امکان استفاده از پلی‌استایرن در ساخت تخته‌خرده‌چوب [1,2]

علی اکبر عنایتی [3] علیرضا مرصاد [4]

چکیده

برای بررسی امکان استفاده از ضایعات پلی‌استایرن در ساخت تخته‌خرده‌چوب، تخته‌های آزمونی یک لایه با جرم مخصوص kg/m^3 ٦٠٠ و ضخامت ١٤ میلی‌متر با توجه به تیمارهای مقدار چسب در پنج سطح (٠، ٢/٥، ٥/٥ و ١٠ درصد) و مقدار پلی‌استایرن در پنج سطح (٠، ٥، ١٠، ١٥ و ٢٠ درصد) ساخته شدند. پس از انجام تعادل رطوبتی تخته‌های آزمونی در شرایط استاندارد (در٢٠ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٦٥ درصد)، خواص فیزیکی (جرم مخصوص، درصد جذب آب و واکشیدگی ضخامت) و خواص مکانیکی (مقاومت به خمش استاتیک، مدول الاستیسیته و مقاومت برشی) آنها اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که افزایش مقدار چسب موجب بهبود کلیه خواص مکانیکی و فیزیکی اندازه‌گیری شده گردیده است. مصرف مقادیر مختلف پلی‌استایرن بر خواص مکانیکی تخته‌ها (به استثنای مقاومت برشی) اثر مثبت نشان می‌دهد، به‌طوری‌که افزایش مقدار پلی‌استایرن موجب افزایش این مقاومت‌ها شده و تفاوت بین آنها معنی‌دار است. به‌علاوه، افزایش مقدار پلی‌استایرن به بهبود کلیه خواص فیزیکی مورد اندازه‌گیری تخته‌های آزمونی منجر شده است. در بین تیمارهای مختلف، هرچند تخته‌های ساخته‌شده با مقدار ١٠ درصد چسب، به‌همراه ١٥ و ٢٠ درصد پلی‌استایرن دارای بهترین خواص فیزیکی و مکانیکی بودند، ولی بین خواص فیزیکی و مکانیکی این تخته‌ها و تخته‌های ساخته‌شده با مقدار ٥ درصد چسب و ٢٠ درصد پلی‌استایرن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. علاوه بر این، تفاوت ویژگی‌های کیفی این تخته‌ها و تخته‌های تیمار شاهد معنی‌دار نبوده است. این بررسی نشان می‌دهد که با مصرف مقدار ٥ درصد چسب اوره – فرم آلدیید به همراه ٢٠ درصد پلی‌استایرن (مناسب‌ترین تیمار در این بررسی) ضمن حفظ کیفیت تخته‌خرده‌چوب، میزان مصرف چسب نیز به مقدار زیادی کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تخته‌خرده‌چوب، پلی‌استایرن، چسب، اوره – فرم آلدیید، خواص فیزیکی و مکانیکی و صنوبر

١- تاریخ دریافت : ٧٩/٦/٢١ ، تاریخ تصویب نهایی: ٨٠/٦/٢٦

٢- این تحقیق با استفاده از اعتبار مالی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران انجام شد ه است

٣- دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

٤- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب

مقدمه

تخته‌خرده‌چوب از جمله فراورده‌های چوب است که حدود ۹۰ درصد جرم آن از خرده‌های چوب و باقیمانده از چسب و مواد افزودنی تشکیل شده است.

با وجود اینکه چسب مصرف‌شده در ساختار تخته‌خرده‌چوب به‌طور متوسط ۱۰ درصد جرم آن را تشکیل می‌دهد، اما این مقدار اثر بسیار زیادی بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی این فراورده دارد. به‌علاوه، به‌دلیل بالا بودن هزینه تولید چسب‌های مورد استفاده در صنایع تخته‌خرده‌چوب که اغلب از نوع گرماسخت و شامل اوره – فرم آلدیید، ملامین – فرم آلدیید، فنل – آلدیید و رزسینول – فرم آلدیید هستند، علی‌رغم میزان مصرف کم آنها، در حدود ۵۰ درصد هزینه‌های ساخت تخته‌خرده‌چوب را به خود اختصاص می‌دهند (۱۴).

بالا بودن هزینه‌های تولید این نوع چسب‌ها از یک طرف و انتشار گازهای سمی به هنگام فشردن تشک خرده‌چوب و ساخت تخته‌خرده‌چوب و نیز در زمان مصرف از سوی دیگر، فکر استفاده از انواع مواد جایگزین را به‌دنبال داشته است. از جمله موادی که طی دهه گذشته و به سبب ویژگی‌های منحصر به‌فرد و متنوع مورد توجه قرار گرفته‌اند، پلیمرهای گرمانرم هستند که در تمامی صنایع کاربرد زیادی پیدا کرده‌اند. مقدار مصرف پنج پلیمر شامل پلی‌اتیلن با جرم مخصوص کم، پلی‌پروپیلن، پلی‌وینیل کلراید و پلی‌استایرن در مجموع و در سطح جهانی در سال‌های ۱۹۸۱، ۱۹۹۰ و ۱۹۹۵ به ترتیب ۱۱/۵، ۱۹/۵ و ۵۰/۷ میلیون تن بوده است (۷).

بالا بودن میزان مصرف پلیمرهای گرمانرم* از یک طرف و افزایش قیمت مواد اولیه، بالا بودن هزینه‌های تبدیل و ساخت و نیز بروز مشکلات زیست محیطی ناشی از پس‌ماندهای این پلیمرها از سوی دیگر، بازیابی آنها را که از نظر اقتصادی نیز دارای توجیه است، اجتناب‌ناپذیر می‌کند (۶).

توجه به امر بازیابی پس‌ماندهای پلیمرهای گرمانرم به‌منظور حل مشکلات زیست‌محیطی و داشتن توجیه اقتصادی این اقدام، همچنین فکر امکان استفاده از پس‌ماند پلیمرهای گرمانرم (که دارای خواص متفاوت و منحصر به فردند) به‌عنوان جایگزین چسب مصرفی در فراورده‌های مرکب چوبی، انجام پژوهش‌های زیادی را به‌دنبال داشت.

مایتی[۱] و همکاران (۱۹۸۶)، مقاومت کششی، مقاومت به ضربه و سختی تخته‌های ناشی از ترکیب پلی‌اتیلن سنگین و الیاف خام چوب را اندازه‌گیری و نتیجه‌گیری کردند که الیاف خام چوب به‌عنوان فیلر پلی‌اتیلن به هنگامی‌که مقاومت به ضربه اهمیت چندانی ندارد، به‌طور موثری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. به‌علاوه فیلرهای کوچک در مقایسه با فیلرهای بزرگ، ارجح هستند. ریجو[۲] (۱۹۸۸) اثر افزایش درصد چسب (۶-۱۰ درصد) و جرم مخصوص تخته‌خرده‌چوب (kg/m^3 ۴۵۰ - ۷۵۰) را بررسی کرد. نتایج نشان دادند که افزایش مصرف چسب به مقدار بیش از ۸ درصد فقط در جرم مخصوص بیش از kg/m^3 ۶۰۰ موجب بهبود خواص مکانیکی تخته‌ها شده است. یام[۳] و همکاران

*در حال حاضر ۱۰ درصد کل زباله‌های جامد شهری از انواع پلاستیک است و ۸۳ درصد آنها را پلاستیک های گرمانرم تشکیل می‌دهند

۱- Maiti
۲- Rijo
۳- Yam

(١٩٩٠) از ترکیب الیاف خالص چوب صنوبر و پلی‌اتیلن با جرم مخصوص زیاد (PEhd) بازیافت شده از بطری‌های شیر، تخته‌های چندسازه تهیه و اثر پیش‌تیمار الیاف، شکل پیچ و دمای محیط بر روی ویژگی‌های آنها را مورد بررسی قرار دادند. هان[١] (١٩٩٢) با اضافه کردن الیاف روزنامه (تا ٥٠ درصد جرم پلاستیک) به مخلوط پلاستیک‌های ذوب‌شده پلی‌استایرن، پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن، نشان داد که فراورده به‌دست آمده نسبت به فراورده فاقد الیاف افزودنی استحکام بیشتری دارد. وی نشان داد که هیچ واکنش شیمیایی بین اجزای متفاوت این مخلوط وجود ندارد.

یانگ‌کوایست[٢] و همکاران (١٩٩٢) بر روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده از چوب و الیاف مصنوعی (پلی‌استر و پلی‌پروپیلن) به همراه چسب فنل تحقیق نموده و نتیجه گرفتند که خواص مورد بررسی با افزایش جرم مخصوص و تغییر ترکیب از چوب-پلی‌استر به چوب خالص و از پلی‌پروپیلن به چوب و پلی‌استر و چسب فنل، افزایش می‌یابند. ساکورای[٣] و همکاران (١٩٩٣) تخته‌هایی از مخلوط ذرات چوب و پس‌ماندهای پلی‌اتیلن را در دمای پرس بین ١١٠-١٣٠ درجه سانتی‌گراد قرار دادند و دریافتند که مقاومت خمشی تخته‌ها با افزایش مقدار ذرات چوب افزایش می‌یابد، ولی مقاومت داخلی تخته‌ها تغییر نمی‌کند. به‌علاوه، وجود رطوبت در ذرات چوب، مقاومت داخلی خوبی به تخته‌های تهیه شده می‌دهد. الیس[٤] و همکاران (١٩٩٣) امکان ساختن مواد چندسازه چندلایه از دفاتر تلفن بازیافتی و پودر پلاستیک (پلی‌اتیلن بازیافتی از ساک‌های خرید) با نسبت ٢:١ را مورد مطالعه قرار دادند. تخته‌های به‌دست آمده دارای کیفیت مشابه کیفیت تخته‌خرده‌چوب رایج بودند، ولی حساسیت بیشتری در مقابل آب از خود نشان دادند.

یانگ کوایست و همکاران (١٩٩۴) ساخت تخته‌خرده‌چوب با استفاده از چوب و پلاستیک‌های بازیافتی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که می‌توان از انواع مختلف پس‌ماندهای چوبی، کاغذ باطله و پلاستیک در ساخت تخته‌های مرکب استفاده کرد.

سرزارع (١٣٧٥) در تحقیقی امکان استفاده از پس‌ماندهای پلی‌اتیلن در ساخت تخته‌خرده‌چوب با استفاده از چوب صنوبر را در شرایطی که جرم مخصوص تخته‌ها $0/7\ g/cm^3$ بود، بررسی کرد، نتایج به‌دست آمده نشان داد که در دمای پرس ١٩٠ درجه سانتی‌گراد و زمان پرس ٥ دقیقه، با افزایش پلی‌اتیلن تا حد ٥ درصد مقاومت مکانیکی و با مقدار پلی‌اتیلن ٢٠-١٥ درصد پایداری ابعاد تخته‌خرده‌چوب افزایش می‌یابد.

لیانگ[٥] و همکاران (١٩٩۴) ساخت مواد چندسازه از ضایعات شهری را مورد بررسی قرار داده و دریافتند که در درصدهای بالای الیاف نسبت به پلیمر، پلی‌استایرن / پلی‌متا اکریلیت اسید (PS-PMAA) بر روی افزایش مدول الاستیسیته مقاومت کششی تخته‌ها بیشترین اثر را دارد.

شهریاری (١٣٧۶) تاثیر دو عامل مقدار چسب و فشار پرس را روی ویژگی‌های

١- Hon
٢-Youngquist
٣- Sakurai
٤-Ellis
٥- Liang

تخته‌خرده‌چوب ساخته‌شده با ۰، ۱۵ و ۲۰ درصد پلی‌اتیلن مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که افزایش مقدار چسب و فشار پرس موجب بهبود، و افزایش مقدار پلی‌اتیلن سبب کاهش مقاومت‌های مکانیکی تخته‌ها می‌شود. ضمن اینکه واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته‌ها کاهش می‌یابد.

اکسمن[۱] (۱۹۹۴) خواص مواد چندسازه حاصل از پلی‌اتیلن خطی با جرم مخصوص کم (LLDPE) و آرد چوب (WF) را بررسی کرد و برای یافتن بهترین سازگارکننده، چهار نوع از این مواد را مورد بررسی قرار داد. بعلاوه وی (۱۹۹۷) خواص مواد چندسازه حاصل از پلیمرهای گرمانرم و پودر چوب را نیز بررسی کرد. به‌منظور بهبود چسبندگی بین پلیمر گرمانرم و غیرقطبی و پودر چوب آبدوست و قطبی، از استایرن، اتیلن / بوتیلن و استایرن اصلاح‌شده با انیدرید مالئیک به‌عنوان سازگارکننده استفاده شد. نتایج نشان داد که مواد فوق به‌عنوان اصلاح‌کننده مقاومت به ضربه عمل می‌کنند.

بوگلین[۲] و همکاران (۱۹۹۷) امکان ساخت تخته‌های چندسازه‌ای از خاک اره چوب بلوط و باقیمانده خرده‌چوب سوزنی‌برگان با استفاده از پلیمرهای گرمانرم را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که تخته‌های چندسازه سردشده در پرس نسبت به تخته‌های سردشده در خارج از پرس، کیفیت بهتری دارند. ضمن اینکه تخته‌های ساخته‌شده از چوب سوزنی‌برگان و پلی‌وینیل کلراید دارای مقاومت خمشی بیشتر و چسبندگی داخلی آنها برابر با مقادیر مشابه در تخته‌خرده‌چوب تجارتی بوده است. همچنین مقدار واکشیدگی ضخامت کمتر و جذب آب بیشتری نسبت به آنها داشتند.

در نظر گرفتن نتایج تحقیقات انجام شده بر روی کاربرد پلیمرهای گرمانرم مختلف در ساخت مواد چندسازه از طرفی (۱) و افزایش میزان مصرف انواع پلیمر در ایران (۲۴۰ میلیون کیلوگرم درسال ۱۳۷۶) از سوی دیگر (۳)، سبب شد تا امکان کاربرد پلیمرهای گرمانرم مختلف در ساخت تخته‌خرده‌چوب مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا، بررسی حاضر به‌منظور جایگزین‌کردن پس‌ماندهای پلی‌استایرن به جای چسب‌های متداول مصرفی و کاهش هزینه‌های ساخت تخته‌خرده‌چوب انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

خرده‌چوب صنوبر موردنیاز برای این بررسی از کارخانه شهید دکتر باهنر واقع در ۳۰ کیلومتری گرگان تهیه و در همان کارخانه از رطوبت اولیه حدود ۸۰ درصد تا رطوبت نهایی حدود ۱ درصد خشک شد. با استفاده از الک‌هایی به درشتی ۰/۳ و ۶ میلی‌متر، خرده‌چوب‌های با ابعاد مناسب برای ساخت تخته‌های آزمونی جداسازی شدند. از آنجا که ویژگی‌های گونه چوبی و خرده‌چوب مانند ابعاد، پراکنش ریزی و درشتی و pH آنها بر روی خواص فیزیکی، مکانیکی، پایداری ابعاد و کیفیت سطح تخته‌های ساخته‌شده از آنها اثر می‌گذارد، از این رو ریزی و درشتی خرده‌های چوب با استفاده از الک‌های آزمایشگاهی نوع Tyler و pH آنها، بنابر روش Bison quality control 4011 اندازه‌گیری شد.

پلی‌استایرن استفاده‌شده در این بررسی، از نوع ضربه‌پذیر و تولیدشده در کارخانه پتروشیمی

۱- Oksman
۲- Boeglin

تبریز بوده است. پودر پلی‌استایرن مورد نیاز از آسیاب کردن لیوان‌های یک بار مصرف تهیه و برای به‌دست آوردن پودر با ذرات تقریبا یکنواخت، از الک به درشتی ۲ میلی‌متر عبور داده شد. پراکنش ریزی و درشتی ذرات پلی‌استایرن به کمک الک آزمایشگاهی نوع Tyler و بنابر روش Bison quality control 44011 تعیین گردید. برای انجام آزمایش‌های مربوط به تعیین کیفیت تخته‌خرده‌چوب تهیه‌شده از پلی‌استایرن، تخته‌های یک لایه با جرم مخصوص kg/m^3 ۶۰۰، ضخامت ۱۴ میلی‌متر و ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی‌متر با مصرف چسب اوره – فرم آلدیید (پنج سطح ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ ، ۱۰ درصد) و پلی استایرن (پنج سطح ۰، ۵، ۱۵ و ۲۰درصد) و با استفاده از پرس هیدرولیکی نوع Burklela-160 ساخته شدند. مقدار ماده سخت‌کننده (کلرورآمونیوم) یک درصد، زمان پرس ۵ دقیقه، دمای پرس ۲۰۰ درجه‌سانتی‌گراد و فشار حداکثر پرس kp/cm^3 ۲۰ در نظر گرفته شد. پس از یکنواخت‌شدن رطوبت تخته‌ها و کناره‌بری آنها، برای دستیابی به تعادل رطوبتی استاندارد، تخته‌ها به مدت دو هفته در شرایط نرمال $t = ۲۰ \pm ۱$ °C و $RH = \pm ٪۶۵$ قرار گرفتند.

نمونه‌های آزمونی مورد نیاز براساس استاندارد DIN 52360 برای اندازه‌گیری مقاومت به خمش استاتیک، مدول الاستیسیته، واکشیدگی ضخامت و جذب آب و بنابر استاندارد ASTMD1037 برای اندازه‌گیری مقاومت برشی از تخته‌های ساخته‌شده برای هر تیمار تهیه و تا شروع اندازه‌گیری‌ها در شرایط استاندارد نگهداری شدند.

جرم مخصوص و درصد رطوبت نمونه‌های آزمونی، مقاومت به خمش استاتیک و مدول الاستیسیته، واکشیدگی ضخامت و جذب آب و مقاومت برشی آنها به ترتیب بنابر استانداردهای DIN 52361 ، DIN 52362، DIN 52364 و ASTMD 1037 اندازه‌گیری و تعیین شدند.

بررسی آماری نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های مربوط به تیمارهای مختلف توسط آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با استفاده از تجزیه واریانس تجزیه و تحلیل شد. گروه‌بندی میانگین نتایج با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت.

نتایج

میانگین نتایج به‌دست آمده از بررسی ریزی و درشتی خرده‌های‌چوب صنوبر و پلی‌استایرن در جدول ۱، pH چوب صنوبر، ویژگی‌های چسب اوره-فرم‌آلدیید و برخی از ویژگی‌های پلی‌استایرن، در جدول ۲ و میانگین نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های مربوط به تیمارهای مختلف در جدول ۳ آورده شده‌اند. بررسی میانگین نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های مربوط به تیمارهای مختلف، وجود تفاوت بین آنها را نشان می‌دهد (جدول ۳). این تفاوت بین کیفیت تخته‌های ساخته‌شده با مقدار کمتر چسب و پلی‌استایرن، از تفاوت موجود بین کیفیت تخته‌های حاوی مقدار بیشتر چسب و پلی‌استایرن افزون‌تر است ضمن اینکه تغییر مقدار پلی‌استایرن در مقایسه با تغییر مقدار چسب

موجب بروز تغییرات منظم‌تری بر روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها می‌شود.

در جدول ۴ مشاهده می‌شود که بین مقاومت به خمش تخته‌های حاوی مقادیر مختلف چسب و پلی‌استایرن، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. ضمن اینکه اثر متقابل مقدار چسب و پلی‌استایرن بر این ویژگی نیز معنی‌دار است. به‌علاوه، بین مقاومت به خمش استاتیک تخته‌های ساخته‌شده با مقدار ۵ درصد چسب و ۲۰ درصد پلی‌استایرن و تخته‌های حاوی ۱۰ درصد چسب و صفر درصد پلی‌استایرن (تخته‌های شاهد) اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. تغییرات مقاومت به خمش تخته‌ها برای مقادیر مختلف چسب و پلی‌استایرن در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- درصد ریزی و درشتی خرده‌های چوب صنوبر و پلی‌استایرن

پلی استایرن		خرده چوب	
درشتی الک (میلی‌متر)	٪	درشتی الک (میلی‌متر)	٪
<۰/٦	۱۳/۳	<۰/٤	۳/٦
>۰/٦	۳٤/۸	>۰/٤	۹/٤
>۱/۰	٤٤/٤	>۱	٦۸/٦
>۱/۷	۷/۵	>۲	۱٦/٤
		>٤	۲/۰

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی خرده‌چوب صنوبر، چسب اوره- فرم آلدیید و پلی‌استایرن

	ویژگی	مقدار
چوب	PH	۵/۷
چسب	جرم مخصوص (g/cm^3)	۱/۲
	ماده جامد (٪)	٤٦
	زمان انعقاد(ثانیه)	۱۰۵
	PH	۵/۸
*پلی‌استایرن	جرم مخصوص(g/cm^3)	۱/۰-۱/۱
	مقاومت کششی (Mpa)	۱۰-٤۸
	مقاومت فشردگی (Mpa)	۲۸-٦۲
	مدول الاستیسیته(Mpa)	$>۳٤\times۱۰^۲$
	مدول برشی (Mpa)	$۱/۲۸\times۱۰^۳$
	جذب آب بعد از ۲٤ ساعت (٪)	۰/۰۵-۰/٦

* ماخذ شماره های ٦، ۷ و ۱۰

جدول ۳- میانگین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های آزمونی تیمارهای مختلف

تیمار	جرم مخصوص (g/cm^3)	رطوبت (%)	مقاومت به خمش (Mpa)	مدول الاستیسیته (Mpa)	مقاومت برشی (Mpa)	جذب آب بعداز.ساعت ۲ ٪	جذب آب بعداز.ساعت ۲۴ ٪	واکشیدگی ضخامت بعداز.ساعت ۲ ٪	واکشیدگی ضخامت بعداز.ساعت ۲۴ ٪
۱**	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۲	۰/۵۱	۵/۱	۲/۸	۴۱۹	۰/۴۶	–	–	–	–
۳ (۱*)	۰/۵۳	۴/۳	۴/۳	۶۵۴	۰/۵۱	–	–	–	–
۴	۰/۵۶	۴/۰	۵/۸	۸۵۳	۰/۶۰	–	–	–	–
۵	۰/۵۸	۳/۸	۷/۷	۱۵۸۳	۰/۷۱	–	–	–	–
۱	۰/۵۷	۴/۴	۷/۹	۱۴۳۳	۱/۸۹	۱۳۳/۵	۱۵۱/۷	۶۵/۰	۷۰/۹
۲	۰/۵۷	۴/۱	۸/۴	۱۸۱۱	۱/۷۳	۱۰۷/۳	۱۲۱/۰	۴۴/۶	۵۶/۰
۳ (۲)	۰/۶۰	۳/۹	۷/۴	۱۹۰۱	۱/۶۲	۱۰۹/۷	۱۲۳/۴	۵۲/۹	۶۲/۲
۴	۰/۵۸	۳/۶	۷/۹	۱۳۲۵	۱/۹۴	۱۱۲/۳	۱۲۵/۱	۴۹/۱	۵۴/۷
۵	۰/۶۰	۳/۴	۸/۷	۱۹۷۲	۲/۲۴	۶۱/۵	۷۵/۸	۳۰/۲	۳۷/۶
۱	۰/۵۶	۴/۵	۱۰/۱	۱۵۲۱	۲/۴۲	۱۰۴/۷	۱۱۸/۷	۴۶/۱	۵۰/۶
۲	۰/۵۷	۴/۱	۱۰/۰	۱۵۳۰	۲/۴۰	۸۴/۳	۹۳/۵	۳۴/۵	۳۸/۴
۳ (۳)	۰/۵۹	۳/۹	۷/۷	۱۶۹۴	۲/۱۲	۸۸/۳	۹۵/۷	۳۸/۰	۴۲/۷
۴	۰/۶۰	۳/۸	۸/۳	۱۶۶۰	۲/۳۹	۷۵/۸	۹۰/۱	۲۸/۹	۳۳/۶
۵	۰/۶۱	۳/۴	۹/۲	۲۰۷۹	۲/۳۸	۵۰/۳	۶۶/۴	۱۷/۱	۱۹/۵
۱	۰/۵۷	۴/۶	۱۱/۰	۱۸۵۳	۲/۵۱	۹۴/۲	۱۰۸/۲	۳۹/۶	۴۳/۷
۲	۰/۵۹	۴/۴	۱۰/۴	۱۷۷۳	۲/۹۴	۷۶/۵	۸۶/۰	۳۲/۲	۳۵/۹
۳ (۴)	۰/۵۹	۴/۱	۹/۱	۱۳۶۸	۲/۳۷	۶۸/۷	۷۸/۴	۲۳/۸	۲۶/۸
۴	۰/۵۸	۴/۰	۹/۴	۱۷۷۰	۲/۵۲	۶۸/۰	۷۳/۷	۲۱/۰	۲۲/۶
۵	۰/۶۱	۴/۰	۹/۴	۲۲۹۸	۲/۴۶	۴۹/۳	۶۳/۸	۱۶/۲	۲۱/۶
۱	۰/۵۸	۴/۵	۱۱/۶	۲۱۵۰	۳/۲۰	۷۹/۶	۸۷/۱	۳۲/۰	۳۴/۸
۲	۰/۶۰	۴/۴	۱۰/۸	۱۶۸۲	۲/۶۰	۷۵/۹	۸۴/۵	۳۰/۴	۳۳/۴
۳ (۵)	۰/۵۸	۴/۱	۱۰/۰	۱۵۸۵	۲/۴۵	۷۴/۱	۸۳/۳	۲۵/۸	۲۹/۲
۴	۰/۵۹	۴/۰	۱۰/۳	۲۳۲۸	۲/۵۸	۶۰/۹	۶۹/۲	۱۷/۹	۱۹/۲
۵	۰/۶۲	۳/۸	۱۱/۰	۱۶۳۵	۲/۲۴	۴۷/۶	۵۶/۱	۱۵/۵	۱۸/۴

- به‌علت فقدان چسب و کمی مقدار پلی‌استایرن عدد اندازه‌گیری نشد.

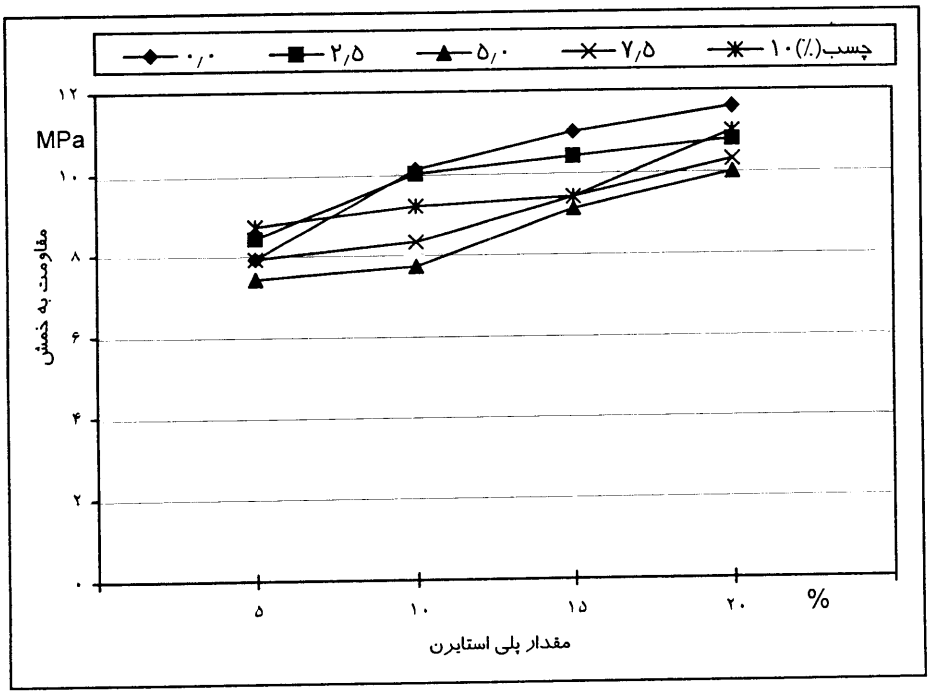
[چسب ٪۱۰ و ۷/۵، ۵، ۲/۵، ۰ = (۵).....(۱)]*

[پلی‌استایرن ٪۲۰ و ۱۵، ۱۰، ۵، ۰=۵.....۱]**

جدول ۴-تجزیه واریانس آزمون مقاومت به خمش استاتیک تخته‌های آزمونی

منبع تغییرات	SS	df	MS	F
اثر مستقل				
A(چسب)	۴۱۷/۴	۴	۱۰۴/۴	۷۰/۲*
B (پلی‌استایرن)	۲۰/۴	۴	۵/۱	۳/۴*
اثر متقابل				
AB	۱۱۰/۴	۱۶	۶/۹	۴/۶۴*

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد



شکل ۱- اثر مقدار چسب و پلی‌استایرن بر روی مقاومت به خمش تخته‌ها

جدول ۵ نشان می‌دهد که اختلاف بین مدول الاستیسیته تخته‌های با مقادیر مختلف چسب (۲/۵-۱۰٪ درصد) و مقادیر مختلف پلی‌استایرن (۵ –۲۰٪) معنی‌دار است. به‌علاوه، مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته‌شده با مقدار چسب ۵ درصد و پلی‌استایرن ۲۰ درصد با مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته‌شده با مقدار چسب ۱۰ درصد و بدون استفاده از پلی‌استایرن (تخته‌های شاهد)، اختلاف معنی‌داری ندارند، هرچند که میانگین این ویژگی در تخته‌های تیمار ذکرشده کمتر از مقدار آن در تخته‌های شاهد است (شکل ۲).

با توجه به جدول ۶، ملاحظه می‌شود که بین مقدار مقاومت برشی تخته‌های حاوی مقدار چسب مختلف (۲/۵ – ۱۰٪) تفاوت معنی‌داری وجود دارد، درحالی‌که مقادیر مختلف پلی‌استایرن تفاوت معنی‌داری را بین مقاومت برشی تخته‌ها موجب نمی‌شود. علاوه‌براین، اثر متقابل چسب و پلی‌استایرن بر روی مقاومت برشی تخته‌های تیمارهای مختلف معنی‌دار نیست. شایان ذکر است که بین مقاومت برشی تخته‌های حاوی ۵ درصد چسب و ۲۰ درصد پلی‌استایرن و تخته‌های ساخته‌شده با مقدار ۱۰ درصد چسب (تخته‌های شاهد) اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود، هر چند میانگین این ویژگی در تیمارهای مورد اشاره تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند (شکل ۳).

جداول ۷ و ۸ نشان می‌دهند که اختلاف بین مقدار جذب آب تخته‌های تیمارهای مختلف بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب معنی‌دار است. اثر متقابل چسب و پلی‌استایرن بر روی میزان جذب آب تخته‌ها نیز معنی‌دار است، به‌طوری‌که با افزایش مقدار این مواد در تخته‌ها، از میزان جذب آب توسط آنها کاسته می‌شود. به‌علاوه بین مقدار جذب آب تخته‌های

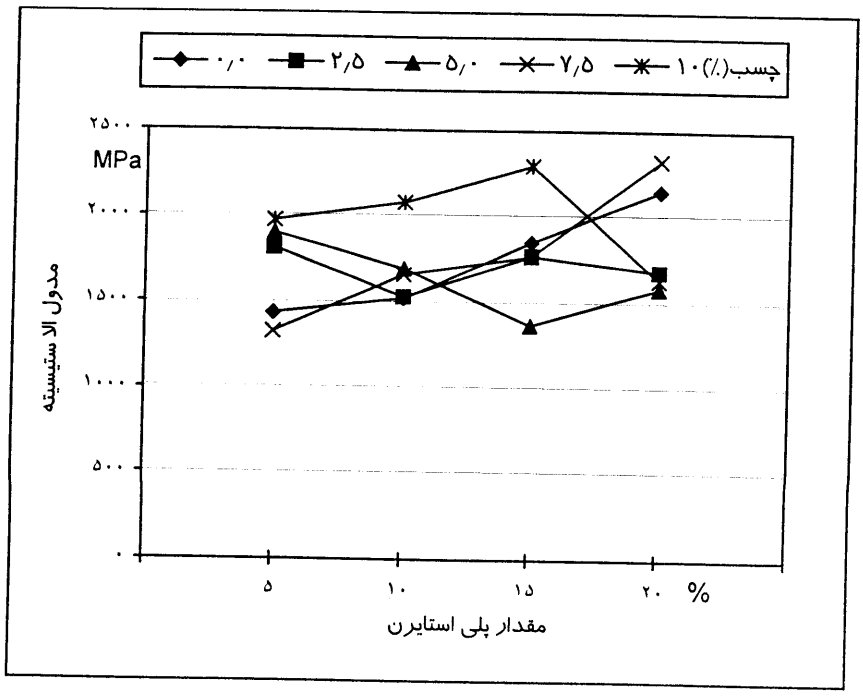
ساخته‌شده با ۵ درصد چسب و ۲۰ درصد پلی‌استایرن و تخته‌های حاوی ۱۰ درصد چسب و بدون پلی‌استایرن (تخته‌های شاهد) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. هرچند میانگین جذب آب تخته‌ها در تیمارهای مذکور با هم اختلاف دارند (شکل ۴).

همان‌طور که در جداول ۹ و ۱۰ دیده می‌شود، بین میزان واکشیدگی ضخامت تخته‌های مربوط به تیمارهای مختلف بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌شود. افزایش میزان چسب و پلی‌استایرن کاهش مقدار این ویژگی را به‌دنبال داشته و اثر متقابل این دو ماده بر روی واکشیدگی ضخامت تخته‌ها معنی‌دار بوده است. این در حالی است که تفاوت موجود بین مقدار واکشیدگی ضخامت تخته‌های حاوی ۵ درصد چسب و ۲۰ درصد پلی‌استایرن و تخته‌های ساخته‌شده با ۱۰ درصد چسب (تخته‌های شاهد) معنی‌دار نیست. تغییرات واکشیدگی ضخامت تخته‌ها برای مقادیر مختلف چسب و پلی‌استایرن در شکل ۵ دیده می‌شود.

جدول۵- تجزیه واریانس آزمون مدول الاستیسیته تخته‌های آزمونی

منبع تغییرات	SS	df	MS	F
اثر مستقل				
A(چسب)	۱۴۰۳۰۲۸۰/۴	۴	۳۵۰۷۵۷۰/۱	۲۰*
B (پلی‌استایرن)	۲۷۲۸۷۲۵/۸	۴	۶۸۲۱۸۱/۱	۳/۹*
اثر متقابل	۸۴۳۱۲۷۵			
AB		۱۶	۳۵۷۵۷۸	۲*

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد

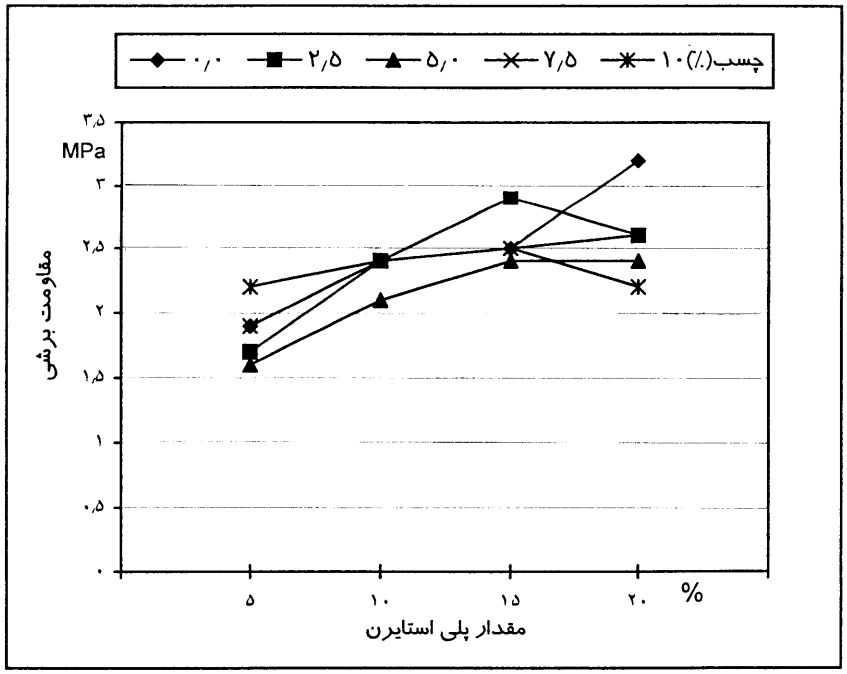


شکل ۲- اثر مقدار چسب و پلی استایرن بر روی مدول الاستیسیته

جدول۶- تجزیه واریانس آزمون مقاومت برشی تخته‌های آزمونی

منبع تغییرات	SS	df	MS	F
اثر مستقل				
A(چسب)	۴۶/۶	۴	۱۱/۷	۱۰۶/۴*
B (پلی‌استایرن)	۰/۴	۴	۰/۱	۰/۹n.s
اثر متقابل				
AB	۲/۹	۱۶	۰/۲	۱/۸n.s

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد ، n.s معنی‌دار نیست



شکل ۳- اثر مقدار چسب و پلی‌استایرن بر روی مقاومت برشی تخته‌ها

جدول۷- تجزیه واریانس آزمون جذب آب تخته‌های آزمونی بعد از ۲ ساعت

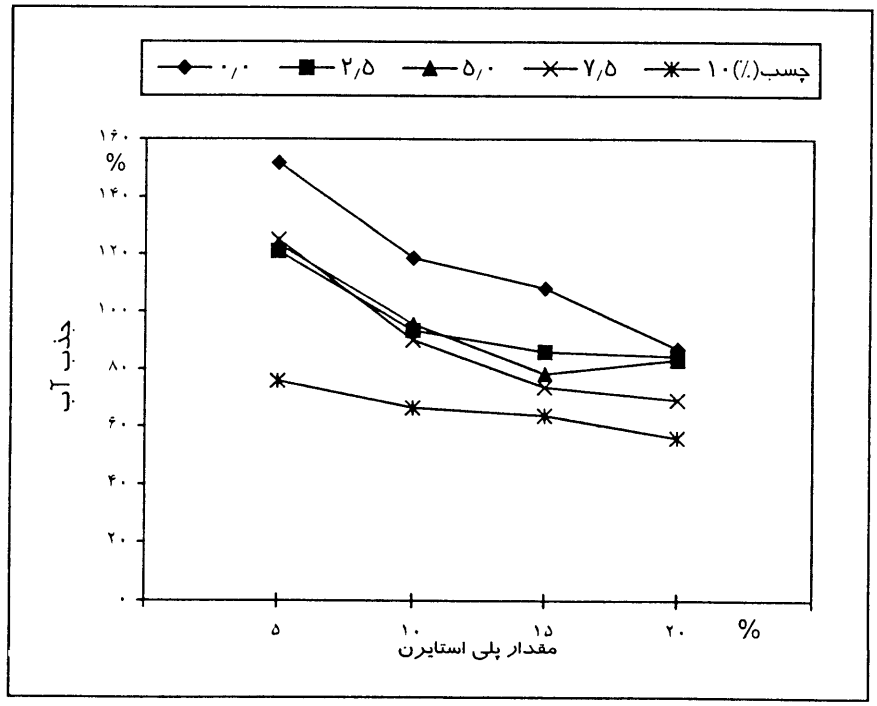
منبع تغییرات	SS	df	MS	F
اثر مستقل				
A(چسب)	۱۸۲۴۱۰/۸	۴	۴۵۶۰۲/۷	۱۲۲۰/۹*
B (پلی‌استایرن)	۱۳۱۷۸/۸	۴	۳۲۹۴/۷	۸۸/۲*
اثر متقابل				
AB	۵۳۲۱/۹	۱۶	۳۳۲/۶	۸/۹*

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد

جدول٨- تجزیه واریانس آزمون جذب آب تخته‌های آزمونی بعد از ۴ ساعت

منبع تغییرات	SS	df	MS	F
اثر مستقل				
A(چسب)	٣١٣٩٢٥/٠	۴	٧٨۴٨١/٣	٢٠۶٨/۴*
B (پلی‌استایرن)	١٢٧۶٥/٢	۴	٣١٩١/٣	٨۴/١*
اثر متقابل				
AB	٥٧٨٣١/١	١۶	٣۶١/۴	٩/٥*

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد



شکل ٤- اثر مقدار چسب و پلی‌استایرن بر روی جذب آب تخته‌ها بعد از ٢٤ ساعت

جدول٩- تجزیه واریانس آزمون واکشیدگی ضخامت تخته های آزمونی بعد از ۲ ساعت

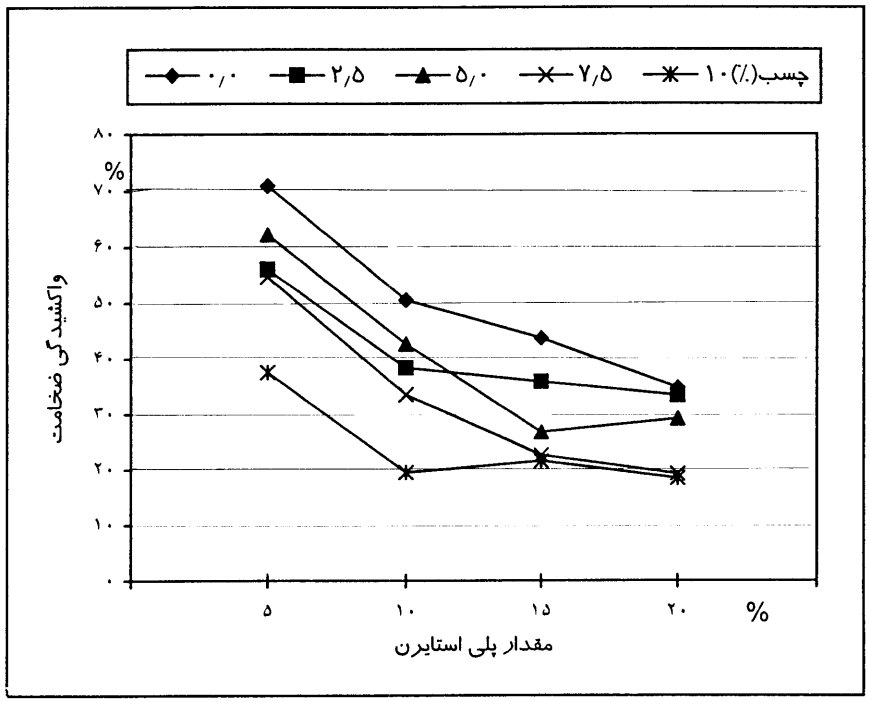
منبع تغییرات	SS	df	MS	F
اثر مستقل				
A(چسب)	٥٩١۶٠/۴	۴	١۴٧٩٠/١	٩۴٣*
B (پلی‌استایرن)	٣۴٥٥/٧	۴	٨۶٣/٩	٥٥/١*
اثر متقابل				
AB	١٥٧٨/۶	١۶	٩٨/٧	۶/٣*

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد

جدول۱۰- تجزیه واریانس آزمون واکشیدگی ضخامت تخته‌های آزمونی بعد از۲۴ ساعت

منبع تغییرات	SS	df	MS	F
اثر مستقل				
A(چسب)	۱۵۹۴۰۹/۳۰	۴	۳۹۵۲/۳	۳۷۵۹/۴*
B (پلی‌استایرن)	۳۵۹۰/۴۱	۴	۸۹۷/۶	۸۴/۵*
اثر متقابل				
AB	۱۶۰۷/۶	۱۶	۱۰۰/۵	۹/۵*

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد



شکل ٥- اثر مقدار چسب و پلی‌استایرن بر روی واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ٢٤ ساعت

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس میانگین نتایج به‌دست آمده از بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های مربوط به تیمارهای مختلف (جدول ۳) و تجزیه و تحلیل آماری آنها، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد:

مقاومت به خمش استاتیک و مدول الاستیسیته تخته‌های مورد بررسی نشان می‌دهند که اثر مقدار چسب و پلی‌استایرن بر این ویژگی‌ها معنی‌دار است و افزایش مقدار آنها موجب بهبود این ویژگی‌ها می‌گردد. روند این افزایش در مورد چسب بیشتر از پلی‌استایرن است. بیشترین مقدار مقاومت به خمش استاتیک و مدول الاستیسیته مربوط به تخته‌های ساخته‌شده با مقدار ۱۰ درصد چسب و بدون پلی‌استایرن است، اما به‌دلیل اینکه مقاومت به خمش استاتیک و مدول

الاستیسیته تخته‌های حاوی ۵ درصد چسب و ۲۰ درصدپلی‌استایرن(MOE=۲۰۷۹Mpa و MOR=۹/۲Mpa) با مقاومت به خمش استاتیک و مدول‌الاستیسیته تخته‌های شاهد(MOE=۲۱/۵۰Mpa و MOR=۱۱/۶Mpa) اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهند، به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار در مورد این دو ویژگی است.

میانگین مقاومت برشی تخته‌های آزمونی نشان می‌دهد که اثر مقدار چسب بر روی این مقاومت معنی‌دار است (جدول ۶)، با وجود اینکه مقدار پلی‌استایرن موجب بهبود جزئی مقاومت برشی تخته‌های مختلف شده است، ولی تفاوت بین آنها معنی‌دار نیست. علاوه‌براین، اثر متقابل مقدار چسب و پلی‌استایرن بر روی مقاومت برشی تخته‌های مربوط به تیمارهای مختلف نیز معنی‌دار نیست و بیشترین مقدار مقاومت برشی مربوط به تخته‌های ساخته‌شده با مقدار ۱۰ درصد چسب و بدون پلی‌استایرن است (تخته‌های شاهد T_s=۳/۲Mpa)، ولی بین مقاومت برشی این تخته‌ها و مقاومت برشی تخته‌های حاوی ۵ درصد چسب و ۲۰ درصد پلی‌استایرن (T_s=۲/۲Mpa) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. از این‌رو می‌تواند به‌عنوان تیمار مناسب در مورد مقاومت برشی در نظر گرفته شود.

میزان جذب آب تخته‌های مربوط به تیمارهای مختلف بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، نشان می‌دهد که اثر مقدار چسب و پلی‌استایرن بر روی این ویژگی تخته‌ها معنی‌دار بوده، به‌طوری‌که با افزایش مقدار آنها، میزان جذب آب کاهش یافته است، ضمن اینکه اثر کاهنده پلی‌استایرن در مقادیر بالا منظم‌تر می‌باشد. شایان ذکر است که اثر متقابل چسب و پلی‌استایرن بر روی میزان جذب آب تخته‌های مختلف معنی‌دار است.

تخته‌های ساخته‌شده با مقدار ۱۰ درصد چسب و ۲۰ درصد پلی‌استایرن، کمترین میزان جذب آب را بعد از ۲ و ۲۴ ساعت داشته‌اند ($W_{sw۲۴}$ =٪۵۶/۱ و $W_{sw۲}$=٪۴۶/۷) که بین مقدار جذب آب این تخته‌ها و مقدار جذب آب تخته‌های حاوی ۵ درصد چسب و ۲۰ درصد پلی‌استایرن ($W_{sw۲۴}$ =٪۷۵/۸ و $W_{sw۲}$=٪۶۱/۵) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. علاوه‌براین، تفاوت بین این مقادیر و مقدار جذب آب تخته‌های حاوی ۱۰ درصد چسب و بدون پلی‌استایرن (تخته‌های شاهد) نیز معنی‌دار نیست و به‌عنوان تیمار مناسب می‌توان آن را مورد توجه قرار داد.

واکشیدگی ضخامت تخته‌های آزمونی بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، بیانگر آن است که افزایش مقدار چسب و پلی‌استایرن در تخته‌ها موجب کاهش این ویژگی شده ضمن اینکه اثر مقدار چسب و پلی‌استایرن بر روی مقدار واکشیدگی تخته‌ها معنی‌دار بوده است. شایان ذکر است که اثر کاهنده مقدار چسب بر روی واکشیدگی ضخامت یکنواخت و منظم و در مقدار کم بیشتر است، حال آنکه اثر کاهنده پلی‌استایرن بر روی این ویژگی نامنظم و در عین حال در مقدار زیاد بیشتر است. به‌علاوه، اثر متقابل مقدار چسب و پلی‌استایرن بر روی واکشیدگی ضخامت تخته‌ها معنی‌دار می‌باشد. اگرچه کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت مربوط به تخته‌های ساخته‌شده با مقدار ۱۰درصد چسب و ۲۰ درصد پلی‌استایرن است($T_{sw۲۴}$ = ٪۱۸/۴ و $T_{sw۲}$ =٪۱۵/۵)، ولی چون بین مقدار واکشیدگی ضخامت تخته‌های حاوی ۵ درصد چسب و ۲۰ درصد پلی‌استایرن ($T_{sw۲۴}$=٪۳۴/۹ و $T_{sw۲}$=٪۳۲) با مقدار واکشیدگی ضخامت تخته‌های حاوی ۱۰ درصد چسب و بدون پلی‌استایرن (تخته‌های شاهد

$T_{sw۲۴}$=٪۳۷/۶ ، $T_{sw۲}$=٪۳۰/۲)تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، ازاین‌رو آن را به‌عنوان تیمار مناسب می‌توان پذیرفت.

با درنظرگرفتن نتایج به‌دست آمده از بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های مربوط به تیمارهای مختلف و مقایسه آنها با ویژگی‌های مشابه در تخته‌های شاهد و با توجه به نکات فوق، می‌توان پذیرفت که افزودن پلی‌استایرن به همراه چسب به تخته‌های آزمونی سبب کاهش نسبی ویژگی‌های مکانیکی آنها می‌شود، درحالی‌که ویژگی‌های فیزیکی این تخته‌ها با حضور پلی‌استایرن بهبود نسبی نشان می‌دهند. با وجود این تغییرات، مشاهده می‌شود که در بین تیمارهای مختلف، تخته‌های حاوی مقدار ۵ درصد چسب اوره-فرم‌آلدیید و ۲۰ درصد پلی‌استایرن کیفیتی را ارائه می‌دهند که با کیفیت تخته‌های حاوی ۱۰ درصد چسب و بدون پلی‌استایرن (به‌عنوان تخته‌های شاهد و بهترین تیمار) اختلاف معنی‌داری ندارند. بر این اساس، چون میانگین خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های مربوط به تیمار فوق (تخته‌های حاوی ۵ درصد چسب و ۲۰ درصد پلی‌استایرن) در این بررسی نیز مناسب‌ترین کیفیت را نشان داده‌اند، پس استفاده از شرایط این تیمار برای ساخت تخته‌خرده‌چوب توصیه می‌شود، زیرا در این شرایط ضمن کاهش مصرف چسب و ایجاد ارزش افزوده برای پس‌ماندهای لیوان‌های یک بار مصرف پلی‌استایرن، از بروز مشکلات زیست‌محیطی جلوگیری می‌کند و قیمت تمام‌شده تخته‌خرده‌چوب نیز کاهش می‌یابد.

منابع

۱- آندرسون، ای و ب. لوکس، ۱۳۷۳. تکنولوژی و کاربرد مواد چندسازه (کامپوزیت‌ها)، ترجمه سعید درودیانی، مرکز نشر دانشگاهی.

۲- بصیری ، عبدالله، ۱۳۷۳. طرح‌های آماری در علوم کشاورزی، انتشارات دانشگاه شیراز.

۳- سالنامه آمار بازرگانی خارجی و داخلی ایران، ۱۳۷۶. انتشارات وزارت بازرگانی جمهوری اسلامی ایران.

۴- سرزارع، محسن، ۱۳۷۵. بررسی تاثیر پلی‌اتیلن بر خواص کاربردی تخته‌خرده‌چوب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۵- شهریاری، رستم، ۱۳۷۶. بررسی تاثیر پلی‌اتیلن، مقدار رزین اوره‌فرم‌آلدیید و فشار پرس بر کیفیت تخته خرده‌چوب صنوبر پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۶-کوکتا، حب و سی. دانولت، ۱۳۷۰. استفاده از الیاف چوب به‌عنوان پرکننده در پلی‌اتیلن، ترجمه حسن دبیری اصفهانی و آذر محمدلوی عباسی، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال سوم، شماره سوم.

۷- محسنی شکیب، سیدمحسن، ۱۳۶۵. آنالیز و طراحی سازه‌های مرکب چندلایه، انتشارات دانشگاه امام حسین.

8- Boeglin, N, P. Triboulot & D. Masson, 1997. A feasibility study on boards made from wood and plasticwaste; bending properties, dimensional stability and recycling of the board. Holz als Roh-und werkstoff, 55, p.13-16

9- Ellis, S. C., J.N.R. Ruddiek & P.R. Steiner, 1993. A feasibility study of composites produced from telephon directory paper, plastics and other adhesives. Forest products Journal.Vol 43(7/8).

10-Hon, D. N.S. 1992. Recycling Commingled plastics/Newspaper composies, Plastic Engineering (October), p.25-28.
11- Liang, B., L.Mott, S.M. Shaler & G.T. Caneba, 1994. properties of transfer-molded wood –fiber/polystyrene composites. Wood and fiber science, Vol.26(3): 382-389.
12-Maiti, S.N. & K. Singh, 1986. Influence of wood flour on the mechanical properties of polyethylene, Journal of applied polymer. Vol 32(3): 42,85-89.
13-Moslemi, A.A. 1974. Particleboard Vol.1 Materials 7, Vol. 2. Technology. Southern Illinois university press carbondale and Edward.
14-Oksman, K. 1994. Improved interaction between wood and synthetic polymers in wood/polymer composites. Wood sciece and Technology. Vol 30 (23): 197-205.
15-Oksman, K. 1997. Improved properties of thermoplastic wood flour composites, phD. thesis, Lulea University of Technology. Skelleftea, Sweden.
16-Rijo, C. 1988. The effects of increasing density and adhesive content on mechanical properties of chusqueeculeou particleboard glued with Urea-Formaldehyd resin. Bosque. Vol 9(1): 3-59ES.en.12. refaveda. Fernando de Navatte 119.Santo Domingo, dominican Republic.
17-Sakurai, A, H. Sakurai, S.Suzuki, F. Satio & A. Zto, 1993. Production of boards made from waste polyethylene-Laminated paper chips and wood particles. Journal of the Japan wood Research Society. Vol 39(9):1036-1041.
18-Yam, K.L, B.K. Gogoi, C. Lai & S.E. Selk, 1990. Composites from compoonding. Polyethylene. Polymer engineering and science. Vol 30 (11): 693-699.
19-Youngquist, J.A., G.E., Myers, T.H., Muehl, A.M., Krzysik, & C.M. Clemons, 1994. Compositses from recycled wood and plastics. Forest product lab. Madison, W.J.
20-Youngquist, Y.A., A.M., Krzysik, J.H., Muehl, & C. Carll, 1992. Mechanical and physical properties of air-formed wood-fiber/ polymer-fiber composites, Forest products Journl. Vol 42 (6): 42-48.

A Sutdy on The Possibility of Polystyrene Utilization in Particleboard Manufacture

A.A. Enayati[1] A.R. Mersad[2]

Abstract

To determine the possibility of polystyrene waste utilization in particleboard manufacture, one layer laboratory panels with two variables of glue in five levels of 0,2.5,5,7.5 and 10 percent- and polystyrene in five levels of 0,5,10,15 and 20 percent were produced. Physical and mechanical properties of test panels were measured. The results showed that increasing the glue content improved all physical and mechanical properties of panels. The results also indicated that the amount of polystyrene had singificant influence on the panels' physical and mechanical properties-except for shear strength. According to the results, the best physical and mechanical properties of panels were obtained when using 10 percent glue and 15 or 20 percent polystyrene, but there were not any significant differences found between physical and mechanical properties of those panels and panels when using 5 percent glue and 20 percent polystyrene . Moreover no significant differences were observed between properties of reference panels and panels with 5 percent glue and 20 percent polystyrene. Therefore it can be concluded that with 5 percent urea resin and 20 percent polystyrene, proper quality panels can be obtained and the resin consumption will be reduced.

Keywords: Particleboard, Polystyrene, Urea-formaldehyde, Physical and mechanical properties, Poplar wood

[1] - *Assoc. Prof.,Natural Resources Faculty of Tehran University*
[2] - *M.Sc. Scholar, Wood and Paper Science & Technology*