دوفصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۳، شمارهٔ ۲ ، صفحهٔ ۱۴۸-۱۳۶، (۱۳۸۷)

فشرده‌سازی چوب پالونیا با استفاده از پرس گرم

حمیدرضا عدالت[1*]، تقی طبرسا[2] و مرضیه رئیسی[1]

[1*] - مسئول مکاتبات، کارشناسی ارشد صنایع چوب، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، Hamidrezae@ut.ac.ir
۲- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب دانشگاه گرگان

تاریخ دریافت : آذر ۱۳۸۶ تاریخ پذیرش : بهمن ۱۳۸۶

چکیده

به منظور انجام این پروژه تعداد ۱۰ اصله گرده‌بینه پالونیا از جنگل شصت کلاته گرگان انتخاب گردید. پس از تهیه ٤٥ عدد نمونه مماسی از قسمت‌های سالم چوب، رطوبت نمونه ها به ۵٪ رسانده و دانسیته ظاهری و ضخامت نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. عوامل متغیر آزمایش درصد فشردگی و درجه حرارت بودند که هر کدام در سه سطح مورد بررسی قرار گرفت. سطوح حرارت پرس۱۳۰، ۱٤٥ و ۱٦۰ درجه سانتیگراد و سطوح فشردگی ۱٦، ۳۳ و ۵۰ درصد بود. خواص فیزیکی برگشت ضخامت، درصد فشردگی باقیمانده و واکشیدگی ضخامت هر یک از نمونه ها تعیین گردید. پس از این مراحل، آزمونهای مکانیکی خمش و ضربه نیز بر روی آنها انجام و جهت بررسی دقیق‌تر، تصاویر میکروسکوپی از نمونه‌های فشرده شده تهیه گردید. بررسی نتایج نشان داد که با بالا رفتن درصد فشردگی میزان برگشت ضخامت و واکشیدگی ضخامت افزایش می‌یابد. همچنین، فشردگی ۱٦ درصد تغییر شکلی در ناحیه حد تناسب چوب ایجاد می‌کند و فشردگی۳۳ و۵۰ درصد موجب فشردگی باقیمانده بیشتری می‌شوند. همگام با افزایش درصد فشردگی، مقاومتهای مکانیکی افزایش یافتند و بیشترین آنها در ۵۰٪ فشردگی بدست آمد. تأثیر دما در اغلب موارد معنی‌دار نگردید و بهترین تیمار برای فشرده‌سازی پالونیا، دمای ۱۳۰ درجه و فشردگی۵۰٪ شناخته شد. مشاهده تصاویر میکروسکوپی، نتایج یادشده را تأیید نمود و نشان داد که امکان بالا بردن درصد فشردگی به میزان بیش از۵۰ درصد، وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: فشرده‌سازی، پالونیا، تیمار حرارتی، مقاومتهای مکانیکی، برگشت ضخامت، فشردگی باقیمانده.

مقدمه

چوب ماده جامدی است که قابلیت تغییر و تبدیل به انواع محصولات از جمله مصالح ساختمانی، تراورس، تیر، درب، دکوراسیون، انواع پانل فشرده، کاغذ، مقوا، سلوفان، ویسکوز و ... را دارد.

یک تکه چوب به طور کلی از سه بخش تشکیل می شود:

۱- فضاهای حاوی ماده چوبی
۲- فضاهای حاوی رطوبت
۳- فضاهای مملو از هوا

در ساختن برخی محصولات مقاوم به رطوبت و دارای ثبات ابعادی، آب آغشتگی موجود در چوب را با موادی از قبیل پلی‌اتیلن گلایکول، فنل فرم آلدهید و ... جایگزین نموده و یا فضاهای مملو از هوا را با مواد پلیمری اشباع می‌کنند (عدالت، ۱۳۸۵).

فشرده‌سازی چوب[1] فرایندی است که در آن بخش اعظم فضاهای خالی یا حفره‌های هوا توسط خود ماده چوبی جایگزین می‌گردد. این عمل را می بایست در شرایطی انجام داد که به ساختار سلولی چوب صدمهٔ مکانیکی وارد نشود. به عبارتی، چوب در تأثیر اعمال بار بیش از حد، دچار شکست می‌گردد، ولی با اعمال شرایطی که در آن از مواد نرم کننده چوب یا مواد

[1]-*Wood densification*

Archive of SID

www.SID.ir

پلاستیکی کنندهٔ چوب استفاده می شود، می‌توان مقدار زیادی تغییر شکل را با اعمال فشار ثابت بدست آورد. بعنوان مثال، چوب تحت تأثیر آمونیاک به طور موقت نرم می‌شود و می‌توان آن را به هر شکلی درآورد (بادیگ و جین، ۱۳۷٦). عامل رطوبت نیز قادر است که به کمک دما چوب را پلاستیکی کند. یعنی آن را خم پذیر سازد. در واقع، بخار دادن چوب در گذشته تنها شگرد خم کردن آن بوده است.

با اعمال حرارت لیگنین نرم شده و می‌توان چوب را بدون وارد آمدن صدمه به دیواره سلولها و ساختار آن، تغییر شکل داد و فشرده نمود. ولی این کار به دمای بالایی[1] احتیاج دارد. همچنین بدلیل پایین بودن هدایت حرارتی چوب و بالا بودن گرمای ویژه آن، به زمان طولانی نیاز داریم. اما با حضور رطوبت می توان این حالت را در دمای پایین تر دست یافتنی نمود و از عواقب دیگر همچون تخریب حرارتی، تردی و سوختن قسمت-های سطحی جلوگیری نمود. مسلماً با حضور رطوبت هدایت حرارتی چوب بیشتر شده و موجب کاهش زمان مورد نیاز و بهبود کیفیت چوب فشرده شده می‌گردد. در واقع حین عملیات پرس، قسمتهای سطحی چوب سریعتر گرم شده و نسبت به قسمتهای مغزی به دمای بالاتری می رسند. این پدیده موجب ایجاد گرادیان درصد فشردگی و در نهایت گرادیان دانسیته می شود. ولی با حضور رطوبت و تبخیر آن، رساندن حرارت از سطح به مغز چوب تسهیل شده و از شدت گرادیان دانسیته کاسته می‌شود (عدالت، ۱۳۸۵).

تحقیقات نشان داده است که برای فشرده کردن گونه‌های با دانسیته بیشتر از $0/5\ gr/cm^3$ در دمای ثابت بالای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، به رطوبت بیشتری نیاز می‌باشد و این به خاطر بیشتر بودن مواد دیواره‌ای و در نتیجه بالا رفتن میزان حرارت مورد نیاز برای گرم شدن چوب می‌باشد که با حضور رطوبت بیشتر، گرم شدن چوب و انتقال حرارت در آن سریعتر و یکنواخت‌تر صورت می‌پذیرد (Tabarsa, 1995).

Macdonald (۱۹۵۱) بیان می‌کند که با افزایش درصد رطوبت اولیه چوب، میزان قابلیت فشردگی زیاد می‌شود، ولی با افزایش جرم ویژه کاهش می‌یابد. تأثیر حرارت بر فرایند فشرده‌سازی به قابلیت حرارتی چوب بستگی دارد. و در حین پرس گرم در جهت ضخامت تخته گرادیان دما ایجاد می‌شود همین عامل موجب بوجود آمدن گرایان فشردگی بین سطوح و مغز تخته لایه می‌شود .

Kunesh (۱۹٦۱) رفتار غیر الاستیک چوب در فرایند فشرده‌سازی را مورد بررسی قرار داد. وی آزمایشهای خود را بر روی صنوبر زرد انجام داد و دریافت که فشرده‌سازی در جهت شعاعی در مقایسه با جهت مماسی نتایج بسیار متفاوتی را خواهد داشت. وی در این فرایند درصد رطوبت را مهمترین فاکتور معرفی کرد و اظهار داشت که وجود رطوبت تغییر شکل بدون برگشت را موجب می-گردد. ولی اگر رطوبت هم زیاد از حد باشد، تقریباً بطور کامل، تغییر شکل برگشت‌پذیر می‌شود. وی عقیده داشت که برای فشرده‌سازی دائمی چوب دو عامل فشار و درجه حرارت باید از میزان بالایی برخوردار باشند.

Leijten (۱۹۹٤) واقعیاتی را در مورد فشرده‌سازی روکش و لایه بیان کرد. وی اظهار داشت که بسیاری از خصوصیات مکانیکی مثل MOR و MOE در چوب فشرده شده، افزایش می‌یابد و این روند با بکارگیری فشاری تا حد۲۰ مگاپاسگال عملی می‌گردد و اگر فشار بیشتری اعمال گردد به ساختار سلولی چوب و الیاف آن آسیب وارد می‌آید و باعث کاهش خصوصیات مکانیکی می‌شود.

[1]- به این دما که در آن لیگنین از حالت سخت و شکننده خارج می‌گردد، دمای انتقال شیشه‌ای می‌گویند (*Glass transition temperature*).

Archive of SID

www.SID.ir

Tabarsa (۱۹۹۵) تحقیقاتی را بر روی فشرده‌سازی شعاعی گونه اسپروس انجام داد و تأثیر درجه حرارت و فشردگی را بر روی خواص چوب اسپروس بررسی نمود. وی اظهار داشت که در تأثیر فشرده‌سازی، شکست، ابتدا در ناحیه چوب بهاره اتفاق می‌افتد.

Tabarsa و Chui (۱۹۹۷) با مطالعه خود بر روی فشرده‌سازی گونه اسپروس بیان داشتند که عمل فشرده‌سازی در دمای مناسب، به دیواره سلول آسیب وارد نمی‌آورد و فشرده‌سازی در دمای ۱۰۰ درجه موجب کاهش میزان فشردگی باقیمانده و افزایش برگشت ضخامت می‌شود. همچنین دریافتند که تأثیر دما بر خواص چوب فشرده در گستره دمایی ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد کاملاً مشخص و سریع بوده و در بالای ۱۵۰ درجه تأثیر دما کاهش می‌یابد.

با توجه به موقعیت و جایگاه فعلی جنگل در جهان و به‌خصوص در کشور ایران، حفظ، تجدید و استفادهٔ بهینه از جنگلها، مسئله مورد توجهی می‌باشد. در این رابطه استفاده از گونه چوبی پالونیا، با توجه به سریع‌الرشد بودن آن، مسیری نوین را در عرصه صنایع چوب کشور فراهم می‌آورد. کشت این گونه بطور دست‌کاشت و بهره برداری کوتاه‌مدت آن، بسیاری از نگرانی‌های تأمین مواد اولیه را برطرف می‌کند و با وجود داشتن دانسیته پایین، محصول فشرده شده آن از مقاومتهای کافی برخوردار می‌باشد که می‌توان آن را در بخش‌هایی همچون چوبهای فشردهٔ صنعتی، صنایع مبلمان، سازه‌های چوبی در منازل و... که توجیه اقتصادی دارند، مورد استفاده قرار داد.

پالونیا اولین بار در باغ گیاه‌شناسی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران و پس از آن به طور تحقیقاتی در گرگان کاشته شد (سجودی و حسن عباسی، ۱۳٦٦). در حال حاضر نیز گزارشهایی در مورد کاشت این گونه در تهران و تبریز شنیده شده است.

مواد و روشها

به منظور انجام این تحقیق ۱۰ اصله گرده‌بینه پالونیای (Paullownia.furtunie) ۵ تا ۷ ساله از جنگل شصت کلاته گرگان تهیه و سپس به آزمایشگاه صنایع چوب دانشگاه گرگان منتقل گردید. سپس از آنها نمونه‌هایی جهت تعیین دانسیته و درصد رطوبت بدست آمد. عوامل متغیر آزمایش طبق جدول شماره ۱ درصد فشردگی و درجه حرارت بودند که هر کدام در سه سطح بررسی گردید. هر تیمار در پنج تکرار انجام شد. به جهت اینکه ابعاد نمونه‌ها در آزمونهای مکانیکی یکسان باشد، طول و عرض همه نمونه‌ها یکسان در نظر گرفته شد، اما ضخامت نمونه‌ها با توجه به درصد فشردگی تعیین گردید. بدین صورت که ضخامت نهایی هر نمونه می‌بایست به اندازه نمونه شاهد و به ۲۰ میلیمتر می‌رسید. بنابراین برای رسیدن به فشردگی ۱٦٪ ، ۳۳٪ و۵۰٪ لازم بود که ضخامت اولیه نمونه‌ها به ترتیب ۲٤، ۳۰ و ٤۰ میلیمتر انتخاب شوند. ضخامت نمونه‌های شاهد نیز برای سهولت مقایسه ۲۰ میلیمتر در نظر گرفته شد.

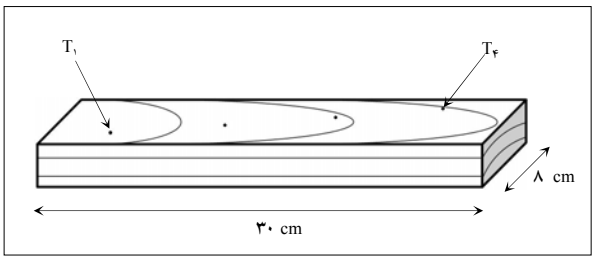
جدول ۱- عوامل متغیر در آزمایش و سطوح هر یک

عوامل متغیر	سطوح متغیرها		
دمای پرس(^{o}C)	۱۳۰	۱٤۵	۱٦۰
درصد فشردگی(٪)	۱٦	۳۳	۵۰

برش نمونه‌ها به طریقی انجام گردید که دایره‌های اطراف مغز در آنها قرار نگیرند و همچنین پهنای آنها در جهت مماسی چوب و ضخامت آنها در جهت شعاعی چوب باشد. ضخامت همه نمونه ها در ٤ نقطه مطابق شکل۱ اندازه‌گیری شد و به عنوان T_0 ثبت گردید. سپس نمونه‌ها با رطوبت اولیه ۱۲٪ تا ۱٤٪ درون یک آون آزمایشگاهی با دمای۵۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند و رطوبتشان به ۵٪ رسانده شد و آماده پرس گردیدند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- شکل و ابعاد نمونه‌ها به همراه نقاط اندازه‌گیری ضخامت

فرایند فشرده‌سازی با پرس گرم شامل سه مرحله اصلی می‌باشد:

۱- زمان حرارت دهی[1]

۲- زمان فشرده‌سازی همراه با کاهش حجم نمونه[2]

۳- زمان فشار ثابت بدون تغییر در حجم نمونه به منظور تثبیت فشردگی[3]

نحوه حرارت‌دهی به گونه ای بود که صفحات داغ پرس با سطوح نمونه ها بدون فشرده کردن چوب تماس حاصل می‌کردند. زمان مورد نیاز در این مرحله برای گرم کردن نمونه ها توسط آزمایش دیگری با اندازه‌گیری زمان لازم برای رسیدن دمای مغز نمونه ها به مقدار ۱۰۰ درجه سانتیگراد تعیین گردید. زمان گرم کردن با توجه به ضخامت نمونه و دمای فشرده‌سازی متفاوت بود که در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

پس از گرم شدن نمونه ها، فشار نهایی پرس به مقدار ٤٠ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بر سطوح چوب اعمال شد تا عملیات فشرده سازی تکمیل گردد. ضخامت نهایی توسط شابلون‌های فولادی ۲۰ میلیمتری کنترل گردید. زمان نگهداری در ضخامت نهایی ٤ دقیقه برای کلیه تیمارها بود. پس از فشرده کردن نمونه‌ها و باز شدن صفحات پرس، نمونه ها به داخل یک آون منتقل شده و در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند تا معایب ناشی از افت سریع دمای نمونه‌ها در آنها بوجود نیاید.

پس از ۱ ساعت ضخامت نمونه ها اندازه‌گیری شد و بعنوان T_1 ثبت گردید. کلیه نمونه‌ها به مدت ۳ هفته در شرایط دمایی۲۱ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ٦٥٪ نگهداری شده و ضخامت آنها مجدداً اندازه‌گیری شد و بعنوان T_2 ثبت گردید. سپس با مقادیر T_0، T_1 و T_2 خواص فیزیکی زیر محاسبه گردید:

Sp : برگشت ضخامت[4] بلافاصله پس از پرس

$$\%Sp = \frac{T_1 - 20}{20} \times 100$$

Ts: واکشیدگی ضخامت[5] پس از ۳ هفته شرایط دهی نسبت به حالت بعد از پرس

$$\%Ts = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100$$

Cs : درصد فشردگی باقیمانده[6] (فشردگی واقعی) پس از ۳ هفته

$$\%Cs = \frac{T_0 - T_2}{T_0} \times 100$$

T_0: ضخامت نمونه ها قبل از فشرده‌سازی

T_1: ضخامت نمونه ها بلافاصله پس از پرس

T_2: ضخامت نمونه ها بعد از ۳ هفته شرایط دهی

۲۰: ضخامت نهایی نمونه‌ها زمان فشرده‌سازی در پرس

پس از این مرحله طبق استاندارد *ASTM D143* نمونه-های آزمون خمش و ضربه تهیه گردید. آزمون خمش توسط دستگاه *Instron* مدل *4486* متعلق به آزمایشگاه مکانیک چوب دانشگاه تهران و آزمون ضربه توسط دستگاه *Schenk* آزمایشگاه مکانیک چوب دانشگاه گرگان انجام گردید.

[1]-Heating time
[2]-Densification time
[3]-Fixing time
[4]-Spring back
[5]-Thickness swelling
[6]-Compression set

Archive of SID

www.SID.ir

آزمایش در قالب طرح فاکتوریل با دو عامل انجام گرفت. جهت تجزیه آماری داده‌ها از نرم افزارهای *Minitab13* و *Spss11* و از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.

جدول۲- زمان لازم برای رسیدن دمای مغز نمونه‌ها به ۱۰۰ درجه سانتیگراد

دما (^{o}C)	۱۳۰			۱٤٥			۱٦۰		
ضخامت نمونه (میلیمتر)	۲٤	۳۰	٤۰	۲٤	۳۰	٤۰	۲٤	۳۰	٤۰
زمان گرم کردن (دقیقه)	٥	۷	۱۰	٤	٥	۷	۳	٤	٥

نتایج و بحث

جدول ۳ مقادیر مجموع مربعات ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی و شاخص معنی‌داری هر یک را نشان می‌دهد:

اختلاف دانسیته نمونه‌ها قبل از فشرده‌سازی معنی‌دار نگردید. بنابراین لزومی برای تبدیل خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های فشرده شده به حالت ویژه وجود نداشت.

جدول ۳- مقادیر مجموع مربعات و شاخص معنی‌داری هر یک از ویژگیها

منبع تغییرات	برگشت ضخامت (٪)	واکشیدگی ضخامت (٪)	فشردگی باقیمانده (٪)	درجه آزادی	مدول الاستیسیته (MPa)	مقاومت خمشی (MPa)	مقاومت به ضربه (N.m)	درجه آزادی
فشردگی	٤۹٦۱/٥۹۳**	۷/۹۰۲**	٤٥٤۹/٥۱۳**	۲	۱۱۹۷۱۱٤۹/۹**	/۲۲۰** ۷۰۱۲	۸۳۱/۱٤٤**	۲
دما	٦۹/۷٦۸^{ns}	۰/٤۷٤^{ns}	٤۱/۸٦۳$^{+}$	۲	۱٤۳۷۰۳۹/٤۷^{ns}	۲۰۳/٥۹۷^{ns}	۳۷/٦٤٤^{ns}	۲
فشردگی × دما	۷۲/۳۹۸^{ns}	۰/۹۰۱^{ns}	۲۸/۷۰۷^{ns}	٤	۱۰۷٥٥۳۳/۷۳^{ns}	۱٥۲/٥۲٦^{ns}	۲۷۹/۳۲۲$^{+}$	٤
خطا	۱۰۳۸/۹۳۹	٦/۰۰٤	۳۱٦/۰۰۸	۳٦	۳۷۲۰٤۲۷٦/۹	۷۳٦۷/۷۳۱	۸٤۳/۰٦٤	٤٥
مجموع	٦۱٤۲/٦۹۸	۱٥/۲۸۰	٤۹۳٦/۰۹۰	٤٤	٦۹۹۱٥۱۸٥/۱	۲۰٦۲۳/۷۱۸	۲٥۰٦/۱۳٥	٥٤

**معنی‌دار در سطح ۱ درصد * معنی‌دار در سطح ٥ درصد + معنی‌دار در سطح ۱۰درصد ns غیر معنی‌دار

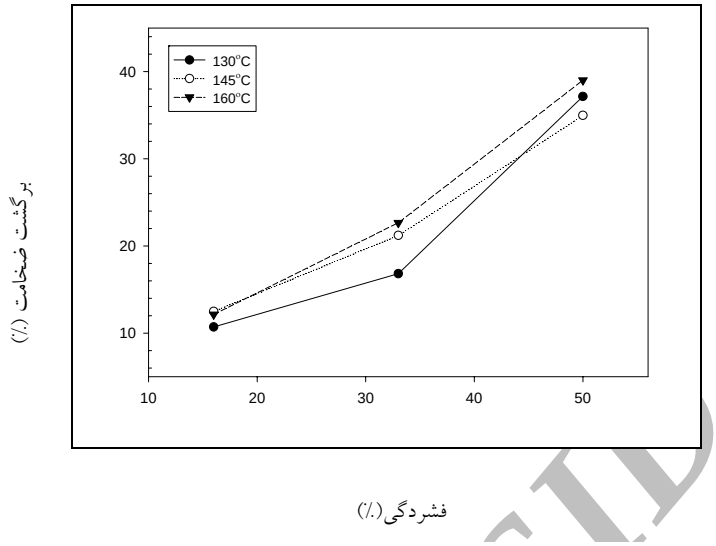
برگشت ضخامت

مقدار این خاصیت را کمتر می‌توان به تأثیر جذب رطوبت و واگشیدگی رطوبتی مرتبط دانست، چرا که این پدیده لحظه‌ای می‌باشد. برگشت ضخامت بیشتر در تأثیر نیروهای ناشی از برگشت دیواره‌ها و نزدیک شدن آنها به حالت اولیه است که با فشردگی بیشتر مقدار این برگشت هم زیادتر می‌شود.

تجزیه واریانس تنها تأثیر مستقل فشردگی را در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی دار نشان داد. که بر طبق آن، کمترین میزان برگشت در فشردگی ۱٦٪ و بیشترین مقدار آن در فشردگی ٥۰٪ مشاهده شده است. شکل۲ این روند را نشان می‌دهد:

Archive of SID

www.SID.ir

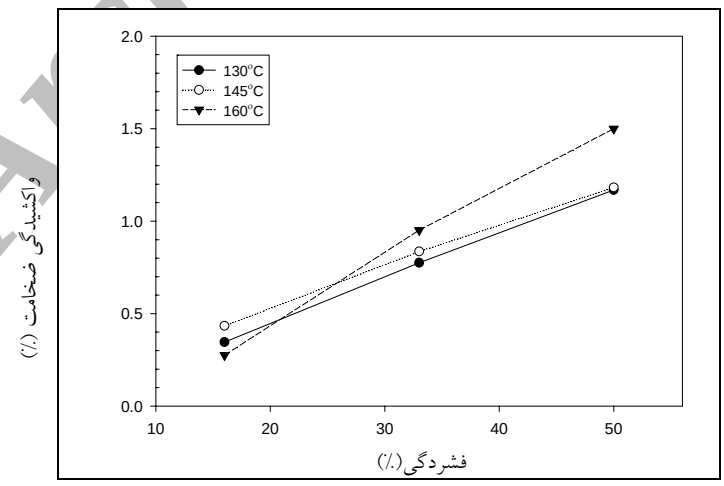


شکل۲- تأثیر فشردگی و درجه حرارت بر برگشت ضخامت

واکشیدگی ضخامت

مقدار واکشیدگی ضخامت را می‌توان هم به تأثیر جذب رطوبت و واکشیدگی رطوبتی و هم به تأثیر بازگشت دیواره‌ها در طولانی مدت مرتبط دانست. مسلم است که درصد فشردگی‌های بالاتر به علت جرم بیشتر در واحد حجم، توان بیشتری برای جذب رطوبت و واکشیدگی ضخامت خواهند داشت. همچنین نیروی ناشی از برگشت دیواره‌ها در سطوح بالاتر فشردگی بیشتر است.

تأثیر مستقل فشردگی بر واکشیدگی ضخامت در سطح ۹۹٪ اطمینان معنی‌دار گردید و آزمون دانکن کمترین مقدار آن را در فشردگی ۱۶٪ و بیشترین مقدار آن را در فشردگی ۵۰٪ نشان داد. دمای ۱۶۰ درجه در سطح فشردگی ۵۰ درصد، اثر بیشتری بر واکشیدگی ضخامت داشته است ولی این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل۳).



شکل۳- تأثیر فشردگی و درجه حرارت بر واکشیدگی ضخامت

Archive of SID

www.SID.ir

فشردگی باقیمانده

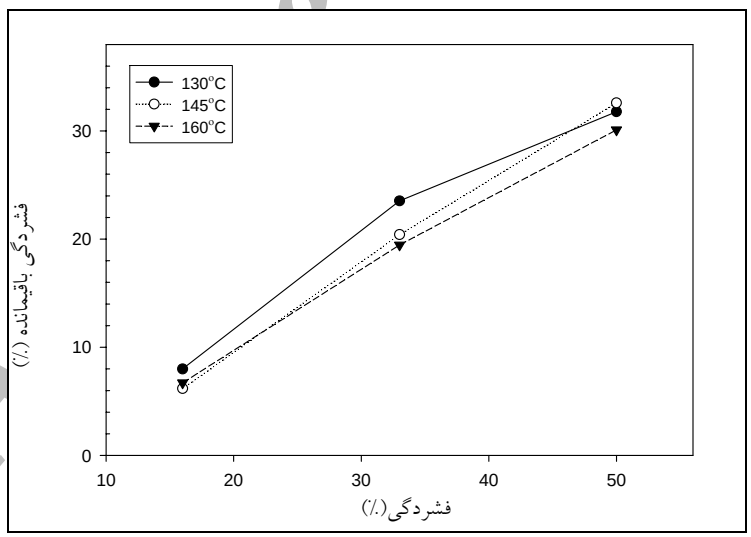
میزان فشردگی باقیمانده اثرگذاری فاکتورهای آزمایش را بر تثبیت فشردگی نمونه ها نشان می‌دهد. تأثیر مستقل فشردگی در سطح ۹۹٪ اطمینان معنی‌دار گردید و آزمون دانکن نتایجی مشابه با نتایج واکشیدگی ضخامت و برگشت ضخامت نشان داد.

مسلم بود که در درصد فشردگی بالاتر، فشردگی باقیمانده بیشتر خواهد بود، بنابراین برای مقایسه بهتر، نسبت فشردگی باقیمانده به فشردگی هر سطح، محاسبه گردید:

$$K = \frac{\%Cs}{\%C}$$

مقدار این نسبت برای فشردگی ۳۳٪ و ۵۰٪ حدوداً برابر با ۰/٦۵ و برای ۱٦٪ مقدار آن ۰/٤۳ گردید. توجیه این مشاهده می‌تواند بدین صورت بیان گردد که در مورد گونه پالونیا، در فشردگی ۱٦٪ بیشترین سهم تغییرات در ناحیه حد تناسب (حد الاستیک) رخ می‌دهد، اما در ۳۳٪ و ۵۰٪ تغییرات از حد تناسب تجاوز نموده و موجب فشردگی باقیمانده بیشتری می‌شوند (شکل شماره ٤).

حضور دما و رطوبت لازمه عمل فشرده‌سازی هستند، اما اگر دما و رطوبت خارج از حد اپتیمم بکارگرفته شوند، تأثیر منفی خواهند داشت. در این مطالعه رطوبت به عنوان یک عامل ثابت در نظر گرفته شد، اما دمای آزمایش در سه سطح متغیر بود. تأثیر دما در این تحقیق نتایج مشاهده شده در سایر مطالعات را تأیید نمود. دمای بیش از حد موجب بالا رفتن فشار بخار درون نمونه می‌شود و زمانی که مقدار این فشار از پایداری بافت فشرده شده بیشتر گردد، موجب برگشت ضخامت و کاهش فشردگی باقیمانده می‌شود. در این مطالعه افزایش فشار بخار داخل نمونه در دمای بیش از ۱۳۰ درجه تأثیر منفی بر میانگین فشردگی باقیمانده داشت و تجزیه واریانس تأثیر مستقل دما بر فشردگی باقیمانده را در سطح ۹۰٪ اطمینان معنی‌دار نشان داد.



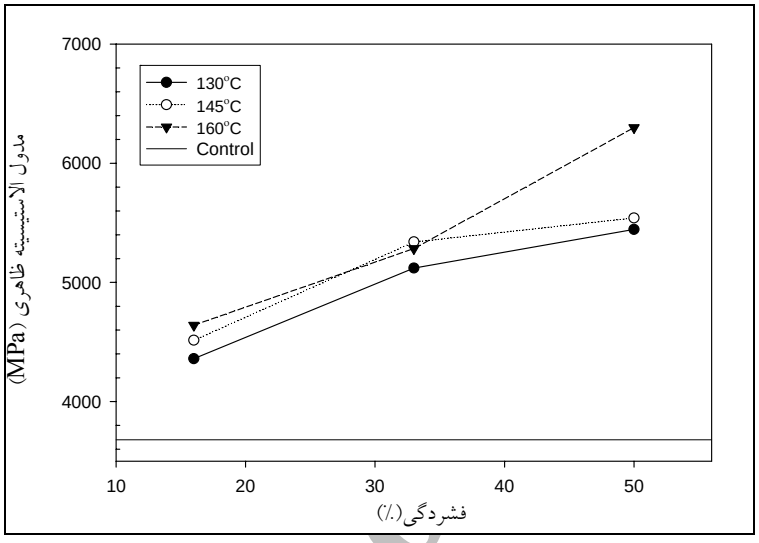
شکل٤- تأثیر فشردگی و درجه حرارت بر فشردگی باقیمانده

مدول الاستیسیته ظاهری

نتایج نشان داد که تنها تأثیر مستقل فشردگی در سطح ۹۹٪ بر روی مدول الاستیسیته ظاهری معنی‌دار است. بر این اساس، کمترین مقدار مدول الاستیسیته مربوط به نمونه‌های شاهد و بیشترین آن مربوط به درصد فشردگی ۵۰٪ می‌باشد (شکل۵). در واقع در فشردگی‌های

Archive of SID
www.SID.ir

بالاتر، مدول الاستیسیته مرتباً افزایش یافت. نمونه‌های با فشردگی ۱۶٪ نسبت به نمونه شاهد ۲۲ درصد افزایش در مقدار میانگین مدول الاستیسیته نشان دادند. میانگین مدول الاستیسیته در نمونه‌های با درصد فشردگی ۳۳٪ و ۵۰٪ نیز به‌ترتیب ۴۳ و ۵۷ درصد نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. در ۵۰٪ فشردگی، دمای ۱۶۰ درجه موجب افزایش بیشتری در مقدار مدول الاستیسیته شده است اما تجزیه واریانس این تأثیر را معنی‌دار نشان نداد.



شکل۵- تأثیر فشردگی و درجه حرارت بر مدول الاستیسیته ظاهری

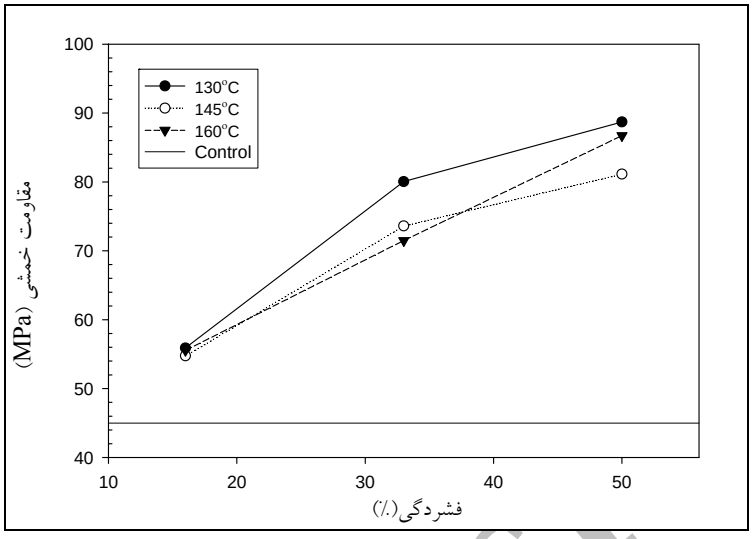
مقاومت خمشی

تأثیر مستقل درصد فشردگی در سطح ۹۹٪ نشان داد که بیشترین مقاومت در سطح فشردگی۵۰٪ و کمترین آن در نمونه شاهد بدست می‌آید. میزان افزایش میانگین مقاومت خمشی در اثر فشرده‌سازی برای نمونه‌های با درصد فشردگی ۱۶، ۳۳ و ۵۰ درصد، به ترتیب ۲۲، ۶۶ و ۸۹ درصد بود (شکل۶). مقادیر میانگین مقاومت تیمارها و نمونه شاهد با استفاده از آزمون دانکن، در ٤ گروه مجزا طبقه‌بندی گردید.

مسلم است که به علت فشردگی چوب و در واقع کاهش حجم آن، دانسیته افزایش می‌یابد، مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی نیز ارتباط مستقیم با دانسیته دارند. در نتیجه، همگام با افزایش درصد فشردگی تا قبل از وقوع شکست در دیواره‌ها، مقاومتهای مکانیکی چوب افزایش پیدا می‌کنند.

Archive of SID

www.SID.ir

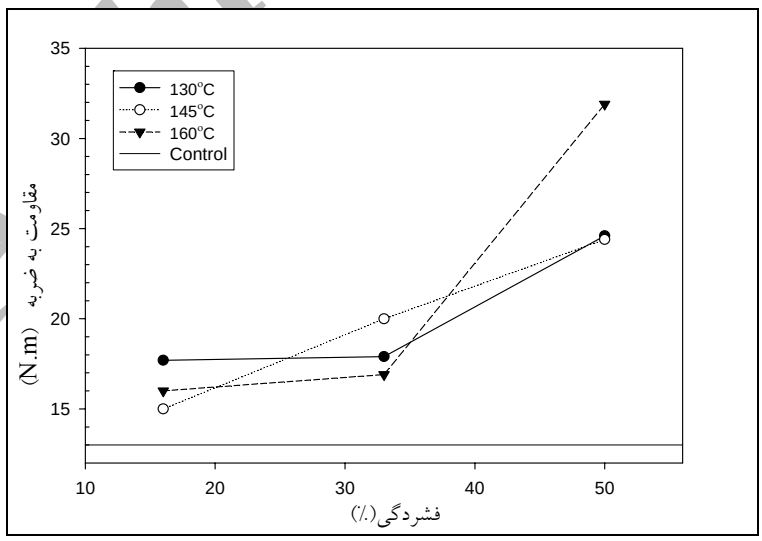


شکل٦- تأثیر فشردگی و درجه حرارت بر مقاومت خمشی

مقاومت به ضربه

تأثیر مستقل فشردگی در سطح ۹۹٪ معنی‌دار گردید و طبق آن بیشترین مقاومت به ضربه در سطح ۵۰٪ و کمترین آن در نمونه‌های شاهد مشاهده گردید. افزایش دانسیته در اثر بیشتر شدن میزان فشردگی می‌تواند عاملی برای افزایش مقاومت به ضربه باشد.

برخلاف تأثیر مستقل دما، تأثیر متقابل دما و درصد فشردگی در سطح ۹۰٪ معنی‌دار گردید و آزمون دانکن نشان داد که دمای ۱٦۰ درجه در سطح فشردگی۵۰٪، تأثیر فزاینده‌ای بر روی مقاومت به ضربه دارد. بنابراین مقاومت به ضربه در سطح۵۰٪ فشردگی افزایش می‌یابد و در دمای ۱٦۰ درجه این افزایش شدیدتر رخ می‌دهد (شکل۷).



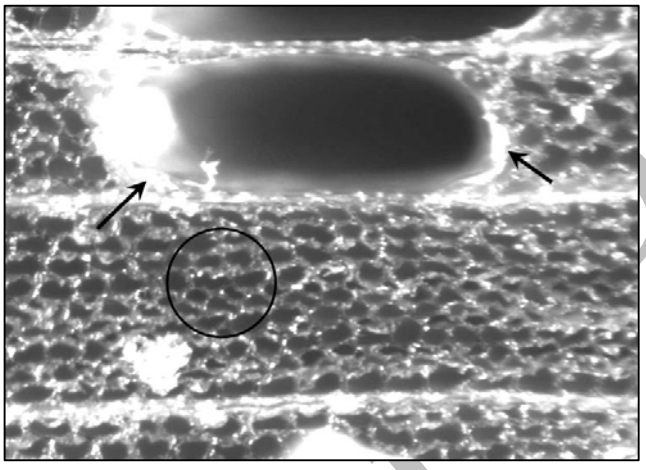
شکل۷- تأثیر فشردگی و درجه حرارت بر مقاومت به ضربه

Archive of SID

www.SID.ir

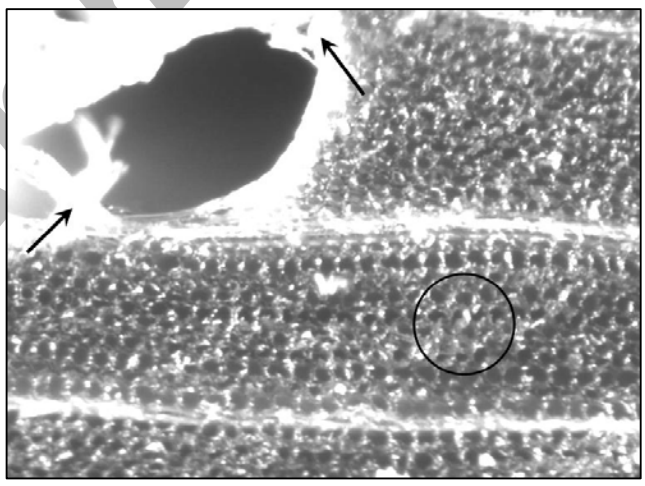
تصاویر میکروسکوپی

همانطور که شکل۸ مقطع عرضی چوب پالونیا را در مقیاس میکروسکوپی پس از ۱۶٪ فشردگی نشان می‌دهد، دیواره آوندها شکل خود را حفظ نموده‌اند و آثار شکست در آنها مشاهده نمی‌شود. مقطع عرضی فیبرها درصد کم فشردگی را نشان می‌دهند. این موارد، حاکی از تغییر شکل الاستیک بافت چوب می‌باشند.



شکل۸- مقطع میکروسکوپی نمونه پالونیا با ۱۶٪ فشردگی (بزرگ‌نمایی ۹۰۰).

شکل۹ نمونه پالونیا را پس از ۳۳٪ فشردگی نشان می‌دهد. ساختار دیواره آوند در تأثیر افزایش درصد فشردگی، نسبت به حالت ۱۶٪، تغییر شکل داده و بخشی از آن دچار شکست شده است. فیبرها نسبت به شکل قبلی دچار تغییر شکل بیشتری شده و افزایش فشردگی را کاملاً نشان می‌دهند.

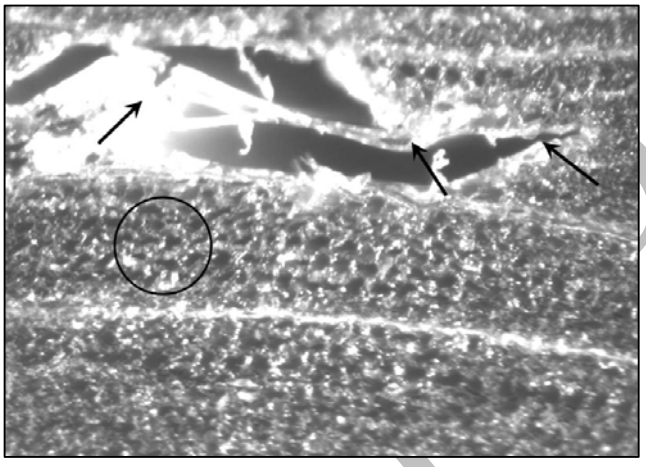


شکل۹- مقطع میکروسکوپی نمونه پالونیا با ۳۳٪ فشردگی(بزرگ‌نمایی ۹۰۰).

Archive of SID

www.SID.ir

شکل۱۰ نمونه پالونیا را پس از ۵۰٪ فشردگی نشان می‌دهد. دیواره آوند کاملاً دچار شکست شده و فیبرها به حد بالاتری از فشردگی رسیده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود، دیواره ها به یکدیگر نزدیک شده و فضای سلولی فیبرها به گونه مشخصی کاهش یافته است. این تغییرات افزایش دانسیته چوب در تأثیر فشردگی و متعاقب آن بهبود مقاومتهای مکانیکی را اثبات می‌کنند.



شکل۱۰- مقطع میکروسکوپی نمونه پالونیا با ۵۰٪ فشردگی(بزرگ‌نمایی ۹۰۰).

بحث

در این مطالعه، فرایند فشرده‌سازی چوب پالونیا توسط پرس گرم، تحت تأثیر دو متغیر دما و درصد فشردگی انجام گرفت. در این تحقیق تأثیر مستقل دما در سطح اطمینان ۹۵٪ بر کلیه خواص فیزیکی و مکانیکی معنی دار نگردید. به علاوه، با افزایش دما از ۱۳۰ تا ۱٦۰ درجه سانتیگراد، درصد فشردگی باقیمانده کاهش یافت. این یافته با نتایج مطالعه Tabarsa و Chui (۱۹۹۷) بر روی فشرده‌سازی گونه اسپروس متفاوت بود. بنابراین می‌توان فرایند فشرده‌سازی پالونیا را در دمای پایین تر از ۱٤۵ و ۱٦۰ درجه نیز انجام داد و با این کار میزان انرژی گرمایی مصرفی را کاهش و فشردگی باقیمانده را افزایش داد.

با توجه به نتایج خواص مکانیکی، با افزایش درصد فشردگی می‌توان به مقاومت مکانیکی بالاتری دست یافت. با توجه به مقدار نسبت K، در ۳۳٪ و ۵۰٪ فشردگی، همان‌گونه که تصاویر میکروسکوپی نیز این مسئله را تأیید نمود، فشردگی باقیمانده بیشتری را خواهیم داشت و این نتیجه مطابق با مطالعات Tabarsa و Chui (۱۹۹۷) بود. اگرچه، در این دو سطح از فشردگی، سایر خواص فیزیکی مناسب نخواهند بود. بنابراین در مواردی که خواص مکانیکی نسبت به خواص فیزیکی اهمیت بیشتری دارند، با توجه به مقاومت مورد نیاز، درصد فشردگی بالاتر مناسب‌تر می‌باشد. برای فشرده‌سازی گونه پالونیا با درصد رطوبت اولیه ۵٪، بهترین شرایط به‌گونه‌ای پیشنهاد می‌گردد که دما ۱۳۰ درجه و میزان فشردگی۵۰٪ باشد. روند تغییرات مقاومتهای مکانیکی در تأثیر افزایش میزان فشردگی، کاهشی را در برنداشت. بنابراین برای افزایش مقاومتهای مکانیکی، باز هم می‌توان میزان فشردگی را بالا برد. به نظر می‌رسد که در گونه‌های سبک (با دانسیته کمتر از gr/cm^3 ۰/۵) می‌بایست تا مرز۷۰٪ فشردگی پیش رفت تا تغییر شکل پلاستیک و شکست دیواره سلول‌ها رخ دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

سپاسگزاری

از آقایان مهندس سعید مرادی‌کیا و مهندس حمید زارع، به‌دلیل همکاری در انجام آزمایشهای مکانیکی و همچنین از جناب آقای دکتر محمدرضا بی‌همتا به‌دلیل راهنمایی‌شان در زمینه تجزیه و تحلیل آماری، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

بادیگ، ژ و جین، ب.۱۳۷٦. مکانیک چوب و فرآورده‌های مرکب آن، ترجمه قنبر ابراهیمی، انتشارات دانشگاه تهران،٦٨٦ صفحه

سجودی، م. ا. و حسن عباسی، ن. ۱۳٦٦. پالونیا درخت شگفت انگیز، نشریه جنگل و مرتع، سال دوم، شماره پنجم. ۲۳-۱۹.

عدالت، ح.ر.۱۳۸۵. فشرده‌سازی گونه پالونیا با استفاده از تیمار حرارتی و رطوبتی، پروژه کارشناسی، دانشگاه گلستان، دانشکده منابع طبیعی.

Inoue, M.1993a.Steam or heat fixation of compression wood .Wood and Fiber Science Journal 25(3):224-235

Irving, G.m.1984.The glass transition of lignin and hemi cellulose and their measurement by different thermal analysis. TAPPI Journal 67(5):118-121

Kunesh, R.H.1961. The inelastic behaviour of wood: A new concept for improved panel forming process. Forest Products Journal 11(9):395-406

Leijten 1994. Properties of densified veneer. Proceeding of the Pacific Timber Engineering Conference Gold Coast Australia.

Macdonald, M.D.1951.Compression of Douglas-fir veneer during pressing.

Tabarsa, T.1995.The effects of transverse compression and press temperature on wood response during hot – pressing, M.Sc Thesis, University of New Brunswick.

Tabarsa, T & Chui, Y.H. 1997.Effects of hot–pressing on properties of white spruce, Forest Products Journal, 47(5):71-76.

Archive of SID

www.SID.ir

Densification of Paullownia wood by using of hot-press

Edalat, H.R.[*1], Tabarsa, T.[2] and Reisi, M.[3]

1[*]- Corresponding author, MSc, Wood Industries Department, University of Tehran, Iran. Hamidrezae@ut.ac.ir
2- Associate Professor, Wood Industries Department, University of Golestan, Iran.
3-MSc., Wood Industries Department, University of Tehran, Iran.
Received: Dec. 2007 Accepted: Feb. 2008

Abstract

For this study 10 logs of *Paullowina.furtunie* from Shastkalateh forest of Gorgan in Iran were selected randomly. After that, 45 clear flat swan specimens prepared and dried to 5% moisture. Density of each log and thickness of specimens were measured. Three levels of compression percent (16%, 33% and 50%) and temperature (130°C, 145°C and 160°C) were the variables. The physical properties of specimens such as spring back, compression set and thickness swelling were calculated. Also, MOE, MOR and impact resistance of specimens were evaluated. In order to have accurate examination, microscopic images were taken. Results show that, with increasing in compression percent, the amounts of spring back and thickness swelling enhance. Densification with 16% compression, yields deformation in elastic region while 33% and 50% compression, causes more compression set. The more compression percent, the more mechanical strengths and the highest strength attained in 50% compression. The effect of temperature was insignificant mostly. Finally, the proper treatment for Paullownia densification, was 130°C and 50% compression. Microscopic images asserted the above results and illustrated that, the enhancing of densification above 50% compression is possible.

Keyword: Densification, Paullownia, Thermal treatment, Mechanical strength, Spring back, Compression set.

Archive of SID

www.SID.ir