

تأثیر نسبت چسب اوره فرمالدهید به ملامین فرمالدهید بر ویژگی های تخته خرده چوب سبک سازی شده با پلی استایرن منبسط شده

سمانه میر^{۱*}، سعیدرضا فرخ پیام^۲ و مرتضی ناظریان^۲

۱- نویسنده مسئول، دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل

پست الکترونیک: samane_mir@yahoo.com

۲- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل

تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۲

چکیده

در این مطالعه اثرات استفاده از دو نوع چسب اوره فرمالدهید و ملامین اوره فرمالدهید با دو نسبت متفاوت ملامین نسبت به اوره، در ساخت تخته خرده چوب سبک سازی شده با استفاده از پلی استایرن منبسط شده بررسی شد. نمونه های آزمایشگاهی با استفاده از دو نوع مختلف چسب اوره فرمالدهید و ملامین اوره فرمالدهید با دو نسبت ۴۰ به ۶۰ و ۲۰ به ۸۰ ملامین نسبت به اوره و سه سطح مقدار پلی استایرن، با ۳۰ درصد وزن کمتر نسبت به تخته های مرسوم و ضخامت ۲۵ میلی متر تولید گردید. میانگین مقاومت های به دست آمده از اندازه گیری خواص مکانیکی و فیزیکی تخته ها، مطلوب ترین شرایط بکارگیری پلیمر و چسب را مشخص نمود. با توجه به نتایج، پلی استایرن منبسط شده با چسب های آمینوپلاستیک سازگاری کامل داشته و جایگزین کردن آن با مقدار مشخص شده از خرده چوب لایه میانی تخته موجب برآورده شدن هدف اصلی طرح، یعنی کاهش وزن تخته خرده چوب شده است. پلی استایرن منبسط شده در حضور چسب های فنولیک ذوب شده و شکل صلب خود را از دست می دهد. از این رو این نوع چسب برای ساخته تخته های سبک پلی استایرنی مناسب نمی باشد. نتایج برآمده از آزمون های فیزیکی و همچنین چسبندگی داخلی نشان داد که خصوصیات تخته خرده چوب سبک سازی شده با پلی استایرن و چسب های اوره و ملامین فرمالدهید منطبق با کاربرد های تعریف شده برای این فرآورده جدید در این پروژه است. افزودن ملامین فرمالدهید به اوره فرمالدهید در ترکیب چسب بر چسبندگی داخلی تخته اثر مثبت داشته و تخته ساخته شده با کمترین مقدار پلی استایرن منبسط شده بهترین مقاومت چسبندگی داخلی را از خود نشان داده است. اندازه گیری میزان واکنشیدگی ضخامت و جذب آب نمونه ها نشان داد که پلیمر آب گریز بکار رفته همراه با بیشترین نسبت ملامین فرمالدهید به اوره فرمالدهید نتایج مطلوبی نسبت به تخته های معمولی نشان می دهد.

واژه های کلیدی: تخته خرده چوب سبک، پلی استایرن منبسط شده، نوع چسب و خواص مقاومتی تخته.

مقدمه

یافتن مواد جایگزین چوب در ساخت فرآورده های چوبی افزایش یابد. در این راستا اولین گام برای ساخت چنین فرآورده ای با تولید پانل های ساندویچی آغاز گردید. یک پانل ساندویچی چوبی شامل دو ورق سطحی یکسان است که به وسیله ای یک هسته ی ضخیم و سبک از هم جدا شده است (Allen, 1969; Vinson, 1999). از جمله مزایای پانل های ساندویچی کاهش وزن تخته نسبت به دیگر محصولات چوبی

استفاده از مواد غیر چوبی مانند پلیمرهای مصنوعی در ترکیب با چوب برای تولید محصولات جدید در صورتی امکان پذیر خواهد بود که با دیگر مواد ترکیب شده در ساخت این فرآورده ها مانند چوب و رزین سازگاری کامل داشته و اتصالات مستحکمی ایجاد نماید. کمبود منابع جنگلی و تلاش برای کاهش استحصال درختان باعث خواهد شد جستجو برای

ساخته شده با چسب MUF بیشتر از UF بوده و تخته‌های ساخته شده با چسب MUF مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته بالاتر از حد مورد نیاز خود نشان دادند. همچنین استفاده از MUF تأثیر مطلوبی بر روی خواص فیزیکی تخته‌ها خواهد داشت. Zanetti and pizzi (۲۰۰۳) اثر افزایشی مقدار اندکی نمک ملامین (لامین منو استات) به رزین UF برای بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی پانل‌های چوبی ساخته شده از آن را مورد بررسی قرار دادند، نتایج آنان نشان داد که اضافه کردن نمک ملامین باعث بهبود چسبندگی داخلی به میزان ۳۵٪ خواهد شد و تأثیر قابل توجهی بر مقاومت به آب پانل‌های چوبی ساخته شده داشته است. همچنین بررسی تأثیر درصد افزودن ملامین به چسب اوره‌فرمالدهید در ساخت چسب MUF برای تخته خرده چوب نشان داد که بهترین حالت ۱۰-۱۵ درصد ملامین به چسب اوره است. در مورد چسب MUF چنانچه نسبت ملامین به اوره ۷۰ به ۳۰ تا ۶۰ به ۴۰ درصد وزنی باشد، بهترین نتایج حاصل می‌شود (Pizzi, 1998). ارزیابی میزان اثرگذاری افزایش جرم ویژه تخته و میزان چسب بر روی ویژگی‌های تخته خرده چوب نشان داد که با افزایش جرم ویژه تخته از ۵۲۰ به ۷۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب مقاومت خمشی تخته‌ها افزایش یافته و پایداری ابعاد آنها بهبود می‌یابد (Eslah et al., 2011). Hiziroglu و همکاران (۲۰۰۵) اثر جرم ویژه تخته در چهار سطح ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶۵ و ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بر ویژگی‌های تخته خرده چوب ساخته شده از سدر قرمز را بررسی و عنوان کردند که جرم ویژه مهمترین عامل تأثیرگذار بر ویژگی‌های تخته خرده چوب بوده و استفاده از رزین اوره‌فرمالدهید به میزان بیش از ۷٪ ویژگی‌های سطح را بهبود می‌بخشد. نتایج حاصل از بررسی انجام شده توسط Guler و Ozen (۲۰۰۴) در مورد خواص تخته خرده چوب ساخته شده از ساقه پنبه نشان داده است که استفاده از این ماده لیگنوسولوزی در تولید تخته خرده چوب امکان‌پذیر بوده و تخته‌های تولید شده با دانسیته‌ای بین ۰/۶ تا ۰/۷ در حد استاندارد بوده است. در نتیجه جرم ویژه به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار بر ویژگی‌های تخته خرده چوب مطرح است، به‌گونه‌ای که با افزایش آن مقاومت‌های مکانیکی افزایش می‌یابد؛ به همین علت افزایش جرم ویژه به دلیل افزایش میزان فشردگی باعث ایجاد اتصال قویتری بین خرده چوب‌ها می‌گردد. از این رو استفاده از یک ماده غیر چوبی سبک و سازگار با چسب‌های متداول صنعت تخته خرده چوب به‌عنوان جایگزین

است؛ اما استفاده از مواد سبک‌وزن و سازگار با مواد چوبی فقط مختص تولیدات لایه‌ای نبوده و این امکان برای تولید صفحات مسطح فشرده چوبی نیز وجود دارد. جایگزینی مواد غیر چوبی با چوب در ساخت صفحات فشرده چوبی لزوماً نیازمند سازگاری ماده جدید اضافه شده با ساختار فرآورده فشرده و ایجاد مقاومت‌هایی در حد انتظار است. از جمله فرآورده‌های مرکب چوبی که به دلیل سنگینی وزن محدودیت کاربرد دارند تخته خرده چوب است که بیش از ۸۵ درصد وزن آن را خرده چوب تشکیل می‌دهد که در حال حاضر عمدتاً از چوب‌های هیزمی، سرشاخه‌های باغی و گونه‌های چوبی با درجه پایین تأمین می‌شود. دانسیته یکی از مشخصات بحرانی این فرآورده چوبی است که بسیاری از خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته مستقیماً به آن وابسته است. در مورد تأثیر دانسیته بر خواص کاربردی تخته خرده چوب تحقیقات زیادی انجام شده است. نتایج این تحقیقات ارتباط مستقیم دانسیته تخته با مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی آن را مشخص می‌کند. به‌طور کلی اقتصادی‌ترین راه برای بهبود خواص پانل تخته خرده چوب افزایش دانسیته در محدوده قابل قبول است، ولی افزایش وزن تخته مشکلات گوناگونی را در جابه‌جایی، برش و ماشین‌کاری به وجود می‌آورد و هزینه‌های حمل‌ونقل تخته و محصولات تولید شده با آن را افزایش می‌دهد (Doost, 2007). Hoseini). عامل اتصال‌دهنده در ساخت این محصولات عمدتاً چسب‌های گرماسخت بوده که در اثر پلیمریزاسیون بین ذرات چوب پیوند ایجاد می‌کنند و در بیشتر موارد افزایش مقدار این چسب‌ها در تولید تخته خرده چوب با بالاتر بردن استحکام پیوندها و اتصالات بین خرده چوب‌ها موجب بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب‌ها می‌گردد. در تولید صفحات فشرده سه نوع از رزین‌های مصنوعی بیشترین کاربرد را دارند. تاکنون بیشترین تقاضا برای رزین‌های اوره‌فرمالدهید و بعد از آن به ترتیب فنل‌فرمالدهید و ملامین‌فرمالدهید بوده است. اغلب چسب‌های مورد استفاده در صنایع چوب از نوع رزین-های آلدهیدی هستند و در این زمینه هر ماده‌ای که بتواند با اوره یا فنل و مواد دیگری که در ساخت فرآورده چوبی استفاده می‌شود، ترکیب گردد می‌تواند مؤثر باشد. (Latibari, 2007). Colak و همکاران (۲۰۰۷) در مقایسه دو چسب UF و MUF بر خصوصیات مکانیکی تخته خرده چوب حاصل از گونه اکالیپتوس و اثر فرایندهای بخاردهی بر مقاومت تخته، به این نتیجه رسیدند که مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌های

اوره فرمالدهید با نسبت ۲۰ به ۸۰ ملامین نسبت به اوره به عنوان عوامل متغیر این تحقیق در نظر گرفته شدند (جدول ۱) و سایر عوامل تولید شامل فرم و ابعاد ذرات بکار رفته، دمای پرس (۱۷۰ درجه سانتی‌گراد)، سرعت بسته شدن دهانه پرس (۴/۵ میلی‌متر بر دقیقه)، زمان (۱۴ دقیقه) و فشار (۳۷ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) اعمال شده در پرس، عوامل ثابت این پژوهش بودند. به دلیل افزایش سرعت گیرایی رزین در لایه میانی تخته از سولفات آمونیوم به صورت محلول ۳۳ درصد به میزان ۲ درصد وزن خشک چسب استفاده گردید.

جدول ۱- متغیرها و سطح تغییراتشان

شماره	متغیر	
	نوع	سطح
۱	چسب	UF
		MF40%,UF60%
۲	پلی‌استایرن	MF20%,UF80%
		٪۱
		٪۳
		٪۵

اختلاط چسب اوره با ملامین به صورت پودری انجام شد و در نهایت به صورت محلول ۵۰ درصد غلظت با خرده چوب‌ها مخلوط گردید. دانسیته کلی تخته ۴۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب در نظر گرفته شد. خرده چوب‌های لایه زیری و رویی بر اساس دانسیته معمول این صنعت ۶۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری و کاهش وزن تنها در لایه میانی اعمال گردید. بدین ترتیب ابتدا خرده چوب‌های مربوط به لایه سطحی در دستگاه چسب‌زن، چسب‌زنی شدند، سپس خرده چوب‌های لایه میانی با پلی‌استایرن منبسط‌شده به صورت دستی مخلوط شدند و بعد از آن عمل چسب‌زنی برای لایه میانی تخته انجام شد. کیک آماده شده در ابعاد ۳۰×۴۵ سانتی‌متر توسط پرس هیدرولیک آزمایشگاهی و با فشار ۳۷ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تا ضخامت ۲۵ میلی‌متر فشرده شد. چسبندگی داخلی، ویژگی‌های فیزیکی (جذب آب و واکنشیدگی ضخامت) و سایر خصوصیات مکانیکی (مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، ظرفیت نگهداری پیچ) اندازه‌گیری شدند. برای تعیین مدول گسیختگی

ماده چوبی در ساخت تخته خرده چوب موجب کاهش استفاده از ماده چوبی در کنار کاهش وزن تخته خواهد شد. هدف از انجام این پژوهش، تقویت خط چسبندگی میان پلیمر منبسط‌شده و خرده چوب است که اساساً ضعیف‌تر از پیوند میان خرده چوب-خرده چوب است. در مرحله نخست این تحقیق سعی شده است با بکارگیری انواع چسب‌های رایج این صنعت و اختلاط مناسب میان آنها بهترین وضعیت چسبندگی بدون واسطه‌های دیگر معرفی شود. در حقیقت، این گزارش علمی بخشی از تحقیق وسیع‌تر و ادامه‌داری برای تولید فراورده‌های ترکیبی سبک شده چوبی است که این روزها اهمیت زیادی پیدا کرده است. کاهش ۳۰ درصدی خرده چوب مطمئناً تعدادی از خصوصیات مهم این فراورده را تحت تأثیر منفی خود قرار می‌دهد. از این رو سعی شده است با تغییراتی در نوع و مقدار رزین‌های معمول این صنعت این اثرات ناخواسته را به حداقل رساند. در این مرحله از هیچ نوع سازگارکننده و یا تقویت‌کننده اضافی استفاده نشده است.

مواد و روش‌ها

در این بررسی از خرده چوب‌هایی با مشخصات صنعتی که از شرکت صنعت چوب شمال (ثویان گنبد) واقع در استان گلستان و پلیمر پلی‌استایرن منبسط‌شده که از کارخانه پلاستوفوم نیمروز زاهدان تهیه گردید، برای ساخت تخته خرده چوب سه لایه استفاده شد. لازم به ذکر است که خرده چوب‌ها در این کارخانه از چوب‌های هیزمی و سرشاخه درختان و گونه‌های جنگلی: آزاد، انجیلی، بلوط، افرا، ممرز، راش و توسکا و گونه‌های باغی شامل اکالیپتوس، انار، توت و صنوبر با درصد اختلاط متفاوت تهیه می‌شود. برای چسب‌زنی از دو نوع چسب اوره فرمالدهید و ملامین اوره فرمالدهید که هر دو به صورت پودر تهیه شدند، استفاده گردید. پلی‌استایرن منبسط‌شده با دانسیته ۰/۰۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بعد از مرحله دیگ بخار و قبل از فشرده شدن در این آزمایش مصرف می‌شوند. اندازه قطر گرانول‌های کروی شکل پلی‌استایرن منبسط‌شده ۴ تا ۵ میلی‌متر بود. میزان پلی‌استایرن به کار رفته در سه سطح ۱، ۳ و ۵ درصد وزن خرده چوب حذف شده از لایه میانی و نوع چسب در سه سطح اوره فرمالدهید خالص، ملامین اوره فرمالدهید با نسبت ۴۰ به ۶۰ ملامین نسبت به اوره و ملامین

دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد، سپس نمونه‌ها در یک ظرف حاوی آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تغییرات ضخامت و وزن نمونه‌ها ثبت گردید. به‌منظور مشخص کردن تأثیر متفاوت نوع چسب و مقدار پلیمر، میزان اختلاف با استفاده از روش تجزیه واریانس تعیین و سطح معنی‌دار بودن اثر عامل متغیر بر مقاومت‌های مختلف تعیین گردید. در این پژوهش از طرح بلوک کاملاً تصادفی تحت آزمایش فاکتوریل استفاده گردید و میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج

جدول ۲ نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر تحقیق بر مقاومت‌های تخته حاصل و سطح معنی‌دار بودن عوامل متغیر را نشان می‌دهد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات مستقل و متقابل پلی‌استایرن و نوع چسب بر روی مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی (مقدار F و سطح معنی‌داری)

متغیر	چسبندگی داخلی	مقاومت خمشی	مدول الاستیسیته	قدرت نگهداری پیچ	واکسیدگی ضخامت		جذب آب	
					۲h	۲۴h	۲h	۲۴h
پلی‌استایرن	۱۱/۸۲۹**	۴/۲۵۳*	۶/۴۲۳**	۲/۷۷۲ ^{ns}	۲/۵۰۶ ^{ns}	۱/۵۳۱ ^{ns}	۹/۰۵۷**	۳۴/۹۵۴**
نوع چسب	۱۰۳/۹۷**	۲۲/۰**	۱/۰۳۱**	۱۸/۳۱**	۳۵/۸۴**	۴۴/۶**	۲۳/۸۲**	۱/۱۶۱ ^{ns}
پلی‌استایرن × نوع چسب	۴/۰۳۷**	۴/۵۵**	۰/۸۷۳**	۷/۳۹**	۳/۷۱**	۲/۸۷*	۳/۹۵۷**	۵/۶۱۹**

سطح معنی‌داری: **، ۹۹٪؛ *، ۹۵٪؛ ^{ns}، عدم معنی‌داری

و مدول الاستیسیته تخته‌ها، مطابق استاندارد EN 310 نمونه‌هایی به ابعاد ۷۶×۴۰ میلی‌متر تهیه شده و توسط دستگاه آزمون مکانیکی آزمایشگاه مکانیک چوب دانشگاه زابل تحت بارگذاری قرار گرفت. طول دهانه برای این آزمون ۳۵۰ میلی‌متر و سرعت بارگذاری ۴ میلی‌متر در دقیقه در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی داخلی طبق استاندارد EN 319 نمونه‌هایی به ابعاد ۴۹×۴۹ میلی‌متر تهیه شدند و با سرعت بارگذاری ۲ میلی‌متر در دقیقه آزمون گردیدند. برای اندازه‌گیری قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح که مطابق با استاندارد ASTM آیین‌نامه D1037 انجام شد، سرعت بارگذاری ۱/۵ mm/min و ابعاد اسمی نمونه‌ها ۷×۴×۲/۵ سانتی‌متر بود. اندازه‌گیری میزان واکسیدگی ضخامت و جذب آب طی ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، بر اساس استاندارد EN 317 انجام شد، بدین ترتیب قبل از غوطه‌وری نمونه‌ها در آب ضخامت آنها توسط کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و وزن آنها توسط ترازوی

تأثیر نوع چسب بر خواص مقاومتی تخته سبک شده با پلی‌استایرن

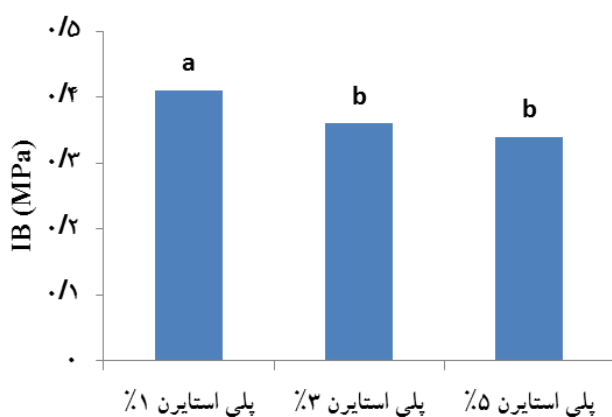
میانگین مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی تخته در شرایط مختلف نوع چسب در جدول ۳ قابل مشاهده است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص نمود که آزمون چسبندگی داخلی در هر سه رزین آمینوپلاست اختلاف معنی‌داری نشان داده است.

مطابق جدول ۲ تأثیر متقابل عوامل متغیر بر مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی معنی‌دار بوده است. به‌طوری‌که اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف نوع چسب مصرفی در همه آزمون‌های تعیین مقاومت مکانیکی وجود دارد. در آزمون‌هایی که به دلیل تعیین مقاومت فیزیکی تخته‌ها انجام شد، فقط تأثیر مقاومت به جذب آب ۲۴ ساعت غوطه‌وری معنی‌دار نبود، اما بقیه آزمون‌ها اختلاف معنی‌داری در سه سطح چسب به‌کار گرفته شده از خود نشان دادند. در مورد اثر مقدار پلی‌استایرن منبسط‌شده فقط تأثیر واکسیدگی ضخامت در هر دو زمان غوطه‌وری و قدرت نگهداری پیچ اختلاف معنی‌داری نداشت.

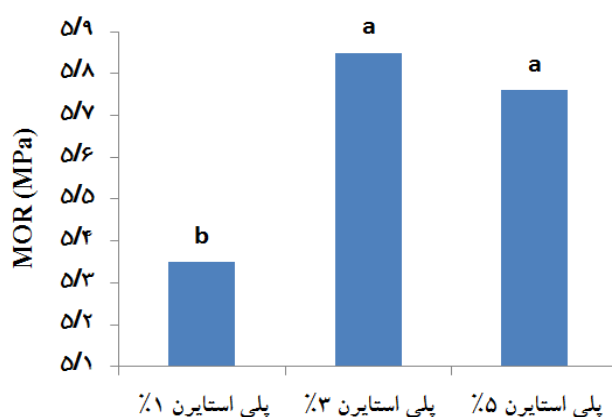
جدول ۳- میانگین مقاومت‌های تخته در شرایط مختلف نوع چسب

نوع چسب	چسبندگی داخلی (MPa)	مقاومت خمشی (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	قدرت نگهداری پیچ (MPa)	واکشیدگی ضخامت		جذب آب	
					۲h	۲۴h	۲h	۲۴h
UF	۰/۲۷	۶/۲۲	۱۰۲۳/۱۱	۴۵/۲۱۸	۸/۳۶	۹/۰۴	۷۹/۲۱	۸۹/۴
MF40%,UF60%	۰/۴۵	۵/۷۱	۳۴۱/۲۶	۵۱/۰۳	۷/۱۹	۷/۸۶	۶۹/۶۷	۸۷/۵
MF20%,UF80%	۰/۴۱	۵/۰۳	۳۸۹/۷۲	۴۷/۷۶	۸/۴۷	۸/۰۹	۷۸/۴۵	۸۸/۷

حذف چوب توسط دانه‌های پلی استایرن منبسط شده سبک‌وزن اما حجیم دانست.



شکل ۱- اثر درصد پلی استایرن بر روی چسبندگی داخلی



شکل ۲- تأثیر مقدار پلی استایرن بر روی مقاومت خمشی

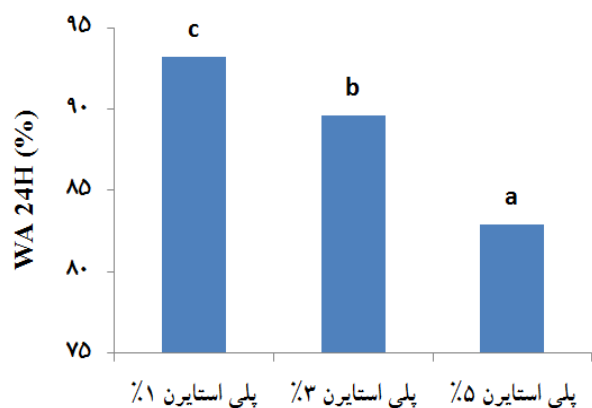
رزین ملامین فرمالدهید با نسبت ۴۰ به ۶۰ ملامین نسبت به اوره با ۰/۴۵ مگاپاسکال بیشترین مقاومت چسبندگی داخلی و رزین اوره فرمالدهید با ۰/۲۷ مگاپاسکال کمترین را دارا بودند. این افزایش مقاومت چسبندگی داخلی ارتباط مستقیم با ساختار رزین ملامین فرمالدهید دارد که به علت دارا بودن گروه آمین پیوند محکم تری نسبت به اوره فرمالدهید ایجاد کرده است. میانگین داده‌های موجود در جدول ۳ نشان می‌دهد، چسب ملامین فرمالدهید تأثیر مثبتی بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته ندارد. آزمون قدرت نگهداری پیچ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار این مقاومت مربوط به نسبت ۴۰ به ۶۰ اختلاط ملامین فرمالدهید با اوره فرمالدهید است. میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که کمترین میزان واکشیدگی ضخامت و جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مربوط به تخته‌های حاصل از چسب ملامین اوره فرمالدهید با نسبت ۴۰ به ۶۰ اوره نسبت به ملامین است.

با توجه به شکل ۱ بیشترین مقاومت چسبندگی داخلی معادل ۰/۴۱ مگاپاسکال مربوط به تخته‌هایی است که در آنها از ۱ درصد پلی استایرن منبسط شده استفاده گردید و کمترین میزان چسبندگی داخلی برابر (۰/۳۵ مگاپاسکال) و مختص تخته‌هایی است که از ۵٪ پلی استایرن منبسط شده در آن استفاده شده است.

مطابق با آنچه که پیش‌بینی می‌شد، مقاومت خمشی نمونه‌ها با افزایش مقدار پلی استایرن منبسط شده از خود بهبود نشان داد. دلیل آن را می‌توان افزایش دانسیته لایه میانی این نمونه‌ها با توجه به افزایش مقدار پلیمر منبسط شده و همچنین پر شدن فضاهای خالی ناشی از

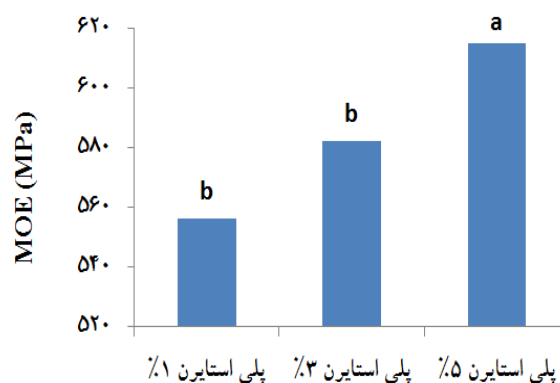
میانگین داده‌های حاصل از اندازه‌گیری تغییرات میزان واكشیدگی ضخامت در مقادیر متفاوت درصد پلی‌استایرن نشان داد با اضافه شدن پلی‌استایرن، واكشیدگی ضخامت کم شده است، به نحوی که کمترین واكشیدگی ضخامت (در زمان ۲ ساعت ۷/۵۴ درصد و در زمان ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب ۸/۴۲ درصد) مربوط به تخته خرده چوب حاوی ۵٪ پلی‌استایرن است. در شکل‌های ۴ و ۵ اثر درصد پلی‌استایرن بر روی جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب قابل مشاهده است.

کمترین میزان جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به ترتیب ۷۲/۳۳ و ۸۲/۹۲ درصد مربوط به تخته ساخته شده با ۵ درصد پلی‌استایرن منبسط‌شده است و بیشترین میزان جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به ترتیب ۷۸/۸۳ و ۹۳/۲۰ درصد و متعلق به تخته ساخته شده با ۱ درصد پلی‌استایرن منبسط شده است. با توجه به آب‌گریز بودن پلیمر منبسط‌شده پلی‌استایرن این تخته‌ها نسبت به تخته‌های مرسوم جذب آب کمتری از خود نشان می‌دهند و با افزایش مقدار پلی‌استایرن، خرده چوب‌ها بیشتر در محاصره آن قرار گرفته و دسترسی چوب به آب را به حداقل می‌رسانند.

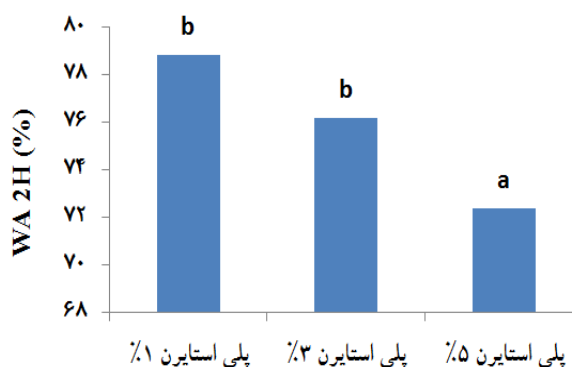


شکل ۵- اثر درصد پلی‌استایرن بر روی جذب آب بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

با توجه به شکل ۳ افزایش درصد پلیمر پلی‌استایرن منبسط شده باعث افزایش مقدار مدول الاستیسیته شده است، تخته‌های حاصل از ۵٪ پلی‌استایرن نسبت به تخته‌های حاصل از دو سطح دیگر پلی‌استایرن منبسط‌شده مدول الاستیسیته بیشتری (۶۱۵/۹۸ مگاپاسکال) دارند. اگرچه پلی‌استایرن منبسط‌شده بسیار سبک است اما افزایش مقدار آن در بافت تخته از ۱ به ۵ درصد، افزایش جرم را به دنبال داشته که این خود به بهبود مدول الاستیسیته کمک کرده است.



شکل ۳- اثر درصد پلی‌استایرن بر روی مدول الاستیسیته



شکل ۴- اثر درصد پلی‌استایرن بر روی جذب آب بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب

جدول ۴- میانگین مقاومت‌های تخته در شرایط مختلف درصد پلی‌استایرن و نوع چسب

درصد پلی‌استایرن	نوع چسب	چسبندگی		مقاومت خمشی (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	قدرت نگهداری پیچ		واکسیدگی ضخامت		جذب آب
		داخلی (MPa)	خارجی (MPa)			۲h	۲۴h	۲h	۲۴h	
۱	UF	۰/۲۹	۶/۲۰	۹۹۴/۵۶	۴۹/۴۹	۷/۵۸	۸/۶۳	۷۰/۲۰	۸۸/۴۲	
	MF40%, UF60%	۰/۴۷	۵/۱۵	۳۰۷/۶۲	۴۸/۹۶	۷/۷۲	۸/۳۲	۸۵/۹۰	۹۷/۵۴	
	MF20%, UF80%	۰/۴۷	۴/۷۴	۳۶۶/۱۳	۴۵/۸۰	۸/۶۲	۹/۵۹	۸۰/۴۰	۹۳/۶۴	
۳	UF	۰/۲۹	۶/۰۹	۹۹۸/۸۳	۴۳/۰۹	۷/۲۱	۷/۹۹	۶۸/۸۸	۸۹/۰۸	
	MF40%, UF60%	۰/۴۳	۶/۰۵	۳۱۵/۹۳	۵۳/۸۵	۷/۸۷	۷/۹۸	۷۷/۷۱	۸۸/۰۱	
	MF20%, UF80%	۰/۳۷	۵/۰۱	۳۵۹/۲۶	۵۰/۴۷	۸/۹۰	۹/۹۹	۸۱/۹۴	۹۱/۶۵	
۵	UF	۰/۲۱	۶/۴۰	۱۰۷۵/۹۴	۴۰/۳۱	۶/۸۰	۷/۶۶	۶۹/۹۴	۸۵/۱۳	
	MF40%, UF60%	۰/۴۴	۵/۴۸	۳۶۴/۲۴	۵۰/۸۹	۶/۵۸	۷/۲۶	۷۴/۰۳	۸۲/۷۱	
	MF20%, UF80%	۰/۳۹	۵/۴۳	۴۰۷/۷۷	۴۷/۰۹	۹/۲۶	۱۰/۳۲	۷۳/۰۳	۸۰/۹۰	

منبسط شده و افزودن ملامین فرمالدهید به اوره فرمالدهید بهترین چسبندگی داخلی را داشت. کمترین مقدار چسبندگی داخلی ۰/۲۱ مگاپاسکال مربوط به تخته با رزین اوره فرمالدهید و میزان ۵ درصد پلی‌استایرن بوده است. در جدول ۵ مقدار مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های مختلف برای مقایسه مقاومت‌ها مشخص شده است.

جدول ۴ میانگین مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی تخته در شرایط مختلف درصد پلی‌استایرن و نوع چسب را نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج تدوین شده در جدول فوق مشخص می‌شود که تأثیر متقابل دو عامل مقدار پلی‌استایرن و نوع چسب در شرایط بکارگیری ۱ درصد پلی‌استایرن

جدول ۵- میانگین خصوصیات مقاومتی تخته‌های مختلف

نمونه	چسبندگی داخلی (MPa)	مقاومت خمشی (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	قدرت نگهداری پیچ (N/mm)		واکسیدگی ضخامت
				۲h	۲۴h	
نمونه با پلی‌استایرن	۰/۴۷	۶/۴۰	۱۰۷۵/۹۴	۵۳/۸	۵/۵۸	۶/۴۱
نمونه بدون پلی‌استایرن	۰/۲۷	۱۶/۹۴	۲۹۸۳	۶۲/۴۸	۱۳/۲۱	۱۶/۵۶
نمونه بازار	۰/۲۵	۱۴/۳۱	۲۱۷۴	۶۱/۵۲	۱۳/۷۹	۱۸/۱۱
استاندارد	۰/۲۵*	۱۱*	۱۸۵۰*	۴۴**	۹*	۱۵*

استاندارد: EN*, ASTM 1037**

(جدول ۵)، نشان داد که میزان مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌هایی که از پلیمر پلی‌استایرن منبسط شده در لایه میانی آنها استفاده شده در مقایسه با تخته‌های بدون پلی‌استایرن

آزمون تخته‌های تولید شده در آزمایشگاه با ضخامت ۲۵ میلی‌متر بدون پلی‌استایرن منبسط شده و آزمون مقاومت تخته‌های موجود در بازار با این ضخامت برای مقایسه نتایج

منبسط شده و سبک سازی نشده بیشتر بوده، اما مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در تخته های سبک سازی شده کاهش یافته است.

بحث

حضور ماده ای متفاوت در ترکیب لایه میانی تخته باعث می شود خواص مقاومتی تخته به دلیل عملکرد متفاوت این ماده پلیمری جدید با چسب تغییر یابد. به طور کلی نتایج حاصل از اندازه گیری مقاومت تخته ها به ویژه چسبندگی داخلی نشان داد که بکارگیری پلی استایرن منبسط شده همراه با رزین های آمینوپلاستیک امکان پذیر است. میانگین داده های حاصل از آزمون های مختلف مشخص نمود که بهترین چسب معرفی شده برای محصول نهایی برای تخته تولید شده با توجه به کاربردهایی که برای آن در نظر گرفته شده است، ملامین اوره فرمالدهید با بیشترین نسبت ملامین به اوره به کاررفته خواهد بود. علاوه بر اینکه نتیجه مطلوب چسبندگی داخلی، سازگاری هرچه بیشتر مواد اولیه موجود در لایه میانی تخته را نشان می دهد، مقدار این مقاومت بر سایر خصوصیات فیزیکی تخته خرده چوب نیز اثر می گذارد. نتایج حکایت از این دارد که افزودن ملامین فرمالدهید با نسبت های متفاوت به چسب اوره فرمالدهید باعث بهبود میزان مقاومت چسبندگی داخلی تخته می گردد و مقاومت تخته ها را به بیشتر از حد استاندارد مورد نظر خواهد رساند. بهبود چسبندگی رزین ملامین فرمالدهید نسبت به اوره فرمالدهید به دلیل ساختار رزین ملامین فرمالدهید بوده که به علت دارا بودن گروه های آمینی پیوند محکم تری نسبت به اوره فرمالدهید ایجاد کرده اند (Jahan Latibari, 2007). علاوه بر این مطابق با آنچه از بررسی خواص چسبندگی چسب تولید شده از ضایعات پلی استایرن به دست آمد، قدرت کششی چسب با افزودن ضایعات پلی استایرن به چسب افزایش می یابد (Issam et al., 2009).

البته بهترین مقاومت خمشی مربوط به تخته حاصل از ۵ درصد پلی استایرن منبسط شده و چسب اوره فرمالدهید خالص است. با توجه به اینکه چسب ملامین فرمالدهید سختی و مقاومت به ساییدگی را افزایش می دهد (Mirshkraei, 1994)، در نتیجه بر خواص خمشی و مدول الاستیسیته تخته تأثیر مثبتی نخواهد داشت. رزین

ملامین فرمالدهید از انواع رزین های آمینوپلاست شکننده است، در نتیجه باعث کاهش مقاومت خمشی تخته خواهد شد و اتصالات ایجاد شده توسط این رزین تحت بارگذاری استاتیکی خیلی سریع تر از رزین اوره فرمالدهید از هم گسسته خواهد شد. حضور درصد بیشتر پلیمر به دلیل کاهش فضای خالی در تخته و کمتر شدن خلل و فرج موجود در لایه میانی تخته و جبران ضعف حکایت از وجود فضای خالی در لایه میانی تخته دارد که مربوط به ذرات درشت تر خرده چوب در این لایه می شود و باعث بهبود مقاومت خمشی خواهد شد. علاوه بر این با اضافه شدن مقدار پلی استایرن در لایه میانی احتمال چسبندگی خود گرانول های پلی استایرن به یکدیگر بیشتر می شود و این به معنی داشتن لایه های نازک اما کوتاه پلی استایرنی در لایه های خرده های چوبی است که موجب بالا رفتن دانسیته پلی استایرن فشرده شده تحت فشار پرس در این محل ها می شود. از طرف دیگر به طور کلی پذیرفته شده که خصوصیات مکانیکی فوم های پلی استایرنی بشدت با افزایش دانسیته بهبود پیدا می کند. اگرچه رفتار ورق های پلی استایرنی همانند سایر مواد مرکب نیست (Ulrich, 1993). اما نمونه های با ۵٪ پلی استایرن به علت فشرده گی بیشتر و افزایش دانسیته لایه میانی، بالاترین مدول الاستیسیته را از خود نشان دادند. به طور کلی با افزایش دانسیته پانل، مدول الاستیسیته به شکل خطی افزایش پیدا می کند (Wu and suchland, 1998). همچنین افزودن ملامین فرمالدهید و درصد بیشتر پلی استایرن منبسط شده اثر مثبتی بر کاهش میزان واکنشیدگی ضخامت و جذب آب تخته ها می گذارد. لازم به تذکر این مطلب است که میزان ماده چوبی به کاررفته در تخته بر میزان جذب آب تخته اثر معنی داری دارد، به طوری که با افزایش مقدار ماده چوبی جذب آب افزایش می یابد (Kargarfard et al., 2006). پلی استایرن از مشتقات نفتی است، به همین دلیل خصوصیات آب دوستی چوب را ندارد و هیچ گونه واکنشی در برابر آب ندارد (Omidvar, 2009). در رزین ملامین فرمالدهید وجود گروه های آمین ساختار شبکه ای و محکمی را به وجود می آورد و این امر باعث می شود که رزین نامبرده در مقابل شرایط جوی نسبت به رزین اوره فرمالدهید مقاومت بیش از حدی داشته باشد. رزین ملامین فرمالدهید تنها در آب داغ حل می شود، در صورتی که رزین اوره فرمالدهید قابلیت انحلال در آب سرد

- Doost Hoseini, K. 2005. Production and Application Technology of wooden pressed plates. Tehran University Press. Vol. 2. (In Persian)
- Eslah, f., Enayati, A., Faezipour, M. and Tajvidi, M. 2011. Investigation the Effect of Increasing Board Density and Amount of UF Resin on Particleboard Properties. *Journal of Wood and Paper*. 2:1-10.
- Faezipour, M., Fathy, L., and Bahmani, M. 2010. Effect of UF and MUF resins on the practical properties of particleboard produced from rice straw and aspen particles. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research Vol. 25 No. (2)*
- Jahan Latibari, A. 2005. Science and technology of adhesion for lignocellulosic substances. *Islamic Azad University Karaj Press*. Pp:348
- Hiziroglu, S., Jarusombuti, S., Fuengrivat, V., Bauchongkol, P., Soontonbura, W. and Darapak, T. 2005. Properties of bamboo- rice straw- eucalyptus composite panels. *Forest Prod. J.* 55(12): 221-225.
- Issam, A. M., Poh B. T., Abdul Khalil H. P. S. and Lee W. C. 2009. Adhesion Properties of Adhesive Prepared from waste Polystyrene. *J Polym Environ.* 17:165-169
- Kargarfard, A., Nourbakhsh A, and Golbabaei F. 2006. Investigation on utilization of cotton stalk in particleboard production. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research Vol. 21 No.(2)*
- Mirshokraei, s. 1994. Chemistry and technology of wood (translation). *Payam Noor University of Tehran*. Pages 350
- Omidvar, A. 2009. Wood – polymer composite. *Gorgan university of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 127 P.
- Pizzi, A., 1998. Low addition of melamine salts for improved UF adhesives water resistance, *Holzforeschung, Springer-Verlag*. P:86.
- Ulrich H. 1993. Introduction to Industrial Polymers, 2ed, *New York: Hanser*, PP: 61-62
- Vinson, J. 1999. The behavior of sandwich structures of isotropic and composite materials. *Technomic publishing co.* In.lancoster, pa.
- Wu, O and Suchland, O. 1997. Effect of moisture on the flexural properties of commercial oriented strand panels. *Wood and Fiber Science* 29: 47-57
- Zanetti, M., and A.Pizzi. 2003. Low addition of melamine salts for improved melamine-ureaformaldehyde adhesive water resistance. *Journal of applied polymer science*, 88: 287-292.
- را نیز دارد (Faezipour *et al.*, 2010). بنابراین دلیل عمده بهبود خواص فیزیکی را می‌توان به پیوندهای قویتر رزین ملامین فرمالدهید نسبت به اوره فرمالدهید تعمیم داد. با توجه به اینکه محصول جدید دارای وزنی حدود ۳۰ درصد کمتر از تخته‌های مرسوم است که در حال حاضر تولید و عرضه می‌شود، طبیعتاً این کاهش دانسیته بر روی برخی از ویژگی‌های مکانیکی تخته اثر نامطلوب دارد. در حال حاضر و در مرحله نخست این پروژه، این باعث می‌شود که این محصول برای کاربردهای ویژه‌ای که کمتر متحمل بار می‌شوند، معرفی گردد. دیوارهای جداکننده، اجزای داخلی ساختمان با هدف تزئین و صفحه رویی میزها از این قبیل بشمار می‌آیند؛ اما خصوصیت پیچ‌خوری این محصول باعث می‌شود که نسبت به پانل‌های ساندویچی، حفره دار و لانه زنبوری برای برخی دیگر از کاربری‌ها مناسب تشخیص داده شود. افزایش استحکام لایه میانی با افزودن بر میزان اتصالات بین ذرات چوب و گرانول‌های پلی‌استایرن منبسط‌شده کاهش مقاومت‌های خمشی و مدول الاستیسیته ناشی از کم شدن دانسیته را جبران می‌کند. انتخاب درست چسب و یا درصد اختلاط آنها بخشی از این جبران خواهد بود. مطمئناً استفاده از سازگارکننده‌های جدید برای افزایش قدرت چسبندگی نیاز به گسترش دامنه تحقیق در خصوص چسب‌هایی با ویژگی‌های جدید که مناسب پلیمرهای منبسط‌شده است، دارد.

منابع مورد استفاده

- Allen, HG. 1969. Analysis and design of structural sandwich panels. Pergamon, Oxford.
- Colak, S., G. Colakoglu., I. Aydin., H. Kalaycioglu. 2007. Effects of steaming process on some properties of Eucalyptus particleboard bonded with UF and MUF adhesives. *Building and environment*, 42: 304-309...

The effect of the urea formaldehyde/ melamine formaldehyde ratio on the properties of lightweight particleboard made from expanded polystyrene

S. Mir^{1*}, S. R. Farrokhpayam² and M. Nazerian²

1*- Corresponding author, M.Sc. Applicant,, Dept. of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol, Iran
Email:samane_mir@yahoo.com\

2-Assistant Prof, Dept. of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol, Iran

Received: March, 2013

Accepted: Nov., 2014

Abstract

In this study the possibility of using different ratios of urea formaldehyde and melamine formaldehyde for manufacture lightweight particleboard using expanded polystyrene (EPS) was investigated. Experimental panels were made at 30 percent lighter than common particleboard with 25 millimeters thickness and industrial made wood particles. Urea formaldehyde and melamine formaldehyde with two ratios of melamine to urea, 40 to 60 and 20 to 80 were selected as adhesive. Analysis of results using averages of the physical and mechanical properties was used to find the best combination of EPS and resins. Amino plastics adhesives showed good compatibility with expanded polystyrene. As reducing the weight of the panel was the most important target in this work, internal bonding (IB) test was done. Results from the physical and internal bonding tests revealed that characteristics of the lightweight panels made with urea and melamine formaldehyde were consistent with the defined applications in this study. Furthermore, using melamine urea formaldehyde as adhesive imposed positive effects on IB and the highest IB was for the panel made with this resin and minimum EPS content. In comparison with common panels, this new panel with maximum melamine content and hydrophobic EPS showed better results on IB and physical properties.

Keywords: Lightweight particleboard, expanded polystyrene, adhesive type, physical and mechanical properties.