

تأثیر تیمار بخار گرمایی بر میزان نفوذپذیری گازی گونه چوبی تبریزی (*Populus nigra*)

مأنده سیار^{۱*}، اصغر طارمیان^۲، محمد آزادفلاح^۳ و حمیدرضا تقی یاری^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار و ^۲ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
^۳ استادیار گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

چکیده

در این تحقیق، تأثیر تیمار بخار گرمایی بر میزان نفوذپذیری گازی گونه چوبی تبریزی (*Populus nigra*) مورد بررسی قرار گرفت. به منظور انجام این تحقیق، تخته‌هایی به ابعاد ۵×۵×۱۵ cm تحت تیمار گرمایی با بخار آب با میانگین فشار ۲-۳ بار قرار گرفتند. تیمارها در ۴ دما ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ °C و ۳ دما ۲۰، ۳۰ و ۴۰ ساعت انجام شد. سپس از تخته‌های تیمار شده نمونه‌های استوانه‌ای به قطر ۱۸mm و طول ۱۰mm با مته گردبر تهیه و میزان نفوذپذیری گازی آن‌ها در جهت عرضی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تیمار بخار گرمایی در دمای ۱۲۰ °C و ۱۴۰ °C تأثیری بر ضریب نفوذپذیری گازی نمونه‌ها نداشته است ولی در دمای ۱۶۰ °C و ۱۸۰ °C موجب کاهش نفوذپذیری آن‌ها شد. تفاوت معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵ درصد بین مدت زمان‌های مختلف تیمار بخار گرمایی (۱، ۲ و ۳ ساعت) دیده نشد.

واژگان کلیدی: تبریزی، تیمار بخار گرمایی، نفوذپذیری گازی.

مقدمه

نفوذپذیری در کاج رادیاتا استفاده شده است، اگرچه این روش موجب کاهش قابل توجهی در مقاومت‌های مکانیکی چوب می‌شود [۷]. Cai و Oliveira (۲۰۰۷) تحقیقی بر روی نفوذپذیری گازی چوب عادی (نرمال) و مرطوب نراد در ارتباط با خشک شدن انجام دادند. اثر روش‌های پیش تیمار نیز که شامل بخارزنی در شرایط سبز، بخارزنی در شرایط رطوبت FSP، تیمار میکروویو و تیمار رادیو فرکانس بود مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نفوذپذیری گازی در هر دو جهت طولی و عرضی چوب مرطوب این گونه بیشتر از چوب معمولی (نرمال) آن است. همچنین، تفاوت معنی‌داری در میزان نفوذپذیری پس از ۴ ساعت پیش تیمار بخارزنی در شرایط سبز و FSP دیده نشد [۸]. در تحقیقی که بر روی تأثیر پیش-تیمارهای بخاردهی در ۳ دمای °C ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ و میکروویو بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی چوب نراد انجام شد، مشخص شد که در اثر بخاردهی، نفوذپذیری عرضی چوب نراد افزایش می‌یابد. همچنین، در مقایسه ضریب نفوذپذیری در تیمارهای ماکروویو نسبت به بخاردهی دیده شد که میزان افزایش نفوذپذیری عرضی تیمار بخاردهی از میکروویو بیشتر می‌باشد که احتمال دارد به دلیل رخداد پدیده نبود مکش منفذی و یا ایجاد ترک‌های ریز در دیواره تراکئیدها بوده است [۹]. فرایند-های متفاوتی برای تیمار بخار گرمایی چوب استفاده می‌شوند. وجه اشتراک بیشتر این فرایندها، تیمار چوب در دمای °C ۲۲۰-۱۶۰ (در حالت مرطوب) بدون استفاده از مواد شیمیایی است. تیمار بخار گرمایی چوب موجب تغییراتی در ترکیبات شیمیایی دیواره سلول‌های چوبی [۱۰] و یا وضعیت ساختاری (آناتومیکی) چوب [۱۱] می‌شود. محققان زیادی تأثیر مثبت تیمارهای گرمایی را بر خواص فیزیکی چوب مانند ثبات ابعاد، کاهش رطوبت-پذیری، ایجاد خاصیت عایق گرمایی، مقاومت در برابر پوسیدگی و هوازگی، کاهش تغییر شکل‌های ناشی از رطوبت به اثبات رسانده‌اند [۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶]. Rousset و همکاران (۲۰۰۴)، نفوذپذیری گازی را پیش و پس از تیمار گرمایی در دمای °C ۲۰۰ در گونه صنوبر (*Populus robusta*) در دامنه جذب و دفع نم (هیگروسکوپیک) مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که این نوع تیمار بر روی نفوذپذیری اثرگذاری مشخصی نداشته است [۱۷]. در تحقیقی ارتباط بین نفوذپذیری

چوب ماده‌ای جامد، متخلخل و نفوذپذیر است. با این وجود، نفوذپذیری آن در سه جهت همسانگرد یا ارتوتروپ (طولی، شعاعی و مماسی) متفاوت بوده و در جهت عرضی بسیار کمتر از جهت طولی است [۱]. برای حفاظت و اشباع چوب با مواد حفاظتی و کندسوزکننده، نفوذپذیری آن به ویژه در جهت عرضی به منظور آسان سازی نفوذ سیال در آن بسیار مهم است و نفوذپذیری کم مستلزم صرف انرژی بیشتر برای نفوذ مواد حفاظتی به درون چوب می‌باشد. بنابراین، محققان از روش‌های مختلفی برای افزایش ضریب نفوذپذیری چوب استفاده کرده‌اند که برخی از این روش‌ها به دلیل ناسازگاری با محیط زیست محدود و یا ممنوع شده‌اند. نفوذپذیری، میزان آسانی حرکت سیال از درون یک جسم جامد متخلخل در اثر گرادیان فشار است. اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری در چوب، از جنبه‌های مختلفی اهمیت دارد. نفوذپذیری یک مشخصه (پارامتر) بسیار متغیر و وابسته به وضعیت ساختمانی (آناتومی) آن است [۲ و ۳]. یکی از روش‌های افزایش ضریب نفوذپذیری چوب، بخاردهی و اصلاح گرمایی آن است. Cai (۲۰۰۶) به این نتیجه رسید که بهبود نفوذپذیری چوب در نتیجه شکست‌های میکروسکوپی ناشی از فشار بخار در سلول‌های چوبی و ترکیب دیواره‌های سلول و ایجاد سوراخ‌های کوچک منجر به خشک کردن سریع آن می‌شود [۴]. Kubinsky (۱۹۷۱) در نتیجه تحقیقی بر روی بلوط قرمز نشان داد که بخاردهی باعث کاهش فضای حفره‌های سلولی می‌شود که نشان دهنده افزایش واکنش‌پذیری داخلی و از بین رفتن لایه زگیلی در حفره‌های سلولی و از سویی دیگر افزایش دسترسی رطوبت به دیواره سلولی می‌شود [۵]. Zhang و Cai (۲۰۰۶) به بررسی پیش بخاردهی پیش از خشک کردن در چوب نراد (*Abies lasiocarpa*) پرداختند. نتایج نشان داد که در دمای کمتر از °C ۱۳۰ تفاوت ساختاری قابل توجهی بین نمونه‌های تیمار شده و شاهد وجود ندارد. در صورتی که در دمای بالاتر از °C ۱۳۰ گسیختگی در منافذ دیواره تراکئیدها به وجود آمده بود. در دمای °C ۱۶۰ نیز گسیختگی شدیدی در منافذ دیواره تراکئیدهای بهاره دیده شد [۶]. از تیمار بخارزنی با استفاده از روش انفجار موضعی بخار اغلب برای افزایش



شکل ۱- شمایی از دستگاه بخارزن

اندازه گیری میزان نفوذپذیری گازی نمونه‌ها

پس از قرار دادن تخته‌ها در اتاق مشروط سازی، به منظور اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری عرضی، از هر تخته ۲ نمونه استوانه‌ای با طول ۱۰ mm و قطر ۱۸ mm با استفاده از مته گردبر به کمک دستگاه خراطی کپی تراش تهیه شد. این عمل بدین شکل انجام گرفت که استوانه‌ای به قطر ۲۰ mm از جنس تفلون تهیه شد که به عنوان الگو در دستگاه کپی تراش قرار گرفته و همه نمونه‌ها برابر با آن خراطی شدند. نمونه‌ها بدون گره و کوچک‌ترین آثار ترک و گسیختگی تهیه شدند. پس از تهیه نمونه‌های استوانه‌ای شکل، سطوح جانبی نمونه‌ها با چسب سیلیکون اندود شد تا جریان هوا تنها در جهت مورد نظر نمونه رخ دهد. میزان نفوذپذیری عرضی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری ضریب نفوذپذیری گازی به روش حجم آب جابجا شده در حالت سقوط اندازه‌گیری شد [۱۹]. هر یک از نمونه‌ها ۲ مرتبه اندازه‌گیری شدند و سپس میانگین دو نوبت برای هر کدام ثبت شد. نفوذپذیری گازی نمونه‌های استوانه‌ای با استفاده از معادله ۱ [۱] برای به‌دست آوردن ضریب نفوذپذیری ظاهری (K_g) محاسبه شد (معادله ۲).

معادله ۱:

$$K_g = \frac{V_d CL(P_{atm} - 0.074\bar{Z})}{tA(0.074\bar{Z})(P_{atm} - 0.037\bar{Z})} \times \frac{0.760mHg}{1.013 \times 10^6 P_a}$$

گازی و مایع چوب راش تیمار شده در آب داغ و بخار آب و همچنین در آب داغ بافر شده با pH ۷ و ۸ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در بین تیمارها، تیمار آب- گرمایی نفوذپذیری گازی را به کمترین میزان کاهش داد (۹۱/۶٪ در مقایسه با تیمار شاهد). کاهش نفوذپذیری گازی به قرارگیری مواد استخراجی در حفره‌های سلولی نسبت داده شد [۱۸].

در این تحقیق، تأثیر تیمار بخارگرمایی بر میزان نفوذپذیری گازی گونه چوبی تبریزی (*P.nigra*) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

تعداد ۵ الوار با ضخامت اسمی ۶ سانتی‌متر، طول ۲/۲۰ متر و پهنای ۱۲ سانتی‌متر از چوب‌برون گونه تبریزی از گرده‌بینه‌های تازه قطع شده از منطقه طالقان واقع در غرب استان البرز تهیه شد. الوارها پس از خشک شدن در کوره با برنامه T_6E_3 تا رطوبت نهایی ۸٪ در شرایط ملایم، به تخته‌هایی با ابعاد $5 \times 5 \times 15$ cm با استفاده از اهر نواری تبدیل شدند. ۳۹ تخته با الگوی برش یکسان و بدون هر نوع ترک و یا گره‌گزینش شدند. سپس، تخته‌ها به مدت ۳ هفته در اتاق مشروط سازی (کلیما) با دمای $20^\circ C$ و رطوبت نسبی ۶۵٪ به منظور متعادل کردن رطوبت قرار داده شدند. پس از این زمان، تخته‌ها در آغاز با ترازوی ۰/۰۱ گرمی توزین و سپس تحت تیمار گرمایی با بخار آب قرار گرفتند.

تیمار بخارگرمایی

تیمارها در ۴ دمای $120^\circ C$ ، $140^\circ C$ ، $160^\circ C$ و $180^\circ C$ و به مدت ۲، ۱ و ۳ ساعت با بخار آب و به کمک دستگاه بخارزن (شکل ۱) دارای نشانگرهای گرما و فشار و با تکرار ۳ تخته برای هر تیمار انجام شد. ۳ تخته نیز به عنوان تخته‌های شاهد در نظر گرفته شدند. فشار درون مخزن بخارزن در مرحله بخاردهی برای تیمار کنترل و یادداشت شد (میانگین فشار ۲-۳ بار). پس از هر تیمار، تخته‌ها وزن و به منظور جلوگیری از ترک‌خوردگی در درون پلاستیک به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. پس از این زمان تخته‌ها به مدت ۳ هفته در اتاق مشروط سازی برای رسیدن به رطوبت تعادل قرار داده شدند.

معادله ۲:

$$C = 1 + \frac{V_r(0.074\Delta Z)}{V_d(P_{atm} - 0.074Z)}$$

در این معادله‌ها علائم به شرح زیر هستند:

$$K_g = \text{نفوذپذیری ویژه ی طولی } (\mu\text{m}^3/\mu\text{m})$$

$$V_d = \pi r^2 \Delta Z = \text{شعاع لوله اندازه گیری } (\text{m}^3)$$

$$C = \text{فاکتور تصحیح در نتیجه ی انبساط هوا}$$

$$L = \text{طول نمونه (m)}$$

$$P_{atm} = \text{فشار جوی (mHg)}$$

$$\bar{Z} = \text{میانگین بلندای آب از نقطه ی ۱ در طول انجام آزمون (m)}$$

$$t = \text{زمان (s)}$$

$$A = \text{گستره سطح مقطع نمونه ی چوبی } (\text{m}^2)$$

$$\Delta Z = \text{تغییر ارتفاع سطح آب در زمان آزمایش هر نمونه (یعنی زمان t) (m)}$$

$$V_T = \text{کل حجم بالای نقطه ی ۱ (شامل حجم لوله ها و شلنگ ها) } (\text{m}^3)$$

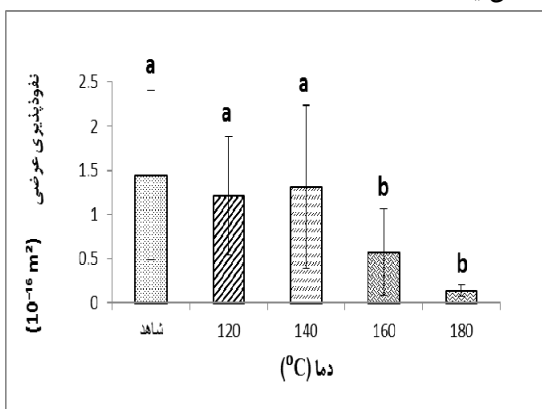
سپس اعداد به دست آمده در غلظت (ویسکوزیته) هوا^۵ $10 \times (1/8)$ ضرب شدند تا نفوذپذیری ویژه به دست آید.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل آماری و آزمون دانکن مشخص می‌شود که تفاوت معنی‌داری بین میانگین نفوذپذیری تیمار شاهد با مقادیر میانگین نفوذپذیری تیمارهای دیگر در سطح ۰.۰۵٪ در دماهای ۱۶۰ °C و ۱۸۰ °C وجود دارد در حالی که بین زمان‌های مختلف تیمار از لحاظ میانگین نفوذپذیری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

اثر مستقل دمای تیمار بخار گرمایی

شکل ۲ تأثیر مستقل دمای تیمار بخار گرمایی را بر میزان نفوذپذیری گازی بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده از بررسی اثر مستقل دمای تیمار گرمایی تفاوت معنی‌داری را در سطح ۰.۰۵٪ میان تیمار ۱۸۰ °C و ۱۶۰ °C با تیمار شاهد از نظر میانگین نفوذپذیری نشان می‌دهد در صورتی که دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد ندارند. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، در اثر تیمار بخار گرمایی ضریب نفوذپذیری گازی چوب تبریزی به میزان ۸ برابر با افزایش دما از ۱۲۰ °C تا ۱۸۰ °C کاهش یافته است.



شکل ۲- تأثیر مستقل دمای تیمار بخار گرمایی بر میزان نفوذپذیری در نمونه‌های شاهد و تیمار شده و نتایج آزمون دانکن

تأثیر مستقل زمان تیمار بخار گرمایی

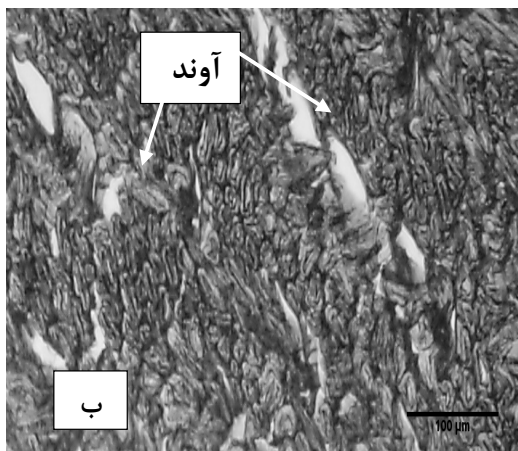
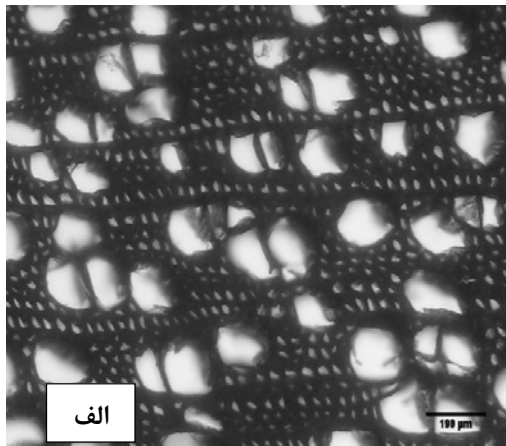
همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است، بین زمان‌های مختلف تیمار تفاوت معنی‌داری در سطح ۰.۰۵٪ از لحاظ میزان نفوذپذیری وجود ندارد. به عبارت دیگر،

تهیه مقاطع میکروسکوپی و بررسی ساختاری

به منظور بررسی تأثیر تیمار بخار گرمایی بر ویژگی‌های ساختاری چوب تبریزی، از نمونه‌های استوانه‌ای شاهد و تیمار شده در دمای ۱۸۰ °C و سه ساعت، مقاطع میکروسکوپی در جهت عرضی با استفاده از دستگاه میکروتوم تهیه و پس از آماده‌سازی، به کمک میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفتند. سپس، با استفاده از نرم‌افزار J image مقیاس‌گذاری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در دو سطح (زمان و دما) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن به کمک نرم افزار SAS 9.1 انجام شد.

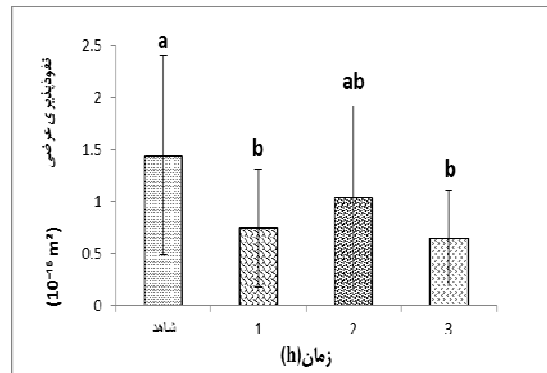


شکل ۵- مقاطع میکروسکوپی عرضی نمونه‌های شاهد

(الف) و تیمار شده (ب) با مقیاس $100\mu\text{m}$

نتایج تحقیقات گذشته بیانگر آن است که رخداد ترک-های سطحی و درونی در چوب گونه‌های نراد و کاج موجب افزایش ضریب نفوذپذیری چوب می‌شود [۶،۴ و ۹]. همچنین در برخی منابع آمده است که کاهش ضریب نفوذپذیری چوب به دلیل مسدود شدن منافذ با مواد استخراجی موجود در آن [۱۸] و یا تخریب بافت ساختاری چوب و افزایش حساسیت سلول‌ها به چین-خوردگی در اثر تیمار بخارگرایی [۲۴] می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از بررسی میکروسکوپی مشخص می‌شود که کاهش میزان نفوذپذیری در اثر تیمار بخار-گرایی ناشی از چین‌خوردگی و بسته شدن سلول‌های چوبی به‌ویژه آوندهاست. نتیجه این تحقیق با نتیجه به دست آمده از تحقیق پیشین [۲۴] همخوانی دارد.

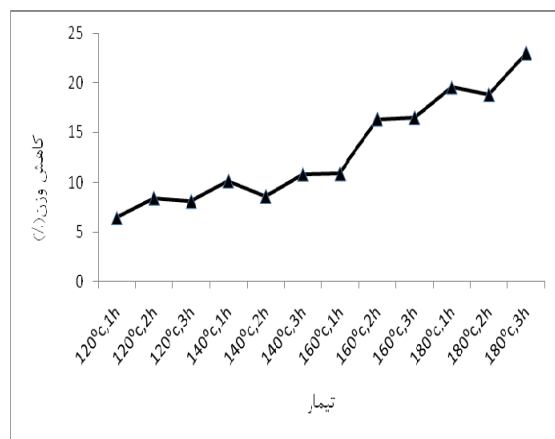
تفاوت معنی‌داری در میزان نفوذپذیری در اثر افزایش مدت زمان تیمار از ۱ به ۳ ساعت دیده نشد.



شکل ۳- تاثیر مستقل زمان تیمار گرمایی بر میزان نفوذپذیری در نمونه‌های شاهد و تیمار شده و نتایج آزمون دانکن

درصد کاهش وزن تخته‌ها در اثر تیمار بخارگرایی

شکل ۴ میانگین درصد کاهش وزن تخته‌های تیمار شده برای هر تیمار را در دماها و زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، در اثر تیمار بخارگرایی با افزایش زمان و دمای تیمار درصد کاهش وزن تخته‌ها افزایش یافت که این نتیجه با نتایج به دست آمده از تحقیقات پیشین همخوانی دارد [۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۲۳].



شکل ۴- میانگین درصد کاهش وزن تخته‌های تیمار شده

نتایج به دست آمده از بررسی میکروسکوپی

همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود، نتایج بیانگر چین-خوردگی سلول‌های چوبی به ویژه سلول‌های آوندی در نمونه تیمار شده می‌باشد.

نتیجه‌گیری

ضریب نفوذپذیری چوب به مشخصه‌های پرشماری وابسته است. علاوه بر ساختمان ساختاری و ارتباط منافذ موجود در ساختمان چوب، بروز ترک‌های میکروسکوپی در مرحله خشک شدن و یا تیمار گرمایی و یا حرکت مواد استخراجی و مسدود شدن منافذ دیوار سلول‌ها از عامل-های مؤثر بر میزان نفوذپذیری چوب به شمار می‌آیند. نتایج این تحقیق نشان داد که دمای کم بخاردهی (در بررسی 120°C و 140°C) ضریب نفوذپذیری چوب صنوبر را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد ولی بخاردهی در دمای 160°C و 180°C موجب کاهش ضریب نفوذپذیری نمونه‌ها شد. افزایش مدت زمان تیمار گرمایی از ۱ به ۳ ساعت تأثیر معنی‌داری بر میزان نفوذپذیری نمونه‌های صنوبر نداشته است. به عبارت دیگر، نفوذپذیری نمونه‌های صنوبر بیشتر تحت تأثیر دمای تیمار گرمایی بود تا مدت زمان تیمار.

به طور کلی، تیمار بخار گرمایی می‌تواند از چهار راه نفوذپذیری چوب را تحت تأثیر قرار دهد:

۱. رخداد ترک‌های میکروسکوپی و ماکروسکوپی

۲. جاری شدن مواد استخراجی موجود در چوب و

مسدود کردن منافذ دیوار سلول‌ها

۳. چین‌خوردگی سلول‌های چوبی

۴. بروز پدیده مکش منفذی و بسته شدن منافذ

سلول در گونه‌های سوزنی‌برگ خانواده

Pinacea

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در تأثیر تیمار بخار گرمایی نفوذپذیری عرضی نمونه‌های صنوبر در دمای 160°C و 180°C کاهش یافت. در نتیجه، استفاده از تیمار بخار گرمایی برای افزایش نفوذپذیری عرضی چوب صنوبر پیشنهاد نمی‌شود. همچنین، بررسی تأثیر دیگر روش‌های تیمار گرمایی (هیدروترمال، تیمار با روغن و ...) بر ضریب نفوذپذیری چوب و بررسی خواص مکانیکی نمونه‌های صنوبر تیمار شده پیشنهاد می‌شود.

مراجع

- [1] Siau J.F. 1984. Transport processes in wood. Springer, Berlin, Heidelberg, Newyork 245.
- [2] Bao f., lu J.1999. On permeability of main wood species in china. *Holzforschung* 53: 350-354.
- [3] Tarmian A., Perre P. 2009. Air permeability in longitudinal and radial directions of compression wood of *Piceaabies* L. and tension wood of *Fagus sylvatica* L. *Holzforschung*, Vol. 63: 352-356.
- [4] Cai L. 2006. Using steam explosion to improve the durability of wet pocket wood. *Forest Products Journal*. 56(7/8):75-78.
- [5] Kubinsky E. 1971. Influence of steaming on the properties of *Quercus rubra* L. *Wood*. *Holzforschung* 25(3):78-83.
- [6] Zhang Y. Cai L. 2006 .Effects of steam explosion on wood appearance and structure of sub alpine fir. *Wood Sci Technol* 40: 427–436.
- [7] Vinden P. Torgovnikov G. 2000.The physical manipulation of wood properties using microwave. In Proc. International conference of IUFRO. eds. Tasmania, Australia.
- [8] Cai L., Oliveira LC .2007. Gas permeability of wetwood and normal wood of sub-alpine fir in relation to drying. *Dry Technol* 25:501–505.
- [9] Dashti H. 2011. The effect of pre-steaming and microwave treatment on properties of physical and Chemical variations of Fir wood after drying, M. Sc. Thesis, Department of wood and paper science and tech, Tehran university, 55 pages.(In Persian)
- [10] Garrot G., Domínguez H., Parajó J.C. 1999. Hydrothermal processing of lignocellulosic materials. *HolzalsRoh-und Werkstoff*, 57(3):191-202.
- [11] Boonstra M.J., Rijdsdijk J.F., Sander C., Kegel E., Tjeerdsma B., Militz H., Van acker J., Stevens M. 2006. Microstructural And Physical Aspects Of Heat Treated Wood. PART1. *SOFTWOODS. Maderas. Ciencia y tecnología*8(3): 193-208.
- [12] Tjeerdsma B., Boonstra M., Militz H. 1998b. Thermal modification of non-durable wood species Part2. Improved wood properties of thermally treated wood. International research Group on wood Pre. N IRG/WP 98-40124
- [13] Tjeerdsma B., Stevens M., Militz H. 2000. Durability aspects of hydrothermal treated wood, International Research Group Wood Pre, Section 4-Processes, N IRG/WP 00-40160
- [14] Tjeerdsma B.F., Militz H. 2005. Chemical changes in hydrothermal treated wood: FT-IR analysis of combined hydro thermal and dry heat treated wood, *HolzRoh und workstoff*, 63(1):102-111.

- [15] Yildiz S., Yildiz O., Colakoglu G., Gezar E.D. Temiz A.2003. The Effects of heat treatment on the specific gravity of Beech and Spruce wood; International Research Group on Wood Preservation: Doc,No: IRG/WP 03-40254, 10p.
- [16] Rousset p., perre p., Girad p.2004. Modification of mass transefer properties in poplar wood (p. robusta) by a thermal treatment at high temperature. HolzRohWerkst 62: 113-119.
- [17] Taghiyari H., Talaei A., Karimi A. 2011. A correlation between the gas and liquid permeabilities of beech wood heat-treated in hot water and steam mediums. Maderas. Ciencia y tecnología 13 (3):329-336.
- [18] Taghiyari H. 2008. Evaluation of Juvenile Wood and Mature Wood Properties of *Populus deltoides* (69/55) and *Populuse uroamericana* (cv. I-214) for Pulping Industry, Ph.D. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. (In Persian)
- [19] Brito J.O., Silva F.G., Leão M.M., Almeida G. 2008. Chemical composition changes in eucalyptus and pinus woods submitted to heat treatment. Bioresource Technology 99:8545-8548.
- [20] Esteves B., Velez Marquest A., Domingos I., Pereira H. 2007. Influence of steam heating on the properties of Pine (*Pinus pinastar*) and Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) wood. Wood SciTechnol 41:193-207 DOI: 10.1007/s00226-006-0099-0.
- [21] Esteves B.M., Domingos I.J., Pereira H.M. 2008. Pine wood modification by heat treatment in air. Bio Res.3(1),142-154.
- [22] Gündüz G., Aydemir D.2009. Some physical properties of heat-treated Hornbeam (*Carpinusbetulus* L.) wood. Drying Technology 27(5):714-720.
- [23] Talaei A., Yaghoobi K., Karimi A.N.2010. Comparative study of heat treatment of Beech wood in Hot Water and Steam Medium. International Research Group on Wood Protection: Doc. No: IRG/WP 10- 40536 ; France

Thermal treatment and its effect on the gas permeability of *Populus nigra*

M. Sayar^{*1}, A. Tarmian², M. Azadfallah³, H. R Taghiyari⁴

¹ M.Sc., ² Associate Professor and ³ Assistant Professor, Faculty of Natural Resources,
University of Tehran, Iran

⁴ Assistant Prof., Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University,
Iran

Abstract

In this investigation, the effect of thermal treatment on gas permeability of *Populus nigra* was studied. The boards with 5×5×15 cm in dimensions were steamed under average pressure 2-3 bar. The treatments were carried out at 4 temperatures of 120, 140, 160 and 180 °C for 1, 2 and 3-hour. After thermal treatment, 2 cylindrical specimens with 18mm diameter and 10mm length parallel to grain were prepared from each board, and their transverse permeability was measured. The results showed that thermal treatment did not have any effect on gas permeability at 120 and 140 °C but it reduced the gas permeability at 160 and 180 °C. There was not any significant difference in %95 confidence level between different periods of thermal treatment.

Key words: *Populus nigra*, thermal treatment, gas permeability

* Corresponding author: marsay65@yahoo.com