



دانشگاه گورگان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم و یکم، شماره اول، ۱۳۹۳
<http://jwfst.gau.ac.ir>

ارزیابی اثر میزان نفوذ چسب فنل فرم آلدهید بر مقاومت چسبندگی داخلی و کشش موازی سطح در تخته تراشه جهت‌دار

* حمیدرضا عدالت^۱، مهدی فائزی‌پور^۲، کاظم دوست حسینی^۲، تقی طبرسا^۳ و

سید احمد میرشکرایی^۴

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع چوب، دانشگاه تهران، ^۲ استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران، ^۳ استاد گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۴ استاد گروه شیمی، دانشگاه پیام نور تهران

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۲۳

چکیده

در این مطالعه به بررسی اثر میزان نفوذ چسب فنل فرم آلدهید بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته تراشه جهت‌دار پرداخته شد. به منظور ایجاد تغییر در میزان نفوذ از تراشه‌های صنوبر با رطوبت‌های مختلف در سه سطح ۲ درصد، ۶ درصد و ۱۰ درصد استفاده گردید. تشکیل کیک با روشی خاص انجام گرفت و تخته‌ها به ضخامت ۱۲ میلی‌متر و دانسیته ۶۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب ساخته شدند. بررسی خطوط چسب با استفاده از میکروسکوپ فلورسنت انجام شد و تصاویر میکروسکوپی توسط یک دوربین C14 Jenoptic مجهز به یک سنسور CCD پردازشگر سونی با بزرگنمایی ۲۴۰ برابر گرفته شد. برای اندازه‌گیری میزان نفوذ از دو پارامتر تعداد فیبر پر شده (FFN) و تعداد آوند پر شده (FVN) استفاده گردید. نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت تراشه مقدار پارامتر FNN به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و تغییر رطوبت اثری بر پارامتر FVN ندارد. در خصوص مقاومت چسبندگی داخلی نیز افزایش رطوبت موجب بهبود معنی‌دار این ویژگی گردید. مقاومت مدول کششی موازی سطح با افزایش رطوبت تا ۶ به حداکثر مقدار خود رسید و در رطوبت ۱۰

*مسئول مکاتبه: edalat.hr@gmail.com

درصد، به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. وابستگی مقاومت‌های چسبندگی داخلی و کشش موازی سطح به‌میزان نفوذ و ضخامت خط چسب، با یکدیگر متفاوت بود. نتایج حاصل از واکنش‌پذیری ضخامت تخته‌ها نشان داد که با افزایش میزان نفوذ چسب، این ویژگی بهبود می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: نفوذ چسب، فنل فرم آلدهید، تخته تراشه، کشش موازی سطح، میکروسکوپ فلورسنت

مقدمه

پدیده چسبندگی نقشی اساسی در تولید فرآورده‌های مرکب چوبی داشته و فاکتورهای متعددی بر روی این پدیده اثر می‌گذارند. یکی از این فاکتورها نفوذ چسب بدرون بستر چوبی است. عمق و الگوی نفوذ می‌تواند به‌طور مستقیم بر شکل و ضخامت ناحیه بین فازی تأثیر بگذارد. نفوذ چسب بدرون بافت چوب موجب افزایش مقاومت اتصال بین دو جزء چوبی می‌گردد و الگوی نفوذ چسب بدرون بافت چوب می‌تواند بر مقاومت و دوام اتصال اثر گذار باشد (مادزل و همکاران، ۲۰۱۰؛ وایت و همکاران، ۱۹۷۷). نفوذ چسب می‌تواند بر روی همه مکانسیم‌های قابل قبول برای چسبندگی تأثیر بگذارد؛ پر واضح است که ایجاد گیر مکانیکی به‌واسطه نفوذ چسب اتفاق می‌افتد؛ در خصوص پیوندهای کووالانسی و پیوندهای شیمیایی ثانویه نیز عامل نفوذ سطح تماس بیشتری بین چسب و دیواره سلول‌ها فراهم می‌کند؛ نفوذ بدرون ترک‌ها و سلول‌های آسیب دیده عملکرد اتصال را بهبود می‌دهد؛ همچنین این موضوع می‌تواند بر روی توزیع تنش بین دو بستر زمانی که تحت بار قرار می‌گیرند، مؤثر باشد (کمکی و لی، ۲۰۰۷). عملکرد خط اتصال تأثیر اساسی بر عملکرد فرآورده‌هایی همچون تخته تراشه جهت‌دار^۱، چوب روکشی لایه‌ای شده^۲ و سایر مواد چند سازه مهندسی شده چوب دارد (مادزل و همکاران، ۲۰۱۰). برای رسیدن به تولید اقتصادی و در عین حال داشتن مقاومت اتصال کافی، نفوذ چسب با مقدار بهینه آن مدنظر است. نفوذ کم چسب موجب کاهش تماس در سطوح داخلی برای تشکیل پیوند شیمیایی و درگیری مکانیکی می‌شود؛ مقدار نفوذ چسب باید برای

1- Oriented Strand Board (OSB)

2- Laminated Veneer Lumber (LVL)

ترمیم آسیب‌های فرآیندی موجود در سطح چوب کافی باشد تا به واسطه این ترمیم اتصال قادر به انتقال تنش مابین دو بستر باشد (جانسون و کمکی، ۱۹۹۲).

پارامترهای پرس از جمله دما، رطوبت و زمان به واسطه کنترل گرانیوی چسب، بر روی میزان نفوذ چسب اثر می‌گذارند؛ تحقیقات نشان داده که مقدار نفوذ چسب فنل فرم آلدهید در چوب صنوبر و دوگلاس فر با رطوبت ۱۵ درصد، بیشتر از زمانی است که رطوبت چوب ۴ درصد است (بریدی و کمکی، ۱۹۸۸). بررسی‌های انجام گرفته بر روی نفوذ چسب اوره فرم آلدهید بدرون چوب راش نشان داده است که در روش حرارت‌دهی با پرس گرم معمولی، با افزایش رطوبت چوب از ۴ درصد به ۹ درصد میزان نفوذ چسب به حداکثر مقدار خود می‌رسد (سرنک و همکاران، ۱۹۹۹).

مطالعه بر روی نفوذ چسب توسط محقق‌های زیادی انجام گرفته است. اساس اغلب روش‌های به‌کار گرفته شده بر اساس رنگ‌آمیزی برش‌های بسیار نازک از اتصال به منظور ایجاد تباین کافی بین چوب و چسب بوده است. استفاده از میکروسکوپ فلوروسنت رایج‌ترین روش میکروسکوپی در آنالیز نفوذ چسب در چوب می‌باشد (مادزل و همکاران، ۲۰۱۰). از مزایای این روش می‌توان به سهولت استفاده، ارزان بودن نسبی، تباین عالی و تهیه آسان‌تر مقاطع نسبت به میکروسکوپ نوری عبوری اشاره نمود (کمکی و لی، ۲۰۰۷). همچنین این امکان وجود دارد که چسب را قبل از ساخت فرآورده با مواد رنگی آغشته نمود یا از چسب‌هایی با ویژگی فلوروسنت ذاتی استفاده کرد.

اندازه‌گیری نفوذ چسب به دلیل نایکنواختی‌های متعدد و متغییری که در سطح چوب وجود دارد، کار مشکل و پیچیده‌ای است. اولین اندازه‌گیری نفوذ چسب در بافت چوب توسط وایت و همکارانش در سال ۱۹۷۷ ارائه گردید که در آن با به‌کار بردن ترکیبات برم در چسب توانستند با استفاده از تکنیک آنالیز فعال‌سازی نوترونی^۱ مقدار نفوذ چسب در چوب بهاره و چوب تابستانه را به ترتیب ۲۶۰ و ۱۴۳ میکرون گزارش نمایند. در سال ۱۹۹۲ جانسون و کمکی روشی جدید برای اندازه‌گیری میزان نفوذ چسب بدرون چوب توسط روشی تلفیقی با استفاده از میکروسکوپ فلوروسنت و یک سیستم آنالیزگر پردازنده تصویر ابداع نمودند که به واسطه آن میزان نفوذ چسب در لایه‌های چوبی، بلوک‌های چوبی و حتی دو فلک^۲ چوبی اتصال یافت توسط چسب مورد مطالعه قرار گرفت.

1- Neutron activation analysis (NAA)

2- Flake

چسبندگی، چسب و چوب سه بخش مهم فناوری چسبندگی هستند و شناخت بهتر موارد بحرانی و تعیین‌کننده در چسبندگی می‌تواند به کارکرد چسب‌ها کمک نماید (لتیباری، ۲۰۰۷). علی‌رغم تلاش‌های صورت گرفته در بررسی نفوذ چسب در بافت چوبی، هنوز هم کمبود دانسته‌ها در خصوص نفوذ چسب در فرآورده‌های مرکب خرده‌ای چوب احساس می‌شود. در فرآورده‌ای همچون تخته تراشه جهت‌دار به‌واسطه روش چسب‌زنی و استفاده از چسب به مقدار کم، چسب به‌صورت قطرات بسیار کوچک بر روی سطح تراشه اسپری شده و خط چسب را از حالت پیوسته خارج می‌سازد. همچنین در هم‌رفتگی ذرات چوبی موجب بوجود آمدن فصل مشترکی نایک‌نواخت و غیرمستقیم شده که استفاده از روش‌های آنالیز معمولی که برای اتصال دو بلوک یا دو لایه چوبی به‌کار می‌رود را ناممکن می‌سازد. اطلاع از میزان نفوذ چسب در فرآورده‌های خرده‌ای چوب می‌تواند در برآورد اثر متغیرهای تولید بر نفوذ چسب و متعاقب آن ارزیابی اثر میزان نفوذ بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی فرآورده به‌کار گرفته شود. هدف از این مطالعه، بررسی نحوه اثرگذاری رطوبت بر نفوذ چسب در اجزای یک فرآورده چوبی خرده‌ای و ارزیابی تأثیر نفوذ چسب بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی فرآورده می‌باشد. این مطالعه بر روی یک تخته تراشه جهت‌دار به‌خصوص انجام گرفت که با استفاده از تراشه‌های هم‌اندازه و شکل‌گیری منظم ساخته شد که این ساختار بررسی میکروسکوپی و آنالیز نفوذ چسب را ممکن ساخت.

موارد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از یک عدد گرده بینه تبریزی (*Populus nigra*) با قطر ۶۰ سانتی‌متر و طول ۶ متر برای تهیه تراشه استفاده شد. ابتدا از قسمت برون چوب گرده بینه تخته‌های با عرض ۱۲۰، طول ۱۷۰ و ضخامت ۲۰ میلی‌متر تهیه شد. به‌منظور تهیه تراشه‌های مماسی، از تخته‌های مماسی استفاده نگردید. به‌وسیله یک خردکن دیسکی با قطر ۲۸۰۰ میلی‌متر تخته‌ها به تراشه‌هایی با طول ۱۷۰، عرض ۲۰ میلی‌متر و ضخامت ۰/۴ میلی‌متر تبدیل شدند. سپس با استفاده از خشک‌کن آزمایشگاهی به سه سطح رطوبتی ۲، ۶ و ۱۰ درصد رسانده شدند. برای تهیه چسب، پودر فنل فرم آلدهید با کد ۴۹۷۶ ساخت شرکت Dynea به نسبت مساوی با آب مخلوط و به غلظت نهایی ۵۰ درصد رسانده شد. به‌عنوان هاردنر از کربنات پتاسیم به‌میزان ۲ درصد وزن خشک چسب استفاده گردید. تراشه‌ها درون یک چسب زن استوانه‌ای دوار با سرعت ۶۰ دور در دقیقه ریخته شده و چسب به‌میزان ۸ درصد وزن

خشک تراشه‌ها توسط یک تفنگ بادی Walter مدل WA500 بر روی آن‌ها اسپری شد. سپس تراشه‌ها پس از توزین با استفاده از دست بدون یک قالب چوبی با ابعاد داخلی 360×360 میلی‌متر قرار داده شدند. ترتیب شکل‌گیری کیک به این صورت بود که ابتدا فضای درون قالب توسط دو تیغه فلزی به دو بخش مساوی با ابعاد 170×360 میلی‌متر تقسیم می‌شد. سپس یک لایه از تراشه‌های آغشته به چسب درون قالب قرار می‌گرفت. جهت قرارگیری طول تراشه‌ها در راستای بُعد 170 میلی‌متری بخش‌های قالب بود و قرارگیری تراشه‌ها در عرض یکدیگر بُعد 360 میلی‌متری را پوشش می‌داد. قبل از قرار دادن لایه دوم تراشه‌ها، تیغه‌های فلزی به اندازه 20 میلی‌متر در جهت طول تراشه‌ها جابه‌جا شده و با این روش طول تراشه‌ها به اندازه 20 میلی‌متر با یکدیگر همپوشانی داشتند. این ترتیب تا قرارگیری کامل تراشه‌های مربوط به یک تخته به صورت هم جهت انجام می‌گرفت. سپس کیک تشکیل شده از قالب خارج و بر روی صفحات پرس گرم منتقل می‌گردید. ساخت تخته‌ها در دمای 180 درجه سانتی‌گراد، فشار حداکثر 20 کیلوگرم بر مترمربع و زمان پرس 210 ثانیه با استفاده از یک پرس آزمایشگاهی اتوماتیک ساخت کمپانی Siempelkamp انجام گردید. دانسیته تخته‌ها 650 کیلوگرم بر مترمکعب و ضخامت اسمی آن‌ها 12 میلی‌متر تنظیم گردید و برای هر تیمار 3 عدد تخته ساخته شد. پس از 24 ساعت، تخته‌ها کناره‌بری شده و نمونه‌های آزمونی از آن‌ها تهیه گردید.

پس از شرایطدهی نمونه‌ها در دمای 20 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 65 درصد آزمون‌ها فیزیکی و مکانیکی انجام گردید. آزمون واکنشیدگی ضخامت طبق استاندارد EN 317، آزمون مقاومت چسبندگی داخلی طبق استاندارد EN 319 و آزمون کشش موازی سطح طبق استاندارد ASTM D1037 انجام گرفت.

به منظور انجام مطالعات میکروسکوپی دو نمونه با طول 10 ، عرض 50 و ضخامت 12 میلی‌متری از نیمه بالا و پایین تخته تهیه شد. در واقع برش به گونه‌ای بود که طول نمونه در راستای طول تراشه‌ها و عرض آن در راستای عرض آن‌ها قرار داشت. سطح مقطع نمونه‌ها با رعایت توالی زیر تا نرم با استفاده از کاغذهای سنباده با درجه 500 ، 800 و 1200 برای انجام بررسی میکروسکوپی صیقل داده شد. از یک میکروسکوپ فلئورسنت Zeiss در حالت بازتابش برای این مطالعه استفاده گردید. از لامپ متال-هالید به عنوان منبع نور و مجموعه فیلترهای برانگیختگی با طول موج 365 نانومتر و انتشار با طول موج 397 نانومتر استفاده شد. مقاطع آماده شده به وسیله عدسی شیئی Zeiss Epiplan-Neoflaur 0.3 HD با بزرگنمایی 10 برابر و در مجموع با بزرگنمایی 100 برابر مشاهده شدند.

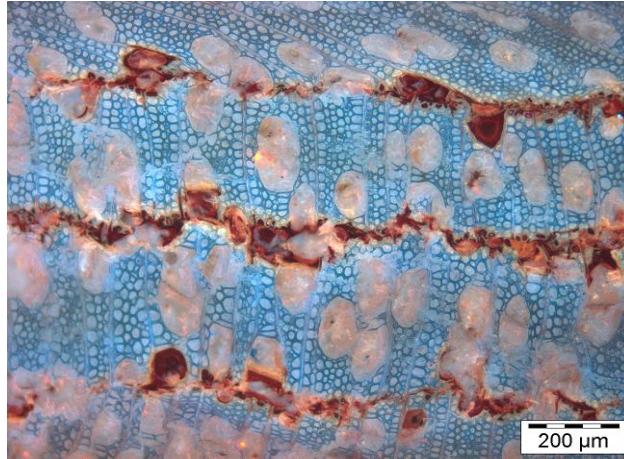
به منظور انجام آنالیز میزان نفوذ، تصاویر میکروسکوپی از خطوط چسب توسط یک دوربین C14 Jenoptic مجهز به یک سنسور CCD پردازشگر سونی با ابعاد $6/6 \times 8/8$ میلی‌متر با به‌کارگیری نرم‌افزار Olympus Analysis docu 5.1 و با بزرگنمایی ۲۴۰ برابر گرفته شد. در این حالت در هر تصویر ۳ عدد خط چسب در جهت ارتفاع تصویر قرار می‌گرفت. عکس‌برداری در وسط ضخامت تخته یا به عبارتی از لایه میانی و با فواصل افقی ۵ میلی‌متری انجام گردید. بر این اساس از هر تخته ۲۰ عدد تصویر میکروسکوپی گرفته شد که مساحت هر یک از آنها معادل سطحی با عرض ۱۳۸۲ میکرومتر و ارتفاع ۱۰۹۸ میکرومتر از نمونه واقعی بود. با توجه به موارد ذکر شده برای هر تخته ۲۰ عدد تصویر و در هر تصویر ۳ عدد خط چسب به منظور آنالیز فراهم گردید.

برای انجام آنالیز نفوذ چسب از دو پارامتر FFN^1 و FVN^2 استفاده شد. FFN معادل تعداد فیبرهای پر شده توسط چسب و FVN تعداد آوندهای پر شده توسط چسب می‌باشد. در این روش آوندها و فیبرهای برش خورده و باز شده که در فصل مشترک حضور دارند شمارش نشدند. پارامترهای نفوذ برای هر خط چسب محاسبه و میانگین آنها برای هر تصویر و سپس برای هر تخته به دست آمد. برای مشخص نمودن اثرات معنی‌دار از آنالیز واریانس یک طرفه^۳ استفاده شد و برای گروه‌بندی تیمارها آزمون توکی^۴ به کار گرفته شد.

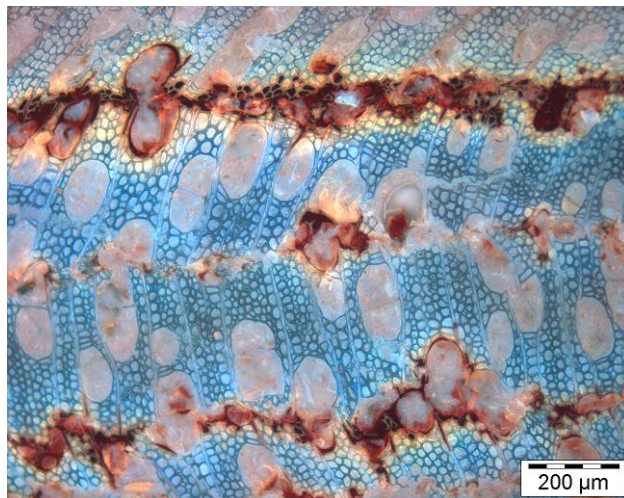
نتایج

تصاویر گرفته شده از اتصالات مابین تراشه‌ها در رطوبت‌های ۲ درصد، ۶ درصد و ۱۰ درصد به ترتیب در شکل ۱، ۲ و ۳ آورده شده است.

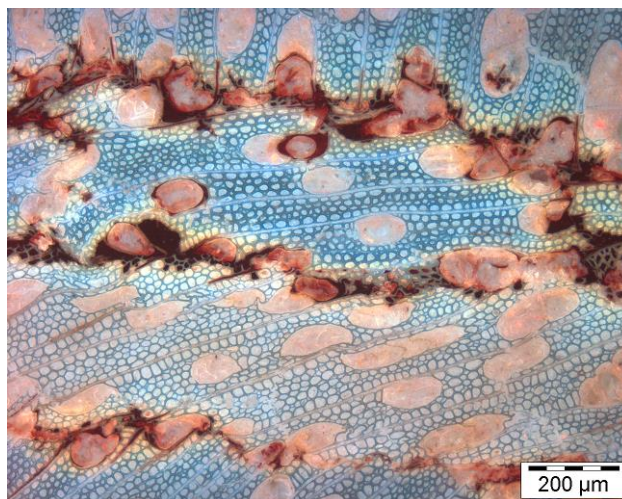
-
- 1- Filled Fibers Number
 - 2- Filled Vessels Number
 - 3- One Way ANOVA
 - 4- Tukey



شکل ۱- مقطع میکروسکوپی خطوط چسب در تخته ساخته شده با تراشه‌های دارای رطوبت ۲ درصد (بزرگ‌نمایی ۲۴۰ برابر).



شکل ۲- مقطع میکروسکوپی خطوط چسب در تخته ساخته شده با تراشه‌های دارای رطوبت ۶ درصد (بزرگ‌نمایی ۲۴۰ برابر).



شکل ۳- مقطع میکروسکوپی خطوط چسب در تخته ساخته شده با تراشه‌های دارای رطوبت ۱۰ درصد (بزرگنمایی ۲۴۰ برابر).

مقادیر میانگین پارامترهای نفوذ، مقاومت‌های مکانیکی و ویژگی‌های فیزیکی در جداول ۱، ۲ و ۳ قابل مشاهده است.

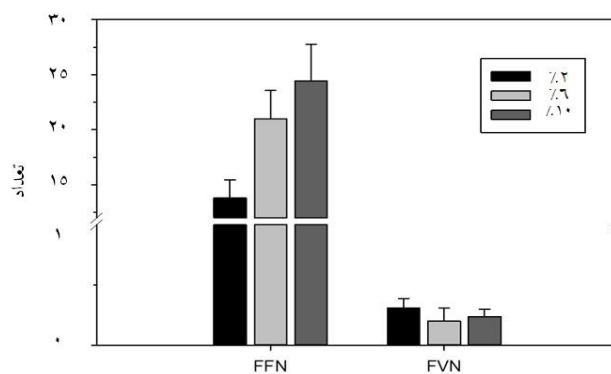
جدول ۱- مقادیر میانگین پارامترهای نفوذ چسب فنل فرم آلدهید در تخته تراشه به همراه گروه‌بندی میانگین‌ها.

گروه‌بندی	پارامتر FVN (تعداد)	گروه‌بندی	پارامتر FFN (تعداد)	رطوبت تراشه (درصد)
a	۰/۳۱ (۰/۰۸)	b	۱۳/۸ (۱/۶۸)	۲
a	۰/۲۰ (۰/۱۱)	a	۲۱ (۲/۵۵)	۶
a	۰/۲۴ (۰/۰۶)	a	۲۴/۴ (۳/۳۸)	۱۰

* مقادیر داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشند.

نتایج پارامترهای نفوذ نشان داد که تغییرات رطوبت تراشه تنها بر روی پارامتر FFN اثر معنی‌دار دارد ($\alpha=0/01$). با افزایش رطوبت تراشه از ۲ درصد به ۶ درصد افزایش مقدار پارامتر FFN به میزان

۵۲ درصد مشاهده گردید که این افزایش در خصوص رطوبت ۱۰ درصد به ۷۷ درصد رسید (جدول ۱). بین مقادیر پارامتر FFN در تراشه با رطوبت ۲ درصد با مقادیر حاصل از این پارامتر در تراشه با رطوبت ۶ درصد و ۱۰ درصد اختلاف معنی داری مشاهده شد و بین مقادیر پارامتر FNN در دو سطح رطوبت ۶ درصد و ۱۰ درصد اختلاف معنی داری مشاهده وجود نداشت (شکل ۴). افزایش مقدار نفوذ چسب همراه با افزایش رطوبت با یافته‌های پریدی و گمکی (۱۹۸۸) و سرنک و همکاران (۱۹۹۹) همخوانی داشت.



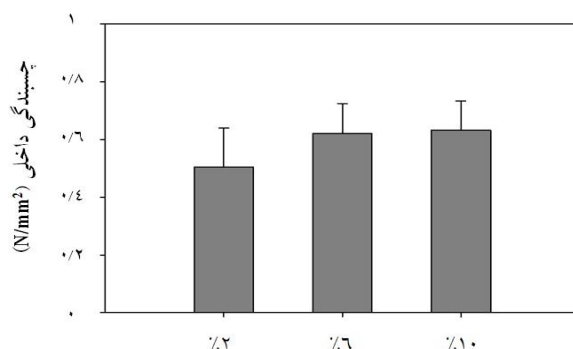
شکل ۴- اثر مقدار رطوبت تراشه بر نفوذ چسب فنل فرم آلدهید.

جدول ۲- مقادیر میانگین مقاومت‌های مکانیکی تخته تراشه در رطوبت‌های مختلف به همراه گروه‌بندی میانگین‌ها.

رطوبت تراشه (درصد)	چسبندگی داخلی (N/m ²)	مقاومت کشش		گروه‌بندی
		موازی سطح (N/m ²)	موازی سطح (N/m ²)	
۲	۰/۵۰۴ (۰/۱۳۶)	۳۲/۲ (۲/۸۶)	۱۰۷۰/۱ (۸۹۲)	ab
۶	۰/۶۲۱ (۰/۱۰۴)	۴۳/۳ (۵/۹۷)	۱۱۹۲/۵ (۱۹)	a
۱۰	۰/۶۳۲ (۰/۱۰۱)	۲۴/۹ (۴/۷۱)	۷۸۹/۸ (۱۲۹۲)	b

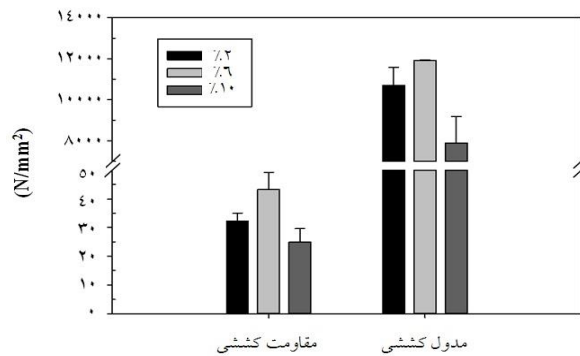
* مقادیر داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشند.

نتایج به دست آمده از اثر رطوبت تراشه بر مقدار مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها بیانگر وجود اثر معنی‌دار رطوبت بر این ویژگی بود. همان‌طور که در شکل ۵ می‌بینیم، روندی مشابه با پارامتر FFN در خصوص چسبندگی داخلی نیز مشاهده می‌شود. افزایش رطوبت از ۲ درصد به ۶ درصد موجب ۲۳ درصد بهبود مقاومت چسبندگی داخلی گردید که این افزایش در رطوبت ۱۰ درصد به ۲۵ درصد رسید (جدول ۲). مقدار اختلاف مقاومت چسبندگی داخلی سطح رطوبتی ۲ درصد با سطوح ۶ درصد و ۱۰ درصد معنی‌دار بود ($\alpha=0/05$) ولی بین مقاومت دو سطح ۶ درصد و ۱۰ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. افزایش مقاومت در اثر افزایش نفوذ چسب مطابق با نتایج وایت و همکاران (۱۹۷۷) بود.



شکل ۵- اثر مقدار رطوبت تراشه بر چسبندگی داخلی تخته.

نتایج مقاومت کشش موازی سطح نشان داد که اثر رطوبت تراشه بر این ویژگی معنی‌دار بوده و بیشترین مقدار آن در سطح ۶ درصد به دست آمد. با افزایش رطوبت از ۲ درصد به ۶ درصد مقاومت کشش موازی سطح تخته به میزان ۳۴ درصد افزایش یافت و در سطح رطوبتی ۱۰ درصد مقدار مقاومت نسبت به سطح ۲ درصد به میزان ۲۳ درصد کاهش یافت. اختلاف مقاومت بین دو سطح ۶ درصد و ۱۰ درصد معنی‌دار گردید ($\alpha=0/01$). روندی مشابه در خصوص مدول کششی مشاهده گردید که با افزایش رطوبت تراشه از ۲ درصد به ۶ درصد مقدار مدول ۱۱ درصد افزایش یافت و در سطح ۱۰ درصد به میزان ۲۶ درصد نسبت به مدول در سطح ۲ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۲، شکل ۶). اختلاف بین مقادیر مدول در رطوبت ۲ درصد و ۶ درصد با مقدار مدول در رطوبت ۱۰ درصد معنی‌دار بود ($\alpha=0/01$).



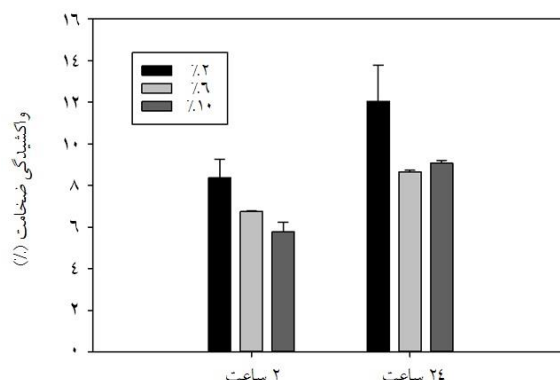
شکل ۶- اثر مقدار رطوبت تراشه بر مقاومت کششی موازی سطح و مدول کششی موازی سطح.

جدول ۳- مقادیر میانگین واکشیدگی تخته تراشه به همراه گروه‌بندی میانگین‌ها.

گروه‌بندی	واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (درصد)	گروه‌بندی	واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت (تعداد) (درصد)	رطوبت تراشه (درصد)
b	۱۲/۰۴ (۱/۷۳)	b	۸/۳۷ (۰/۸۹)	۲
a	۸/۶۵ (۰/۰۸)	a	۶/۷۴ (۰/۰۳)	۶
a	۹/۰۷ (۰/۱۴)	a	۵/۷۷ (۰/۴۶)	۱۰

* مقادیر داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشند.

نتایج به‌دست آمده از ویژگی واکشیدگی ضخامت نشان داد که اثر رطوبت تراشه بر واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت و ۲۴ ساعت معنی‌دار است ($\alpha=0/01$). واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت با افزایش رطوبت تراشه از ۲ به ۶ درصد و ۱۰ درصد به ترتیب به مقدار ۲۰ درصد و ۳۱ درصد کاهش یافت (شکل ۷). اختلاف بین مقادیر واکشیدگی ضخامت تخته‌های ساخته شده با رطوبت تراشه ۲ درصد با دو سطح دیگر معنی‌دار بود. در مورد واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت با افزایش رطوبت از ۲ درصد به ۶ درصد و ۱۰ درصد مقدار این ویژگی به ترتیب ۲۸ درصد و ۲۵ درصد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). بین مقادیر واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت تخته‌های ساخته شده با رطوبت تراشه ۶ درصد و ۱۰ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.



شکل ۷- اثر مقدار رطوبت تراشه بر واکنشیدگی ضخامت تخته بعد از ۲ و ۲۴ ساعت.

بحث

در خصوص چسب‌های دارای آب مانند فنل فرم آلدهید، افزایش میزان نفوذ بدرون فیبرهای چوبی در اثر رطوبت بالا مربوط به گرانشی چسب می‌باشد. به عبارتی این‌گونه چسب‌ها در تماس با یک جزء چوبی با رطوبت کم، رطوبت یا آب خود را از دست می‌دهند و این مسئله باعث افزایش گرانشی آن‌ها شده که از نفوذ بیشتر بدرون بافت بستر جلوگیری می‌کند یا تحت اثر دمای پرس فرصت کافی برای جریان یافتن بدرون بافت چوبی را نخواهد داشت زیرا چسب با غلظت بالاتر تحت اثر دما زودتر به حالت جامد تبدیل می‌شود. همان‌طور که نتایج نشان داد تغییرات رطوبت تراشه موجب اختلاف معنی‌دار در تعداد آوندهای پر شده (FVN) نگردید. با توجه به روش اعمال چسب که به صورت اسپری بوده و همچنین مقدار ناچیز چسب در هر ذره اسپری شده، تغییر مقدار نفوذ چسب قادر به ایجاد اختلاف معنی‌دار در تعداد آوندهای پر شده در رطوبت‌های مختلف نبوده است. به بیان دیگر افزایش مقدار نفوذ چسب به دلیل این‌که مقدار کلی چسب بر روی سطح تراشه ناچیز است قادر به پرکردن یک آوند و پس از آن آوند دیگر نیست و تغییر مقدار نفوذ تنها در فیبرها که در مقایسه با آوندها با مقدار کمتری چسب پر می‌شوند، دیده می‌شود.

همان‌طور که نتایج نشان داد، اثر افزایش رطوبت بر مقاومت چسبندگی داخلی مشابه اثر آن بر پارامتر FFN می‌باشد. اگرچه میزان افزایش چسبندگی داخلی در مقایسه با افزایش پارامتر FFN کمتر است که خود می‌تواند بیانگر وجود عوامل مؤثر دیگری در مقاومت چسبندگی داخلی تخته باشد. مطابقت روند بهبود مقاومت با افزایش نفوذ چسب، نشان دهنده همبستگی بین مقدار مقاومت در

بارگذاری کشش عمود بر خط چسب با میزان نفوذ چسب می‌باشد. این در حالی است که روند تغییرات مقاومت کششی موازی سطح با افزایش نفوذ چسب مطابق نمی‌باشد. در بررسی نتایج مقاومت و مدول کشش موازی سطح مشخص گردید که مقدار این ویژگی‌ها در ۶ درصد رطوبت به حداکثر مقدار خود می‌رسد و در ۱۰ درصد مقدار آن حتی نسبت به مقاومت در سطح ۲ درصد هم کمتر می‌شود. در توجیه این یافته اشاره به چند نکته ضروریست؛ بیشتر شدن نفوذ چسب بدرون بافت بستر به این معناست که با همان نسبت مقدار چسب در بین دو بستر یا به عبارتی ضخامت خط چسب کاهش می‌یابد. در خصوص مقاومت چسبندگی داخلی مشاهده شد که بیشتر شدن نفوذ چسب در فیبرها موجب افزایش مقاومت چسبندگی در کشش عمود بر خط چسب می‌گردد که این مسئله وابستگی کمتر این مقاومت و یا این مد بارگذاری را به ضخامت خط چسب نشان می‌دهد و یا به عبارت دیگر نقش میزان نفوذ چسب در توزیع و انتقال تنش کشش عمود بر خط چسب نسبت به نقش ضخامت خط چسب پُررنگ تر می‌باشد. در آزمون کشش موازی سطح تخته تراشه، تنش‌های اصلی به وجود آمده عبارتند از: تنش‌های کششی موازی الیاف، کششی عمود بر الیاف، حتی کششی با زاویه بینابینی و همچنین تنش‌های برشی مابین تراشه‌های اتصال یافته توسط چسب. در بخش مواد و روش‌ها به شیوه به خصوص تشکیل یک اشاره گردید که با توجه به فرمینگ ذکر شده، طراحی الگوی برش نمونه‌های آزمون نیز به گونه‌ای انجام شد که نقطه هم‌پوشانی تراشه‌ها در نیمه طول نمونه‌های کشش موازی سطح واقع شد. این ساختار به خصوص باعث می‌شود که تمرکز تنش‌های حاصل از کشش موازی سطح به صورت تنش برشی مابین تراشه‌ها باشد. در واقع این تنش در صفحاتی به مساحت 20×20 میلی‌متر از سطح تراشه‌ها به وجود می‌آید. بررسی نتایج نشان داد که در رطوبت ۱۰ درصد که میزان نفوذ به حداکثر مقدار خود می‌رسد، مقاومت کشش موازی سطح کاهش می‌یابد. با توجه به موارد مذکور می‌توان این گونه نتیجه‌گیری نمود که نسبت به مقاومت چسبندگی داخلی، مقاومت و مدول برشی تراشه‌های اتصال یافته با چسب، علاوه بر میزان نفوذ چسب به ضخامت خط چسب هم وابسته هستند و در رطوبت ۶ درصد هر دو عامل به مقدار بهینه خود می‌رسند. این نکته اهمیت عامل میزان نفوذ و عامل ضخامت خط چسب را در توزیع و انتقال تنش برشی ناشی از کشش موازی سطح، نشان می‌دهد. بررسی نتایج واکنش‌پذیری ضخامت اثر معنی‌دار افزایش رطوبت را در بهبود این ویژگی نشان داد. روند تغییرات مشابه با میزان نفوذ چسب بود و این امر می‌تواند ناشی از اثر بازدارنده چسب نفوذ یافته به بافت چوب در جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت تخته باشد. همچنین به دلیل نفوذ چسب فنل فرم آلدهید به درون دیواره سلول (گاردنر، ۲۰۰۶؛ لیبیاری، ۲۰۰۷)، این

نتیجه‌گیری نیز ممکن است که با نفوذ بیشتر چسب و پُر نمودن تعداد فیبر بیشتر، حجم بیشتری از دیواره‌های سلولی یا دیواره‌های سلولی بیشتری تحت نفوذ مولکول‌های چسب فنل فرم آلدهید قرار می‌گیرند و از آن‌جا که واکنش‌دهی ضخامت وابستگی مستقیم با جذب آب توسط دیواره سلول و واکنش‌دهی آن دارد، به همین دلیل نفوذ بیشتر می‌تواند عاملی بازدارنده برای واکنش‌دهی ضخامت باشد.

سپاسگزاری

از مؤسسه تحقیقات چوب Fraunhofer کشور آلمان، به‌خصوص دپارتمان تکنولوژی مواد چندسازه چوبی به‌دلیل فراهم نمودن امکان انجام پژوهش، تجهیزات و مواد اولیه قدردانی می‌گردد.

منابع

1. ASTM. 1037-99, 1999. Standard test methods for evaluating properties of wood-based fiber and panel materials. ASTM, West Conhohochen, PA.
2. Brady, D.E., and Kamke, F. 1988. Effects of hot-pressing parameters on resin penetration. Forest products journal, 38 (11-12): p 63-68.
3. European Standard, EN. 1993. Wood Based Panel. Determination of swelling in thickness after immersion in water. CEN European Committee for Standardization. 317p.
4. European Standard, EN. 1993. Wood Based Panel. Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. CEN European Committee for Standardization. 319p.
5. Gardner, D.J. 2006. Adhesion mechanism of durable wood adhesive bonds. Stokke. Douglas, D., and Groom. Leslie, H, Characterization of cellulosic cell wall, Blackwell. USA. 289p.
6. Johnson, S.E., and Kamke, F.A. 1992. Quantitative Analysis of Gross Adhesive Penetration in Wood Using Fluorescence Microscopy. The Journal of Adhesion, 40(1): p 47-61.
7. Kamke, F., and Lee, J. 2007. Adhesive Penetration in Wood-a Review. Wood and Fiber Science, 39(2): p 205-220.
8. Latibri, A.J. 2007. Science and technology of adhesion for lignocellulosic substances. Karaj Azad University press, 348p. (In Persian)
9. Modzel, G., Kamke, F.A., and Carlo, F. 2011. Comparative analysis of a wood: adhesive bondline. Wood Science and Technology, 45(1): p 147-158.
10. Sernek, M., Resnik, J., and Kamke, F. 1999. Penetration of Liquid Urea-Formaldehyde Adhesive into Beech Wood. Wood and Fiber Science, 31(1): p 41-48.
11. White, M.S., and Ifju, G. 1977. Johnson, Method for Measuring Resin Penetration into Wood. Forest products journal, 27(7): p 52-54.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 21 (1), 2014

http://jwfst.gau.ac.ir

Evaluation of Penetration Effect of Phenol Formaldehyde Resin on Internal Bonding and Tensile Strength Parallel to Surface of Oriented Strand Board

***H.R. Edalat¹, M. Faezipour², K. Doost Hoseini², T. Tabarsa³
and S.A. Mirshokraie⁴**

¹Ph.D. Student, Dept. of Wood Sciences and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran,

²Professor, Dept. of Wood and Paper Sciences and Technology, University of Tehran,

Karaj, Iran, ³Professor, Dept. of Wood Science and Technology, Agriculture and Natural Resources University of Gorgan, Iran, ⁴Professor, Dept. of Chemistry,

University of Payam Noor, Tehran, Iran

Received: 28-3-2013 ; Accepted: 14-7-2014

Abstract

In this study, the effect of PF resin penetration on physical and mechanical properties of OSB was evaluated. In order to make difference in resin penetration, strands were used in three different levels of 2%, 6% and 10% for MC. Mats were formed by using a special method and the boards were made with 12mm nominal thickness and 650 Kg.m³ density. Observation of bondlines was done with application of a fluorescent microscopy. Microscopic images were taken by using of a C14 Jenoptic camera equipped with a Sony progressive CCD sensor. Two parameters were defined to measure resin penetration; filled fibers number (FFN) and filled vessels number (FVN). The results showed that increase in MC has significant effect only on FFN parameter. The similar trend was found for IB but tensile strength parallel to surface and its modulus reach to their maximum amounts at 6% MC and they decreased significantly at 10% MC. The dependence of IB and tensile strength to resin penetration and thickness of adhesive was different. Thickness swelling of boards was improved with increase in MC.

Keywords: Resin penetration, Phenol formaldehyde, Strand board, Tensile parallel to surface, Fluorescent microscopy

*Corresponding author; edalat.hr@gmail.com

