

## ارزیابی میزان اثر گذاری افزایش تراکم جرم تخته و میزان چسب بر روی ویژگی های تخته خرده چوب

فرناز اصلاح<sup>۱\*</sup>، علی اکبر عنایتی<sup>۲</sup>، مهدی فائزی پور<sup>۳</sup>، مهدی تجویدی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

<sup>۲</sup> استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

<sup>۳</sup> استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

<sup>۴</sup> استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

### چکیده

برای ارزیابی میزان اثرگذاری افزایش تراکم جرم تخته و میزان چسب بر روی ویژگی های تخته خرده چوب، با در نظر گرفتن دو عامل متغیر تراکم جرم تخته در سه سطح ۵۲۰، ۶۲۰ و ۷۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب و میزان چسب در سه سطح ۶، ۷ و ۸ درصد، تخته خرده چوب یک لایه با ضخامت ۱۶ میلی متر ساخته شد. ویژگی های مکانیکی و فیزیکی شامل مقاومت و مدول خمشی، چسبندگی درونی و اکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم جرم تخته از ۵۲۰ به ۷۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب مقاومت و مدول خمشی تخته ها افزایش یافته و پایداری ابعاد آن ها بهبود می یابد. اما افزایش تراکم جرم اثر معنی داری بر مقاومت چسبندگی درونی تخته ها نداشت. افزایش مصرف چسب از ۶ تا ۸ در صد بر همه ویژگی های فیزیکی و مکانیکی تاثیر معنی داری داشته و منجر به بهبود آنها شد. نقشه های اثرگذاری های متقابل که با نرم افزار minitab<sup>۱۵</sup> رسم شدند نشان دادند که تخته های با تراکم جرم ۶۵۰-۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و ۶ درصد چسب، دارای ویژگی های مکانیکی بالاتر از حد نصاب میزان تعیین شده توسط استاندارد مربوطه بوده ضمن اینکه افزایش جزئی و اکشیدگی ضخامت تخته ها را نیز می توان با مصرف میزان معمول مواد ضد آب جبران کرد.

**واژه های کلیدی:** تخته خرده چوب، صنوبر، چسب اوره فرم آلدهید، دانسیته تخته، خواص فیزیکی- مکانیکی، نقشه اثرات متقابل

## مقدمه

تخته خرده چوب<sup>۱</sup> یکی از مهم ترین فرآورده های چند سازه چوبی<sup>۲</sup> است که به خاطر داشتن ساختار ویژه، بهره گیری از منابع کم ارزش و ایجاد ارزش افزوده فراوان و به عنوان صنعت صرفه جو در مصرف چوب مورد توجه فراوان قرار گرفته است. عوامل مختلفی از مانند نوع و میزان چسب مصرفی، درصد رطوبت خرده های چوب، نوع گونه مصرفی، شرایط پرس، تراکم جرم تخته و ... بر ویژگی های تخته خرده چوب تاثیر گذار هستند [۴]. جرم ویژه به طور عام (چوب و فرآورده های آن) به عنوان یک عامل مهم تاثیر گذار بر همه ویژگی های چوب و فرآورده های چوبی مطرح است، به گونه ای که با افزایش آن مقاومت های مکانیکی نیز افزایش می یابد [۶] و به همین علت ساده ترین راه برای افزایش مقاومت های تخته، بالا بردن تراکم جرم آن است. از آن جایی که هنگام افزایش تراکم جرم پانل های چوبی، فشردگی و تماس بین خرده های چوب بیشتر شده و اتصال های قوی تری بین آنها ایجاد می شود، بنابراین بدون نیاز به مصرف چسب بیشتر، استفاده موثرتری از رزین به عمل می آید [۴]. تحقیقاتی که در مورد تاثیر جرم ویژه ماده اولیه و دانسیته تخته بر مقاومت خمشی آن انجام شده است، همبستگی بالایی را بین آنها نشان می دهند [۴ و ۹ و ۱۸]. با زیاد شدن تراکم جرم تخته خرده چوب مقاومت خمشی آن افزایش می یابد و برعکس، با زیاد شدن جرم ویژه ماده اولیه، مقاومت خمشی تخته کاهش می یابد [۴]. چسب های مورد استفاده در ساخت فرآورده های چوبی به طور عمده گرما سخت هستند. رزین های اوره فرم آلدهید یکی از مهم ترین مواد چسبنده مصرفی در صنایع تخته خرده چوب می باشند که به دلیل قیمت پایین، کاربرد آسان و گیرایی سریع در پرس گرم، کاربرد گسترده ای دارد. بیش از ۹۰ درصد فرآورده های چوبی تولید شده در جهان با این چسب ساخته می شوند [۴]. اگر چه با افزایش مصرف چسب به طور عموم کیفیت و مقاومت های تخته افزایش می یابد، اما مصرف چسب حدود ۳۵ درصد هزینه های تولید را در بر گرفته و در عین حال آلودگی های ناشی از انتشار گاز فرم آلدهید را افزایش می دهد [۱، ۴]. در این

ارتباط Ashori و Nourbakhsh (۲۰۰۸)، اثر زمان پرس و میزان چسب را بر خواص فیزیکی - مکانیکی تخته خرده چوب های ساخته شده از چوب های با کاربرد کم و با کیفیت پایین را بررسی و گزارش نمودند که در زمان پرس ۵ دقیقه و مصرف ۱۱ درصد چسب بیشترین میزان مقاومت خمشی، مدول کشسانی و چسبندگی درونی و کمترین واکنش پذیری ضخامت (در ۲ و ۲۴ ساعت) به دست می آیند [۸]. Nemli و همکاران (۲۰۰۷) اثر عوامل موثر در فرآیند ساخت تخته خرده چوب را بررسی و نشان دادند که با افزایش درصد چسب، ویژگی های فیزیکی (واکنش پذیری ضخامت) و مکانیکی (مدول کشسانی، چسبندگی درونی و مقاومت خمشی) و صافی سطح تخته خرده چوب بهبود می یابد [۲۱]. Hiziroglu و همکاران (۲۰۰۵) اثر تراکم جرم تخته (۰/۴، ۰/۵، ۰/۶۵، ۰/۷۵ گرم بر سانتی متر مکعب)، نوع کیک (یک لایه و سه لایه) و نوع چسب (تهیه شده از چوب با و بدون پوست) بر ویژگی های تخته خرده چوب ساخته شده از سدر قرمز را بررسی و عنوان داشتند که تراکم جرم مهم ترین عامل اثرگذار بر کلیه ویژگی های فیزیکی - مکانیکی تخته خرده چوب بوده و تهیه تخته سه لایه این ویژگی ها را بهبود می بخشد اما نوع چسب اثر معنی داری بر ویژگی های تخته خرده چوب ندارد. ایشان همچنین عنوان کردند که استفاده از چسب اوره فرم آلدهید به میزان بیش از ۷٪ ویژگی های سطح را بهبود می بخشد [۱۷]. نور بخش و کارگر فرد (۱۳۸۵) گزارش دادند که افزایش تراکم جرم تخته خرده چوب عایق ساخته شده از گونه صنوبر از ۰/۳۵ به ۰/۵ گرم بر سانتی متر مکعب، مقاومت و مدول خمشی و همچنین مقاومت چسبندگی درونی را افزایش می دهد [۷]. حبیبی و همکاران (۱۳۸۶) افزایش میزان چسب اوره فرم آلدهید را از ۸ به ۱۱/۵ درصد، در بهبود ثبات ابعادی MDF ساخته شده از کلش برنج موثر می دانند [۳].

با توجه به نکات بالا و اهمیت کاهش مصرف چسب در ساخت فرآورده های مرکب چوبی که کاهش آلودگی های زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت، ضرورت انجام این تحقیق را باعث شد.

<sup>1</sup> Particleboard

<sup>2</sup> Wood Composite Products

## مواد و روش ها

برای انجام این بررسی، گرده بینه های گونه صنوبر (*Populus alba*) با دامنه قطری بین ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر از منطقه طالقان تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس با اهر نواری به قطعه های کوچکی تبدیل و با استفاده از خرد کن حلقوی نوع Pallman<sup>۱</sup> در دو مرحله به ذرات خرد چوب مورد نیاز تبدیل شدند. خرد های چوب به مدت ۴ روز در آزمایشگاه و در دمای محیط و پس از آن در خشک کن استوانه ای با دمای ۸۰ درجه سلسیوس و به مدت ۲/۵ ساعت تا رسیدن به رطوبت حدود ۳ درصد خشک شدند. خرد های چوب بسیار ریز و خیلی درشت از مخلوط خرد های چوب جدا و خرد های چوب با ابعاد مناسب تا زمان ساخت تخته های آزمونی در کیسه پلاستیکی (برای جلوگیری از جذب رطوبت) نگه داری شدند. چسب مورد استفاده برای چسب زنی خرد های چوب از نوع اوره فرم آلدهید محلول بود که از شرکت تیران شیمی تهران تهیه شد. ویژگی های مختلف این چسب به طور اختصار در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- ویژگی های مختلف چسب اوره فرم آلدهید مصرفی

ویژگی	مقدار
مواد جامد (%)	۶۳
گرانروی (Cp)	۳۷۰
تراکم جرم (g/cm <sup>3</sup> )	۱/۲۸
بیشینه فرم آلدهید آزاد (%)	۰/۵
PH	۷/۴
زمان انعقاد (ثانیه)	۷۰

با در نظر گرفتن عوامل متغیر: میزان چسب مصرفی (۶، ۷ و ۸ در صد نسبت به جرم خشک خرد چوب)، تراکم جرم تخته (۵۲۰، ۶۲۰ و ۷۲۰ کیلو گرم بر متر مکعب) و عوامل ثابت: گونه چوبی (صنوبر *Populus alba*)، نوع چسب مصرفی (اوره فرم آلدهید)، نوع سفت کننده یا هاردنر (کلرورآمونیم)، میزان هاردنر (۲ درصد بر مبنای جرم ماده خشک چسب)، زمان پرس (۵ دقیقه)، دمای پرس (۱۷۰ درجه سلسیوس)، فشار پرس (۳۰ bar)، ضخامت اسمی تخته (۱۶ میلیمتر)، نوع تخته (همسان یا یک لایه)، تخته های آزمونی ساخته شدند.

خرد چوب مورد نیاز برای ساخت هر تخته، توزین و در یک چسب زن آزمایشگاهی و بکمک پیستوله چسب زنی شدند. از یک قالب با ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی متر برای شکل دهی کیک خرد چوب<sup>۲</sup> استفاده و خرد های چوب چسب زده شده به صورت یکنواخت در درون قالب، پاشیده شدند. پس از تشکیل کیک خرد چوب و فشردن اولیه و سرد آن، با پرس گرم آزمایشگاهی از نوع Burkle- La- 160 تا ضخامت اسمی فشرده شدند. با در نظر گرفتن عوامل متغیر، ۹ تیمار و برای هر تیمار ۳ تکرار و در مجموع تعداد ۲۷ تخته آزمونی ساخته شد. تخته ها به مدت ۲ هفته در دمای ۱±۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد مشروط شدند.

تخته ها پس از کناره بری، برابر استاندارد EN 326-1 [۱۶]، به نمونه های آزمونی مورد نیاز برای اندازه گیری ویژگی های فیزیکی و مکانیکی برش داده شدند. واکنشیدگی ضخامت (IS) تخته ها پس از ۲۴ ساعت غوطه وری برابر استاندارد EN 317 [۱۴] و ویژگی های مکانیکی آنها شامل مدول کشسانی (MOE)، مقاومت خمشی (MOR) با ماشین Instron-۴۴۸۶ و برابر استاندارد EN 310 [۱۰] تعیین شدند.

برای اندازه گیری مقاومت چسبندگی درونی تخته ها (IB) از استاندارد EN 319 [۱۵] و ماشین WoIPERT D ۶۶۷۰۰ استفاده شد. پروفیل تراکم جرم تخته ها با استفاده از روش لایه گیری و نمونه های با ابعاد ۵۰×۵۰ میلی متر برابر Neusser, Krames (۱۹۶۹) انجام شد [۲۲]. نتایج به دست آمده با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و آزمون فاکتوریل صورت گرفت و به کارگیری روش تجزیه واریانس تجزیه و تحلیل شدند. گروه بندی و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن (DMRT) انجام شد. به منظور نشان دادن اثر تراکم جرم تخته و میزان چسب بر خواص تخته خرد چوب، نقشه های اثرگذاری های متقابل<sup>۳</sup> با نرم افزار ۱۵ minitab رسم شد.

## نتایج

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس و جدول ۳ میانگین ویژگی های تخته های آزمونی و گروه بندی دانکن را نشان می دهد.

<sup>۲</sup> Mat Forming<sup>۳</sup> Contour plots<sup>۱</sup> Knife Ring Flaker (Pallman)

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس ویژگی های تخته های آزمون

منبع تغییرات	درجه آزادی	مقاومت خمشی (F)	کشسانی (F)	چسبندگی درونی (F)	واکشدگی ضخامت (۲۴h) (F)
مقدار چسب	۲	۱۵/۷۰۸**	۱۱/۵۰۶**	۳/۶۵۷*	۲۳/۰۷۱**
تراکم جرم تخته	۲	۱۵۵/۶۵۸**	۱۰۵/۲۷۸**	۰/۹۴۳ <sup>ns</sup>	۷۵/۶۴۳**
میزان چسب					
*تراکم جرم تخته	۴	۳/۸۳۴**	۳/۳۴۶*	۱/۴۷۰ <sup>ns</sup>	۲/۴۰۹ <sup>ns</sup>

\*\* معنی دار در سطح ۱ درصد \* معنی دار در سطح ۵ درصد NS: معنی دار نیست

جدول ۳- میانگین ویژگی های تخته های آزمون و گروه بندی دانکن

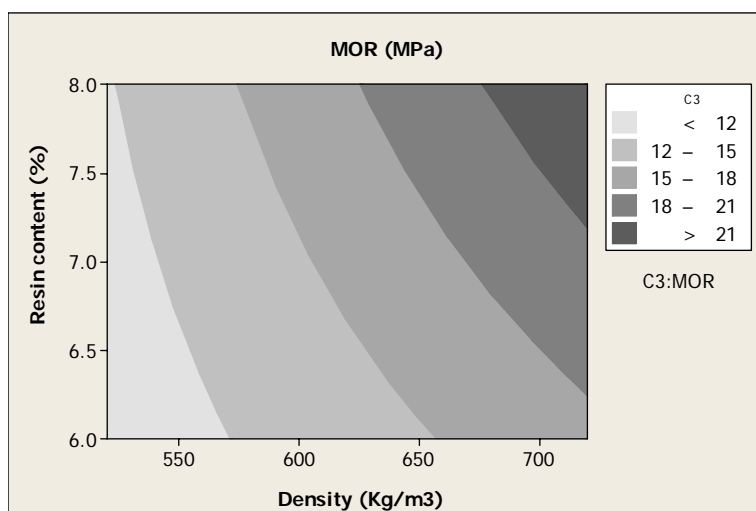
تراکم جرم تخته (Kg/m <sup>3</sup> )	مقدار رزین (%)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	TS 24h
۵۲۰	۶	۱۰/۲ (E)	۱۱۴۳ (D)	۰/۴۲ (B)	۲۱/۶ (CD)
	۷	۱۰/۸ (E)	۱۱۹۶ (D)	۰/۴۸ (AB)	۱۹/۷ (ABC)
	۸	۱۱/۸ (E)	۱۴۸۴ (C)	۰/۵۴ (A)	۱۷/۶ (AB)
	۶	۱۵/۶ (D)	۱۶۱۹ (BC)	۰/۴۹ (AB)	۲۰/۳ (BCD)
۶۲۰	۷	۱۵/۷ (CD)	۱۶۳۰ (BC)	۰/۴۸ (AB)	۲۰/۰ (CD)
	۸	۱۶/۹ (CD)	۱۷۳۵ (B)	۰/۵۷ (A)	۱۷/۳ (A)
	۶	۱۷/۹ (CD)	۲۱۲۲ (B)	۰/۴۹ (AB)	۳۰/۹ (E)
۷۲۰	۷	۱۹/۵ (BC)	۱۸۱۰ (A)	۰/۵۲ (AB)	۲۹/۷ (E)
	۸	۲۳/۶ (A)	۲۱۵۳ (A)	۰/۴۹ (A)	۲۳/۱ (D)

\*حروف درون پرانتز گروه بندی دانکن را نشان می دهند.

### مقاومت خمشی

با افزایش تراکم جرم تخته ها از ۵۲۰ به ۷۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب، مقاومت خمشی آن ها در هر سه سطح رزین مصرفی افزایش یافته است (جدول ۳). شایان ذکر است که در تخته های با تراکم جرم ۷۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب، اثر افزایش میزان مصرف رزین در بهبود مقاومت خمشی نسبت به تخته های با تراکم جرم ۵۲۰ و ۶۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب محسوس تر است. تخته های با ۸ درصد چسب و تراکم جرم  $720 \text{ Kg/m}^3$ ، بالاترین میانگین

مقاومت خمشی (۲۳/۶ مگا پاسکال) و تخته های با ۶ درصد چسب و تراکم جرم ۵۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب پایین ترین مقاومت خمشی (۱۰/۲ مگاپاسکال) را داشتند. نور بخش و کارگر فرد (۱۳۸۵) اعلام نمودند که افزایش تراکم جرم تخته خرده چوب عایق ساخته شده از گونه صنوبر از ۰/۳۵ به ۰/۵ گرم بر سانتی متر مکعب، مقاومت و مدول خمشی را افزایش می دهد [۷]. نقشه اثرگذاری های متقابل تراکم جرم تخته و میزان چسب بر مقاومت خمشی در شکل ۱ نشان داده شده است.

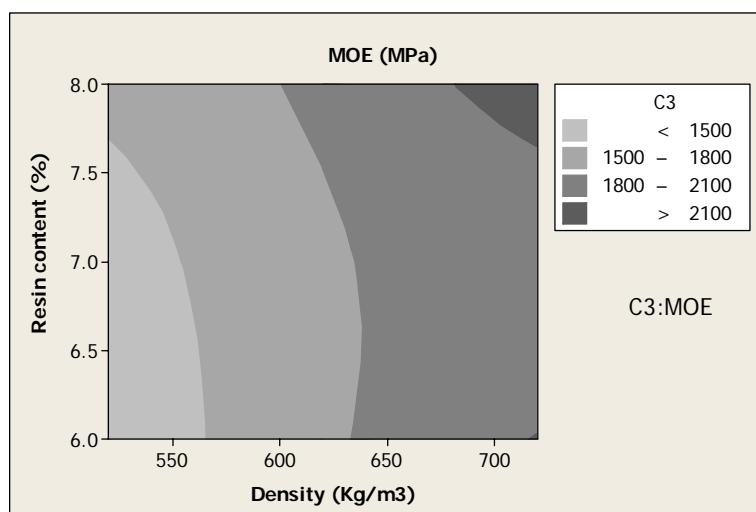


شکل ۱- نقشه اثرگذاری‌های متقابل تراکم جرم تخته و میزان چسب بر مقاومت خمشی

### مدول کشسانی

با افزایش تراکم جرم تخته‌ها از ۵۲۰ به ۷۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب، مدول کشسانی تخته‌ها در هر سه سطح رزین مصرفی افزایش یافت (جدول ۳). لازم به یادآوری است که در تخته‌های با تراکم جرم ۶۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب، افزایش مصرف رزین تاثیر چندانی بر افزایش مدول کشسانی نداشت. با توجه به جدول ۳، بیشترین مدول کشسانی مربوط به تخته‌های حاوی ۸ درصد چسب و دانسیته  $720 \text{ Kg/m}^3$  ( $2280 \text{ MPa}$ ) و کمترین میزان آن مربوط به تخته‌های با تراکم جرم ۵۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ۶ درصد چسب است.

با توجه به شکل ۱، مشخص است که در تراکم جرم بین ۷۲۰-۶۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب و حدود ۸-۷/۲ درصد چسب، مقاومت خمشی به بیشینه میزان خود (بیش از ۲۱ مگاپاسکال) رسیده است. برابر استانداردهای EN ۳۱۲-۲ و EN ۳۱۲-۳، مقدار MOR پانل‌های تخته خرده چوب برای کاربردهای عام و کاربردهای درونی به ترتیب ۵/۱۱ و ۱۳ مگاپاسکال [۱۱ و ۱۲] است. بنابراین با تراکم جرم حدود  $570-660 \text{ Kg/m}^3$  و مصرف ۶ درصد چسب می‌توان مقاومت خمشی تخته‌ها را در سطح اعلام شده در این استانداردها نگه داشت.



شکل ۲- نقشه اثرگذاری‌های متقابل تراکم جرم تخته و میزان چسب بر مدول کشسانی

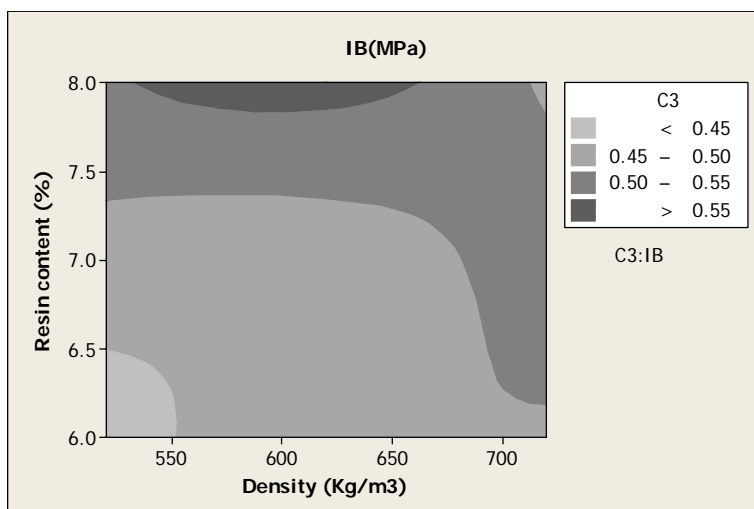
افزایش مصرف رزین از ۶ به ۸ درصد، مقاومت چسبندگی درونی تخته‌ها بیشتر شده است. مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌های دارای ۸ درصد چسب و با دانسیته  $620 \text{ Kg/m}^3$ ، به بالاترین میزان ( $0/57 \text{ MPa}$ ) و در تخته‌های با دانسیته  $520 \text{ Kg/m}^3$  و ۶ درصد چسب به پایین‌ترین میزان خود ( $0/42 \text{ MPa}$ ) می‌رسد (جدول ۳). جزایری و همکاران (۱۳۸۶) به این نتیجه رسیدند که افزایش مصرف چسب اوره فرم آلدهید از ۹ به ۱۱٪، مقاومت چسبندگی درونی تخته خرده چوب را افزایش می‌دهد [۲].

نقشه اثرگذاری‌های متقابل تراکم جرم تخته و میزان چسب بر مقاومت چسبندگی درونی در شکل ۳ نشان داده شده است.

با توجه به شکل ۲، دیده می‌شود که در تراکم جرم بین ۶۸۰-۷۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب و حدود ۸-۷/۵ درصد چسب، مدول کشسانی به بیشینه میزان خود (بیش از ۲۱۰۰ مگاپاسکال) رسیده است. برابر استانداردهای EN ۳۱۲-۲ و EN ۳۱۲-۳، میزان MOE پانل‌های تخته خرده چوب برای کاربردهای عام و کاربردهای درونی ۱۶۰۰ مگاپاسکال است [۱۱ و ۱۲] است. بنابراین با تراکم جرم حدود  $590-640 \text{ Kg/m}^3$  مصرف ۶ درصد چسب نیز می‌توان مدول کشسانی تخته‌ها را در حد تعیین شده در این استانداردها نگه داشت.

### چسبندگی درونی

با توجه به جدول ۲ مشخص است که تنها اثر میزان رزین بر این ویژگی معنی دار است، به طوری که با



شکل ۳- نقشه اثرگذاری‌های متقابل تراکم جرم تخته و میزان چسب بر مقاومت چسبندگی درونی

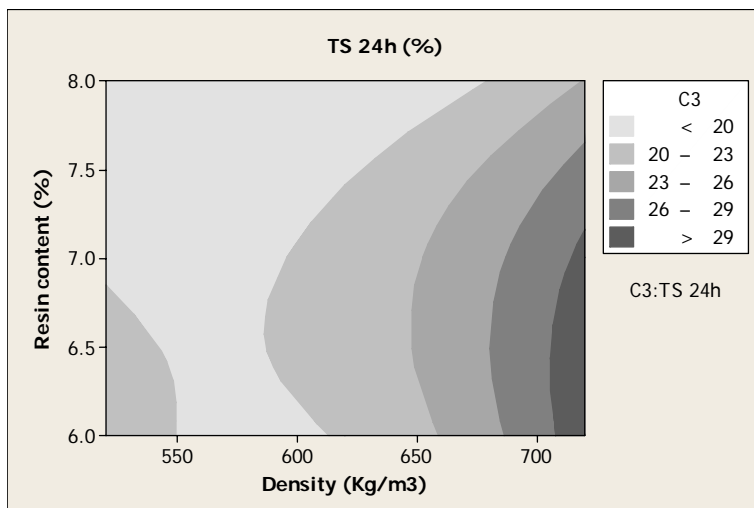
**واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه وری**  
با افزایش تراکم جرم تخته‌ها از ۵۲۰ به ۶۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب در سه سطح چسب مصرفی، واکشیدگی ضخامت به میزان قابل توجهی کاهش اما با افزایش تراکم جرم تخته‌ها از ۶۲۰ به ۷۲۰ کیلوگرم بر سانتی متر مکعب، واکشیدگی ضخامت آن‌ها زیاد شد (جدول ۳). تخته‌های با تراکم جرم ۶۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب در سه سطح چسب مصرفی، نسبت به تخته‌های با تراکم

میزان مورد نیاز مقاومت چسبندگی درونی برای کاربردهای عام (EN ۳۱۲-۲، ۱۹۹۶) و کاربردهای درونی (EN ۳۱۲-۳، ۱۹۹۶)، به ترتیب ۰/۲۴ و ۰/۳۵ مگاپاسکال است [۱۱ و ۱۲]. با توجه به نتایج آزمایش همه تخته‌های ساخته شده دارای IB بالاتر از این مقادیر هستند. بنابراین با تراکم جرم ۵۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ۶٪ چسب نیز می‌توان مقاومت چسبندگی درونی تخته‌ها را در حد تعیین شده در این استانداردها نگه داشت.

ویژگی‌های مکانیکی آن مانند MOR، MOE، IB و همچنین توان نگهداری پیچ و میخ دارد، اما واکنش‌پذیری ضخامت آن‌ها را زیاد می‌کند [۲۳].

نقشه اثرگذاری‌های متقابل تراکم جرم تخته و میزان چسب بر واکنش‌پذیری ضخامت در شکل ۴ نشان داده شده است.

جرم ۵۲۰ و ۷۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب، میزان واکنش‌پذیری ضخامت کمتری داشتند. میزان این ویژگی در تخته‌های با تراکم جرم ۶۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ۸ درصد چسب به کمترین میانگین خود (۱۷/۳ درصد) رسید. Zhou (۱۹۹۰) ویژگی‌های مکانیکی OSB ساخته شده از چوب صنوبر در سه تراکم جرم مختلف را بررسی و نشان داد که افزایش تراکم جرم تخته اثر مثبت بر

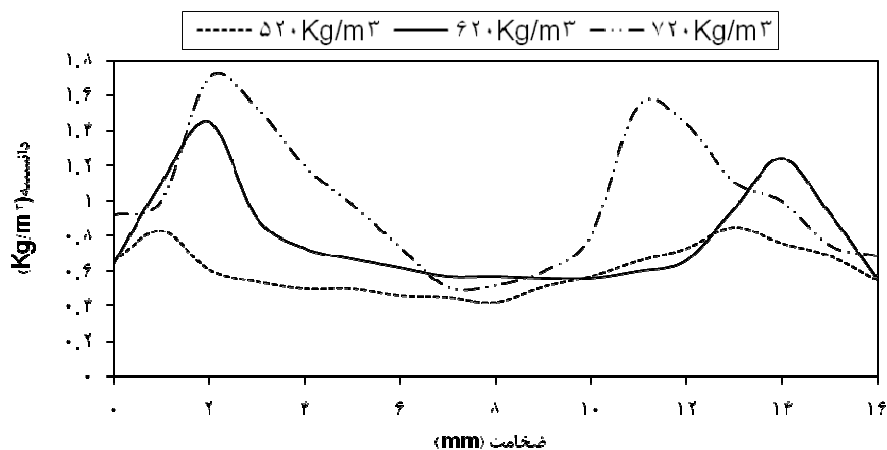


شکل ۴- نقشه اثرگذاری‌های متقابل تراکم جرم تخته و میزان چسب بر واکنش‌پذیری ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری

#### پروفیل دانسیته

با توجه به شکل ۵ در تخته‌های با تراکم جرم ۵۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب، اختلاف تراکم جرم سطوح و قسمت میانی تخته ناچیز بوده و سطوح و مغز تخته‌ها دارای تراکم جرم به نسبت پایینی هستند. در تخته‌های با تراکم جرم ۷۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب بیشترین اختلاف بین تراکم جرم سطوح و مغز تخته‌ها دیده می‌شود. پروفیل تراکم جرم تخته‌های با تراکم جرم ۶۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب در مقایسه با تخته‌های با تراکم جرم ۵۲۰ و ۷۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب از توزیع مناسب‌تری برخوردار است.

با توجه به شکل ۴، در دانسیته‌های بین ۶۲۰-۵۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب و استفاده از ۶-۶/۸ درصد چسب، واکنش‌پذیری ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری به کمترین میزان خود (کمتر از ۲۰ درصد) رسیده است. با توجه به استفاده از گونه صنوبر و چسب اوره فرم آلدهید در ساخت تخته‌ها، طبعاً میزان واکنش‌پذیری ضخامت بیشتر از میزان استاندارد (بیشینه TS تخته خرده چوب پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری برابر استاندارد (۱۹۹۶) ۴-EN ۳۱۲، ۱۵٪ است) می‌باشد [۱۳]. Nemli (۲۰۰۲) تیمارهای اضافی مانند پوشاندن سطح تخته خرده چوب با کاغذهای ملامینه یا لامینه شده و یا استفاده از دمای پرس بالا را در افزایش پایداری ابعادی موثر می‌داند [۲۱].



شکل ۵- پروفیل دانسیته تخته های تیمارهای مختلف

مکعب، نسبت به قسمت میانی تخته با شدت بیشتری فشرده شده (شکل ۵) و تخته های این تیمار دارای بیشترین تراکم جرم در سطوح و بیشترین اختلاف تراکم جرم بین سطوح و قسمت میانی خود می باشند، لذا این تخته ها دارای بالاترین مقدار مقاومت و مدول خمشی هستند. در حالی که مقاومت چسبندگی درونی آن ها کمتر از تخته های با تراکم جرم ۶۲۰ کیلو گرم بر متر مکعب و واکنشیدگی ضخامت آن ها بیشتر از تخته های با تراکم جرم ۶۲۰ کیلو گرم بر متر مکعب (با نیمرخ تراکم جرم یکنواخت تر و ساختار همگن تر) می باشد.

با توجه به نتایج بالا و بررسی نقشه های اثرگذاری های متقابل، در یک نتیجه کلی می توان بیان داشت که در دامنه تراکم جرم و چسب بررسی شده در این تحقیق، با ساخت تخته هایی با تراکم جرم حدود ۶۵۰-۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و استفاده از ۶ درصد چسب اوره فرم آلدئید، کلیه ویژگی های مکانیکی تخته ها دارای حد نصاب مقادیر تعیین شده توسط استاندارد مربوطه بوده، ضمن اینکه افزایش واکنشیدگی ضخامت تخته ها را می توان با مصرف میزان معمول مواد ضد آب جبران نمود. در نتیجه با کاهش مصرف چسب، علاوه بر هزینه های تولید، آلودگی ناشی از انتشار گاز فرم آلدئید نیز کاهش می یابد.

### بحث و نتیجه گیری

به منظور ارزیابی میزان اثر گذاری افزایش تراکم جرم تخته و میزان چسب بر روی ویژگی های تخته خرده چوب، بررسی بالا صورت گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم جرم تخته و میزان چسب، مقاومت خمشی و مدول کشسانی تخته ها افزایش می یابد (جدول ۳). افزایش تراکم جرم تخته ها منجر به فشردگی و تقویت اتصالات بین خرده های چوب و چسب شده و با افزایش مصرف چسب، سطوح خرده های چوب به چسب بیشتری آغشته شده و در نتیجه مقاومت و مدول خمشی تخته ها افزایش می یابد. زیاد شدن تراکم جرم تخته ها اثر معنی داری بر مقاومت چسبندگی درونی نداشت ولی اثر مصرف چسب بر این ویژگی در سطح ۵ درصد معنی دار بود و در تخته های با تراکم جرم ۵۲۰ و ۶۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب، با افزایش مقدار چسب، مقاومت چسبندگی درونی آن ها زیاد شد.

با افزایش تراکم جرم تخته ها به ۷۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب، به دلیل افزایش فشردگی خرده های چوب، تنش های ناشی از جذب آب زیاد شده و واکنشیدگی ضخامت تخته ها پس از ۲۴ ساعت غوطه وری افزایش یافت [۴]. در تایید این مطلب می توان عنوان نمود که سطوح تخته های با تراکم جرم ۷۲۰ کیلوگرم بر متر



## منابع

- ۱- امیری، س؛ ۱۳۷۷. بررسی اقتصادی کارخانه های تخته خرده چوب، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۱، شماره ۱، صفحه ۲۵-۳۵.
- ۲- جزایری، ر؛ خادمی اسلام، ح؛ حاجی حسنی، ر؛ نوربخش، ا؛ کارگر فرد، ا؛ ۱۳۸۷. بررسی اثر میزان مصرف چسب، درجه حرارت و زمان پرس بر خواص تخته خرده چوب ساخته شده از چوب گونه *Acacia salicina* نشریه تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۳، شماره ۲، صفحه ۱۶۹-۱۷۷.
- ۳- حبیبی، م؛ حسینخانی، ح؛ مهدوی، س؛ ۱۳۸۶. بررسی اثر زمان پرس و مقدار چسب بر ویژگی های تخته فیبر نیمه سنگین (MDF) ساخته شده از کلس برنج، نشریه تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۲، شماره ۱، صفحه ۶۱-۵۱.
- ۴- دوست حسینی، ک؛ ۱۳۸۶. فناوری تولید و کاربرد صفحات فشرده چوبی، انتشارات دانشگاه تهران؛ ۶۴۸ صفحه.
- ۵- روشنی زرمهری، ع؛ ۱۳۶۸. بررسی استفاده از گونه های تاغ و صنوبر در ساخت تخته خرده چوب. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۶- عنایتی، ع؛ ۱۳۸۸. جزوه درسی تخته فیبر پیشرفته. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۷- نور بخش، ا؛ کارگر فرد، ا؛ ۱۳۸۵. اثر دانسیته و زمان پرس بر ویژگی های تخته خرده چوب عایقی از گونه صنوبر. مجله تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۱، شماره ۲، صفحه ۱۲۲-۱۱۵.
- 8- Ashori, A., Nourbakhsh, A. 2008. Effect of press cycle and particleboard made from the unde utilized low-quality raw materials. *Industrial crops and products*.28.225-230.
- 9- Canadido, L. S., Satio, F., 1990. Influence of strand thickness and board density on the orthotropic properties of oriented strand board. *Journal of the japan wood.*; Tokyo, V. 36,N.8, p. 632-636.
- 10- European Standard EN 310. 1993, Wood Based Panel. Department of modulus of elasticity in bending and of bending strength. CEN European Committee for Standardization. Brussels. Belgium.
- 11- European Standard EN 312-2,1996. Particleboard Specifications part2: requirements for general purpose boards for use in dry conditions. CEN European Committee for Standardization. Brussels. Belgium.
- 12- European Standard EN 312-3,1996. Particleboard Specifications part3: requirements for boards for interior fitments (including furniture) for use in dry conditions. CEN European Committee for Standardization. Brussels. Belgium.
- 13- European Standard EN 312-4,1996. Particleboards Specifications part4: requirements for load-bearing boards for use in dry conditions. CEN European Committee for Standardization. Brussels. Belgium.
- 14- European Standard EN 317. 1993, Particleboard and fiberboards. Determination of swelling in thickness after immersion in water. European Committee for Standardization. Brussels. Belgium.
- 15- European Standard EN 319. 1993, Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. CEN European Committee for Standardization. Brussels. Belgium.
- 16- European Standard EN 326-1. 1993, Wood based panels. Sampling, cutting and inspection. Sampling and cutting of test pieces and expression of test results.
- 17- Hiziroglu, S., Jarusombuti, S., Fuengrivat, V., Bauchongkol, P., Soontonbura, W., Darapak, T., 2005. Properties of bamboo- rice straw- eucalyptus composite panels. *Forest Prod. J.* 55(12), 221-225.
- 18- Lehmann, L., Heebink., 1977. Factor affecting Particleboard pressing time Interaction with catalyst system. VSDA for, serv. Res. Pap. FPL. 208. For lab. Madison WLS.
- 19- Moslemi, A. A., 1974. Particleboard, Vols. 1 and 2. SourthenillionisUniu. Press Carbondale, Illinois.
- 20- Nemli, G., 2002. Factors affecting the production of E 1 type particleboard. *Turk. J. Agric. For.* 26 (1), 31-36.

- 21- Nemli, G., Zekovic, E., Aydin, I., 2007. Some of the parameters influencing surface roughness of particleboard. Building and environment Journal.40 (10) 1337-1340.
- 22- Neusser ,H., Krames,V., Haidinger, K., and Serentschy , W.,1969.The character of particle and its influence on quality of surface layers of particleboard.Holzforsch Und Holzverwest.21(4):81-94
- 23- Zhou, D., 1986. A study of Oriented Strand Board made from hybrid poplar. Holz als Roh-und werk stoff. 48(1990). 29

## Investigation the Effect of Increasing Board Density and Amount of UF Resin on Particleboard Properties

Farnaz Eslah<sup>\*1</sup>, Ali Akbar Enayati<sup>2</sup>, Mehdi Faezipour<sup>3</sup>, Mehdi Tajvidi<sup>4</sup>

### Abstract

In order to investigation the effect of increasing board density and amount of UF resin on particleboard properties, this study was carried out. Regarding two variable parameters: board density at three level (520, 620 and 720 Kg/m<sup>3</sup>) and percentage of UF resin (6, 7, and 8%), one layer particleboards with 16mm nominal thickness were manufactured. Physical and mechanical properties such as MOR, MOE, IB and thickness swelling (after 24 hours immersion in water) were measured. The results showed that with increase in board density from 520 to 720 Kg/m<sup>3</sup>, MOR and MOE were increased and dimensional stability were improved. But increase in board density had no significant effect on IB. The results of contour plots showed that manufacturing boards with density of 600-650 Kg/m<sup>3</sup> and 6% UF resin, all of mechanical properties were maintained in standard specified limits related to those boards and using adequate amount of water resistant materials will Cause improving of thickness swelling after 24 h immersion.

**KeyWords:** Particleboard, Poplar, Resin content, Board density, Physical and mechanical properties, contour plots

---

\* Corresponding author: Email: eslah68@yahoo.com