دست آمده است. با توجه به اینکه کاربرد پلی‌اتیلن بازیافتی در لایه سطحی تخته‌ها باعث می‌گردد نحوه انتقال حرارت از سطح به لایه میانی تخته‌ها تا حدود زیادی دچار تغییرات شود، از این‌رو در شرایط مصرف ۱۰ درصد پلی‌اتیلن، مقدار چسبندگی داخلی تخته‌ها در حد مطلوبی قرار گرفته است و این نشان می‌دهد با وجود اینکه در لایه میانی تخته‌ها از پلی‌اتیلن استفاده نشده است ولی مقدار مصرف آن در لایه سطحی کیک خرده چوب بر مقاومت اتصال ذرات خرده چوب لایه میانی مؤثر بوده است. از سوی دیگر هرچند که با افزایش مصرف پلی‌اتیلن از ۱۰ به ۱۵ درصد از چسبندگی داخلی تخته‌ها کاسته شده است ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. تحقیقات Dimakis و همکاران (۲۰۰۶) و همچنین Mohebby و همکاران (۲۰۱۰) که به‌منظور بهبود خواص تخته فیبر دانسیته متوسط انجام شده است نتایج فوق را مورد تأیید قرار می‌دهد.

نتایج نشان داد با کاهش مقدار مصرف چسب به‌ویژه به سطح ۴ درصد، به دلیل کاهش سطح اتصالات ایجاد شده توسط چسب بین ذرات خرده چوب در لایه سطحی باعث افزایش واکشیدگی ضخامت شده است. از سوی دیگر نتایج نشان داد با افزایش مقدار مصرف پلی‌اتیلن بازیافتی در لایه سطحی تخته‌ها، واکشیدگی ضخامت به‌نحو معنی‌داری بهبود یافته است. در واقع کاربرد پلی‌اتیلن بازیافتی در لایه سطحی تخته‌ها باعث می‌گردد چسبندگی و اتصال بین ذرات خرده چوب که توسط چسب ایجاد شده است به‌وسیله این ماده تقویت‌شده و فشردگی و یکنواختی سطح تخته‌ها افزایش یابد که تمام این عوامل موجب بهبود اتصالات بین ذرات چوب می‌گردد و متعاقب آن واکشیدگی ضخامت تخته‌ها کاهش می‌یابد. نتایج همچنین نشان داد با افزایش مقدار پلی‌اتیلن در لایه سطحی، جذب آب تخته‌ها کاهش یافته است و حداقل مقدار آن در تخته‌های حاوی ۱۵ درصد پلی‌اتیلن مشاهده شد. در واقع کاربرد پلی‌اتیلن در لایه سطحی باعث می‌گردد چسبندگی و اتصال بین ذرات خرده چوب که توسط چسب در مراحل اولیه دوره پرس ایجاد شده است با کپسوله شدن ذرات خرده چوب تقویت شده و با ایجاد یک سطح دارای پوشش ضد آب و رطوبت تا حدود زیادی از جذب آب تخته‌ها کاهش یابد. البته نتایج مشابهی نیز از بررسی‌های Borysiuk و همکاران (۲۰۱۱) بر روی امکان استفاده از ضایعات پلیمری در ساخت تخته خرده چوب حاصل شده است.

با توجه به تأثیر مثبت افزودن پلی‌اتیلن بازیافتی بر خواص تخته خرده چوب به‌ویژه خواص فیزیکی آنها، امکان کاربرد پلی‌اتیلن بازیافتی در تولید تخته خرده چوب با ویژگی‌های بالاتر از سطح استاندارد با وجود هزینه تولید بیشتر، به دلیل قابلیت کاربرد وسیع‌تر و مقاوم‌تر بودن محصول تولیدی وجود دارد. از این‌رو با توجه به انباشت روزافزون ضایعات مواد پلیمری از یکسو و نتایج مطلوب حاصل شده در این بررسی از سوی دیگر، یکی از بهترین راهکارها برای کاهش پسماندهای پلیمری و تولید محصولاتی با ارزش افزوده بالا، به‌کارگیری آنها در تولید

تخته خرده چوب می‌باشد که با دارا بودن مزایای مختلف، از توجیه علمی، اقتصادی و صنعتی برخوردار هستند.

منابع مورد استفاده

-Ayrilmis, N.; Candan, Z. and Hiziroglu, S., 2008. Physical and mechanical properties of cardboard panels made from used beverage carton with veneer overlay. Material and Design 29: 1897-1903.

-Baoguo LI.; Zhongli P. and Yi Zh., 2007. Properties of medium density composite particleboard from creeping wild rye and HDPE plastic., 2007 ASAE Annual Meeting 076218.

-Borysiuk, P.; Zbiec, M.; Boruszewski, P.; Maminski, M.; Grzeskiewicz, M. and Jenczyk, T., 2011. Flat-pressed wood plastic composites mechanical and physical properties and machining capabilities. Proceedings of The International Panel Products Symposium 2011. 227-231.

-Deng, Y. and Furuno, T., 2000. Properties of gypsum particleboard reinforced with polypropylene fiber. Wood Sci. Journal 47(4): 445-450.

-Dimakis, A.; Brightwell, L.; Kems, J.; Neogi, A.; Robak, G.; Schulner, T. and Smith, JE., 2006. Reinforced wood product and methods for reinforcing a wood product. United States Patent no. 20060127633.

-European Standard EN 310, 1996. Wood based panels, determination of modulus of elasticity in bending and bending strength. European Standardization Committee, Brussell.

-European Standard EN 312, 2003. Particleboards specifications, requirements for general purpose boards for use in general conditions. European Standardization Committee, Brussell.

-European Standard EN 317, 1996. Particleboards and fiberboards, determination of swelling in thickness after immersion. European Standardization Committee, Brussell.

-European Standard EN 319, 1996. Wood based panels, determination of tensile strength perpendicular to plane of the board. European Standardization Committee, Brussell.

-European Standard EN 326-1: 1993. Wood based panels, Sampling, cutting and inspection. Sampling and cutting of test pieces and expression of test results.

-Malcolm, HD., 1992. Reinforced fiberboard. British patent. GB2248246.

-Mohebby, B.; Tavassoli, F. and Kazemi-Najafi S., 2010. Mechanical properties of medium density fiberboerd reinforced with metal and woven synthetic nets. Journal of Wood Prod. DOI 10.1007/s00107-010-0412-3.

-Muehl, J.; Krzysik, A.; Chow, P., 2004. Composite panels made with biofiber or office wastepaper bonded with thermoplastic and/or thermosetting resin. U,S. Department of Agriculture, Forest Service,Forest Product Laboratory,Volume 294 of Research Note FPL.

-Mura, IJ. and Mura, I., 2001. Reinforced particleboard and method for manufacturing thereof. World Intellectual Property Organization. Patent no: WO/2001/081056.

-Murathan, A. and Gurum-Balbas, M., 2006. Manufacturing low density boards from waste cardboards containing aluminium. Materials and Design 28: 2215-2217.

-Kargarfard, A., 2011. The effect of wood particles type and coupling agent content on properties of composites from recycled polypropylene and eucalyptus wood. Journal of Forest and Wood Products, Volume 64,No.1,55-64

Utilization of recycled polyethylene for modification of physical & mechanical properties particleboard

A. Kargarfard[1*], A. Nourbakhsh[2] and F. Golbabaei[3]

1*- Corresponding author, Associate Prof., Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: a_kargarfard@yahoo.com
2-Associate Prof., Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3- M.Sc., Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: June, 2015 Accepted: June, 2016

Abstract

The aim of this study has been the utilization of recycled polyethylene for modification of physical and mechanical properties of particleboard. Therefore, three levels of resin content (10, 7 and 4%) and three levels of recycled polyethylene (content 5, 10 and 15% in surface layer of mat) were used in particleboard production.. Also three boards with 10% resin content in surface layer and without polyethylene were produced as control samples. The physical and mechanical properties of boards were measured and analyzed. The results of this study indicated that with increasing the recycled polyethylene content, the MOR, MOE and thickness swelling of boards were improved significantly and the boards with 15% recycled polyethylene compared to control boards showed 59 and 53% improvement respectively. Also the results revealed that the water absorption of boards decreased with increasing the recycled polyethylene content, and the minimum water absorption was observed in the boards with 15% recycled polyethylene. Based on the results of this research and considering the increasing of polymeric residues in the environment, the utilization of recycled polyethylene in particleboard production provide multiple advantages.

Key words: Particleboard, recycled polyethylene, resin content, physical and mechanical properties.