تأثیر رطوبت لایه و پیش گرمادهی با امواج مایکروویو بر خواص فیزیکی و مکانیکی چوب لایه‌ای

محمد فرج‌الله پور[۱*]
محمد لایقی[۲]
کاظم دوست حسینی[۳]
حمیدرضا عدالت[۴]

[۱] دانشجوی دکتری صنایع چوب دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۲] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۳] استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۴] استادیار گروه آموزشی تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

مسئول مکاتبات:
farajallahpour@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۱۹

چکیده

در این تحقیق تأثیر رطوبت لایه‌ها و مدت زمان پیش گرمادهی با امواج مایکروویو بر خواص فیزیکی و مکانیکی چوبِ لایه‌ای موردبررسی قرار گرفت. عوامل متغیر این تحقیق شامل رطوبت لایه‌ها در سه سطح ۳، ۵ و ۸ درصد و زمان پیش گرمادهی با امواج مایکروویو در سه سطح ۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه بود. برای ساخت تخته‌های چوب لایه‌ای از ۹ لایه‌ی صنوبر به ضخامت ۲/۵ میلی متر و چسب فنل فرمالدهید جهت اتصال لایه‌ها استفاده شد. فرکانس و توان مورداستفاده در این تحقیق جهت پیش گرمادهی لایه‌ها به ترتیب برابر ۲۴۵۰ مگاهرتز و ۴۰۰۰ وات بود. نتایج نشان دادند که با افزایش رطوبت لایه‌ها از ۳ به ۸ درصد خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های چوب لایه‌ای کاهش می‌یابند. در مقابل پیش گرمادهی با امواج مایکروویو موجب بهبود در خواص شد و با افزایش زمان پیش گرمادهی افزایش در خواص فیزیکی و مکانیکی دیده شد. تأثیر مثبت گرمادهی با امواج مایکروویو در مورد لایه‌ها با رطوبت بالاتر بسیار محسوس‌تر است.

واژگان کلیدی: پیش گرمادهی، امواج مایکروویو، خواص فیزیکی و مکانیکی، چوبِ لایه‌ای.

مقدمه

در فرایند تولید چندسازه چوبی در مرحله پرس گرم، انتقال حرارت از سطح به مغز که توسط بخار انجام می‌شود منجر به ایجاد گرادیان حرارتی در ضخامت کیک می‌گردد به‌نحوی که همیشه دمای لایه میانی پایین‌تر از لایه سطحی است. بدین ترتیب، چسب لایه سطحی در ابتدای سیکل پرس سخت می‌شود. در لایه میانی به دلیل دمای پایین‌تر و تحت تأثیر تجمع بخار آب، گیرایی رزین دیرتر صورت می‌گیرد و در صورت کوتاه بودن سیکل پرس با مشکل مواجه می‌گردد [۱ و ۲]. یک روش جالب جایگزین برای فرایند گرمادهی، استفاده از امواج الکترومغناطیسی[۱] است به‌طوری‌که در این روش انرژی به‌طور مستقیم به‌کل فرآورده می‌رسد، بنابراین نیازی به هدایت حرارت از سطوح نیست [۵،۴،۳ و ۶]. امواج الکترومغناطیسی طیف گسترده‌ای، از امواج رادیویی تا امواج گاما را در برمی‌گیرد، اما طیف مورداستفاده در صنعت چوب جهت خشک‌کردن و یا گرمادهی شامل رادیو فرکانس[۲] و مایکروویو[۳] می‌شود

[1] Electromagnetic waves
[2] radiofrequency
[3] microwave

[۵،۴ و ۷]. مایکروویو به طیفی از امواج الکترومغناطیسی اطلاق می‌شود که طول‌موجی از ۱ میلی‌متر تا ۱ متر و فرکانس بین ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز دارند [۶].

امواج الکترومغناطیسی بیش از ۶۰ سال است که در صنایع چوب مورداستفاده قرار می‌گیرند و امروزه پیشرفت‌ها در تجهیزات، این روش را برای استفاده در زمینه گیرایی پلیمرها در ساخت فراورده‌های چوبی، کارآمدتر کرده است. در استفاده از این روش به‌عنوان پیش گرمادهی یا گرمادهی در کنار پرس گرم در فرایند ساخت فراورده‌های چوبی مزیت‌هایی وجود دارد که به‌عنوان نمونه می‌توان به گرمادهی حجمی، گرمادهی یکنواخت‌تر، افزایش سرعت، کاهش زمان و دمای پرس، عدم نیاز به تغییر فرمولاسیون رزین مصرفی با توجه به ضخامت و دانسیته و گاهی اوقات بهبود خواص فراورده اشاره کرد [۷،۵،۳ و ۸]. در این روش، انرژی منتقل‌شده به فراورده توسط مولکول‌های قطبی جذب‌شده و به حرارت تبدیل می‌شود. این میزان تولید حرارت تحت تأثیر ۳ عامل است: شدت میدان، فرکانس امواج و فاکتور افت دی الکتریک[1] ماده [۳]. خواص دی‌الکتریکی ماده از مهم ترین عوامل مؤثر در استفاده از گرمادهی با فرکانس بالا است. هرچه فاکتور افت ماده بالاتر باشد سرعت پرس با فرکانس بالا بیشتر است [۵ و ۷]. رطوبت از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر خواص دی‌الکتریکی ماده است و می‌تواند موجب بهبود کارایی پرس فرکانس بالا شود [۹،۷ و ۱۰]. الیاف چوبی به علت ساختار حاوی مولکول‌های قطبی و حضور آب به‌خوبی نسبت به امواج الکترومغناطیسی واکنش نشان می‌دهند [۵،۸]. درواقع، مولکول های آب و رزینی که به ذرات چوب اسپری می‌شوند امواج الکترومغناطیسی را جذب می‌کنند [۴،۳ و ۶]؛ بنابراین، امواج الکترومغناطیسی می‌توانند موجب بهبود فرایند تولید شوند و امکان تولید تخته‌های ضخیم‌تر را فراهم می‌آورند [۷]؛ اما در این زمینه چند نکته باید به‌دقت موردتوجه قرار گیرد، در فرایند گرمادهی با امواج الکترومغناطیسی اگر رطوبت بالا باشد مقدار انرژی بیشتری باید مصرف شود تا دمای خط چسب بالارفته و آب تبدیل به بخار شود. باید زمان پرس افزایش یابد در غیر این صورت چسب پلیمر نشده و گیرایی کامل نمی‌شود، اگر بخار بالایی هم ایجاد شود اتصالات تضعیف می‌شوند [۷،۴]. اگر رطوبت کم باشد چسب جذب لایه‌ها شده و اتصالات تضعیف می‌شود. اگر زمان قرار گرفتن تحت امواج الکترومغناطیسی کوتاه باشد دمای خط چسب پایین‌تر از دمای لازم برای گیرایی خواهد بود و چسب به‌درستی پلیمر نمی‌شود. اگر زمان زیاد باشد دما در خط چسب بالارفته و موجب ترد و شکننده شدن خط چسب شده و تضعیف اتصالات را به همراه دارد [۴].

مقدار درست رطوبت موجود در چوب و چسب برای دستیابی به کیفیت اتصال خوب بسیار مهم است. چوب در خروج حلال از چسب و حرکت آن از خط اتصال کاملاً مؤثر است که منجر به وصل شدن مولکول‌های چسب و گیرا شدن آن می‌شود. اگر رطوبت چوب کم باشد آب به‌سرعت در چوب پخش می‌شود و یک فیلم خشک از چسب بر روی سطح باقی می‌گذارد که تحرک کافی برای انتقال، خیس نمودن و نفوذ به سطح چوب را ندارد [۱۱]. زمانی که آب زیادی در چوب وجود دارد، گرانروی چسب را پایین نگه می‌دارد و درنتیجه نفوذ بیش‌ازحد که گاهی شسته شدن اتصال هم نامیده می‌شود، رخ می‌دهد [۱۱ و ۱۲]. در دمای بالا گیرایی رزین سریع رخ می‌دهد. زمانی که در فرایند پرس گرم چوب به مقدار زیادی تحت دمای بالا قرار می‌گیرد، چسب به‌سرعت گیرا شده و نمی‌تواند به مقدار کافی نفوذ نماید که نتیجه آن یک اتصال ضعیف است [۱۱].

مدت زیادی در استفاده از امواج مایکروویو در صنعت چوب نمی‌گذرد و در ایران نیز پژوهشی در زمینه استفاده از امواج مایکروویو در تولید چندسازه‌های چوبی انجام نشده است. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر مدت‌زمان پیش گرمادهی و همچنین رطوبت لایه‌ها بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوبِ لایه‌ای انجام گرفت.

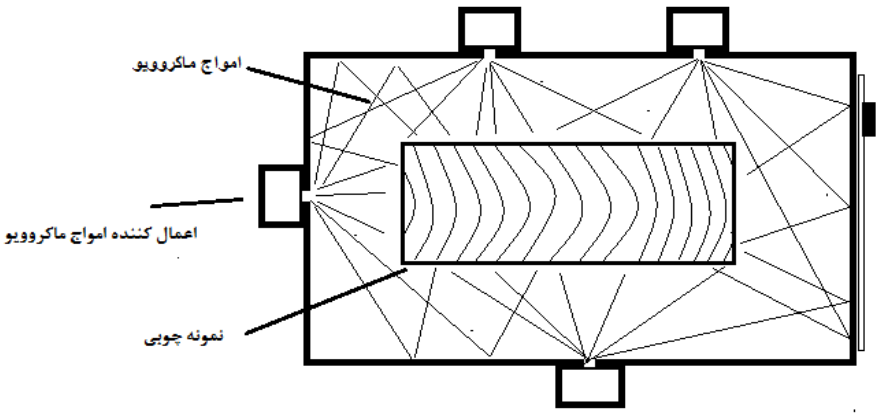
مواد و روش‌ها

در این مطالعه برای ساخت تخته‌های چوب لایه‌ای[2]، از لایه‌های چوب صنوبر دلتوئیدس (*Populus Deltoides*) به ضخامت ۲/۵ میلی‌متر که به روش لوله بری تهیه شده بودند استفاده گردید. چسب مورداستفاده برای اتصال لایه‌ها فنل فرمالدهید بود که حاوی ۵۴ درصد مواد جامد با ویسکوزیته

[1] Loss factor (ε")
[2] Laminated veneer lumber (LVL)

۶۰۰ سانتی‌پوآز بود. جهت افزایش ویسکوزیته چسب از آرد گندم به‌عنوان پرکننده استفاده گردید. رطوبت لایه‌ها در سه سطح ۳، ۵ و ۸ درصد و سه سطح زمان پیش گرمادهی ۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه به‌عنوان عوامل متغیر انتخاب شدند. عوامل ثابت این تحقیق شامل چسب فنل فرمالدهید (۱۵۰ گرم بر مترمربع)، هاردنر کربنات پتاسیم (۲ درصد وزن خشک چسب)، آرد گندم نیز به‌عنوان پرکننده (۲۵ درصد وزن خشک چسب)، دمای پرس (۱۸۵ درجه سانتی‌گراد)، فشار پرس (۱۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع)، زمان پرس (۱۲ دقیقه)، تعداد لایه‌ها (۹ عدد) و ضخامت اسمی تخته (۲ سانتی‌متر) بودند.

برای پیش گرمادهی لایه‌ها با استفاده از امواج مایکروویو یک دستگاه آزمایشگاهی ساخته شد. این دستگاه دارای محفظه فلزی کاملاً عایق و بدون درز به ابعاد ۳۵×۸۵×۸۵ سانتیمتر از جنس آهن گالوانیزه بود که با رنگ الکترواستاتیک پوشش داده شد. برای اعمال انرژی مایکروویو از ۴ عدد مگنترون با توان ۱ کیلووات و فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز استفاده شد. طراحی و نحوه قرارگیری مگنترون‌ها روی پایه‌های مخصوص به نحوی انجام شد که پراکنش امواج در کل محیط دستگاه یکنواخت باشد و انرژی به‌طور یکسان به‌تمامی نقاط نمونه‌ای که در دستگاه قرار گرفته است اعمال شود (شکل ۱). برای کنترل دما و زمان از سنسورهای دیجیتال استفاده شد. برای رسیدن به سطوح رطوبتی موردنیاز، لایه‌ها در مدت‌زمان‌های متفاوت در آون آزمایشگاهی با دمای ۲±۸۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و نهایتاً سطح دقیق رطوبت توسط رطوبت‌سنج مادون‌قرمز اندازه‌گیری و کنترل شد. برای ساخت تخته‌های چوب لایه‌ای از ۹ لایه به ابعاد ۵۰×۳۵ سانتیمتر استفاده گردید. چسب زنی به‌صورت دستی و توسط غلطک انجام شد. لایه‌ها پس از چسب زنی در داخل محفظه دستگاه قرار گرفتند و بعد از تابش امواج مایکروویو زیر پرس گرم قرار گرفتند. ساخت چوب لایه‌ای با استفاده از پرس آزمایشگاهی مدل Burkle.LA160 انجام شد.



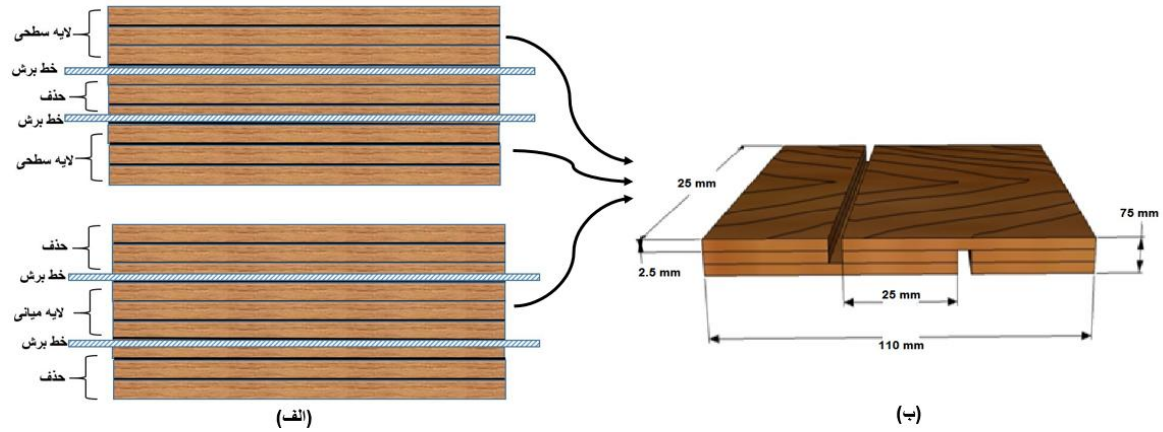
شکل ۱- تصویر شماتیک از دستگاه آزمایشگاهی ساخته‌شده جهت پیش‌گرمایش با امواج مایکروویو

تخته‌ها به مدت ۲ هفته در دمای ۲±۲۰ و رطوبت ۵±۶۰ جهت رسیدن به رطوبت تعادل مشروط سازی شدند. برش و آماده کردن نمونه‌های آزمونی طبق استاندارد EN-326-1 (۱۹۹۴) صورت گرفت. نمونه‌های آزمونی جهت برسی خواص چوب‌های لایه‌ای ساخته‌شده طبق استانداردها و ابعاد قیدشده در جدول ۱ تهیه شدند.

در مورد مقاومت برشی خط چسب (کشش موازی با سطح) لازم به ذکر است که این خاصیت برای لایه‌های سطحی و میانی به‌صورت جداگانه انجام گرفت. برای این منظور نمونه‌ها پس از برش به ابعاد قیدشده در استاندارد، در ضخامت تخته که به‌صورت ۹ لایه تولید شده بود، برش داده شدند و به‌صورت سه لایه درآمدند، سپس مقاومت برشی خط چسب برای لایه سطحی و میانی به‌طور جداگانه محاسبه شد (شکل ۲).

جدول ۱- مشخصات نمونه‌های آزمونی

نوع آزمون	استاندارد مورداستفاده	ابعاد (میلی‌متر) ضخامت×عرض×طول
خمش استاتیک	EN-310 (۱۹۹۳)	۴۵۰×۵۰×۲۰
جذب آب و واکشیدگی ضخامت	EN-317 (۱۹۹۳)	۵۰×۵۰×۲۰
مقاومت برشی خط چسب	EN-14279 (۲۰۰۴)	۱۱۰×۲۵×۲۰
توان نگه‌داری پیچ	EN-320 (۱۹۹۳)	۷۵×۷۵×۲۰



شکل ۲- نمونه آزمونی مقاومت برشی خط چسب با اعمال نیروی کشش در جهت موازی با سطح نمونه، تبدیل نمونه‌های ۹ لایه به ۳ لایه (الف)، نحوه برش و ابعاد نمونه آزمونی (ب)

جهت برسی قدرت نگه‌داری پیچ برای تخته‌های چوب لایه‌ای، در نمونه‌های آزمونی سوراخ‌هایی به قطر ۱±۲/۷ و عمق ۱±۱۹ میلی‌متر در سطح و لبه ایجاد شد. پیچ پانلی مورداستفاده دارای طول ۳۸ و قطر ۴/۲ میلی‌متر بود که تا عمق ۱۵ میلی‌متر داخل سوراخ‌های از پیش ایجادشده قرار گرفت. قدرت نگه‌داری پیچ در سطح و لبه با توجه به عوامل متغیر موردبررسی قرار گرفت. در انتها تجزیه‌وتحلیل نتایج حاصل با روش تجزیه واریانس و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

مقاومت برشی خط چسب (کشش موازی با سطح)

نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌های آماری نشان دادند که تأثیر پیش گرمادهی بر روی مقاومت برشی خط چسب برای لایه سطحی معنی‌دار نیست اما اثر رطوبت لایه‌ها در سطح ۱ درصد و تأثیر متقابل این دو فاکتور بر مقاومت برشی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). بیشترین میزان مقاومت برشی در نمونه‌ها با رطوبت ۳ درصد دیده شد. با افزایش رطوبت لایه از ۳ به ۸ در درصد میزان مقاومت برشی خط چسب به اندازه ۱۸/۲۳ درصد کاهش میابد (شکل ۱) به‌این‌علت که رطوبت‌های بالا تأثیر منفی بر پدیده چسبندگی می‌گذارند و از طرف دیگر زمان کافی برای خروج بخار وجود ندارد، بنابراین افت در این مقاومت مشاهده شد [۱]. درشکل ۲ اثر متقابل رطوبت لایه و پیش‌گرمایش بر مقاومت برشی خط چسب در لایه‌های سطحی مشاهده می‌شود. برای رطوبت ۵ و ۸ درصد پیش گرمادهی موجب افزایش مقاومت برشی شد اما در مورد تیمار لایه‌ها با رطوبت ۳ درصد، پیش گرمادهی به مدت ۱۸۰ ثانیه موجب کاهش ۱۳/۷۱ درصدی شد. در رطوبت پایین آب به‌سرعت در چوب پخش می‌شود و یک فیلم خشک از چسب بر روی سطح

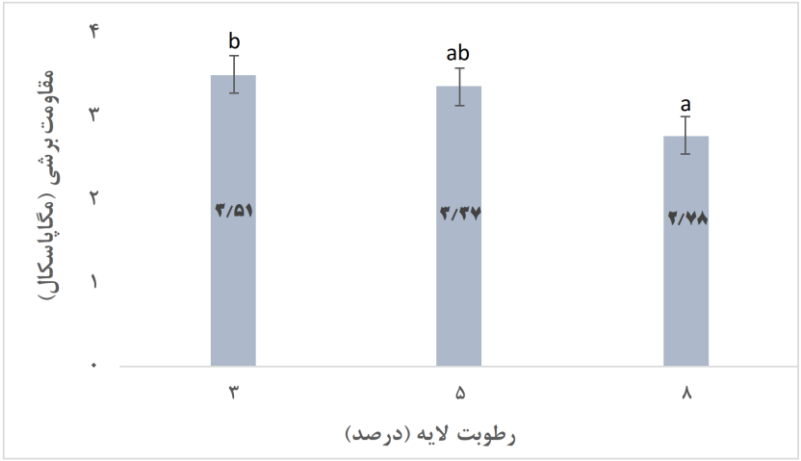
باقی می‌گذارد که تحرک کافی برای انتقال، خیس نمودن و نفوذ به سطح چوب را ندارد و از سویی دیگر زمانی که چوب به مقدار زیادی تحت دمای بالا قرار می‌گیرد، چسب به‌سرعت گیرا شده و نمی‌تواند به مقدار کافی نفوذ نماید که نتیجه آن یک اتصال ضعیف است [۱۱].

نتایج حاصله در مورد مقاومت برشی خط چسب برای لایه میانی نشان داد که سطوح پیش‌گرمایش، رطوبت لایه‌ها و نیز اثر متقابل دو فاکتور بر این ویژگی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). افزایش رطوبت موجب کاهش مقاومت برشی خط چسب در لایه میانی می‌شود. در رطوبت‌های بالا زمان کافی برای خروج بخار وجود ندارد و افت در این مقاومت مشاهده می‌شود. مقدار درست رطوبت موجود در چوب و چسب برای دستیابی به کیفیت اتصال خوب بسیار مهم است. زمانی که آب زیادی در چوب وجود دارد، گرانروی چسب را پایین نگه می‌دارد و درنتیجه نفوذ بیش‌ازحد که گاهی شسته شدن اتصال هم نامیده می‌شود، رخ می‌دهد [۱۱،۱ و ۱۲]. در مقابل افزایش زمان پیش گرمادهی موجب افزایش مقاومت برشی خط چسب در لایه میانی شد. نخستین مزیت انرژی میکروویو در انتقال مستقیم انرژی به ماده است. در مقایسه با روش‌های معمول حرارت دهی امکان گرمادهی حجمی توسط میکروویو موجب افزایش سرعت، گرمادهی یکنواخت‌تر، کاهش زمان فرایند و گاهی اوقات بهبود خواص فراورده می‌شود [۶]. اثر پیش گرمادهی با امواج مایکروویو با افزایش رطوبت لایه‌ها محسوس‌تر است (شکل ۳). به‌طوری‌که در مورد لایه‌ها با رطوبت ۸ درصد، پیش گرمادهی به مدت ۱۸۰ ثانیه موجب افزایش ۸۵ درصدی مقاومت برشی خط چسب در لایه میانی شد. چوب خیس به دلیل فاکتور افت دی‌الکتریکی بالاتر، انرژی بیشتری نسبت به چوب خشک جذب می‌کند و موجب اثربخشی بیشتر پیش گرمادهی با امواج مایکروویو در رطوبت‌های بالاتر می‌شود. البته این مقدار رطوبت باید تحت کنترل باشد [۵ و ۷].

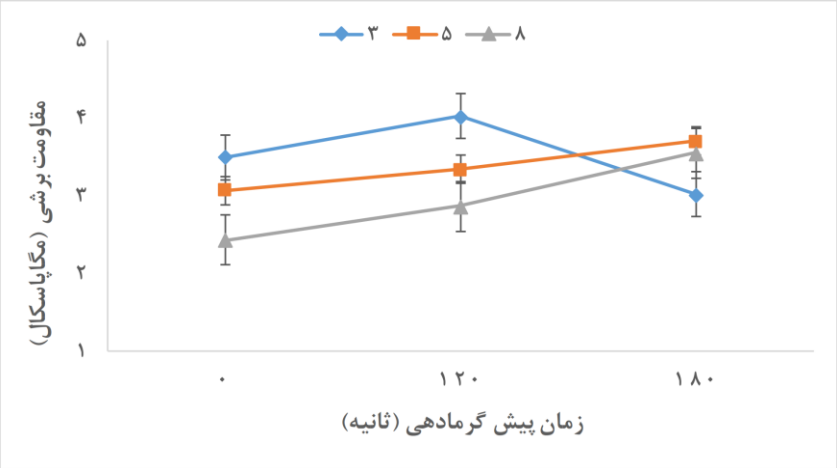
جدول ۲- اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر بر خواص چوب لایه‌ای

خاصیت	مقاومت برشی		مدول الاستیسیته	مدول گسیختگی	واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت	واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت	جذب آب پس از ۲ ساعت	جذب آب پس از ۲۴ ساعت	قدرت نگه‌داری پیچ	
عامل متغیر	سطح	میانی							سطح	لبه
A	ns	**	**	**	ns	**	ns	**	ns	*
B	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**
C	*	**	**	**	**	**	*	**	ns	**

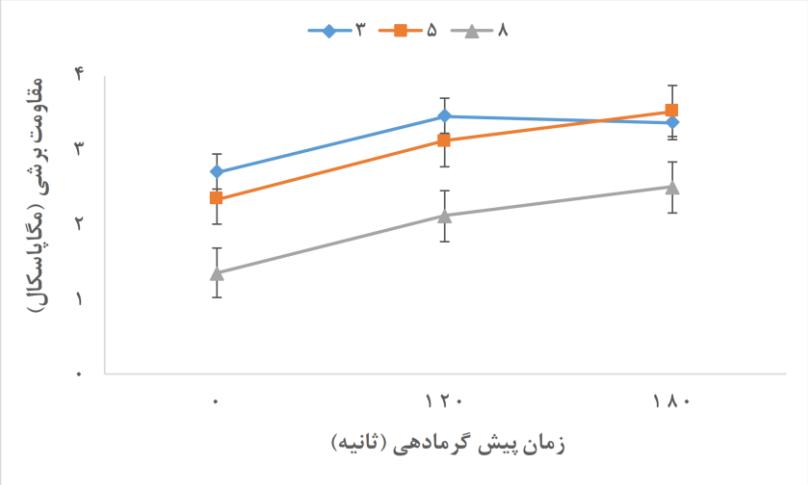
A: اثر مستقل زمان پیش گرمادهی، B: اثر مستقل رطوبت لایه‌ها، C: اثر مقابل سطح پیش گرمادهی و رطوبت لایه‌ها. ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns بدون اثر معنی‌دار



شکل ۳- اثر رطوبت لایه‌ها بر مقاومت برشی خط چسب در لایه‌های سطحی به همراه گروه‌بندی دانکن



شکل ۴- اثر متقابل رطوبت لایه و پیش‌گرمایش بر مقاومت برشی خط چسب در لایه‌های سطحی

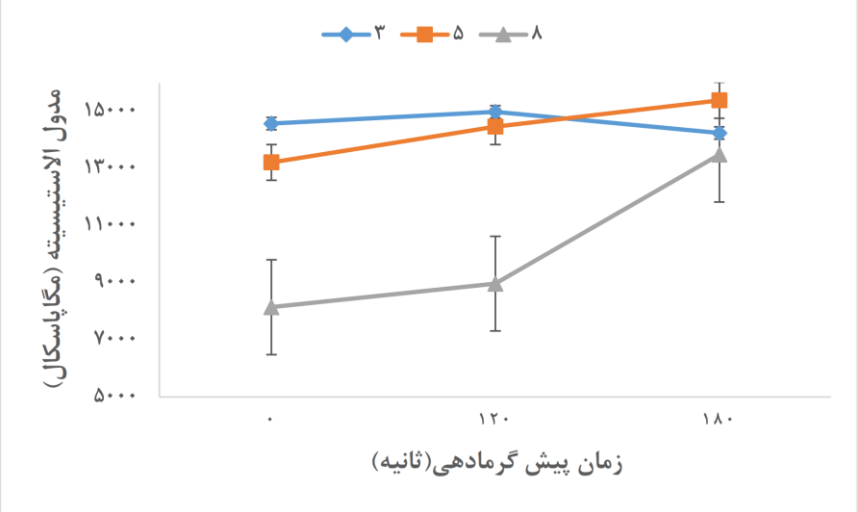


شکل ۵- اثر متقابل رطوبت لایه و پیش‌گرمایش بر مقاومت برشی خط چسب در لایه میانی

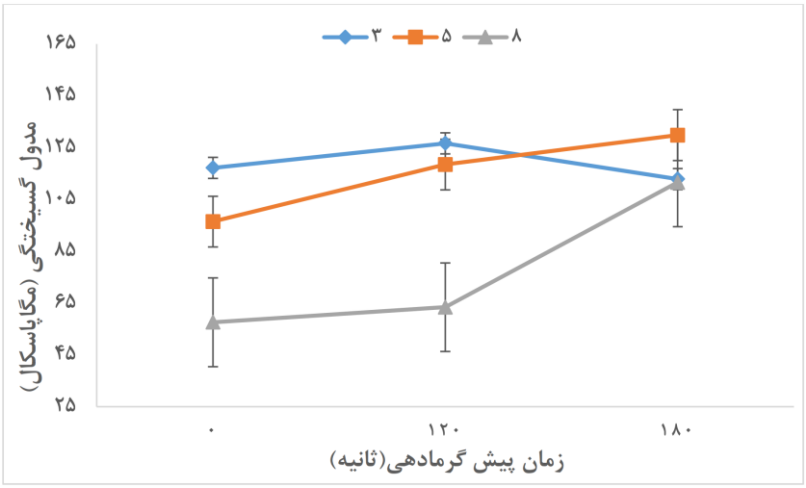
مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی در خمش

نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌های آماری نشان دادند که تأثیر عوامل متغیر بر مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). شکل‌های ۴ و ۵ تأثیر متقابل رطوبت لایه‌ها و سطوح پیش گرمادهی بر مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی را نشان می‌دهند. افزایش زمان پیش گرمادهی موجب افزایش مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی تخته‌های چوب لایه‌ای شد. برای لایه‌ها با رطوبت ۸ درصد اثر مثبت پیش گرمادهی بسیار محسوس‌تر است. در مورد تیمار با رطوبت ۳ درصد پیش گرمادهی ۱۸۰ ثانیه‌ای موجب کاهش مقاومت‌ها شد. اگر رطوبت چوب کم باشد آب به‌سرعت در چوب پخش می‌شود و یک فیلم خشک از چسب بر روی سطح باقی می‌گذارد که تحرک کافی برای انتقال، خیس نمودن و نفوذ به سطح چوب را ندارد [۱۱]. همچنین با بالا رفتن زمان گرمادهی دما در خط چسب بالارفته و موجب ترد و شکننده شدن خط چسب شده و تضعیف اتصالات را به همراه دارد [۴]. افزایش رطوبت لایه‌ها از ۳ به ۸ درصد موجب کاهش مقاومت شد. با توجه به نتایج آماری مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری بین مدول

الاستیسیته و مدول گسیختگی برای تیمار ۳ درصد رطوبت با ۱۲۰ ثانیه پیش گرمادهی و تیمار ۵ درصد رطوبت با ۱۸۰ ثانیه پیش گرمادهی وجود ندارد. در این دو تیمار میانگین‌ها در یک گروه قرار گرفتند و بیشترین مقادیر مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی دیده شد.



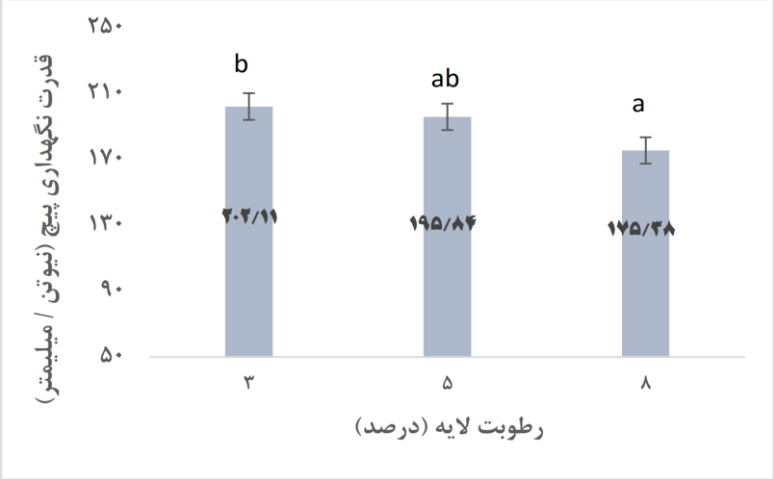
شکل ۶- اثر متقابل زمان پیش گرمادهی و رطوبت لایه بر مدول الاستیسیته



شکل ۷- اثر متقابل زمان پیش گرمادهی و رطوبت لایه بر مدول گسیختگی

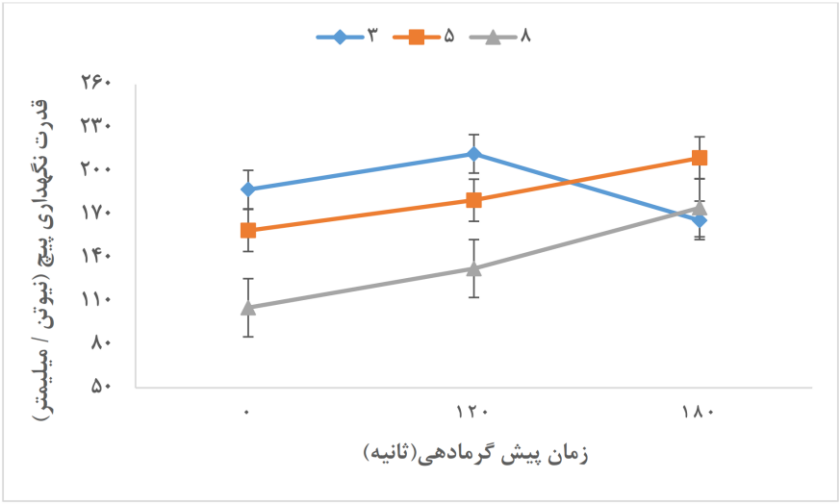
قدرت نگه‌داری پیچ

نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل آماری نشان می‌دهد که تأثیر پیش‌گرمایش بر روی قدرت نگه‌داری پیچ معنی‌دار نیست اما اثر رطوبت لایه‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). شکل ۶ اثر مستقل رطوبت لایه‌ها بر قدرت نگه‌داری پیچ در سطح نمونه به همراه گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن را نشان می‌دهد. با افزایش رطوبت از ۳ به ۸ درصد قدرت نگه‌داری پیچ به مقدار ۱۳/۲۲ درصد کاهش می‌یابد. در رطوبت‌های بالا به علت نبود زمان کافی برای خروج بخار ایجادشده و تجمع بخار در لایه میانی که در موقع باز شدن پرس موجب تخریب اتصالات این لایه شده و همچنین موجب افت دانسیته در این لایه می‌شود کاهش در قدرت نگه‌داری پیچ را به همراه دارد [۱۳].



شکل ۸- اثر مستقل رطوبت لایه‌ها بر قدرت نگه‌داری پیچ در سطح به همراه گروه‌بندی دانکن

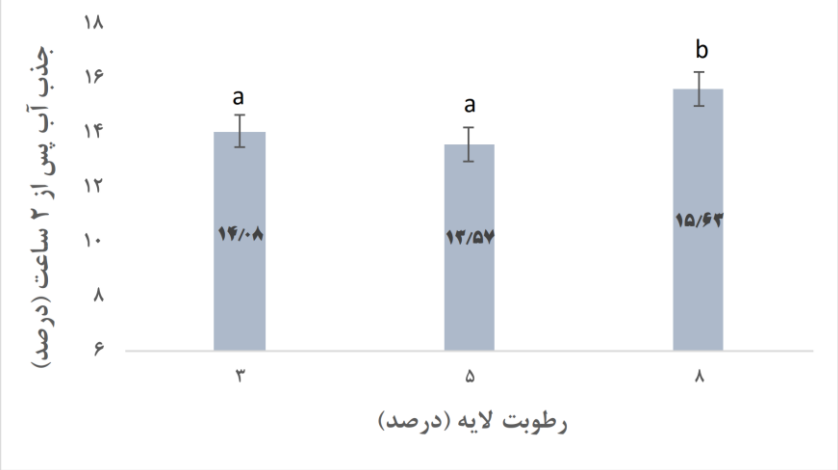
نتایج حاصله در مورد قدرت نگه‌داری پیچ در لبه نشان داد که سطوح پیش گرمادهی در سطح ۵ درصد، رطوبت لایه‌ها و نیز اثر متقابل دو فاکتور بر این ویژگی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. همانطوریکه در شکل ۷ مشاهده می‌شود افزایش رطوبت موجب کاهش قدرت نگه‌داری پیچ در لبه شد و در مقابل افزایش زمان پیش گرمادهی موجب افزایش قدرت نگه‌داری پیچ می‌شود و این اثر با افزایش رطوبت لایه‌ها مشخص‌تر شد. به‌طوری‌که در مورد لایه‌ها با رطوبت ۸ درصد، پیش گرمادهی به مدت ۱۸۰ ثانیه موجب افزایش ۶۲/۵۲ درصدی قدرت نگه‌داری پیچ در لبه شد؛ زیرا پیش گرمادهی با افزایش دمای لایه‌ها قبل از پرس امکان خروج مقداری از رطوبت را ممکن می‌سازد و همچنین روند گیرایی رزین تسریع می‌یابد [۶ و ۷]. در مورد تیمار رطوبت لایه ۳ درصد تا پیش گرمادهی به مدت ۱۲۰ ثانیه مقاومت افزایش یافت اما پس‌ازآن برای پیش گرمادهی به مدت ۱۸۰ ثانیه کاهش شدید مقاومت به دلیل بالا رفتن دمای خط چسب و شکسته شدن و تضعیف اتصالات مشاهده شد [۴]. بهترین قدرت نگه‌داری پیچ در لبه مربوط به نمونه‌های ساخته‌شده با رطوبت ۳ درصد و ۱۲۰ ثانیه پیش‌گرمایش است.



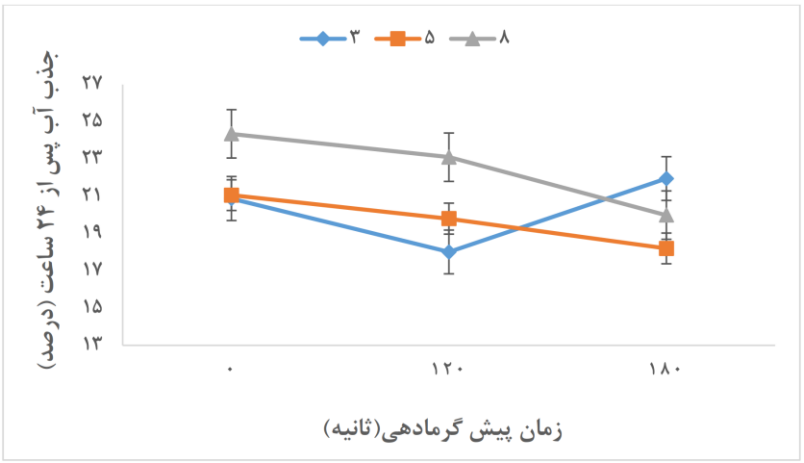
شکل ۹- اثر متقابل رطوبت لایه‌ها و زمان پیش‌گرمادهی بر قدرت نگه‌داری پیچ در لبه

جذب آب و واکشیدگی ضخامت

شکل ۸ اثر مستقل رطوبت لایه‌ها بر جذب آب پس از ۲ ساعت به همراه گروه‌بندی دانکن را نشان می‌دهد. رطوبت لایه ۳ و ۵ درصد در یک گروه قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها ازنظر جذب آب پس از ۲ ساعت وجود ندارد. نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌های آماری نشان می‌دهند که تأثیر عوامل متغیر بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). شکل ۹ اثر متقابل زمان پیش گرمادهی و رطوبت لایه بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت را نشان می‌دهد. نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت پیش گرمادهی بر کاهش میزان جذب آب پس از ۲۴ ساعت است.



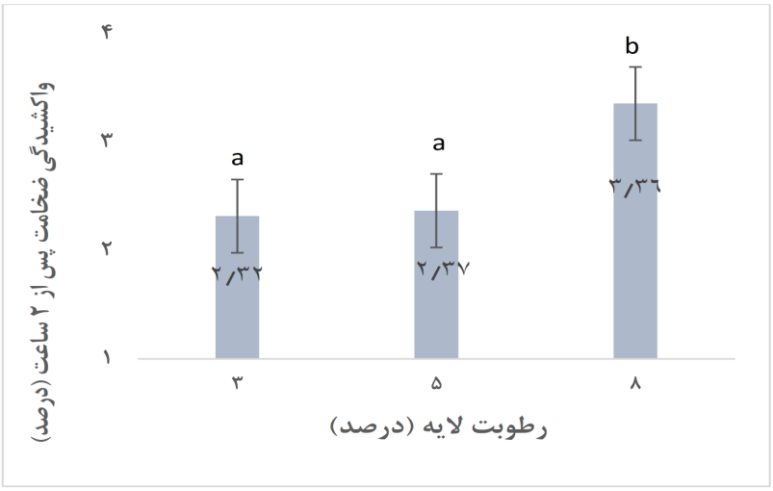
شکل ۱۰- اثر مستقل رطوبت لایه‌ها بر جذب آب پس از ۲ ساعت به همراه گروه‌بندی دانکن



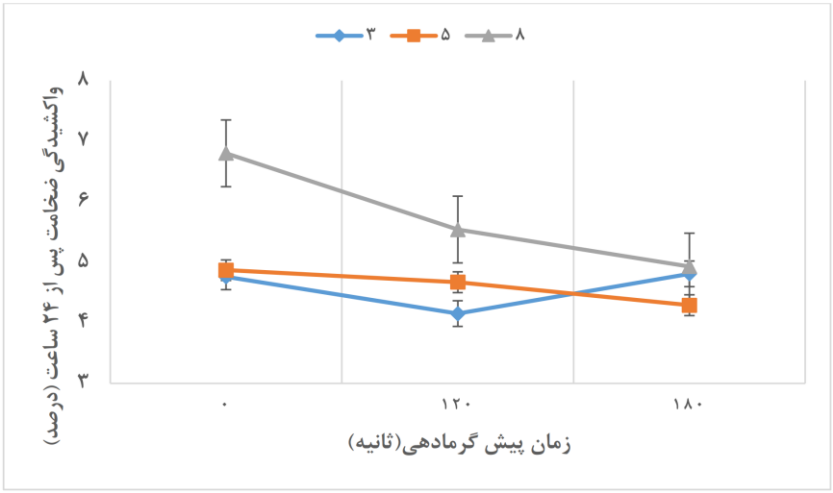
شکل ۱۱- اثر متقابل زمان پیش گرمادهی و رطوبت لایه بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت

تجزیه‌وتحلیل نتایج حاصل از واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها حاکی از تأثیر منفی رطوبت لایه‌ها بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت در سطح ۱ درصد بود. شکل ۱۰ مقادیر میانگین‌ها و گروه‌بندی دانکن در مورد تأثیر رطوبت لایه‌ها واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت را نشان می‌دهد. افزایش رطوبت از ۳ به ۸ درصد موجب افزایش ۴۴/۸۲ درصدی واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت شد. تأثیر عوامل متغیر بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴

ساعت در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. پیش گرمادهی لایه‌های چوبی موجب کاهش واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت می‌شود. پیش گرمادهی با افزایش دمای لایه‌ها قبل از پرس امکان خروج مقداری از رطوبت را ممکن می‌سازد و همچنین روند گیرایی رزین تسریع می‌یابد [۶ و ۷]. در مورد لایه‌ها با رطوبت ۸ درصد پیش گرمادهی به مدت ۱۸۰ ثانیه موجب کاهش ۲۷/۵ در واکشیدگی ضخامت شد. به نظر می‌رسد افزایش رطوبت با تضعیف اتصالات داخلی و تأثیری که روی چسبندگی دارد موجب افت خواص جذب آب و واکشیدگی ضخامت شده است [۱ و ۱۱].



شکل ۱۲- اثر مستقل رطوبت لایه‌ها بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت به همراه گروه‌بندی دانکن



شکل ۱۳-اثر متقابل زمان پیش گرمادهی و رطوبت لایه بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تأثیر رطوبت لایه‌ها و مدت‌زمان پیش گرمادهی با امواج مایکروویو بر خواص فیزیکی مثل جذب آب و واکشیدگی ضخامت و خواص مکانیکی مانند کشش موازی سطح، مقاومت خمشی و توان نگه‌داری پیچ برای چندسازه چوب لایه‌ای ساخته‌شده موردبررسی قرار گرفت.

نتایج نشان داد که با افزایش میزان رطوبت لایه‌ها از ۳ به ۸ درصد خواص کلی تخته کاهش می‌یابد؛ که علت این پدیده را در دو موضوع می‌توان توضیح داد، اول اینکه با بالا رفتن رطوبت لایه‌ها باید زمان پرس افزایش یابد در غیر این صورت چسب پلیمر نشده و گیرایی کامل نمی‌شود و اگر بخار بالایی هم ایجاد شود اتصالات تضعیف می‌شوند [۱ و ۴]. دوم، زمانی که آب زیادی در چوب وجود دارد، گرانروی چسب را پایین نگه می‌دارد و درنتیجه نفوذ بیش‌ازحد که گاهی شسته شدن اتصال هم نامیده می‌شود، رخ می‌دهد [۱۱ و ۱۲]. در مقابل افزایش زمان پیش گرمادهی موجب بهبود خواص کلی چندسازه چوب لایه‌ای شد، امکان گرمادهی حجمی توسط میکروویو موجب افزایش سرعت، گرمادهی یکنواخت‌تر، کاهش زمان فرایند و گاهی اوقات بهبود خواص فراورده می‌شود [۶]. این اثر با افزایش رطوبت لایه‌ها محسوس‌تر است. همان‌طوری که مشاهده شد این اثر در مورد تیمار ۱۸۰ ثانیه پیش‌گرمایش برای لایه‌ها با رطوبت ۸ درصد بسیار مشهود است. هرچه رطوبت بالاتر رود فاکتور افت دی‌الکتریکی بالاتر می‌رود بنابراین توان جذب امواج توسط لایه‌ها بالاتر می‌رود. مقدار رطوبت از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ویژگی‌های دی‌الکتریکی مواد است [۹،۶ و ۱۰].

پیش‌گرمایش به مدت ۱۸۰ ثانیه برای لایه‌ها با رطوبت ۳ درصد موجب افت در خواص کلی تخته‌های چوب لایه‌ای تولیدی گردید زیرا اگر زمان قرارگیری تحت امواج مایکروویو زیاد باشد دما در خط چسب بالا رفته و موجب ترد و شکننده شدن خط چسب شده و تضعیف اتصالات را به همراه دارد [۴]. همچنین دو تیمار مربوط به ۱۲۰ ثانیه پیش‌گرمایش برای لایه‌ها با رطوبت ۳ درصد و ۱۸۰ ثانیه پیش‌گرمایش برای لایه‌ها با رطوبت ۵ درصد دارای بهترین مقادیر برای خواص فیزیکی و مکانیکی بودند. نتایج این تحقیق نشان دادند که پیش گرمادهی لایه‌ها توسط امواج مایکروویو که به‌نوبه خود موجب افزایش دمای تخته قبل از پرس اصلی می‌شود می‌تواند موجب بهبود خواص کلی تخته گردد و در ادامه با تأثیری که بر شرایط تولید می‌گذارد موجب بهبود راندمان تولید شود.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از قطب علمی مدیریت کاربردی گونه‌های چوبی تند رشد به خاطر همه تلاش‌ها و کمک‌های مالی تشکر می‌کنند.

منابع

[1] Nemli, G., Aydın, I. and Zekovic, E., 2007. Evaluation of some of the properties of particleboard as function of manufacturing parameters. Materials and Design, 28:1169–1176.

[2] Doosthosseini, k., 2002. Technology and application of wood composites, 1st edition, tehran university publication, 648 p. (in Persian).

[3] Pereira, C., Blanchard, C., Carvalho, L. and Costa, C., 2004. High frequency heating of medium density fiberboard (MDF): theory and experiment. Chemical Engineering Science, 59: 735 – 745.

[4] Wu, Z., Furuno, T. and Zhang, B., 1998. Properties of curved laminated veneer lumber made from fast-growing species with radiofrequency heating for use in furniture. Journal of Wood Science, 44:275-281.

[5] Antti, A. and Perre, L.P., 1999. A microwave applicator for on line wood drying: Temperature and moisture distribution in wood. Wood Science and Technology, 33:123-138.

[6] Thostensen, E.T. and Chou, T., 1999. Microwave processing: fundamentals and applications. Composites: Part A 30:1055–1071.

[7] Kangcheng, W., Chenglong, L., Minzhi,C., ,Xiaoyan, Z., Zhenyu, D. and Da, S ., 2015. Development and performance evaluation of a new thermal insulation material from rice straw using high frequency hot-pressing. Energy and Buildings, 87:116–122.

[8] Turner,I,W., Pugalli,J. and Jomaa,W., 1998. A numerical investigation of combined microwave and convective drying of hygroscopic material: a study based on pine wood. Institution of Chemical Engineers Trans IChemE, 76 (A):193-209

[9] Zhou, B. and Avramidis, S., 1999. On the loss factor of wood during radiofrequency heating. Wood Science.Technol, 33(4):299–310.

[10] Resnik, J. and Sernek, M., 1997. High-frequency heating of wood with moisture content gradient, Wood Fiber Science, 29(2):264–271.

[11] Frihart, C. R., 2005. Handbook of wood chemistry and wood composites: wood adhesion and adhesives. 215-278.

[12] Sernek, M., Resnik, J. and Kamke, F., 1999. Penetration of Liquid Urea-Formaldehyde Adhesive into Beech Wood. Wood and fiber science, 31:41-48.

[13] Abdul Khalil, H., Nurul Fazita, M., Bhat, A., Jawaid, M. and Nik Fuad, N., 2010. Development and material properties of new hybrid plywood from oil palm biomass. Materials & Design, 31(1):417-42.

[14] European Standard, Wood-based panels sampling, cutting and inspection. European standardization Committee, British Standards Institution (BSI), EN 326-1, 1994.

[15] European Standard, Wood-based panels Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. European standardization Committee, British Standards Institution (BSI), EN 310, 1993.

[16] European Standard, Particleboards and fiberboards Determination of swelling in thickness after immersion in water. European standardization Committee, British Standards Institution (BSI), EN 317, 1993.

[17] European Standard, Laminated Veneer Lumber (LVL) Definitions, classification and specifications. European standardization Committee, British Standards Institution (BSI), EN 14279, 2004.

[18] European Standard, Fibreboards Determination of resistance to axial withdrawal of screws. European standardization Committee, British Standards Institution (BSI), EN 320, 1993.

The effect of layer's moisture content and pre-heating by microwave radiation on physical and mechanical properties of laminated veneer lumber

M. Farajallahpour [1*]
M. Layeghi[2]
K. Dosthosseini[3]
H.R. Edalat[4]

[1] PhD student, Department of wood and science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[2] Assistant Prof., Department of wood and science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[3] Professor, Department of wood and science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[4] Assistant Prof., Department of wood technology and engineering, University of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

Corresponding author:
farajallahpour@ut.ac.ir

Received: 2016/05/18
Accepted: 2016/08/09

Abstract

The effect of moisture and pre-heating time by the microwave radiation were studied on the physical and the mechanical properties of laminate veneer lumber (LVL).The variable factors included moisture content of layers in the range of 3, 5 and 8 percent and the microwave radiation pre-heating times at levels of 0, 120 and 180 seconds. LVLs were made of 9 poplar layers, each with the thickness 2.5 mm that were bonded together using phenol formaldehyde. The frequency and the power of microwave radiation were 2450 (MHz) and 4000 (W), respectively. The results showed that the physical and mechanical properties of LVL decreased when moisture content of layers increased from 3 to 8 percent. In contrast, the pre-heating by microwave improved physical and mechanical properties at longer times. The positive impact of pre-heating by microwave radiation was much more evident on the layers with higher moisture content.

Key words: pre-heating, microwave radiation, physical and mechanical properties, laminate veneer lumber (LVL).