بسم‌الله الرحمن الرحیم

وزارت جهاد سازندگی

معاونت آموزش و تحقیقات

مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع

بررسی تأثیر شرایط پلیمرشدن بر مقاومت اتصال رزین اوره ـ فرمالدهید در تخته خرده‌چوب ممرز

از:

احمد جهان لتیباری

عبدالرحمن حسین‌زاده

تقی طبرسا*

بخش تحقیقات علوم چوب و کاغذ

---

*: عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

چکیده

دراین بررسی تأثیر سه عامل یا متغیر رطوبت کیک خرده‌چوب، درجهٔ حرارت و زمان پرس بر واکنش پلی‌مر شدن رزین اوره ـ فرمالدهید و مقاومت اتصال بین چوب ممرز و رزین اوره ـ فرمالدهید مورد مطالعه قرار گرفته است. با تغییر رطوبت کیک خرده‌چوب در مقادیر ۱۰، ۱۳ و ۱۶ درصد، درجهٔ حرارت پرس در ۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجهٔ سلسیوس و زمان پرس در ۴، ۶ و ۸ دقیقه در جمع ۲۷ ترکیب شرایط به‌وجود آمده و با ثابت نگهداشتن عوامل دیگر، برای هر ترکیب شرایط، چهارتخته ساخته شده است. مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی، میزان جذب آب و واکشیدگیهای ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب طبق دستورالعمل ASTM D-۱۰۳۷ اندازه‌گیری و اطلاعات جمع‌آوری شده با استفاده از روش آماری فاکتوریل با بلوکهای کامل تصادفی تجزیه و تحلیل و مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

تأثیر رطوبت کیک خرده‌چوب بر مقاومت خمشی تخته خرده‌چوب ممرز دارای اختلاف معنی‌دار نبوده، ولی تأثیر این عامل بر مدول الاستیسیته در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار است و با زیاد شدن رطوبت کیک خرده‌چوب مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی زیاد شده است. بالاترین مدول الاستیسیته برابر ۴۲۶۴ مگاپاسکال مربوط به‌تخته‌هایی است که رطوبت کیک خرده‌چوب آنها ۱۶ درصد بوده است. تأثیر رطوبت کیک خرده‌چوب بر چسبندگی داخلی (مقاومت درمقابل کشش عمود بر سطح) با مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نسبت معکوس داشته و با زیادشدن رطوبت کیک خرده‌چوب، چسبندگی داخلی تخته‌ها کم شده است. کم شدن چسبندگی داخلی در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است. بالاترین میزان چسبندگی داخلی برابر ۱/۴۴۷ مگاپاسکال در رطوبت کیک ۱۰٪ به‌دست آمده است. با زیادشدن رطوبت کیک خرده‌چوب، میزان جذب آب کم شده و واکشیدگی ضخامتی تخته‌ها زیاد شده است. به‌طوری که کمترین میزان

جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب برابر ۶۷/۳۴۷٪ و ۸۶/۷۷۸٪ در تخته‌های با رطوبت کیک ۱۶٪ مشاهده شده و کمترین میزان واکشیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری به‌ترتیب برابر ۲۱/۸۸۶٪ و ۲۷/۳۱۹٪ در تخته‌های با رطوبت کیک ۱۰٪ اتفاق افتاده است. با بررسی اثر مستقل رطوبت کیک خرده‌چوب بر ویژگیهای مکانیکی و فیزیکی تخته خرده‌چوب مشخص می‌گردد که برای دستیابی به‌تخته خرده‌چوب ممرز با ویژگیهای مطلوب، ضروری است رطوبت کیک خرده‌چوب در حدود ۱۰ تا ۱۳ درصد باشد.

تأثیر درجهٔ حرارت پرس بر مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و بالاترین مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی به‌ترتیب برابر با ۱۶/۳۱۳ و ۱/۳۹۵ مگاپاسکال در تخته‌هایی بوده است که در ۱۹۰ درجه سلسیوس پرس شده‌اند. تأثیر درجهٔ حرارت پرس بر مدول الاستیسیته معنی‌دار نبوده، ولی زیاد شدن مدول الاستیسیته در اثر زیادشدن درجه حرارت پرس، روندی مشابه مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی دارد. تأثیر درجهٔ حرارت پرس بر میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است و کمترین میزان جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب برابر با ۶۸/۵۳٪ و ۸۵/۶۱۱٪ در درجه‌حرارت پرس ۱۹۰ درجه سلسیوس بوده است.

تأثیر زمان پرس بر ویژگیهای مکانیکی تخته خرده‌چوب ممرز در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده، ولی این عامل بر میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی تأثیر معنی‌داری ندارد. بالاترین مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی به‌ترتیب برابر با ۱۶/۴۲۰ مگاپاسکال و ۱/۴۳۶ مگاپاسکال در زمان پرس ۶ دقیقه به‌دست آمده و بالاترین مدول الاستیسیته برابر ۴۲۴۵ مگاپاسکال در زمان پرس ۸ دقیقه به‌دست آمده که اختلاف معنی‌داری با مدول الاستیسیته ۴۱۷۵ مگاپاسکال در زمان پرس ۶ دقیقه ندارد. بنابراین می توان گفت که بالاترین مقاومت‌ها در زمان پرس ۶ دقیقه

به‌دست آمده است. تأثیر زمان پرس بر میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی معنی‌دار نیست و پایین‌ترین میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب برابر با ۶۷/۳۰۸٪، ۸۷/۲۹۲٪، ۲۲/۲۶۴٪ و ۳۰/۴۸۶٪ در زمان پرس ۴ دقیقه به‌دست آمده است.

مقدمه و سابقهٔ تحقیق

توسعه و گسترش تولید تخته خرده‌چوب از یک طرف و ضرورت استفاده از منابع مختلف چوب (چوب جنگلی، دست‌کاشت ضایعات چوبی و کشاورزی) از طرف دیگر، انجام تحقیقات گسترده در تکنولوژی تولید تخته خرده‌چوب و روشهای تولید و استفاده از منابع مختلف ماده اولیه را اجتناب‌ناپذیر کرده است. همین ضرورت موجب افزایش کارهای تحقیقاتی در این زمینه‌ها گشته است. تحقیقات نشان داده‌اند که عوامل متعددی بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب تأثیر می‌گذارند. بعضی از این عوامل بر روش و مکانیسم پلی‌مر شدن رزین تأثیر می‌گذارند و به‌اتصال ضعیف یا قوی بین ذرات کمک می‌کنند و تعدادی نیز به طور مستقیم بر ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی مؤثرند. عوامل مؤثر بر ویژگیهای تخته خرده‌چوب نه‌تنها بر خواص تخته خرده‌چوب اثر مستقلی دارند، بلکه بر یکدیگر نیز تأثیر متقابل داشته و قادر به کم‌کردن یا زیادترکردن اثر یکدیگرند. عوامل فیزیکی و شیمیایی درگونه‌های مختلف چوبی مورد استفاده در تولید تخته بر کیفیت تخته خرده‌چوب ساخته شده، میزان مصرف رزین، دانسیته تخته مؤثرند. اسیدیته (اسیدی بودن) و ظرفیت بافرکنندگی چوب مورد مصرف در ساخت تخته‌خرده‌چوب بر pH، زمان ژله‌شدن رزین و زمان پلیمر شدن (سخت شدن) مؤثر بوده و درنهایت به‌تغییرات در مقاومت‌های تختهٔ نهایی می‌انجامد. میزان رطوبت خرده‌چوب یا به‌عبارت دیگر میزان رطوبت کیک تخته خرده‌چوب بر زمان بسته شدن پرس، میزان و مکانیسم فشردگی خرده‌چوب‌ها، انتقال حرارت و توسعه گرادیان دانسیته در ضخامت تخته تأثیر می‌گذارند.

درجهٔ حرارت و زمان پرس و همچنین رطوبت کیک تخته خرده‌چوب بر سرعت انتقال حرارت از صفحه‌های پرس به‌لایه‌های میانی تخته خرده‌چوب داخل پرس و به‌تبع آن بر سرعت سخت شدن رزین و تشکیل اتصال مؤثر هستند.

تفکیک و جداکردن اثرات عوامل مختلف تولید بر خواص تخته خرده‌چوب

به‌دلیل تأثیر متقابل این عوامل کاری بسیار دشوار است. اغلب محققان سعی می‌کنند عوامل مختلف را جداگانه مورد بررسی قرار دهند.

بنابراین در این بررسی نیز عوامل متعدد تأثیرگذار بر کیفیت تخته خرده‌چوب را به‌دو گروه عوامل مربوط به‌مادهٔ اولیه و به‌ویژه مادهٔ اولیه چوبی و عوامل مربوط به‌پرس کردن تقسیم کرده و مورد بررسی قرار می‌دهیم.

تأثیرگونهٔ چوبی بر خواص تخته خرده‌چوب در اصل به‌دانسیته چوب و خواص شیمیایی و ضرورت فشرده شدن جهت دستیابی به‌تخته خرده‌چوب مناسب بستگی دارد. دانسیتهٔ مادهٔ اولیه از بحرانی‌ترین پارامترها در تعیین پتانسیل یک گونهٔ معین برای ساخت تخته خرده‌چوب به‌شمار می‌رود. در این زمینه تحقیقات زیادی انجام شده است. نتایج تحقیقات Burrows (۱۹۶۹)، Hann و همکاران (۱۹۶۲)، Lehmann (۱۹۷۰)، shuler (۱۹۷۴) و Hse (۱۹۷۵) نشان می‌دهند که در حالت استفاده از چوبهای با دانسیتهٔ کم برای ساخت تخته‌های با جرم ویژه نهایی ثابت و همچنین در استفاده از چوبهای با دانسیته ثابت برای ساخت تخته با دانسیته نهایی زیادتر همواره در کارآیی رزین بهبودی مشاهده می‌گردد. این محققان ضرورت فشردن کیک خرده‌چوب را به‌میزانی که جرم ویژهٔ تخته خرده‌چوب بر جرم ویژه چوب مصرفی فزونی یافته و درنتیجه آن تماس داخلی مؤثرتری بین خرده‌چوب‌ها ایجاد شود مورد تأکید قرار داده و عقیده دارند که در این حالت از میزان مصرف چسب کاسته می‌شود. در این مورد Suchsland (۱۹۵۹) قادر به‌یافتن الگوی آماری جهت تبیین همبستگی بین درجهٔ تراکم نسبت به‌شکل هندسی خرده‌چوب، حجم نسبی هوای داخل کیک و دانسیته ذرات تشکیل‌دهندهٔ کیک خرده‌چوب شده است. نامبرده عنوان می‌کند که توزیع ضخامت کلی خرده‌چوب در یک کیک به‌طور تصادفی تغییر می‌کند. بدین معنی که هنگام پرس شدن یک کیک برای رسیدن به‌ضخامت یکنواخت قسمتهای حاوی خرده‌چوبهای درشت بیشتر از قسمتهای دارای خرده‌چوبهای نازک فشرده می‌شوند. به‌طوری که سطح فشردگی نسبی تحت

تأثیر عواملی است که به‌میزان قابل توجه و معنی‌داری در بهبود مقاومت خمشی تخته با خرده‌چوبهای فلسی شکل نقش دارند.

دانسیته تخته خرده‌چوب ساخته شده در پرس گرم در ضخامت آن متغیر است. این تغییرات دانسیته یا به‌عبارت دیگر گرادیان دانسیته در ضخامت، بستگی زیادی به‌ترکیب خرده‌چوبها، توزیع میزان رطوبت درون کیک در هنگام ورود به‌پرس، سرعت بسته‌شدن دهانه پرس، درجهٔ حرارت پرس گرم، واکنش زرین و مقاومت به‌فشار عناصر تشکیل‌دهندهٔ خرده‌چوبها دارد. Strickler (۱۹۵۹)، Heebink و همکاران (۱۹۷۲)، Geimer و همکاران (۱۹۷۵) تأثیر درصد رطوبت کیک خرده‌چوب و توزیع آن، میانگین دانسیتهٔ تخته، وزن لایه‌های سطحی در تخته‌های سه لایه و عوامل مربوط به‌پرس کردن را بر گرادیان دانسیته در ضخامت، مورد ارزیابی قرار داده‌اند. متأسفانه Strickler و Geimer و همکاران گرادیان دانسیته در ضخامت را نشان نداده و وجود گرادیان، نامتقارن را به‌طرز نامفهومی گزارش کرده‌اند. ولی آنان تأثیر این نوع گرادیان دانسیته در ضخامت را مورد شناسایی قرار داده‌اند.

به‌عقیده Suchsland (۱۹۶۲) گرادیان دانسیته در ضخامت در تخته خرده‌چوبهایی که با استفاده از پرس گرم ساخته می‌شوند درنتیجهٔ تأثیر درجه حرارت و رطوبت بر نیروهای فشاری عمود بر الیاف چوب به‌وجود می‌آید. نامبرده استدلال می‌کند که درجهٔ حرارت بسیار زیاد پرس که جهت سرعت بخشیدن به‌واکنش پلی‌مرشدن چسب درون تخته خرده‌چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد به‌نحو چشمگیری نیروی مقاومت در برابر فشار چوب را کاهش می‌دهد. به‌علاوه کیک در حالت معمولی با رطوبت بین ۸ تا ۱۵ درصد وارد پرس می‌شود و ترکیب اثرات متقابل رطوبت و حرارت به‌طور جدی سبب کاهش مقاومت دربرابر فشار چوب می‌گردد. ذکر این نکته نیز ضروری است که گرادیان دانسیته در ضخامت درنتیجهٔ درجهٔ حرارت زیاد پرس میزان رطوبت کیک به‌وجود نیامده و علت اصلی

آن عدم یکنواختی در توزیع رطوبت و حرارت ناشی از عملیات پرس کردن است. به‌طوری که اگر رطوبت و حرارت به‌طور یکسان در سرتاسر کیک توزیع شود و درتمام دوره پرس ثابت بماند نیروی وارد شده و تغییرشکل تمامی خرده‌چوبهای همگن یکسان بوده و گرادیان دانسیته در ضخامت به‌وجود نخواهد آمد. ولی باتوجه به‌اینکه این پدیده در تخته‌های ساخته‌شده در تماس با صفحات گرم پرس صادق نخواهد بود این نوع تخته خرده‌چوبها همواره دارای گرادیان دانسیته در ضخامت می‌باشند.

Maku و همکاران (۱۹۵۹) توزیع رطوبت و حرارت را در کیک تخته خرده‌چوب همگن مرکب از دونوع خرده‌چوب با رطوبت‌های ۱، ۱۱، ۱۴ و ۳۵ درصد که در یک پرس گرم تحت فشار گرفته‌اند مورد مطالعه قرار داده‌اند. در این آزمایش ترموکوپل‌هایی درنقاط مختلفی در جهت ضخامت برای تعیین درجه حرارت در زمانهای مختلف قرار داده‌اند. در این آزمایش از چسب استفاده نشده و درجهٔ حرارت پرس ۱۳۵ درجه سانتیگراد بوده است. به‌علاوه برای تعیین درجهٔ حرارت و رطوبت در ضخامت تخته، زمان پرس مورد استفاده برای تخته‌های به‌ضخامت ۱۹ میلی‌متر به‌طور غیرواقعی طولانی (تا ۶۰ دقیقه) انتخاب شده بود. درجهٔ حرارت لایهٔ میانی تخته به‌عنوان شاخص تأثیر زمان پرس موردنظر قرارگرفت که برای دو نوع خرده‌چوب مورد استفاده متفاوت بوده است. خرده‌چوبهای نوع اول دارای طولی بین ۵ تا ۱۰ میلی‌متر، پهنای بین ۱ تا ۵ میلی‌متر و ضخامتی بین ۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌متر بوده‌اند و ترکیب وزنی نامشخص از دو گونه راش و غان داشته‌اند. خرده‌چوبهای نوع دوّم تنها از گونهٔ غان بودند و از خرده‌چوبهای نازک مربع شکل به‌طول ۷/۵ تا ۱۵ میلی‌متر و به‌عرض ۲/۵ تا ۱۰ میلی‌متر و ضخامت ۰/۱ تا ۰/۵ میلیمتر تشکیل شده بودند. در کلیهٔ کیک‌های با خرده‌چوب نوع اول به‌استثناء رطوبت یک درصد درجهٔ حرارت لایه میانی به‌سرعت تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد افزایش یافته و پس از آن برای مدت زمانهای مختلف که به‌رطوبت کیک

بستگی دارد ثابت مانده است. ولی در کیک‌های ساخته‌شده با خرده‌چوب نوع دوّم و رطوبت اولیه زیاد، درجهٔ حرارت لایه میانی در مراحل اولیه پرس به‌بیش از ۱۰۰ درجه سانتیگراد افزایش یافته و پس از آن با کاهش تدریجی به ۱۰۰ درجه سانتیگراد رسیده و برای مدتی ثابت مانده است. سپس با افزایش زمان پرس کمی افزایش یافته است. کیک خرده‌چوبهای با رطوبت ۳۰ درصد، در مقایسه با کیک خرده‌چوب‌های با رطوبت ۲۰ درصد، دارای درجهٔ حرارت لایهٔ میانی زیادتری بوده‌اند.

Strickler (۱۹۵۹) رابطهٔ معکوس را بین حداکثر درجهٔ حرارت اولیه لایه میانی کیک‌های با رطوبت یکنواخت ۶، ۹ و ۱۲ درصد و مقدار رطوبت، گزارش می‌کند. بعلاوه نامبرده معتقد است که در کیک خرده‌چوب داخل پرس گرم دو نوع گرادیان رطوبت به‌وجود می‌آید. یکی در اثر انتقال رطوبت از لایه‌های سطحی در تماس با صفحات گرم به‌طرف مرکز کیک و دیگری کاهش مقدار رطوبت از کناره‌ها و انتقال رطوبت از مرکز به کناره‌ها در طول یک خط مستقیم. Strickler (۱۹۵۹) و Maku و همکاران (۱۹۵۹) معتقدند که حرارت اولیهٔ لایهٔ میانی کیک‌های حاوی خرده‌چوب فلسی‌شکل حتی از نقطه‌جوش آب نیز زیادتر می‌شود. ولی پس از این مقدار حداکثر با افزایش زمان پرس تا نزدیک نقطهٔ جوش آب کاهش می‌یابد. شاید بتوان آرایش و ترکیب خرده‌چوب و همبستگی آن با انتقال رطوبت از نواحی مرکزی به‌کناره‌ها را دلیل اختلاف درجهٔ حرارت لایه میانی کیک‌های ساخته‌شده با خرده‌چوب فلسی‌شکل و ذرات ریز محسوب کرد.

Heebink و همکاران (۱۹۷۲) مطالعاتی در زمینهٔ تأثیر عوامل فرایند تولید بر دانسیته و گرادیان دانسیته در ضخامت تخته خرده‌چوب انجام داده‌اند. در این تحقیق عوامل مورد بررسی شامل گونه، شکل هندسی خرده‌چوب، دانسیته و ضخامت تخته، مقدار و توزیع رطوبت، زمان، درجهٔ حرارت و سرعت بسته شدن پرس بوده است. اطلاعات این تحقیق نشان می‌دهند که مقدار و توزیع رطوبت

کیک از عمده‌ترین عوامل مؤثر در به‌وجود آمدن گرادیان ضخامت بوده‌اند. سرعت بسته‌شدن و درجهٔ حرارت پرس نیز نقش عمده‌ای در تشکیل گرادیان دانسیته در ضخامت داشته‌اند. ولی سایر عوامل از اهمیّت درجه دوّمی برخوردارند. این گروه از محققان همچنین به‌تأثیر قابل ملاحظه گرادیان دانسیته در ضخامت بر خصوصیات مکانیکی تخته تولید شده پی برده‌اند.

Geimer و همکاران (۱۹۷۵) توسعهٔ گرادیان دانسیته در ضخامت تخته خرده‌چوب سه لایه از چوب دوگلاس‌فر در سه سرعت بسته شدن پرس رامورد مطالعه قرار داده است. نامبردگان با استفاده از خرده‌چوبهای بزرگ فلسی‌شکل در ساخت تخته عنوان می‌کنند که بزرگ بودن ابعاد خرده‌چوب موجب به‌تأخیر انداختن انتقال رطوبت به‌لایهٔ میانی می‌شود و بخش عمدهٔ شکستگی فشار در سطحی با دانسیته زیادتر پدید می‌آید. در گزارش فوق تأثیر ضخامت تخته خرده‌چوب در دانسیته ثابت بر گرادیان دانسیته در ضخامت نیز مورد بحث قرار گرفته و عنوان می‌شود. که در یک میانگین ثابت دانسیته افزایش ضخامت باعث افزیاش جرم ویژه در هر دو سطح مورد مطالعه می‌شود. بنابراین تخته‌های ضخیم‌تر دارای گرادیان دانسیته در ضخامت با شیب تندتر بوده که در سرعتهای مختلف بسته شدن پرس ثابت خواهد ماند.

Vital و همکاران (۱۹۸۰) به‌تأثیر اندازهٔ خرده‌چوب، نوع رزین و وزن مخصوص تخته را بر پایداری ابعادی تخته خرده‌چوب معمولی و ذرات فلسی‌شکل پی بردند و دریافتند که استفاده از خرده‌چوبهای فلسی‌شکل به‌پایداری ابعادی تخته کمک کرده و درصورت استفاده از خرده‌چوبهای به‌ضخامت ۰/۳ میلیمتر و طول ۲۰-۵۰ میلیمتر تخته از کیفیت بالایی برخوردار خواهد بود. همچنین کاهش وزن مخصوص تخته و استفاده از رزین فنل - فرم‌الدهید نیز به‌بهبودی این ویژگی کمک می‌کند. علّت افزایش کیفیت تخته‌های ساخته‌شده از خرده‌چوبهای درشت را می‌توان به‌کیفیت برتر این نوع خرده‌چوبها و پراکنش بهتر رزین نسبت داد. زیرا با

درشت‌تر شدن خرده‌چوب درواقع سطح آنها در واحد زمان کاهش یافته و مقدار رزین بیشتری بر سطح آنها وجود خواهد داشت. Duncan (۱۹۷۴) نشان داده است که ذرات درشت‌تر درمقایسه با سطح خود، مقدار رزین بیشتری دریافت می‌کنند. نامبرده با طرح روابط ریاضی بین اندازه ذرات و سطح نسبی آنها نشان داده است که به‌طور معمول مقدار رزین در واحد سطح یک خرده‌چوب بزرگ بیشتر از خرده‌چوب کوچک است.

Istrate و همکاران (۱۹۶۴) از ضریب لاغری (Slenderness Ratio) جهت تشریح شکل خرده‌چوب استفاده کرده است. نامبرده عنوان می‌کند که ذرات با ضریب لاغری (نسبت طول به‌ضخامت) زیاد را می‌توان به‌آسانی و بدون نیاز به به‌وجودآوردن لایهٔ یکنواخت چسب به‌تخته خرده‌چوب تبدیل کرد. درصورتی که درمورد خرده‌چوبهای با ضریب لاغری پایین به‌پوشش یکنواخت رزین نیاز است. تحقیقات Istrate و همکاران (۱۹۶۴) همچنین نشان داده‌اند که خرده‌چوبهای ضخیم‌تر سطح کمتری در واحد سطح داشته و به‌رزین بیشتری در مقایسه با خرده‌چوبهای نازک نیاز دارند.

در سالهای اخیر تحقیقات قابل ملاحظه‌ای در زمینهٔ ویژگیهای شیمیایی چوبهای مختلف و تأثیر آنها بر مقاومت اتصال بین خرده‌چوب و رزین انجام گرفته است. Pobelete و Braunschweig Raffael (۱۹۸۵) خرده‌چوبها را تحت شرایط ساخت تخته خرده‌چوب (تیمار حرارتی و بدون تیمار شیمیایی) قرار داده و عنوان می‌کنند که در اثر تیمار حرارتی تحت فشار، pH و گروه‌های اسیتیل خرده‌چوب کاهش یافته و خرده‌چوبها مقداری اسید فرار آزاد می‌کنند که در چوب بلوط شدیدتر است. Plagemann، Price و Johns (۱۹۸۴) تیر در بررسی اثر درجه حرارت خشک‌کن بر pH و اسیدیته چوب چنین نتیجه‌گیری می‌کنند که بین مقاومت چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب و مقدار کل اسید چوب و حرارت خشک‌کن رابطهٔ نزدیکی وجود دارد. Sellers، McSwean و Nearn (۱۹۸۸) در

بررسی ویژگیهای اتصال پهن‌برگان شرق ایالات متحده به‌این نتیجه رسیده‌اند که گونه‌های با دانسیته بالا (نظیر بلوط) در مقایسه با گونه‌های با دانسیته کم تمایل زیادتری به‌واکشیدگی و همکشیدگی داشته و تنش زیادتری به‌اتصال وارد می‌کنند، نامبردگان اسیدیته و ظرفیت بافرکنندگی قوی بلوط را عامل به‌وجودآورنده مشکل در چسبندگی می‌دانند.

عوامل مربوط به‌فرآیند پرس کردن از مهمترین عوامل مؤثر بر کیفیت محصول تولیدشده می‌باشند. در طی این مرحله بیشتر خواص فیزیکی تخته شکل می‌گیرند. از مهمترین عوامل پرس کردن می‌توان به‌رطوبت کیک خرده‌چوب، سرعت بستن، زمان و درجه حرارت پرس اشاره کرد.

رطوبت کیک خرده‌چوب نه تنها از نقطه‌نظر زمان پرس از اهمیت زیادی برخوردار است، بلکه در به‌وجودآوردن گرادیان دانسیته در ضخامت تخته از عوامل تعیین‌کننده بوده که در بخشهای قبلی به‌تفصیل مورد بحث قرار گرفت. درموارد متعددی رطوبت کیک خرده‌چوب دارای اثرات منفی بر کیفیت تخته بوده که امروزه برای رفع آن و استفاده از امتیاز مثبت انتقال سریع حرارت به‌لایه‌های میانی به‌عمد سعی می‌شود که رطوبت کیک در ضخامت به‌طور ناهمگن پراکنش یابد.

Heebink و همکاران (۱۹۷۲) گزارش کرده‌اند که اگر خرده‌چوب دارای ۵ درصد رطوبت بوده و ۵ درصد رطوبت اضافه‌تر به‌کمک پاشیدن آب به‌لایه‌های سطحی در کیک به‌وجود آورده شود درجهٔ حرارت لایه میانی این کیک در زمان کوتاه‌تری، در مقایسه با حالتی که کیک خرده‌چوب دارای رطوبت ۱۰ درصد است، به ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد.

Grasser (۱۹۶۲) تأثیر گرادیان درجهٔ حرارت لایه‌های سطحی و میانی تخته خرده‌چوب داخل پرس را بر پدیدهٔ پلی‌مر شدن رزین مورد بررسی قرار داده است.

زمان پرس کم شود که این عمل خود به‌افت کیفیت چسبندگی داخلی تخته‌ها، درمقایسه با پرسهای چنددهانه، می‌گردد. علت اصلی پدیدهٔ فوق را کافی نبودن درجهٔ حرارت لایه میانی دانسته‌اند که به‌پلی‌مرشدن ناقص رزین می‌انجامد. برای رفع این پدیده دسته‌بندی تخته‌های گرم خروجی از پرس را پیشنهاد می‌کند. محققان اخیر عقیده داشتند که عمل پلی‌مر شدن در خارج از پرس ادامه خواهد یافت. ولی علی‌رغم وجود گرمای حاصل از پرس کردن قبلی پلی‌مر شدن پس از خروج تخته از پرس متوقف گردیده است.

Snyder و همکاران (۱۹۶۷) اثر زمان نگهداری، ویسکوزیته رزین، کاتالیزور، سرعت پاشیدن و حرارت رزین در زمان مصرف، سرعت بسته شدن پرس و تیمار بعداز پرس را بر کیفیت تخته مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داده است که مقاومت خمشی تخته‌ها تحت تأثیر دو عامل زمان بسته شدن پرس و مدت زمان چسب‌پاشی خرده‌چوبها قرار دارد. افزایش سرعت بسته‌شدن و زمان چسب‌پاشی به‌افزایش مقاومت خمشی تخته‌ها می‌انجامد. پایداری ابعادی و چسبندگی داخلی نیز با استفاده از رزین‌های بدون کاتالیزور بهبود می‌یابد. متأسفانه نامبردگان نوع کاتالیزور را مشخص نکرده‌اند.

به‌علاوه Rice (۱۹۶۰) گزارش می‌کند که با زیادشدن سرعت بسته شدن پرس مقادیر MOR و MOE افزایش یافته، ولی تغییری در چسبندگی داخلی، برگشت ضخامت و واکشیدگی مشاهده نگردیده است. ازطرف دیگر Bismark (۱۹۷۴) نشان داده است که با زیادشدن سرعت بسته شدن پرس در مقادیر بیش از یک متر در دقیقه چسبندگی داخلی کاهش یافته و مقاومت خمشی افزایش می‌یابد. نامبرده همچنین گزارش می‌کند که آزاد شدن فرم‌الدهید از تخته‌هایی که با سرعت زیاد فشردن و دوره خیلی کوتاه ساخته شده‌اند در کمترین مقدار است. آزمایش فوق برای دو درجهٔ حرارت و دو زمان بسته شدن پرس انجام گرفته است و در این زمینه Heebink و همکاران (۱۹۷۲) گزارش می‌کنند که بطور مناسبی یک‌خرده‌چوبها

در حالت یکنواخت بودن ۱۰ تا ۱۲ درصد بوده و درصورت پایین‌تر بودن درصد رطوبت برای به‌وجود آوردن تماس بیشتر بین خرده‌چوبها به‌اعمال فشار بیشتری نیاز است. Heebink (۱۹۷۴) در تحقیق مشابهی درمورد تخته خرده‌چوب چند لایه دریافته است درصورت عدم یکنواختی در پراکنش رطوبت MOR و MOE تخته‌ها زیادتر است.

Liiri (۱۹۶۹) با اندازه‌گیری فشار در کیک خرده‌چوب که در سرعتهای مختلف بسته شدن پرس شده است دریافته است که با افزایش سرعت بسته شدن پرس، فشار حداکثر موردنیاز فشردن کیک خرده‌چوب کاهش می‌یابد. به‌علاوه هرچه زمان درمعرض حرارت قرار گرفتن کیک طولانی‌تر باشد درجهٔ پلاستیکی شدن (نرم شدن) خرده‌چوب بهبود یافته و به‌فشار کمتری جهت رسیدن به‌ضخامت موردنظر نیاز است.

Geimer و همکاران (۱۹۷۵) نیز تأثیر سرعت بسته شدن پرس بر گرادیان دانسیته در ضخامت تخته خرده‌چوب سه لایه به‌ضخامت ۲۱ میلی‌متر را مورد مطالعه قرار داده‌اند. این گروه از محققان عنوان می‌کنند: درحالتی که زمان بسته شدن پرس خلی سریع باشد (۲۰ ثانیه) کاهش تدریجی دانسیته از لایه‌های سطحی به‌میانی اتفاق می‌افتد. ولی اگر زمان بسته شدن پرس به‌یک دقیقه افزایش یابد دانسیته حداکثر در لایه‌ای به‌عمق ۱/۵ میلی‌متر از سطح خواهد بود. حال اگر زمان بسته شدن پرس به‌سه دقیقه افزایش یابد دانسیته حداکثر در لایه‌ای به‌عمق ۲/۵ تا ۵ میلی‌متر از سطح تخته به‌وجود می‌آید. به‌علاوه دانسیته حداکثر تخته با زمان بسته شدن پرس ۳ دقیقه به‌مراتب کمتر از تخته مشابه، ولی با زمان یک دقیقه است.

دوست حسینی (۱۳۶۵) نیز تأثیر مقدار مصرف از این اوره ـ فرم‌الدهید و رطوبت کیک خرده‌چوب بر خواص تخته خرده‌چوب گز را مورد بررسی قرار داده و عنوان می‌کند که با افزایش مقدار مصرف رزین از ۹ به ۱۳ درصد مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته افزایش یافته و میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی تا

حدودی کاهش می‌یابد. افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب از ۱۲ به ۱۶ درصد، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر خواص غوطه‌وری تخته‌ها نداشته؛ ولی مقاومتهای مکانیکی به‌ویژه مقاومت خمشی آنها بهبود می‌یابد.

Ryner (۱۹۶۸) اثر زمان پرس بر خصوصیات تخته خرده‌چوب با ضخامت نهایی ۱۹ میلی‌متر را مورد بررسی قرار داده است. درجهٔ حرارت پرس به‌مقدار ثابت ۱۴۵ درجه سانتیگراد انتخاب شده، ولی زمان پرس بین ۴ تا $۴\frac{۳}{۴}$ دقیقه و با تناوب $\frac{۱}{۴}$ دقیقه متغیر بوده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش زمان پرس در محدودهٔ مورد مطالعه واکشیدگی ضخامتی تخته‌ها از ۱۶ به ۱۳ درصد کاهش یافته، ولی چسبندگی داخلی از ۱/۶۹ به ۷کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع افزایش داشته است. Lehman و همکاران (۱۹۷۳) عنوان می‌کنند که در مورد رزین اوره ـ فرم‌الدهید که با کاتالیزور سخت شده است، اگر درجه حرارت لایه میانی به حدود ۹۲ درجه سانتیگراد برسد برای سخت شدن رزین فقط به ۱۵ ثانیه نیاز است. Heebink و همکاران (۱۹۷۲) نیز گزارش کرده‌اند که اگر حرارت لایه میانی کیک خرده‌چوب به‌مدت بین ۰/۵ تا ۰/۷ دقیقه به‌بیش از ۱۰۰ درجه سانتیگراد برسد اتصال رضایت بخشی با رزین اوره ـ فرم‌الدهید به‌وجود خواهد آمد. حال اگر درجه حرارت پرس به ۱۹۰ تا ۲۴۶ درجه سلسیوس افزایش یابد زمان پرس در حدود ۱ تا ۲ دقیقه کاهش خواهد داشت. نامبردگان دریافته‌اند که اگر از درجه حرارت بیشتری برای پرس کردن استفاده گردد در انتقال حرارت تسریع شده و منطقه با دانسیتهٔ حداکثر به‌قسمت‌های داخلی تخته انتقال می‌یابد. در این شرایط چسبندگی داخلی افزایش یافته و مقاومت خمشی افت می‌کند.

تأثیر درجهٔ حرارت پرس بر زمان فشردن کیک تخته خرده‌چوب سه لایه در سه رطوبت متفاوت نیز به‌وسیلهٔ Kehr و Schoelzel (۱۹۶۵) مورد بررسی قرار گرفته است. دراین بررسی معلوم شده است که در رطوبت کیک حدود ۱۱ درصد با

قابلِ ملاحظه‌ای اتفاق خواهد افتاد. ولی در رطوبت ۱۸ درصد تأثیر درجهٔ حرارت پرس بر زمان فشردن ناچیز است. پدیدهٔ اخیر نشان می‌دهد که چوب در رطوبت ۱۸ درصد به‌اندازهٔ کافی نرم بوده و به‌نرم‌شدن بیشتر چوب در اثر حرارت نیاز نخواهد بود.

هدف

اتصال بین چوب و رزین اوره ـ فرمالدهید در اثر پدیدهٔ پلی‌مر و سخت شدن رزین در تماس با چوب تشکیل می‌شود. فرآیند پلی‌مر و سخت‌شدن رزین و مقاومت اتصال بین چوب و رزین تحت تأثیر عوامل مختلفی شامل عوامل مربوط به‌ماده اولیه و عوامل مربوط به‌ساخت قرار دارد. به‌دلیل تغییر مداوم ترکیب مادهٔ اولیهٔ چوبی مورد استفاده در تولید تخته خرده‌چوب، کنترل و تنظیم عوامل مربوط به‌مادهٔ اولیه دشوار است. بنابراین در فرآیند ساخت تخته خرده‌چوب تنظیم و کنترل عوامل مربوط به‌ساخت موردتوجه قرار می‌گیرد.

در این بررسی تأثیر سه عامل مهم فرآیند ساخت شامل رطوبت کیک خرده‌چوب، درجهٔ حرارت و زمان پرس بر پلی‌مر شدن رزین اوره ـ فرمالدهید و مقاومت اتصال بین چوب ممرز و رزین مورد بررسی قرار می‌گیرد.

روش بررسی

۱ـ عوامل موردبررسی

در این بررسی آن دسته از عوامل تولید که بر واکنش پلی‌مر شدن رزین تاثیر تعیین‌کننده‌ای دارند متغیر درنظرگرفته‌شده و سایر عوامل ثابت بوده‌اند.

ـ عوامل ثابت: عوامل ثابت و مقادیر آنها به‌شرح زیر است:

ـ ابعاد خرده‌چوب: به‌اندازهٔ خرده‌چوبهای مورد استفاده در کارخانه تهیه شده‌اند.

ـ نوع و مقدار رزین: رزین مورد استفاده از نوع اوره ـ فرمالدهید (Dynorit-L530) انتخاب شده و به‌صورت پودر تهیه گردیده است. مقدار مصرف آن ۸ درصد وزن کاملاً خشک خرده‌چوب بوده است. از کلرور آمونیم به‌عنوان کاتالیزور سخت‌کننده و به‌میزان ۱ درصد استفاده شده است.

ـ وزن مخصوص تخته: به‌مقدار ۰/۶ ثابت بوده است.

ـ فشار و سرعت بسته‌شدن پرس هر دو ثابت و به‌ترتیب معادل ۳۰ کیلو پوند بر سانتی‌متر مربع* و ۲۷۰ میلی‌متر درنظر گرفته شده‌اند.

ـ گونه چوبی: چوب ممرز از محدوده جنگلهای طرح نکاچوب.

ـ عوامل متغیر: ۳ عامل متغیر، رطوبت کیک خرده‌چوب. زمان و درجه حرارت پرس مورد بررسی و مقادیر آنها در زیر خلاصه گردیده‌اند.

ـ رطوبت کیک خرده‌چوب: ۱۰، ۱۳، ۱۶ درصد

ـ درجهٔ حرارت پرس: ۱۵۰، ۱۷۰، ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد

ـ زمان پرس: ۴، ۶، ۸ دقیقه

۲ـ طرح آماری

در این بررسی از طرح آماری فاکتوریل با سه عامل و با بلوکهای کامل تصادفی استفاده گردیده است. سطوح عوامل و نحوهٔ ترکیب آنها و تیمارهای حاصله در جداول ۱ و ۲ خلاصه گردیده‌اند.

جدول شمارهٔ ۱ـ سطوح عوامل موردمطالعه و علائم مربوط به‌آنها

Table No.1- Variables levels & Its Related Symbols.

زمان پرس (دقیقه) Press Time (min.)		درجهٔ حرارت پرس (°C) Press Temperature(°C)		رطوبت کیک خرده‌چوب (٪) Mat Moisture Content(%)	
علائم symbols	سطوح level	علائم symbols	سطوح level	علائم symbols	سطوح level
C_1	4	B_1	150	A_1	10
C_2	6	B_2	170	A_2	13
C_3	8	B_3	190	A_3	16

جدول شمارهٔ ۲ـ الگوی تیمارها براساس طرح فاکتوریل ۳ عامله

Table No.2 - Symbol Assignment for Various Combnination of Treatment Based on Factorial Design.

دستهٔ ۳ Group 3.			شمارهٔ تیمار Treatment No.	دستهٔ ۲ Group 2.			شمارهٔ تیمار Treatment No.	دستهٔ ۱ Group 1.			شمارهٔ تیمار Treatment No.
C_1	B_1	A_3	19	C_1	B_1	A_2	10	C_1	B_1	A_1	1
C_2	B_1	A_3	20	C_2	B_1	A_2	11	C_2	B_1	A_1	2
C_3	B_1	A_3	21	C_3	B_1	A_2	12	C_3	B_1	A_1	3
C_1	B_2	A_3	22	C_1	B_2	A_2	13	C_1	B_2	A_1	4
C_2	B_2	A_3	23	C_2	B_2	A_2	14	C_2	B_2	A_1	5
C_3	B_2	A_3	24	C_3	B_2	A_2	15	C_3	B_2	A_1	6
C_1	B_3	A_3	25	C_1	B_3	A_2	16	C_1	B_3	A_1	7
C_2	B_3	A_3	26	C_2	B_3	A_2	17	C_2	B_3	A_1	8
C_3	B_3	A_3	27	C_3	B_3	A_2	18	C_3	B_3	A_1	9

۳ـ تهیه نمونه‌های آزمایشی:

تهیه خرده‌چوب:

برای تهیه نمونه‌های آزمایشی ابتدا کاتین و چوب هیزمی به‌قطر ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر از یارد چوب کارخانهٔ نئوپان نکاچوب که از طرحهای جنگلداری این شرکت تامین می‌شوند تهیه شده و بعد در یک خردکن غلطکی از نوع Pullmann PHT 300×550 به‌خرده‌چوب تبدیل و سپس این خرده‌چوب‌ها در یک پوشال‌کن حلقوی (Pullmann PZKP-12-300 Ring Flaker) به‌پوشال مناسب ساخت تخته خرده‌چوب تبدیل شدند. برای خشک کردن پوشال چوب از رطوبت اولیهٔ ۳۵ تا ۴۵ درصد به‌رطوبت نهایی ۴ـ۵ درصد از خشک‌کن همان کارخانه استفاده شد. پوشالها پس از این مرحله طبقه‌بندی و در کیسه‌های پلاستیکی به‌آزمایشگاه حمل و نگهداری گردیدند.

طبقه‌بندی خرده‌چوب نهایی که با استفاده از یک الک آزمایشگاهی انجام گرفته است در جدول شمارهٔ ۳ ارائه گردیده است. رطوبت خرده‌چوب‌ها بین ۴ تا ۵٪ متغیر بوده که برای آزمایش در رطوبت کیک ۱۰ درصد دوباره در آزمایشگاه تا ۲/۵ درصد کاهش داده شده است.

تهیه چسب:

محلول چسب با حل کردن پودر آن در آب تهیه شده است. در این آزمایش برای ازبین بردن تاثیر عامل تهیه چسب و دستیابی به‌محلول یکنواخت، رزین مورد نیاز ساخت یک دسته تخته ۹ تایی برای هر آزمایش در یک ظرف و همزمان تهیه شده است. باتوجه به‌ضرورت دستیابی به‌رطوبت‌های مختلف کیک خرده‌چوب تغییراتی در غلظت محلول نهایی وجود داشته است که در جدول شمارهٔ ۴ خلاصه شده است. ویژگیهای محلول چسب شامل دانسیته، ویسکوزیته، زمان انعقاد و pH نیز با استفاده از دستورالعملهای متداول برای محلولهای مختلف تعیین و در جدول

شمارهٔ ۴ خلاصه گردیده است.

جدول شمارهٔ ۳ـ طبقه‌بندی پوشال نهایی.

Table No.3- Particle Classification

Percent of Total درصد از کل					طبقات calssification / Test No.
0.4mm	0.4-1mm	1-2mm	2-4mm	4mm	
1.18	11.37	39.89	41.26	6.36	1
1.62	12.04	40.44	40.11	5.79	2
1.15	13.33	37.81	41.11	6.60	3
1.17	13.20	38.85	39.98	6.80	4
1.28	12.48	39.24	40.60	6.38	$\bar{X}$
0.22	0.94	1.16	0.64	0.43	SD

جدول شمارهٔ ۴ـ خصوصیات چسب مایع مورداستفاده در رطوبتهای مختلف.

Table No.4- Resin Characteristics Used At Various Mat Moisture Content.

رطوبت کیک خرده‌چوب ٪ *mat moisture content(%)*			خصوصیات *Characteristics*	
16	*13*	*10*		
42	*49.47*	*52.34*	*Concentration* غلظت (٪)	
1.15	*1.17*	*1.93*	*Density gr/cm³* دانسیته	
4.92	*5*	*5.01*	*pH*	
105	*74*	*63*	*Gel Time (min.)* زمان‌انعقاد (دقیقه)	
14	*15*	*19*	*Sec*	ویسکوزیته *Viscosity*
70	*75*	*95*	*Cp*	

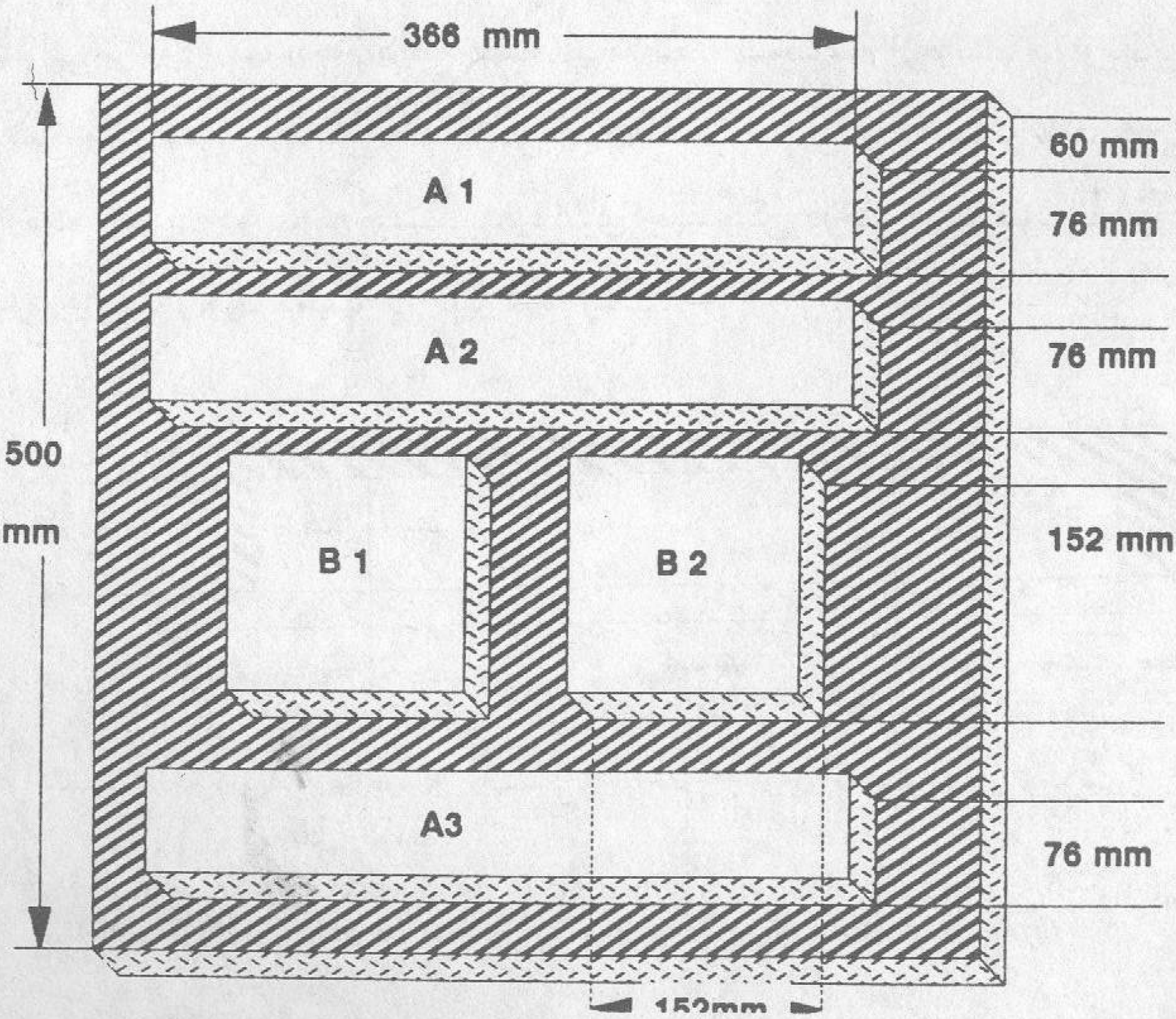
تهیه تخته‌های آزمایشی:

برای تهیه تخته‌های آزمایشی ابتدا با استفاده از دستگاه چسب‌پاش آزمایشگاهی استوانه‌ای مقدار لازم چسب بر روی پوشال پاشیده شد و برای مخلوط کردن کاملتر پس از اتمام چسب‌پاشی پوشالها برای مدت کوتاهی در داخل استوانه به‌هم زده شدند. بدین منظور ابتدا پوشال موردنیاز دو تخته توزین و داخل استوانه ریخته شده و بعد مقدار لازم چسب بر آنها پاشیده شد. آنگاه با استفاده از قالبی به‌ابعاد ۵۰×۵۰×۴۰ سانتی‌متر کیک خرده‌چوب تهیه گردید. برای تشکیل کیک مقدار خرده‌چوب چسب زده شده موردنیاز یک تخته به‌ابعاد وزن مخصوص موردنظر با دقت ۰/۱ گرم توزین و با دست در داخل قالب پاشیده شده است. برای کنترل ارتفاع کیک و یکنواختی در شکل‌گیری از خطوط افقی که بر سطح داخلی قالب ترسیم شده‌اند کمک گرفته شده است.

سپس کیک خرده‌چوب تشکیل شده در یک پرس گرم آزمایشگاهی نوع Buerkle L-160 در فشار ۳۰Kp/cm² و سرعت بسته شدن ۲۷۰ میلی‌متر در دقیقه

پرس شده و به‌تخته مورد نیاز تبدیل شد. برای تنظیم ضخامت تخته‌ها از شابلون استفاده گردید.

برای هر تیمار که در جداول مربوطه آورده شده ۴ تخته در دو تکرار و در جمع ۱۰۸ تخته برای ۲۷ تیمار ساخته شده و در محیط آزمایشگاه نگهداری گردید.

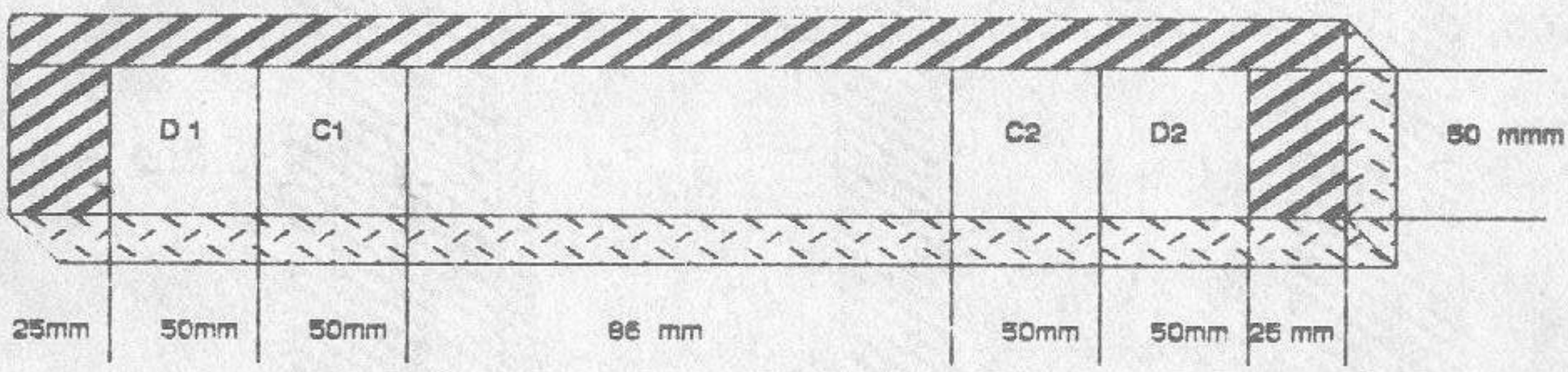


شکل شمارهٔ ۱ـ نحوهٔ برش نمونه‌های مقاومت خمشی و غوطه‌وری.

Fig.1- Specimen Preparation Pattern From Each Board (A_1-A_3, Static Bending, B_1-B_2; Water Absorption and Thickness Swelling)

تهیه نمونه‌های آزمایشی:

از هر تخته نمونه‌های آزمایشی طبق دستورالعمل شماره D-1037 آیین‌نامه ASTM تهیه شده‌اند. روش تهیه نمونه و ابعاد آنها در شکل شماره ۱ خلاصه گردیده است که باتوجه به کوچک بودن ابعاد تختهٔ نهایی مجبور به‌انجام تغییراتی در روش برش نمونه‌ها شده‌ایم نمونه‌های اندازه‌گیری چسبندگی داخلی، وزن مخصوص و رطوبت از نمونه‌های آزمایش شده مقاومت خمشی و مطابق شکل شماره ۲ انجام گرفته است. به‌علت در اختیار نبودن امکانات مشروط کردن نمونه‌ها قبل از آزمایش، نمونه‌ها در محیط آزمایشگاه نگهداری و آزمایش تعیین مقاومتهای مکانیکی بر روی آنها انجام گرفته است. از هر تخته سه نمونهٔ آزمایش مقاومت خمشی و دو نمونهٔ آزمایش واکشیدگی و جذب آب و پس از هر نمونهٔ آزمایش مقاومت خمشی دو نمونه جهت اندازه‌گیری چسبندگی داخلی و دونمونه برای تعیین رطوبت و وزن مخصوص تهیه شده است.



شکل شمارهٔ ۲ـنحوهٔ برش نمونه‌های چسبندگی داخلی و وزن مخصوص و رطوبت از نمونه‌های خمشی.

Fig.2- Specimen Preparation For Internal Bond, Specific Gravity And Moisture From Static Bending Specimen (C_1-C_2 For IB and D_1-D_2 for SG).

۴ـ اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها:

اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها ۲۸ روز پس از ساخت آنها مطابق دستورالعمل D-1037 آیین‌نامه ASTM انجام گرفته است.

اندازه‌گیری مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی تخته‌ها با استفاده از ماشین

آزمایش مدل Instron 1186 مجهز به‌دستگاه رسام جهت تعیین نیرو و تغییرشکل انجام گرفته است.

اندازه‌گیری میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مقطر و تعیین ابعاد قبل و بعد از غوطه‌وری انجام گرفته است. بدین منظور بر روی هریک از نمونه‌های تعیین واکشیدگی و جذب آب چهار نقطه مشخص و علامت‌گذاری گردید. سپس اندازه‌گیری ضخامت در این نقاط با یک میکرومتر با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر انجام گرفت و وزن نمونه‌ها نیز با دقت ۰/۰۱ گرم تعیین گردیده است.

میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی به‌ترتیب به‌صورت درصد وزن و ضخامت اولیه محاسبه گردیده است.

۵ـ محاسبات آماری:

چون در الگوی آماری مورد استفاده هر تخته به‌عنوان تکرار در هر تیمار درنظر گرفته شده بود از مشاهدات مربوط به‌نمونه‌های هر تخته میانگین‌گیری شده و به‌عنوان تکرار هر تیمار محسوب گردید. نتایج به‌وسیلهٔ ریزکامپیوتر IBM و نرم‌افزارهای مربوطه در قالب طرح فاکتوریل با بلوکهای کامل تصادفی و تجزیه واریانس تجزیه و تحلیل گردید. با استفاده از آزمون F مقادیر هر عامل و اثر متقابل عوامل، مقایسه شده و گروه‌بندی میانگینها با استفاده از روش LSD انجام شد.

تجزیه و تحلیل نتایج

به‌منظور بررسی تأثیر شرایط پلی‌مر شدن رزین اوره ـ فرمالدهید بر مقاومت اتصال بین چوب و رزین اوره ـ فرمالدهید با تغییر شرایط مؤثر بر پلی‌مر شدن شامل رطوبت کیک خرده‌چوب، زمان درجهٔ حرارت پرس در جمع ۲۷ ترکیب شرایط از سه عامل متغیر به‌وجود آمده و برای هر ترکیب شرایط چهار تخته ساخته شد. میانگین ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی تخته‌های هر ترکیب از شرایط اندازه‌گیری و در جدول شمارهٔ ۵ خلاصه شده است. تجزیه واریانس اثر مستقل عوامل سه‌گانه بر هریک از ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی نیز انجام گرفته و نتایج آن در جدولهای شمارهٔ ۶ الی ۱۲ آورده شده است. در شکل‌های شمارهٔ ۳ تا ۹ تأثیر شرایط پلی‌مر شدن بر مقاومتها و تغییرات ابعادی تخته‌ها به‌صورت دورشته منحنی جداگانه ترسیم شده است. هریک از مقادیر شکل‌های شمارهٔ ۳ تا ۹ با ثابت نگهداشتن متغیر موردنظر و میانگین دو متغیر دیگر بوده که این مقادیر در ردیف بالای جدولهای تجزیه واریانس وجود دارند. به‌منظور سهولت در تجزیه و تحلیل اطلاعات اثر مستقل هریک از عوامل به‌طور جداگانه مورد بحث قرار نمی‌گیرد.

تأثیر رطوبت کیک خرده‌چوب

تأثیر رطوبت کیک خرده‌چوب بر مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب ممرز در شکل ۳ و جدولهای شمارهٔ ۶ تا ۸ و تأثیر آن بر میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در شکل شمارهٔ ۴ و جدولهای شمارهٔ ۹ تا ۱۲ خلاصه شده است.

بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات جدول شمارهٔ ۶ تا ۸ و شکل شمارهٔ ۳ نشان می‌دهند که با زیادشدن درصد رطوبت کیک خرده‌چوب مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته افزایش یافته و چسبندگی داخلی افت کرده است. تأثیر درصد رطوبت کیک بر مقاومت خمشی تخته خرده‌چوب معنی‌دار نبوده و تأثیر آن بر مدول

جدول شمارهٔ ۵ـ میانگین ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب ممرز در شرایط مختلف ساخت.

Table No.5- Average Physical and Mechanical Properties of Hornbeam Particleboard.

واکشیدگی ضخامتی Thickness Swelling(%)		جذب آب Water Adsorption(%)		چسبندگی داخلی Internal Bond MPa	مدول الاستیسیته Modulus of Elasticity MPa	مقاومت خمشی Modulus of Rupture MPa	Variables شرایط ساخت		
24hr.	2hr.	24hr.	2hr.				زمان پرس Press Time (min.)	درجهٔ‌حرارت پرس Press Temp. (°C)	رطوبت کیک Mat Moisture Content(%)
29.12	21.87	90.75	78.37	1.24	3367	13.07	4	150	10
25.87	21.25	92.62	82.37	1.40	4086	15.98	6		
26.25	22.25	89.12	79.12	1.53	4114	15.45	8		
26.75	21.62	91.50	79.62	1.47	3868	15.99	4	170	
29.50	24.62	94.37	85.25	1.51	4090	15.87	6		
28.75	22.50	95.37	81.50	1.52	4256	15.68	8		
25.12	18.37	81.62	63.75	1.18	4824	14.84	4	190	
27.37	21.50	88.00	75.25	1.51	4082	15.41	6		
27.12	23.00	89.87	75.62	1.64	4000	15.73	8		

ادامهٔ جدول شمارهٔ ۵ـ میانگین ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب ممرز در شرایط مختلف ساخت.

Table No.5- Average Physical and Mechanical Properties of Hornbeam Particleboard.

واکشیدگی ضخامتی Thickness Swelling(%)		جذب آب Water Adsorption(%)		چسبندگی داخلی Internal Bond MPa	مدول الاستیسیته Modulus of Elasticity MPa	مقاومت خمشی Modulus of Rupture MPa	Variables		شرایط ساخت
24hr.	2hr.	24hr.	2hr.				زمان پرس Press Time (min.)	درجهٔ‌حرارت پرس Press Temp. (°C)	رطوبت کیک Mat Moisture Content(%)
29.12	24.25	85.50	76.00	0.81	3690	14.59	4	150	16
26.50	21.62	77.37	66.50	1.56	4249	16.74	6		
36.12	27.12	86.25	69.62	1.15	4485	16.41	8		
33.87	23.50	87.62	62.00	0.38	4159	14.56	4	170	
42.87	31.37	88.12	65.25	1.25	4276	16.31	6		
45.00	28.62	93.25	76.87	0.51	4058	12.80	8		
33.12	20.12	87.12	68.50	0.74	4187	16.09	4	190	
37.75	25.12	88.75	69.37	1.08	4571	17.62	6		
33.37	16.62	79.50	51.37	1.62	4699	17.28	8		

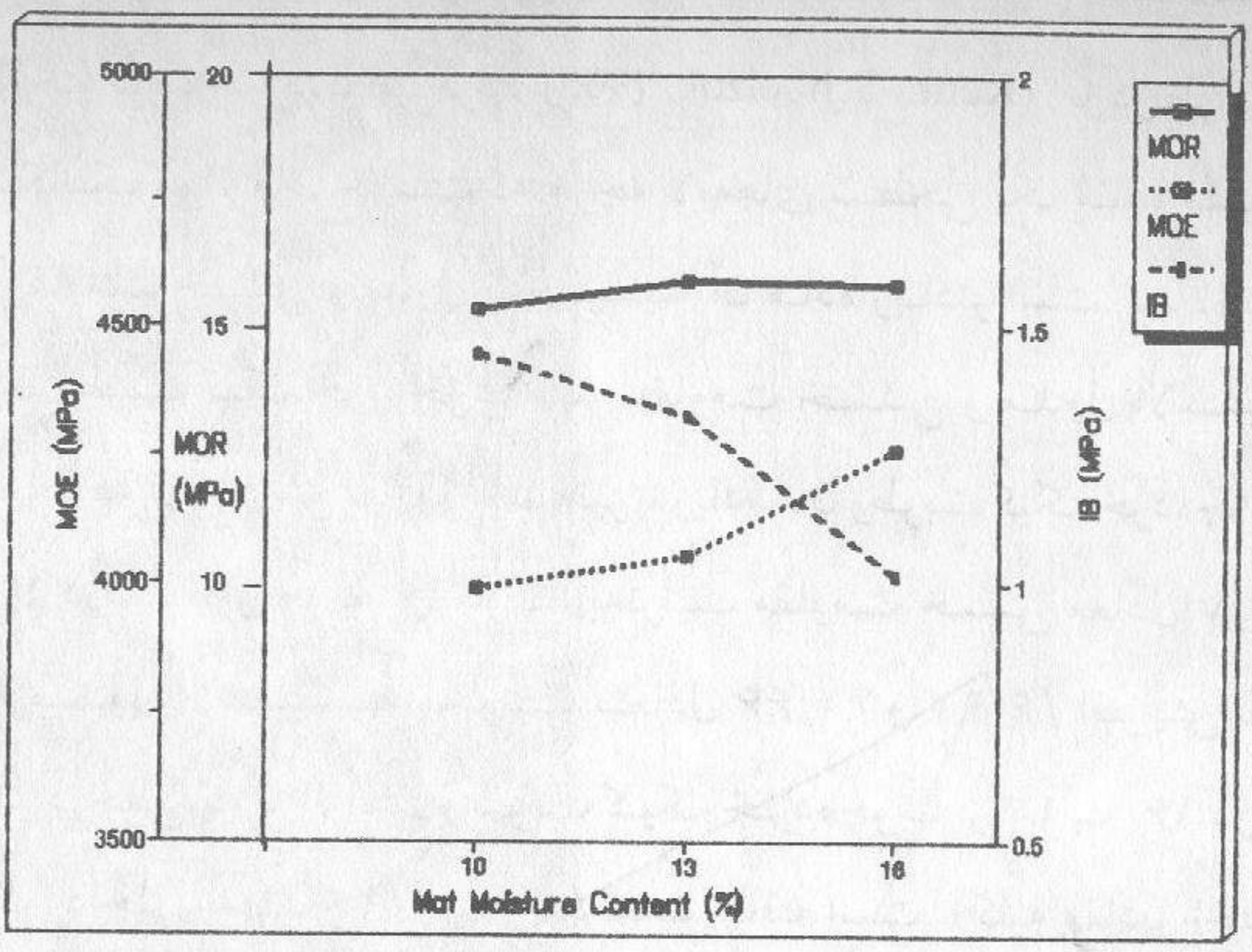
ادامهٔ جدول شمارهٔ ۵ـ میانگین ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب ممرز در شرایط مختلف ساخت.

Table No.5- Average Physical and Mechanical Properties of Hornbeam Particleboard.

واکشیدگی ضخامتی Thickness Swelling(%)		جذب آب Water Adsorption(%)		چسبندگی داخلی Internal Bond MPa	مدول الاستیسیته Modulus of Elasticity MPa	مقاومت خمشی Modulus of Rupture MPa	Variables		شرایط ساخت
24hr.	2hr.	24hr.	2hr.				زمان پرس Press Time (min.)	درجهٔ حرارت پرس Press Temp. (°C)	رطوبت کیک Mat Moisture Content(%)
34.43	20.68	86.00	69.37	0.99	4082	15.79	4	150	13
28.87	21.00	83.62	65.50	1.48	4681	18.05	6		
32.62	22.75	87.00	71.00	1.47	3784	15.83	8		
34.75	24.25	89.12	72.00	0.84	3789	15.32	4	170	
32.12	22.75	85.50	71.37	1.35	3802	14.20	6		
29.37	25.60	90.87	77.87	1.43	3820	14.53	8		
34.25	25.75	86.37	70.25	1.40	3796	14.81	4	190	
32.37	23.00	87.75	69.50	1.75	4371	17.82	6		
31.50	25.87	81.50	69.75	1.61	4224	17.18	8		

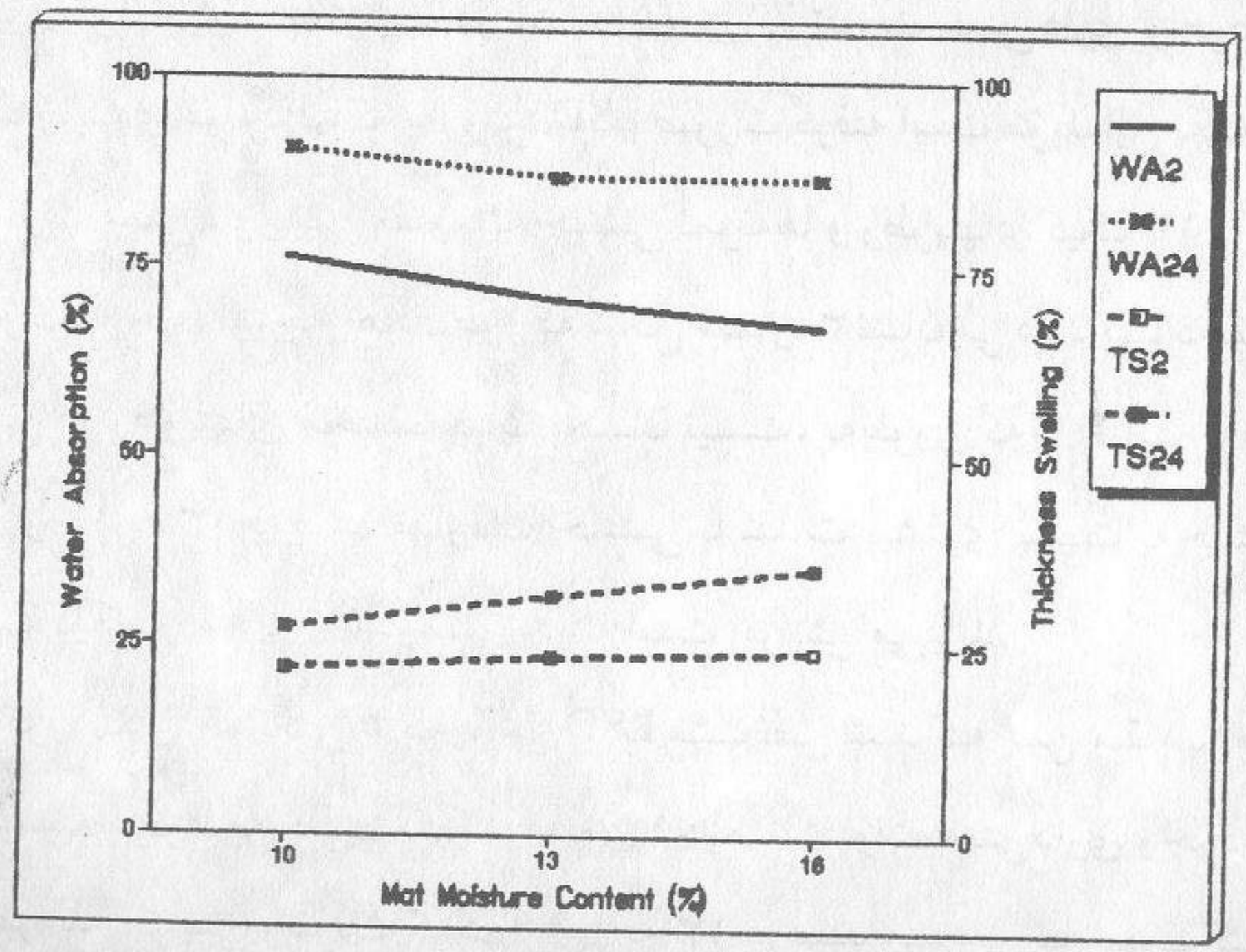
الاستیسیته در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار است. ولی تأثیر رطوبت کیک خرده‌چوب بر چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار است.

نتایج به‌دست آمده دور از انتظار نیست، زیرا با زیادشدن درصد رطوبت کیک خرده‌چوب حرارت با سرعت بیشتری از لایه‌های سطحی به‌لایه‌های میانی کیک خرده‌چوب در طی عمل پرس کردن انتقال یافته و شدت آن نیز افزایش می‌یابد. در اثر تماس صفحات گرم پرس با لایه‌های سطحی کیک خرده‌چوب رطوبت موجود در این لایه‌ها به‌بخار آب تبدیل شده و با افزایش مقدار آن لایه‌های سطحی قادر به‌نگهداری آن نشده و درنتیجه بخار آب به‌وجود آمده به‌لایه‌های میانی منتقل می‌شود. در اثر انتقال بخار آب، حرارت نیز به‌لایه‌های میانی انتقال یافته و به‌سخت شدن رزین می‌انجامد. وجود مقدار مناسب و کافی حرارت در لایه‌های میانی برای سخت شدن رزین امری ضروری است، ولی اگر حرارت کمتر از حد لازم باشد مکانیسم سخت شدن رزین کامل نشده و اتصال ضعیف‌تری به‌وجود خواهد آمد. ازطرف دیگر اگر مقدار بخار آب انتقال یافته به‌لایهٔ میانی بیش از حد موردنیاز باشد، در این حالت در اثر فشار بیش از حد بخار آب در لایه میانی احتمالاً از یک طرف اتصالات ضعیف‌تری تشکیل گردید و از طرف دیگر عمل تخریب و شکست اتصالات اتفاق افتاده و حتی در این حالت تخته پس از خروج از وسط باز می‌شود، بنابراین درصورت زیاد بودن رطوبت کیک خرده‌چوب چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده کاهش می‌یابد. با درنظرگرفتن مطالب فوق مشخص است که رطوبت کیک خرده‌چوب ۱۶ درصد خیلی زیاد بوده و نه‌تنها به‌تشکیل اتصالات قویتر در لایهٔ میانی کمک نکرده، بلکه به‌تخریب این اتصالات نیز انجامیده است. تأثیر رطوبت و تغییرات مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته با چسبندگی داخلی متفاوت است. زیرا هرچه رطوبت کیک خرده‌چوب افزایش یابد به‌نرمتر شدن بهتر و بیشتر خرده‌چوبها در اثر حرارت کمک می‌کند که درنتیجهٔ آن لایه‌های سطحی



شکل شمارهٔ ۳ـتأثیر رطوبت کیک خرده‌چوب بر روی مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب ممرز.

Fig.3- Relationship Between Mat Moisture Constent and Particleboard MOR MOE & IB.



شکل شمارهٔ ۴ـتأثیر رطوبت کیک خرده‌چوب برروی میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی پس‌از ۲ و ۲۴ ساعت درغوطه‌وری درآب تخته‌خرده‌جوب ممرز.

Fig.4- Relationship Between Mat Moisture Constent and Particleboord Water Abscrption (WA) and Thickness Swelling (TS).

تخته ساخته شده فشرده‌تر می‌گردد (Kehr, Schoelzol, 1965). با درنظر داشتن اصول مکانیک مواد واضح است که هرچه لایه‌های سطحی یک ماده فشرده‌تر باشند، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته آن ماده زیادتر است. بنابراین با زیادشدن رطوبت کیک خرده‌چوب باید مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته افزایش یابد که در آزمایش به‌عمل آمده نیز با زیادشدن رطوبت کیک خرده‌چوب از ۱۰ به ۱۳ درصد و از ۱۰ به ۱۶ درصد به‌ترتیب مقاومت خمشی معادل ۳/۷٪ و ۳/۲٪ و مدول الاستیسیته به‌ترتیب معادل ۱/۶۶٪ و ۶/۹۲٪ افزایش نشان می‌دهند. درحالی که با افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب از ۱۰ به ۱۶ درصد چسبندگی داخلی به‌مقدار ۲۹/۹ درصد کاهش یافته است. (کلیه مقادیر اختلاف برحسب درصد برمبنای مقادیر مقاومت در رطوبت ۱۰ درصد محاسبه گردیده است). نتیجه تجزیه و تحلیل آماری تأثیر رطوبت کیک خرده‌چوب بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی نشان می‌دهد که بین مقادیر مربوط به‌تأثیر رطوبت کیک به‌ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد، ولی گروه‌بندی میانگینها که به‌روش LSD صورت گرفته است مؤید این نکته است که تفاوت معنی‌داری بین مقاومت خمشی نمونه‌ها و رطوبتهای کیک ۱۳ درصد و ۱۶ درصد وجود ندارد و همان‌طور که شکل شماره ۳ نشان می‌دهد بهبود مقاومت خمشی در رطوبتهای مختلف کیک یکسان نیست، به‌طوری که با افزایش رطوبت کیک از ۱۰ به ۱۳ درصد، مقاومت خمشی با شدت بیشتری نسبت به‌حالتی که رطوبت کیک از ۱۰ به ۱۳ درصد رسیده است افزایش می‌یابد.

با گروه‌بندی میانگین‌ها به‌روش LSD مشخص شد که بین مقادیر مدول الاستیسیته مربوط به‌رطوبت کیک ۱۰ و ۱۳ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و در مرحله افزایش رطوبت کیک از ۱۰ به ۱۳ درصد منحنی با شیب کمتری افزایش می‌یابد. اما در مرحله افزایش رطوبت کیک از ۱۳ به ۱۶ درصد افزایش مقاومت خمشی با شدت بیشتری صورت گرفته است. تفاوت مقاومت خمشی و

مدول الاستیسیته در ارتباط با اثر رطوبت کیک خرده‌چوب در همین مورد است. مقایسه میانگینها به‌روش LSD درمورد تأثیر رطوبت کیک بر چسبندگی داخلی تخته‌ها مؤید این مطلب است که بین مقادیر مربوط به‌رطوبت ۱۰ و ۱۳ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در شکل شماره ۳ همانطورکه ملاحظه می‌گردد. در محدودهٔ رطوبتی ۱۰ تا ۱۳ درصد چسبندگی داخلی با آهنگ ملایمی کاهش می‌یابد و درگام رطوبتی ۱۳ تا ۱۶ درصد، این آهنگ شدیدتر می‌شود.

جذب آب در تخته خرده‌چوب به‌ویژه در نوعی که در خارج از ساختمان کاربرد دارد از اهمیت خاصی برخوردار است و این عامل خود با میزان واکشیدگی ضخامتی تخته نسبت مستقیم دارد. بین مقادیر رطوبت کیک خرده‌چوبّ مربوط به‌جذب آب و واکشیدگی ضخامت اختلاف معنی‌داری در هر دو سطح ۵٪ و ۱٪ وجود دارد. میزان جذب آب تخته خرده‌چوب به‌نوع گونهٔ چوب، نوع و مقدار رزین مصرفی، ابعاد خرده‌چوبها، نوع و مقدار مواد افزودنی، رطوبت کیک خرده‌چوب، پارامترهای پرس و دانسیته تخته بستگی دارد. دو عامل در جذب آب تخته و به‌تبعیت از آن واکشیدگی ضخامتی نقش مهمی دارند:

۱ـ میزان خلل و فرج تخته که با میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی نسبت مستقیم دارد.

۲ـ میزان پلی‌مر شدن رزین با این عوامل نسبت معکوس دارد و هرچه کاملتر باشد جذب آب و درنتیجه واکشیدگی ضخامتی توسط تخته کمتر صورت می‌گیرد.

در شکل شمارهٔ ۴ اثر رطوبت کیک بر میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت به‌طور مجزا مشاهده می‌گردد که در رطوبت ۱۰٪ به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار جذب آب و واکشیدگی ضخامتی دیده می‌شود و با افزایش رطوبت کیک به ۱۶ درصد، جذب آب و واکشیدگی ضخامتی به‌ترتیب کاهش و افزایش می‌یابند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول‌های ۹ تا ۱۲) نشان می‌دهد که تأثیر

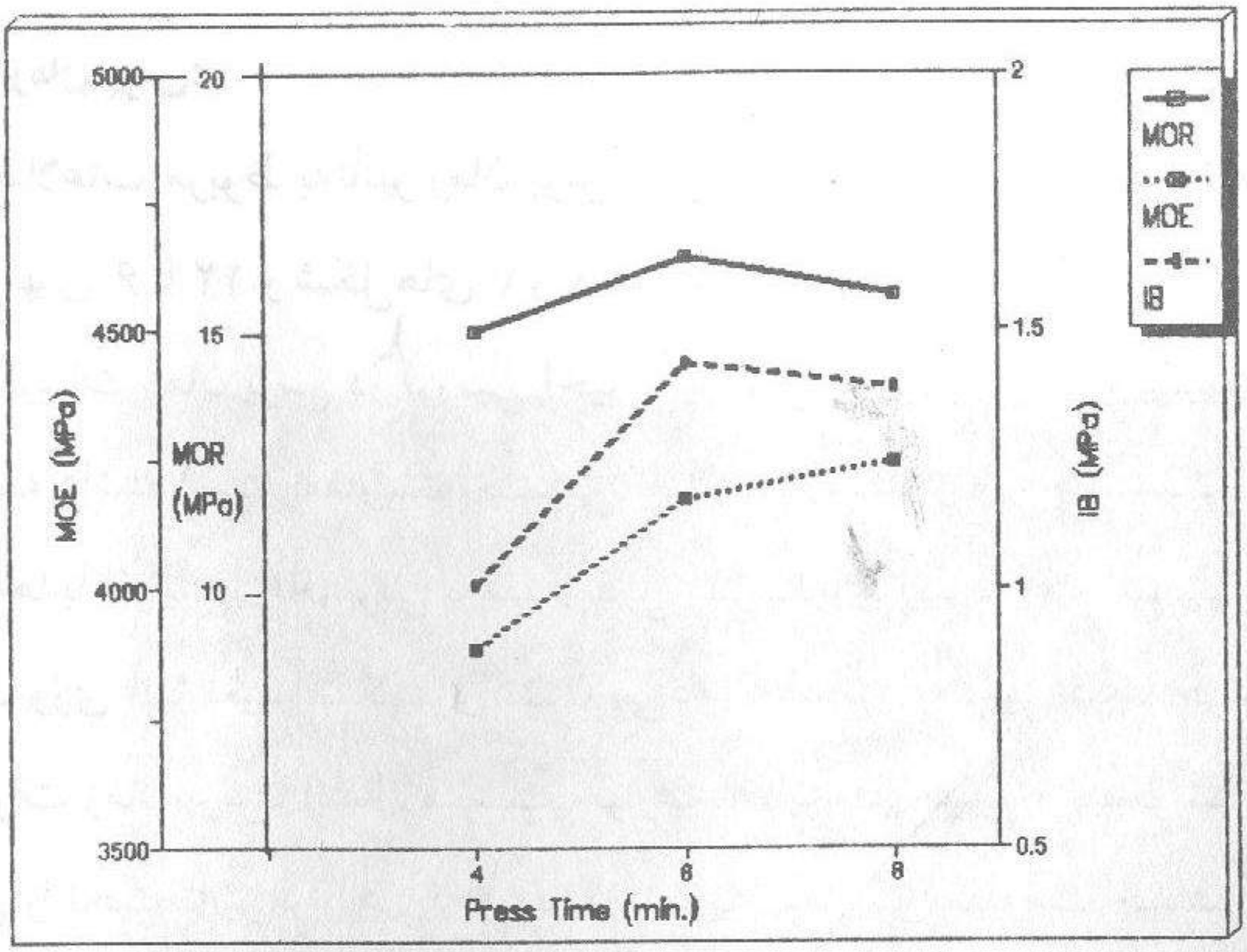
حرارت از ۱۵۰°C به ۱۹۰°C می‌تواند دلیلی بر کاهش و بعد افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تلقی گردد. نقش درجهٔ حرارت پرس در پلی‌مر شدن رزینهای اوره ـ فرمالدهید که از گروه چسبهای ترموست هستند بسیار اساسی و حائز اهمیت می‌باشند. عمل پلی‌مر شدن این رزینها به‌طور معمول در حرارتهای ۱۰۰°C و زیادتر اتفاق می‌افتد. در شرایطی که درجهٔ حرارت لایه‌های داخلی کیک به‌دلایل مختلف به‌حد مورد نیاز نرسد عمل پلی‌مر شدن به‌صورت ناقص انجام شده و اتصال ضعیف بین خرده‌چوبها موجب کم‌شدن چسبندگی داخلی می‌گردد. برای توجیه بهتر این قضیه مناسبتر است که اثرات متقابل درجهٔ حرارت پرس با دو تیمار دیگر یعنی زمان پرس و رطوبت کیک خرده‌چوب مورد بررسی قرار گیرد. همان‌طور که از جدول ۷ مستفاد می‌شود تأثیر درجهٔ حرارت پرس بر مدول الاستیسیته تخته‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. این امر بدین معنی نیست که تغییرات درجهٔ حرارت بر مدول الاستیسیته بدون تاثیر است. باتوجه به‌اینکه ویژگیهای لایه‌های سطحی تأثیر زیادی بر مدول الاستیسیته دارند و در درجهٔ حرارت پرس مورد استفاده رزین در لایه سطحی به‌طور کامل پلی‌مر شده است اثر تغییر آن بر مدول الاستیسیته معنی‌دار نیست. مقایسهٔ میانگینها به‌روش LSD (جدول شمارهٔ ۶) نشان می‌دهد که مقادیر مقاومت خمشی مربوط به‌درجه حرارتهای صفحات پرس ۱۵۰°C و ۱۷۰°C و نیز ۱۵۰°C و ۱۹۰°C تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ داشته و در یک گروه قرار می‌گیرند، همچنین مقادیر چسبندگی داخلی مربوط به‌درجهٔ حرارتهای ۱۵۰°C و ۱۹۰°C تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ دارند. چسبندگی داخلی با افزایش درجهٔ حرارت از ۱۵۰°C به ۱۷۰°C به‌مقدار ۱۱/۷٪ کاهش یافته و با افزایش مجدد درجهٔ حرارت از ۱۷۰°C به ۱۹۰°C به‌مقدار ۷/۶٪ افزایش یافته است.

تأثیر درجهٔ حرارت پرس بر روی میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی پس از

تأثیر زمان پرس:

اطلاعات مربوط به‌تأثیر زمان پرس بر ویژگیهای تخته خرده‌چوب ممرز در جدولهای ۶ تا ۱۲ و شکل‌های ۷ و ۸ خلاصه شده است.

تغییرات زمان پرس در بررسی اخیر تأثیر قابل توجهی بر کلیهٔ ویژگیهای مورد مطالعه داشته است. مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌ها با افزایش زمان پرس به‌مقدار قابل ملاحظه‌ای بهبود یافته‌اند، ولی خواص غوطه‌وری آنها تغییرات کمتری نشان می‌دهد. همانند رطوبت کیک خرده‌چوب، تغییرات زمان پرس، انتقال مناسب حرارت به‌لایه‌های میانی و پلیمر شدن کامل رزین را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تأثیر زمان پرس بر مقاومت خمشی مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری دارد. به‌طوری که با زیاد شدن زمان پرس از ۴ دقیقه به ۶ دقیقه مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته چسبندگی داخلی زیاد شده و پس از آن با زیاد شدن تا ۸ دقیقه افت کمی در مقاومتها مشاهده می‌گردد (شکل شمارهٔ ۷). با مقایسهٔ میانگینها به‌روش LSD مشخص گردید که بین مقادیر مقاومت خمشی در ۶ و ۸ دقیقه تفاوت معنی‌داری وجود نداشته و در یک گروه قرار می‌گیرند. ولی مقاومت خمشی تخته‌های پرس شده به‌مدت ۴ و ۶ دقیقه متفاوت بوده و در دو گروه مجزا قرار می‌گیرند. به‌عبارت دیگر مقاومت خمشی تخته‌های پرس شده به‌مدت ۶ دقیقه زیادتر است. با افزایش زمان پرس و انتقال حرارت به‌قسمتهای میانی، پلیمر شدن رزین به‌طور کامل در این مناطق اتفاق می‌افتد که منجر به‌افزایش چسبندگی داخلی می‌گردد. با افزایش چسبندگی داخلی، همچنین نرم و فشرده شدن لایه‌های سطحی مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته افزایش می‌یابد. کاهش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی به‌علت تخریب حرارتی اتصال به‌وجود آمده در لایه‌های سطحی باشد. تجزیه واریانس مدول الاستیسیته تخته‌ها نشان می‌دهد (جدول ۷) که بین میانگین مدول الاستیسیته تخته‌های مربوط به‌زمانهای پرس ۶ و



شکل شمارهٔ ۷ـ تأثیرزمان پرس برروی مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب ممرز.

Fig.7- Relationship Between Press Time and Particleboard MOR, MOE & IB.

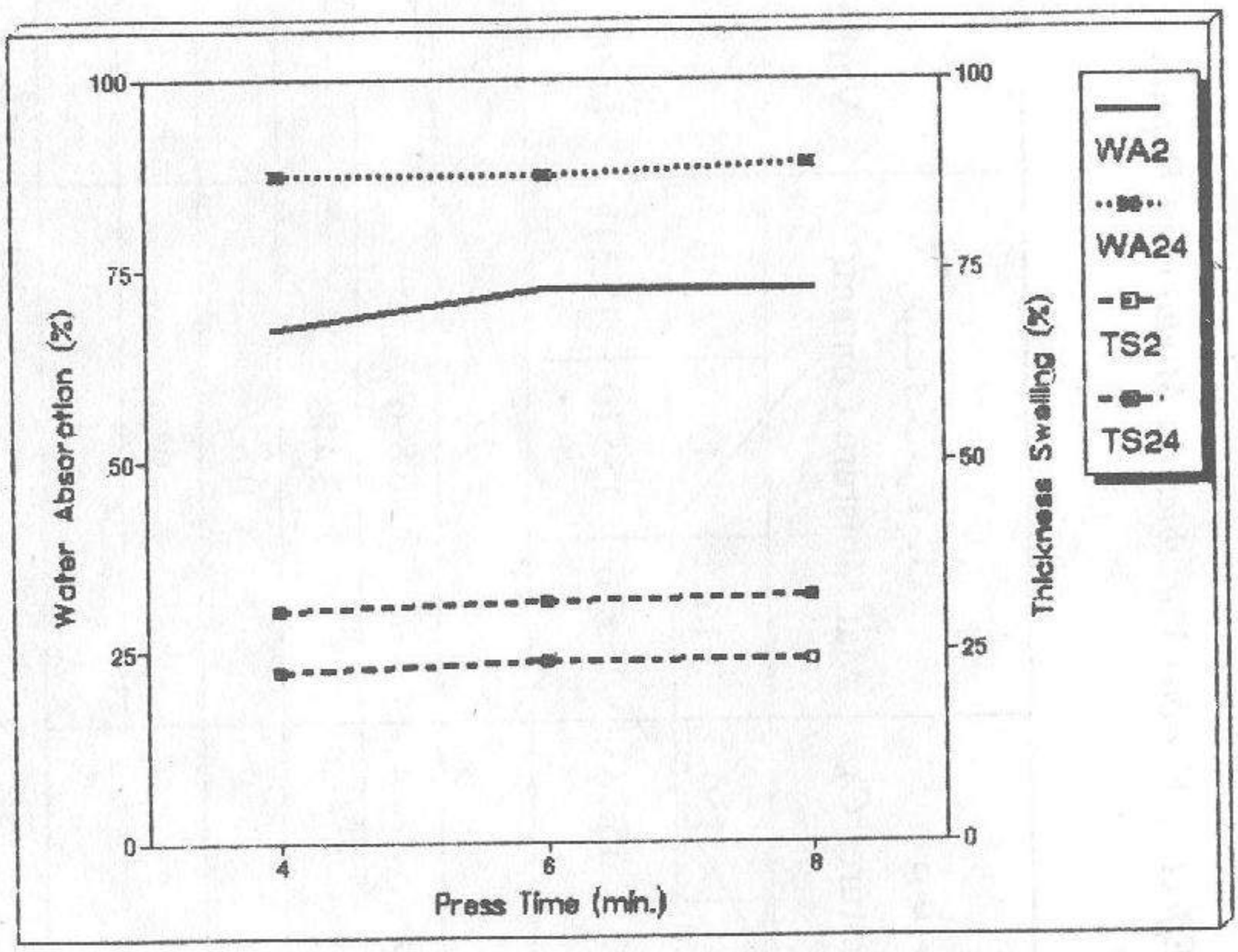
۸ دقیقه تفاوت معنی‌داری وجود داشته و تأثیر زمان پرس بر مدول الاستیسیته مشابه تأثیر این تیمار بر مقاومت خمشی می‌باشد.

چسبندگی داخلی تخته‌های پرس شده به‌مدت ۶ دقیقه بیشترین مقدار نشان می‌دهد. در اثر زیاد شدن زمان پرس از ۴ به ۶ دقیقه چسبندگی داخلی تخته‌های مورد مطالعه را به‌میزان ۴۲/۵ درصد افزایش داده است.

با مقایسه میانگینها به‌روش LSD نشان داده است که بین مقادیر چسبندگی داخلی در زمانهای پرس ۶ و ۸ دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود نداشته و در یک گروه قرار می‌گیرند. استفاده از زمان کوتاه پرس طبق نظر Grasser (۱۹۶۲) کاهش چسبندگی داخلی تخته‌ها را به‌دنبال خواهد داشت که علت آن راگیرا شدن ناقص رزین و تراکم کمتر خرده‌چوبها در قسمتهای مغز کیک خرده‌چوب ذکر می‌کند.

زیاد شدن زمان پرس تأثیر معنی‌داری بر زیاد شدن میزان جذب و واکشیدگی

تغییرات جزیی در این ویژگیها، اختلاف در مقیاس آماری معنی‌دار نیست. در جدولهای ۹ تا ۱۲ نتایج تجزیه واریانس اثر مستقل عوامل بر میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی خلاصه شده و در شکل شمارهٔ ۸ تأثیر این عامل ترسیم شده است. با افزایش زمان پرس از ۴ به ۸ دقیقه مقادیر جذب آب و واکشیدگی ضخامتی زیاد شده است.



شکل شمارهٔ ۸ـ تأثیرزمان پرس برروی میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته خرده‌چوب ممرز.

Fig.8- Relationship Between Press Time and Particleboard Water Absorption (WA) & Thickness Swelling (TS).

جدول شمارهٔ ۶ـ تجزیه واریانس اثر مستقل عوامل متغیر بر مقاومت خمشی تخته خرده‌چوب ممرز.

Table No.6- Analysis of Variance of the Effect of Various Variables on Modulus of Rupture of Particleboard.

زمان پرس Press Time (min.)			درجهٔ حرارت پرس Press Temperature(°C)			رطوبت کیک خرده‌چوب Mat Moisture Content(%)			عوامل متغیر Variables / شاخص آماری Statistical Indices
8	6	4	190	170	150	16	13	10	
15.657	16.420	15.010	16.313	14.992	15.783	15.836	15.910	15.341	MPa MOR مقاومت خمشی
2			2			2			DF
35.848			31.822			6.896			SS
17.924			15.911			3.448			MS
4.348			3.860			0.836			FC
**			**			ns			Difference اختلاف
CV=12.94						SD=0.978			

جدول شمارهٔ ۷- تجزیه واریانس اثر مستقل عوامل متغیر بر مدول الاستیسیته تخته خرده‌چوب ممرز.

Table No.7- Analysis of Variance of the Effect of Various Variables on MOE of Particleboard.

زمان پرس Press Time (min.)			درجهٔ حرارت پرس Press Temperature(°C)			رطوبت کیک خرده‌چوب Mat Moisture Content(%)			عوامل متغیر Variables / شاخص آماری Statistical Indices
8	6	4	190	170	150	16	13	10	
4.245	4.175	3.885	4.220	4.026	4.060	4.264	4.054	3.988	GPa MOE مدول الاستیسیته
2			2			2			DF
2.630			0.770			1.501			SS
1.315			0.385			0.750			MS
8.140			2.385			4.645			FC
**			ns			*			Difference اختلاف
CV=0.80						SD=0.095			

جدول شمارهٔ ۹ـ تجزیه واریانس اثر مستقل عوامل متغیر بر جذب آب بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب تخته خرده‌چوب ممرز.

Table No.9- Analysis of Variance of the Effect of Various Variables on 2hr. Water Absorption of Particleboard.

زمان پرس Press Time (min.)			درجهٔ حرارت پرس Press Temperature(°C)			رطوبت کیک خرده‌چوب Mat Moisture Content(%)			عوامل متغیر Variables / شاخص آماری Statistical Indices
8	6	4	190	170	150	16	13	10	
72.528	72.264	67.308	68.153	74.681	71.267	67.347	70.778	75.975	2hr. WA جذب‌آب ۲ ساعتی (٪)
2			2			2			DF
230.000			767.500			1358.563			SS
115.000			383.750			679.281			MS
1.362			4.545			8.046			FC
ns			**			**			Difference اختلاف
CV=12.88						SD=2.166			

جدول شمارهٔ ۸ـ تجزیه واریانس اثر مستقل عوامل متغیر بر چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب ممرز.

Table No.8- Analysis of Variance of the Effect of Various Variables on IB of Particleboard.

زمان پرس Press Time (min.)			درجهٔ حرارت پرس Press Temperature(°C)			رطوبت کیک خرده‌چوب Mat Moisture Content(%)			عوامل متغیر Variables / شاخص آماری Statistical Indices
8	6	4	190	170	150	16	13	10	
1.390	1.436	1.008	1.395	1.144	1.296	1.015	1.327	1.447	MPa IB چسبندگی داخلی
2			2			2			DF
3.977			1.156			3.834			SS
1.989			0.578			1.917			MS
35.741			10.393			34.451			FC
**			**			**			Difference اختلاف
CV=18.45						SD=0.056			

جدول شمارهٔ ۱۰- تجزیه واریانس اثر مستقل عوامل متغیر بر جذب آب بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته خرده‌چوب ممرز.

Table No.10- Analysis of Variance of the Effect of Various Variables on 24hr. Water Absorption(WA) of Particleboard.

عوامل متغیر / Variables — شاخص آماری / Statistical Indices	رطوبت کیک خرده‌چوب Mat Moisture Content(%)			درجهٔ حرارت پرس Press Temperature(°C)			زمان پرس Press Time (min.)		
	10	13	16	150	170	190	4	6	8
جذب آب ۲۴ ساعتی (٪) 24hr. WA	90.361	86.792	86.778	86.427	91.374	85.611	87.292	87.222	88.917
DF	2			2			2		
SS	355.688			688.875			66.250		
MS	177.844			344.438			33.125		
FC	5.765			11.166			1.074		
اختلاف Difference	*			**			ns		
SD=1.309				CV=6.33					

جدول شمارهٔ ۱۱ـ تجزیه واریانس اثر مستقل عوامل متغیر بر واکشیدگی ضخامتی بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب تخته خرده‌چوب ممرز.

Table No.11- Analysis of Variance of the Effect of Various Variables on 2hr. Thickness Swelling of Particleboard.

زمان پرس Press Time (min.)			درجهٔ حرارت پرس Press Temperature(°C)			رطوبت کیک خرده‌چوب Mat Moisture Content(%)			عوامل متغیر Variables / شاخص آماری Statistical Indices
8	6	4	190	170	150	16	13	10	
23.792	23.583	22.264	22.153	24.958	22.528	24.264	23.486	21.886	واکشیدگی ضخامتی ۲ساعتی 2hr. SW
2			2			2			DF
49.422			167.031			105.559			SS
24.711			83.516			52.779			MS
2.061			6.966			4.402			FC
ns			**			*			اختلاف Difference
CV=						SD=			

جدول شمارهٔ ۱۲ـ تجزیه واریانس اثر مستقل عوامل متغیر بر واکشیدگی ضخامتی بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته خرده‌چوب ممرز.

Table No.12- Analysis of Variance of the Effect of Various Variables on 24hr. Thickness Swelling of Particleboard.

زمان پرس Press Time (min.)			درجهٔ حرارت پرس Press Temperature(°C)			رطوبت کیک خرده‌چوب Mat Moisture Content(%)			عوامل متغیر / شاخص آماری Variables / Statistical Indices
8	6	4	190	170	150	16	13	10	
32.236	31.472	30.486	31.333	33.667	29.194	35.306	31.569	27.319	واکشیدگی ضخامتی ۲۴ ساعتی (٪) 24hr. WA
2			2			2			DF
55.422			360.242			1149.594			SS
27.711			180.121			574.797			MS
1.513			9.834			31.382			FC
ns			**			**			Difference اختلاف
CV=13.63						SD=1.009			

استنتاج

در این بررسی تأثیر سه عامل رطوبت کیک خرده‌چوب، درجه حرارت پرس و زمان پرس بر پلی‌مر شدن رزین اوره ـ فرمالدهید و توسعهٔ اتصال بین چوب و رزین مورد مطالعه قرارگرفته است.

تأثیر رطوبت کیک خرده‌چوب بر مقاومت خمشی تخته خرده‌چوب ممرز دارای اختلاف معنی‌دار نبوده، ولی تأثیر این عامل بر مدول الاستیسیته در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار است و با زیاد شدن رطوبت کیک خرده‌چوب مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی زیاد شده است. زیادترین مدول الاستیسیته برابر ۴۲۶۴ مگاپاسکال مربوط به‌تخته‌هایی است که رطوبت کیک خرده‌چوب آن ۱۶ درصد بوده است. تأثیر رطوبت کیک خرده‌چوب بر چسبندگی داخلی (مقاومت در مقابل کشش عمود بر سطح) عکس مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته بوده و با زیاد شدن رطوبت کیک خرده‌چوب، چسبندگی داخلی تخته‌ها کم شده است. کم شدن چسبندگی داخلی در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است. زیادترین میزان چسبندگی داخلی برابر ۱/۴۴۷ مگاپاسکال در رطوبت کیک ۱۰٪ به‌دست آمده است. با زیاد شدن رطوبت کیک خرده‌چوب، میزان جذب آب کم شده و واکشیدگی ضخامتی تخته‌ها زیاد شده است. به‌طوری که کمترین میزان جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب برابر ۶۷/۳۴۷٪ و ۸۶/۷۷۸٪ در تخته‌های با رطوبت کیک ۱۶٪ مشاهده شده و کمترین میزان واکشیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری به‌ترتیب برابر ۲۱/۸۸۶٪ و ۲۷/۳۱۹٪ در تخته‌های با رطوبت کیک ۱۰٪ اتفاق افتاده است. با بررسی اثر مستقل رطوبت کیک خرده‌چوب بر ویژگیهای مکانیکی و فیزیکی تخته خرده‌چوب مشخص می‌گردد که برای دستیابی به‌تخته خرده‌چوب ممرز با ویژگیهای مطلوب ضروری است رطوبت کیک خرده‌چوب در محدودهٔ ۱۰ تا ۱۳ درصد باشد.

تأثیر درجهٔ حرارت پرس بر مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی در سطح ۱٪

معنی‌دار بوده و بیشترین مقاومت خمشی و چسبندگی به‌ترتیب برابر با ۱۶/۳۱۳ و ۱/۳۹۵ مگاپاسکال در تخته‌هایی بوده است که در ۱۹۰ درجه سلسیوس پرس شده‌اند. تأثیر درجهٔ حرارت پرس بر مدول الاستیسیته در اثر زیاد شدن درجهٔ حرارت پرس روندی مشابه مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی دارد. تأثیر درجهٔ حرارت پرس بر میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است و کمترین میزان جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب برابر با ۶۸/۱۵۳٪ و ۸۵/۶۱۱٪ در درجهٔ حرارت پرس ۱۹۰ درجه سلسیوس مشاهده شده است.

تأثیر زمان پرس بر ویژگیهای مکانیکی تخته خرده‌چوب ممرز در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده، ولی این عامل بر میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی تأثیر معنی‌داری ندارد. بیشترین مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی به‌ترتیب برابر با ۱۶/۴۲۰ مگاپاسکال و ۱/۴۳۶ مگاپاسکال در زمان پرس ۶ دقیقه به‌دست آمده و بیشترین مدول الاستیسیته برابر ۴/۲۴۵ مگاپاسکال در زمان پرس ۸ دقیقه به‌دست آمده که اختلاف معنی‌داری با مدول الاستیسیته ۴/۱۷۵ مگاپاسکال در زمان پرس ۶ دقیقه ندارد. بنابراین می‌توان عنوان کرد که بیشترین مقاومتها در زمان پرس ۶ دقیقه به‌دست آمده است. تأثیر زمان پرس بر میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی معنی‌دار نیست و پایین‌ترین میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب برابر با ۶۷/۳۸٪، ۸۷/۲۹۲٪، ۲۲/۲۶۴٪ و ۳۰/۴۸۶٪ در زمان پرس ۴ دقیقه به‌دست آمده است.

در تولید تخته خرده‌چوب دو عامل زمان و درجهٔ حرارت پرس به‌دلیل تأثیر متقابل بر یکدیگر از اهمیت فوق‌العاده زیادی برخوردار بوده و باید به‌دقت کنترل شوند. تنظیم این دو عامل باید به‌طریقی انجام گیرد که در زمان موردنظر درجهٔ حرارت مغز کیک خرده‌چوب داخل پرس به‌درجه حرارت سخت شدن رزین رسیده و رزین شانس کامل شدن فرآیند سخت شدن را داشته باشد. بنابراین باید

درجهٔ حرارت پرس را تا اندازه‌ای افزایش داد که ذرات رزین روی خرده‌چوبهای لایه میانی سخت‌شده، ولی درجهٔ حرارت به‌اندازه‌ای زیاد نباشد که به‌تخریب اتصال در لایه‌های سطحی بیانجامد.

بررسی اثر متقابل سه عامل مورد بررسی بر ویژگیهای مکانیکی و فیزیکی تخته خرده‌چوب ممرز نشان می‌دهد که بهترین تخته خرده‌چوب ممرز در ترکیب شرایط ساخت رطوبت کیک خرده‌چوب ۱۳٪، درجهٔ حرارت پرس ۱۵۰ درجه سلسیوس و زمان پرس ۶ دقیقه خواهد بود.

منابع مورد استفاده

1. American Society for Testing and Materials 1992. Standard methods for evaluating the properties of woodbase fiber & panel materials. ASTM D-1037. PHiladelphia, Pa.
2. Bismark, C. 1974. Optimizing the Pressing of Particleboards. The manufacture of particleboards with urea-formaldehyde binders using special automated regulation systems for the pressing process. Holz Zentralbl 100(80): 1247-49.
3. Burrows, C.H., 1961. Some factors affecting resin efficiency in flakeboard. For Prod. J. 11(1):27-33.
4. Duncan, T.F. 1974. Normal resin distribution in particleboard manufacture. For. Prod. J. 24(6): 36-44.
5. Geimer, R.L., H.M. Montrey, & W.F.Lehmann. 1975. Effects of layer characteristics on the properties of three-layer particleboard. For. Prod. J. 25(3): 19-29.
6. Grasser, M. 1962. Temperature variation in industrially manufactured particleboard. Holz-Zbl-Supplement. pp: 88-137.
7. Hann, R.A., J.M. Black & R.F. Blomquist. 1962. How durable is particleboard. For. Prod. J. 12(12): 577-584.
8. Heebink, B.G. 1972. Irreversible dimensional changes in panel materials. For. Prod. J. 22(5): 44-48.
9. Heebink, B.G. 1974. Particleboard from lodgepole pine forest residue. VSDA For. Serv. Res. Pap. FPL.221 For. Prod. Lad. madison, Wis.
10. Hse, C.T., 1975. Properties of flakeboard from hardwoods growing on southern pine sites. For. Prod. J. 25(3): 48-53.
11. Istrate, V., G. Filipeson, and C. Stefu, 1964. The influence of chip dimension on the consumption of glue and on the quality of particleboard. Industr. lemn. 17(4): 133-137.
12. Kehr, E. and S. Schoelzel, 1965. The investigation on pressing conditions in the manufacture of particleboards. Drev. Vysk. 1965(3): 133-147.
13. Lehmann, W.F. 1960. The effects of moisture content, board density and press temperature on the dimensional and strength propertios of flat pressed particleboard. M.S. Thesis, Dept. of wood & paper sci., North Carolina state University. Raleigh.

14. Lehmann, W.F. 1970. Resin effeciency in particleboard as influenced by density., atomization and resin content. For. Prod. J. 20(11): 48-54.
15. Lehmann, W.F., R.L.Geimer, & F.W.Hefty. 1974. Factors affecting particleboard pressing time. Interaction with catalyst systems. USDA For. serv. Res. Pap. FPL 208. For. Prod. lab. madison, WIs.
16. Liiri, O. 1969. The pressure in the particleboard production. Holz Roh. werkst. 27(10): 371-378.
17. Maku, T., R.Hamoda, & H. Sasaki, 1959. Studies on the particleboard. IV. Temperature and moisture distribution in particleboard during hot pressing. Wood Res. Kyoto U. 21:34-46.
18. Plagemann, W.L., W. Price, and W.E.Johns. 1984. The respense of hardwood flakes and flakeboard to high temperature drying. J. of Adhesion. 16: 311-338.
19. Pobelete, E., E. Raffael, Braunchwing, 1985. Über chemisehe veränderungen in Holzspänen bei der Herstellung Von Harnstoff formaldehydharz-gebundenen span platen. Holz als Rohund werkstoff 43(1985):57-62.
20. Rejman, V., J.Jahie & I. Horman. 1992. Heat and moisture content transfor in the mat during particleboard and pressing. Drvna Industrija 1992 43(1):7-12, Yugoslavia.
21. Rice, J.T. 1960. The effects of selected variables on the properties of flat pressed flakeboards M.S. Thesis Dept. of wood & paper sci. North carolina state Univ. Raleigh.
22. Ryner, A.A. 1968. Particleboard manufacture and application. P.11.
23. Sellers, T.Jr., J.R. McSween, and W.T.Nearn, 1988. Gluing of eastern hardwoods, U.S.Dept. of Agriculture. For. Sorv. Neworleans LA. 30 pp.
24. Shuler, C.E. 1974. Pilot study of the use of pulpwood chipping residue for producing particleboard in Maine. Tech. Bull. No. 67. Life Sci & Aqro. Exp. Staf. Unive of Maine. Orono.
25. Snyder, J.L., J.T. Rice, and C.A. Hart. 11967. Influence of selected resin & blending factors on flakeboard properties. For. Prod. J. 17(8): 49-57.
26. Stricklor, M.D. 1959. Effect of press cycle and moisture centent on properties of Douglas fir flakeboard. For. Prod. J. 9(7): 203-205.
27. Suchsland, O. 1959. An analysis of the particleboard process. Q. Bull.

mich. Agr. Exp. stat. Mich. State Univ. 42(2): 350-372.

28. , 1962. The density distribution in flakeboard. Q.Bull. mich. Agr. Exp. stat. Mich. State. Univ. 45(1): 104-121.

29. Vital, B.R., B.V. James, and H.K.Paula. 1980. Parameters affecting dimensional stability of flakeboard and particleboard. For. Prod. J. 30(12): 23-29.

۳۰. دوست حسینی، کاظم. ۱۳۶۵ - بررسی مقدماتی امکان استفاده از چوب گز در ساخت تخته خرده‌چوب مجله منابع طبیعی ایران. شماره ۴۰ صفحه ۵۳-۶۱.