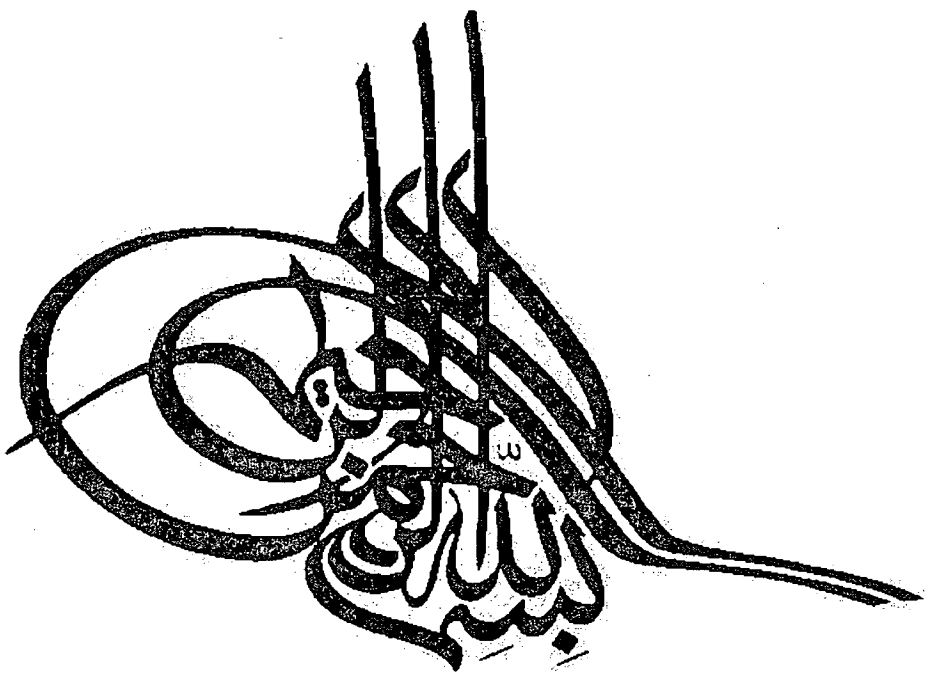


١٤٤٤٩٩ - ٠٠٣١٤٣٢

۱۳۹۰/۲/۲۵

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دانشکده جنگلداری و فناوری چوب

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.)
در رشته فرآورده‌های چند سازه چوب

عنوان:

اثرات تیمار بخارزنی، جهت فشردگی و درصد فشرده‌سازی بر خواص مکانیکی چوب پالونیا

محقق:
علیرضا محمّدی

استاد راهنما:
تقی طبرسا

اساتید مشاور:
ابوالقاسم خزاعیان
محراب مدهوشی

۱۳۹۰/۱/۱۷

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
IRANDOC
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۱۵۴۲۶۶

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی)

بسمه تعالی

فرم شماره ۴ آئین نامه کارشناسی ارشد

مدیر محترم گروه آموزشی

بدینوسیله اعلام می دارد جلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد **علیرضا محمدی**

به شماره دانشجویی ۸۵۲۳۱۳۳۱۰۲ رشته فرآورده های چندسازه چوب با عنوان " **اثرات تیمار بخار ، جهت فشردگی و درصد فشرده سازی بر روی خواص مکانیکی چوب پالونیا** " با حضور اعضای هیأت داوران در تاریخ ۱۳۸۸/۱۱/۱۴ ساعت ۱۳/۳۰ الی ۱۵ در محل تالار مهندس خاوری به شرح ذیل با نمره ۱۹٫۲۵ با حروف نوزده و بیست و پنج صدم پذیرفته شد .

اعضای هیأت داوران:	نام و نام خانوادگی:	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر تقی طبرسا	
۲- استاد مشاور	دکتر ابوالقاسم خزاعیان	
۳- استاد مشاور	دکتر محراب مدهوشی	
۴ - عضو هیأت داوران	دکتر احمد رضا سرائیان	
۵- عضو هیأت داوران	دکتر محمدرضا ماستری	
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه	دکتر واحد بردی شیخ	

گرگان : خیابان شهید بهشتی
صندوق پستی : ۳۸۶
تلفن : ۲۲۲۹۹۰۱
نمابر:۲۲۵۱۷۰۳
E.mail
Guasnr@gau.ac.ir
مرکز تلفن : ۲۲۲۴۸۲۷
۲۲۲۰۳۲۰-۱

«تعهدنامه»

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی-پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به‌منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان‌نامه خود، مراتب را قبلا به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان‌نامه باید با اطلاع و کسب اجازه استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب علیرضا محمدی دانشجوی رشته مهندسی منابع طبیعی-چوب و کاغذ مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
IRANDOC
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

«تعهدنامه»

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی-پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به‌منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان‌نامه خود، مراتب را قبلا به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.
۲) در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
۳) انتشار نتایج پایان‌نامه باید با اطلاع و کسب اجازه استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **دانشجوی رشته** **مقطع کارشناسی ارشد**

تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

چکیده

کمبود مواد اولیهٔ چوبی در سالهای اخیر صنعت چوب را با چالش‌های مهمّی روبه‌رو کرده‌است. زراعت درختان سریع‌الرشد یکی از راههای مقابله با این چالش‌ها است ولی از سوی دیگر چوب این درختان به دلیل دانسیتهٔ کم در کاربردهایی که اولویت با مقاومت های مکانیکی است ارزش چندانی ندارند. فشرده‌سازی مکانیکی از جمله راههای افزایش دانسیته و متعاقب آن مقاومت‌های مکانیکی چوب ماسیو است، که می تواند با بهبود بخشیدن خواص مکانیکی ارزش اقتصادی چوب های سبک را افزایش دهد. تخریب بافت و ساختار چوب زمان فشرده شدن از جمله مشکلات این روش است، که مقاومت ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این تحقیق اثر فاکتورهای جهت فشردگی، درصد فشرده‌سازی و تیمار بخارزنی بر ساختار میکروسکوپیکی، تخریب بافت چوب و مقاومت‌های مکانیکی چوب سبک پالونیا مورد بررسی قرار گرفت. همچنین رابطهٔ بین شدّت تخریب و مکانیزم تغییرات ریزساختاری و تأثیر آن دو بر مقاومت‌های مکانیکی مختلف از جمله: مدول‌گسیختگی، مدول‌الاستیسیتهٔ‌خمشی، مقاومت فشاری در جهت موازی و عمود بر الیاف، مقاومت به ضربه و سختی سطح چوب مطالعه شد. جهت فشردگی در دو سطح شعاعی و مماسی، درصد فشرده‌سازی در سه سطح ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد و تیمار بخارزنی در چهار سطح ۲۵، ۱۳۰، ۱۵۰ و ۱۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد طبقه‌بندی و اعمال شدند. مقاومت‌های مکانیکی نمونه‌های شاهد چوب پالونیا نیز اندازه-گیری و با نمونه‌های تیمارشده مقایسه شدند. از پتانسیل مقاومت به عنوان شاخصی برای تعیین شدّت اثر مخرب فشرده‌سازی بر مقاومت‌های مکانیکی استفاده شد. مشاهدات میکروسکوپ‌الکترونی و نوری نشان داد که ساختار آناتومیکی چوب پالونیا تأثیر عمده‌ای در تغییرشکل سلول‌های چوبی زمان فشرده‌سازی دارد به طوری که مد و مکانیزم تغییرات ساختاری و تغییرشکل عناصر چوبی بین جهات فشردگی شعاعی و مماسی متفاوت است. به دلیل وضعیت چیدمان دوایر رویش سالیانه نسبت به جهت بارگذاری زمانی که در جهت شعاعی، تغییرشکل‌فشاری و در جهت اعمال نیرو بود در جهت مماسی تغییرشکل‌برشی مشاهده شد. نتایج شاخص پتانسیل مقاومت نشان داد که تخریب چوب در جهت فشردگی مماسی بیشتر از جهت فشردگی شعاعی است و این ثابت کرد که میزان تخریب چوب تحت تأثیر مکانیزم تغییرشکل سلول‌های چوبی قرار دارد. در تمام خواص مکانیکی اندازه‌گیری‌شده، مقاومت نمونه‌های فشرده‌شده در جهت شعاعی بیشتر از جهت مماسی بود که می‌تواند به دلیل تخریب بیشتر ساختار چوب پالونیا در جهت مماسی باشد. نتایج نشان داد که درصد فشرده‌سازی مهمترین عامل تأثیرگذار بر دانسیتهٔ چوب فشرده‌شده است و با افزایش آن دانسیته و خواص مکانیکی به طور معناداری افزایش می‌یابند ولی نتایج شاخص پتاسیل مقاومت نشان داد که با افزایش درصد فشرده‌سازی تخریب ساختار چوب نیز افزایش یافته و باعث شد که افزایش مقاومت‌های مکانیکی کمتر از حد انتظار باشد. دمای بخارزنی در ۱۵۰ و ۱۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد نتنها تأثیری در بهبود ویژگی‌های مکانیکی نداشت بلکه با تخریب بافت چوب باعث کاهش مقاومت‌ها شد. در دمای بخار-زنی ۱۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد چوب پالونیا نرم شد و در نتیجه زمان فشرده‌سازی، چوب کمتر آسیب دید. فشرده-سازی بر مقاومت به فشار عمود بر الیاف و مقاومت به ضربه بیشترین و بر مقاومت به فشار موازی الیاف و مدول-الاستیسیته کمترین تأثیر منفی را داشت. به طور کلی جهت فشردگی و درصد فشرده‌سازی در مقایسه با دمای بخارزنی بیشترین تأثیر را بر تغییرات ساختاری و ریز ساختاری، شدّت تخریب و مقاومت‌های مکانیکی چوب فشرده‌شده پالونیا داشتند.

واژه‌های کلیدی: فشرده‌سازی، پالونیا، ساختار آناتومیکی، تغییرشکل فشاری، تغییرشکل برشی، شاخص‌پتانسیل-مقاومت.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱- فصل اول- مقدمه و کلیات ۲
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- مشخصات گونهٔ مورد مطالعه ۳
۱-۲-۱- مشخصات درخت پالونیا ۳
۱-۲-۱-۱- شرایط رویش ۴
۱-۲-۱-۲- سرعت رویش ۵
۱-۲-۲- ویژگی‌ها و کاربردهای چوب پالونیا ۵
۱-۲-۲-۱- خواص آناتومی پالونیا ۶
۱-۲-۲-۲- ویژگی‌های مورفولوژی ۷
۱-۲-۲-۳- خواص شیمیایی ۷
۱-۲-۲-۴- خواص فیزیکی ۷
۱-۲-۲-۵- خواص مکانیکی ۷
۱-۲-۲-۶- کاربردهای چوب پالونیا ۸
۱-۳- چوب و ساختار آن ۹
۱-۳-۱- ماکروسکوپیک ۹
۱-۳-۲- میکروسکوپیک ۱۰
۱-۳-۳- مولکولی ۱۱
۱-۴- رابطهٔ بین دانسیته و خواص مکانیکی ۱۳
۱-۴-۱- شاخص پتانسیل مقاومت ۱۴
۱-۵- افزایش دانسیتهٔ چوب ۱۵
۱-۵-۱- روش شیمیایی ۱۵
۱-۵-۲- روش مکانیکی ۱۶
۱-۵-۲-۱- فشرده‌سازی استاتیکی ۱۷
۱-۵-۲-۲- فشرده‌سازی ایزواستاتیکی ۱۷
۱-۵-۲-۳- فشرده‌سازی نیمه- ایزواستاتیکی ۱۸
۱-۵-۳- کاربردهای چوب فشرده‌شده ۱۹
۱-۵-۴- مشکلات فشرده‌سازی ۱۹
۱-۵-۴-۱- برگشت ضخامت پس از آزادسازی فشار پرس ۲۰
۱-۵-۴-۲- تخریب ساختار چوب فشرده‌شده ۲۰
۱-۵-۴-۳- برگشت ضخامت در شرایط مرطوب ۲۱
۱-۶- اهداف تحقیق ۲۱
۱-۷- فرضیات ۲۲
۲- فصل دوم- سابقهٔ تحقیق ۲۵
۳- فصل سوم- مواد و روشها ۴۲

۳-۱- ماده چوبی ۴۲
۳-۱-۱- قطع درخت ۴۲
۳-۱-۲- الگوهای برش اولیه ۴۳
۳-۱-۳- خشک شدن تخته‌ها ۴۵
۳-۱-۴- برش‌های ثانویه ۴۵
۳-۲- تیمارها ۴۷
۳-۳- روش ها و مراحل انجام آزمایش ۴۸
۳-۳-۱- انتخاب نمونه‌ها برای تیمار ۴۸
۳-۳-۲- اندازه‌گیری ضخامت و رطوبت نمونه‌ها ۴۸
۳-۳-۳- تیمار بخار ۴۹
۳-۳-۴- فرایند پرس ۵۰
۳-۳-۵- محاسبهٔ درصد فشردگی ۵۱
۳-۴- آزمون‌های مکانیکی ۵۲
۳-۴-۱- آماده‌سازی نمونه‌های آزمونی ۵۲
۳-۴-۲- آزمون تعیین مدول گسیختگی ۵۲
۳-۴-۳- آزمون تعیین مدول‌الاستیسیتهٔ خمشی ۵۴
۳-۴-۴- آزمون تعیین مقاومت فشاری در جهت موازی و عمود بر الیاف ۵۴
۳-۴-۵- آزمون تعیین مقاومت به فرورفتگی (برینل) ۵۶
۳-۴-۶- آزمون تعیین مقاومت به ضربه ۵۸
۳-۴-۷- تعیین رطوبت و دانسیتهٔ نمونه‌های آزمون ۵۹
۳-۴-۸- محاسبهٔ شاخص پتانسیل مقاومت ۵۹
۳-۵- مشاهدات میکروسکوپی ۶۱
۳-۶- طرح های آماری ۶۱
۴- فصل چهارم- نتایج و بحث ۶۳
۴-۱- تأثیر عوامل متغیر بر ساختار چوب فشرده‌شده پالونیا ۶۳
۴-۲- تأثیر عوامل متغیر بر شاخص پتانسیل مقاومت ۱۰۱
۴-۳- تأثیر عوامل متغیر بر دانسیتهٔ پالونیای فشرده‌شده ۱۰۴
۴-۴- تأثیر عوامل متغیر بر خواص مکانیکی چوب فشرده شدهٔ پالونیا ۱۰۶
۴-۴-۱- مدول گسیختگی ۱۰۶
۴-۴-۱-۱- اثر مستقل سطوح جهت فشردگی بر مدول گسیختگی ۱۰۷
۴-۴-۱-۲- اثر سطوح درصد فشرده‌سازی بر مدول گسیختگی ۱۰۸
۴-۴-۱-۳- اثر مستقل دمای بخارزنی بر مدول گسیختگی ۱۰۹
۴-۴-۱-۴- اثر متقابل سطوح جهت فشردگی و درصد فشرده‌سازی بر مدول گسیختگی ۱۱۱
۴-۴-۲- مدول‌الاستیسیته خمشی ۱۱۲
۴-۴-۲-۱- اثر مستقل سطوح جهت فشردگی بر مدول‌الاستیسیته ۱۱۳
۴-۴-۲-۲- اثر مستقل سطوح درصد فشرده‌سازی بر مدول‌الاستیسیته ۱۱۴
۴-۴-۲-۳- اثر مستقل سطوح تیمار بخار بر مدول‌الاستیسیته ۱۱۵

۴-۴-۳- مقاومت به فشار موازی الیاف ۱۱۶
۴-۴-۳-۱- اثر مستقل سطوح جهت فشردگی بر مقاومت به فشار موازی الیاف ۱۱۷
۴-۴-۳-۲- اثر مستقل سطوح درصد فشرده‌سازی بر مقاومت به فشار موازی الیاف ۱۱۹
۴-۴-۳-۳- اثر مستقل سطوح بخارزنی بر مقاومت به فشار موازی الیاف ۱۲۰
۴-۴-۳-۴- اثر متقابل جهت فشردگی و درصد فشرده‌سازی بر مقاومت به فشار موازی الیاف ۱۲۱
۴-۴-۴- مقاومت به فشار عمود بر الیاف ۱۲۲
۴-۴-۴-۱- اثر مستقل سطوح جهت فشردگی بر مقاومت به فشار عمود بر الیاف ۱۲۳
۴-۴-۴-۲- اثر مستقل سطوح درصد فشرده‌سازی بر مقاومت به فشار عمود بر الیاف ۱۲۷
۴-۴-۴-۳- اثر مستقل سطوح بخارزنی بر مقاومت به فشار عمود بر الیاف ۱۲۸
۴-۴-۴-۴- اثر متقابل سطوح جهت فشردگی و درصد فشرده‌سازی بر مقاومت به فشار عمود بر الیاف ۱۲۹
۴-۴-۵- مقاومت به ضربه ۱۳۰
۴-۴-۵-۱- اثر مستقل سطوح جهت فشردگی بر مقاومت به ضربه ۱۳۱
۴-۵-۲-۲- اثر مستقل سطوح درصد فشرده‌سازی بر مقاومت به ضربه ۱۳۲
۳-۱-۵-۴- اثر مستقل سطوح بخارزنی بر مقاومت به ضربه ۱۳۳
۴-۴-۶- سختی سطح برینل ۱۳۴
۴-۴-۶-۱- اثر مستقل سطوح جهت فشردگی بر سختی سطح ۱۳۵
۴-۴-۶-۲- اثر مستقل سطوح درصد فشرده‌سازی بر سختی سطح ۱۳۶
۴-۴-۶-۳- اثر مستقل سطوح بخارزنی بر سختی سطح ۱۳۷
۵- فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۴۰
۵-۱- نتیجه‌گیری ۱۴۰
۵-۲- پیشنهادات ۱۴۵
۶- فهرست منابع ۱۴۷

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱- ۱- نهال پالونیا ۴
شکل ۱-۲- عکس میکروسکوپ نوری از مقطع عرضی پالونیا (گرفته شده توسط نویسنده) ۶
شکل ۱-۳- شماتیکی از ساختار ماکروسکوپیک چوب ۱۰
شکل ۱-۴- شماتیکی از ریز ساختار چوب ۱۱
شکل ۱- ۵- شماتیکی از ساختار دیوارهٔ سلولی ۱۲
شکل ۱- ۶- فشار ایزواستاتیکی در سیلندر هیدرولیکی ۱۷
شکل ۱- ۷- پرس نیمه- ایزواستاتیکی ۱۸
شکل ۳-۱- قطع درختان ۴۲
شکل۳ -۲- برش طولی درختان قطع شده ۴۳
شکل۳ -۳- انبار گرده‌بینه‌ها ۴۳
شکل ۳-۴- تصویر شماتیکی از مراحل برش گرده بینه ۴۴
شکل ۳-۵- تخته ها در حال خشک شدن ۴۵
شکل ۳-۶- نمونهٔ شعاعی ۴۶
شکل ۳-۷- نمونهٔ مماسی ۴۶
شکل ۳-۸- دستگاه بخارزنی: ۱- دیگ بخار۲- محفظهٔ بخارزنی۳- دریچهٔ ورودی۴- لولهٔ انتقال بخار۵- دریچهٔ تخلیه۶- لولهٔ تخلیه۷- دماسنج دیگ بخار ۵۰
شکل ۳-۹- سمت راست: پرس گرم و سمت چپ: ۱- نمونه ها در حال فشرده شدن ۲- صفحات گرم پرس ۳- لوله‌های ورودی هوا برای خنک کردن صفحات پرس ۵۰
شکل ۳-۱۰- آزمون خمش استاتیک ۵۳
شکل ۳-۱۱- فشار موازی الیاف ۵۴
شکل ۳-۱۲- فشار عمود بر الیاف ۵۶
شکل ۳-۱۳- آزمون سختی سطح برینل ۵۷
شکل ۳-۱۴- دستگاه آزمون مقاومت به ضربهٔ Izod ۵۸
شکل ۳-۱۵- نمونهٔ آزمایش شده ۵۹
شکل ۴-۱- مدل ارائه شده توسط کلمن ۶۴
شکل ۴-۲- تصویر شماتیکی از نمونهٔ فشرده شده در جهت مماسی ۶۶
شکل ۴-۳- نمونهٔ فشرده شده در جهت مماسی ۶۷
شکل ۴-۴- فشردگی مماسی تا ۳۰ درصد ضخامت اولیه ۶۸
شکل ۴-۵- فشردگی مماسی تا ۴۰ درصد ضخامت اولیه ۶۹
شکل ۴-۶- فشردگی مماسی تا۵۰ درصد ضخامت اولیه ۷۰
شکل ۴-۷- نمونهٔ فشرده شده در جهت مماسی ۷۲
شکل ۴-۸- تغییر شکل برشی سلول ها در فشردگی مماسی ۷۳
شکل ۴-۹- فشردگی در جهت مماسی ۷۴
شکل ۴-۱۰- تغییر شکل سلول ها در فشردگی مماسی ۷۵

شکل ۴-۱۱- تغییر شکل سلول ها در فشردگی مماسی ۷۶
شکل ۴-۱۲- نمونهٔ فشرده شده در جهت مماسی ۷۷
شکل ۴-۱۳- تغییر شکل سلول ها تحت فشردگی مماسی ۷۸
شکل ۴-۱۴- تأثیر فشردگی مماسی بر نحوهٔ تغییر شکل سلول ها ۷۹
شکل ۴-۱۵- نحوهٔ تغییر شکل عناصر سلولی تحت فشردگی مماسی ۸۰
شکل ۴-۱۶- تغییر شکل آوند تحت فشردگی مماسی ۸۱
شکل ۴-۱۷- تغییر شکل آوند تحت فشردگی مماسی ۸۲
شکل ۴-۱۸- تغییر شکل برشی آوند تحت فشردگی مماسی ۸۲
شکل ۴-۱۹- آوند تحت تأثیر نیروی برشی ۸۳
شکل ۴-۲۰- نمونهٔ فشرده شده در جهت شعاعی ۸۴
شکل ۴-۲۱- تغییر شکل سلول ها تحت بارگذاری شعاعی ۸۵
شکل ۴-۲۲- نحوهٔ تغییر شکل سلول ها تحت بارگذاری شعاعی ۸۶
شکل ۴-۲۳- نمونهٔ فشرده شده در جهت شعاعی تا۳۰ درصد ضخامت اولیه ۸۷
شکل ۴-۲۴- میزان و نحوهٔ فشردگی آوند و اشعه در فشردگی شعاعی تا ۳۰ درصد ضخامت ۸۸
شکل ۴-۲۵- تغییر مسیر اشعه و فشردگی گوشهٔ آوند ۸۹
شکل ۴-۲۶- نمونهٔ فشرده شده در جهت شعاعی و تا ۳۰ درصد ضخامت اولیه ۹۰
شکل ۴-۲۷- نمونهٔ فشرده شده در جهت شعاعی و تا ۴۰ درصد ضخامت اولیه ۹۱
شکل ۴-۲۸- تخریب آوند ها و تاب برداشتن اشعه ها ۹۲
شکل ۴-۲۹- نمونهٔ فشرده شده در جهت شعاعی و تا ۵۰ درصد ضخامت اولیه ۹۴
شکل ۴-۳۰- تغییر شکل آوندهای چوب پاییزه ۹۵
شکل ۴-۳۱- تغییر شکل آوندهای چوب پاییزه با بزرگنمایی بیشتر ۹۵
شکل ۴-۳۲- تخریب آوند و تغییر مسیر اشعه در فشرده سازی ۵۰ درصد ۹۶
شکل ۴-۳۳- نحوهٔ تغییر شکل آوند و اشعه ها تحت فشردگی شعاعی تا ۵۰ درصد ۹۷
شکل ۴-۳۴- ترکهای سطحی و داخلی در بخارزنی ۱۷۰ درجهٔ سانتی گراد ۱۰۰
شکل ۴-۳۵- ترک برداشتن نمونه های بخارزنی نشده در فشردگی مماسی ۱۰۱
شکل۴-۴۹ - شماتیکی از رابطهٔ تنش- کرنش در چوب تحت فشار عرضی ۱۲۳
شکل۴-۵۰ – رابطهٔ تنش- کرنش فشاری چوب پالونیای فشرده نشده در جهت شعاعی و مماسی ۱۲۴
شکل۴-۵۱ – رابطهٔ تنش-کرنش چوب پالونیای فشرده شده به طور شعاعی و مماسی در مقابل فشار عمود بر الیاف ۱۲۶
شکل۴-۵۲ – اثر مستقل درصد فشرده سازی بر مقاومت به فشار عمود بر الیاف ۱۲۷
شکل۴-۵۳ – اثر مستقل دمای بخارزنی بر مقاومت به فشار عمود بر الیاف ۱۲۸
شکل۴-۵۴ – اثر متقابل جهت فشردگی و درصد فشرده سازی بر مقاومت به فشار عمود بر الیاف ۱۲۹
شکل۴-۵۵ – اثر مستقل سطوح جهت فشردگی بر مقاومت به ضربه ۱۳۲
شکل۴-۵۶ – اثر مستقل سطوح درصد فشرده سازی بر مقاومت به ضربه ۱۳۳
شکل۴-۵۷ – اثر مستقل دمای بخارزنی بر مقاومت به ضربه ۱۳۴
شکل۴-۵۸ – اثر مستقل سطوح جهت فشردگی بر سختی برینل ۱۳۶
شکل۴-۵۹ – اثر مستقل سطوح درصد فشرده سازی بر سختی سطح برینل ۱۳۷

شکل۴-۶۰ -- اثر مستقل سطوح دمای بخارزنی بر سختی سطح برینل ۱۳۸

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

جدول۳-۱- جدول تیمارها ۴۷
جدول۳-۲- جدول ضریب ثابت b ۶۰
جدول ۴-۱- تأثیر عوامل متغییر بر شاخص پتانسیل مقاومتِ خواص مکانیکی مختلف ۱۰۲
جدول ۴-۲- تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر فشرده سازی بر دانسیته ۱۰۵
جدول ۴-۳- تجزیه واریانس عوامل متغیر بر مدول گسیختگی ۱۰۶
جدول ۴-۴- تجزیه واریانس مدول الاستیسیته ۱۱۳
جدول ۴-۵- تجزیه واریانس مقاومت به فشار موازی الیاف ۱۱۷
جدول ۴-۶- تجزیه واریانس عوامل متغیر بر مقاومت به فشار عمود بر الیاف ۱۲۳
جدول ۴-۷- تجزیه واریانس عوامل متغیر بر مقاومت به ضربه ۱۳۰
جدول ۴-۸- تجزیه واریانس سختی برینل ۱۳۵

فصل اول

مقدمہ وکلیات

۱- فصل اول- مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

یکی از عمده‌ترین مشکلات صنعت چوب در جهان نبودن توازن بین تولید و مصرف چوب است. رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای محصولات چوبی و همچنین کاهش سطح جنگل‌ها، مراکز تولیدی را با کمبود مواد اولیه مواجه کرده است. بین سالهای ۱۹۹۹ و ۲۰۰۵ هر ساله در حدود ۱۳/۱ میلیون هکتار از سطح جنگل‌های جهان کاهش یافته است. این آمار بعد از احتساب ارقام مربوط به جنگل‌کاری‌ها و رشد طبیعی جنگل‌ها بدست‌آمده است (فائو ۲۰۰۶). این نشان می‌دهد که کاهش سطح جنگل‌ها به طور فزاینده‌ای افزایش یافته و بنابراین واضح است که منابع چوبی برای مصارف صنعتی نیز در حال کاهش باشد. برای فراورده‌های کامپوزیت[۱] که در ساخت آنها می‌توان از مواد اولیهٔ مختلفی استفاده کرد، این مشکل با استفاده از منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی مانند کاه گندم، کلش برنج، ساقهٔ نیشکر و منابع لیگنوسلولزی چوبی مانند ضایعات کارخانه‌های چوب‌بری، گارگاه‌های درودگری و غیره تا حدود زیادی قابل حل است. ولی از طرفی کارخانه‌های چوب‌بری، گارگاه‌های درودگری و مبل‌سازی و همچنین کارخانه‌های روکش و تخته لایه برای تأمین مواد اولیهٔ خود نیاز به منابع چوبی جنگلی دارند و این در حالی است که منابع چوبی در حال کاهش است. یکی از راههای مقابله با این مشکل جنگل‌کاری‌های پربازده است. این نوع

---

[۱]- Composite

جنگل‌کاری معمولاً برای تولید چوب و الیاف چوبی انجام میگیرد (فائو ۲۰۰۶). چون تولید چوب توسط درخت به سالهای زیادی نیازمند است به همین دلیل از جنگل‌کاری‌های پربازده[۱] برای برداشت چوبِ بیشتر در مدت زمان کمتر، استفاده می‌شود. گونه‌های سریع‌الرشد از جمله درختانی هستند که برای جنگل‌کاری‌های پربازده استفاده می‌شوند. پالونیا[۲] نیز یکی از گونه‌ها است (کریکوریان ۱۹۸۸). اما چوب این درختان به دلیل سریع‌الرشد بودن، دانسیته و در نتیجه مقاومت مکانیکی پایینی دارند که کاربرد آنها را محدود می‌کند. برای افزایش مقاومت‌های مکانیکی چوب این گونه‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد که اساس همهٔ آنها افزایش دانسیتهٔ چوب به طرق مختلف است. یکی از این روش‌ها که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت، فشرده‌سازی ساختار چوب ماسیو به روش مکانیکی است. در این روش خواص چوب ماسیو در نتیجهٔ افزایش دانسیته اصلاح می شود. چوب و خصوصاً چوب‌های سبک، تخلخل و فضای خالی زیادی دارند. هدف از فشرده‌سازی کاهش دادن فضاهای خالی و حجم چوب برای رسیدن به جرم بالا در واحد حجم است.

۱-۲- مشخصات گونهٔ مورد مطالعه

۱-۲-۱- مشخصات درخت پالونیا

پالونیا از خانوادهٔ *Paulowniaceae* و از تیرهٔ *Scrophulariaceae* ، یک پهن‌برگ خزان-کننده است و در شرایط مساعد سرعت رشد خیلی زیادی دارد. این درخت از ۲۳۰۰ سال پیش در چین کاشت می‌شود. پالونیا به درخت پرنسس و یا ملکهٔ چینی نیز معروف است. خوشه‌های خوش‌نما، گل‌های سنبل‌دار خوش‌بو و برگ‌های بزرگ و شبیه گوش فیل از مشخصات بارز این

[۱]- Productivity
[۲]- Paulownia

درخت است. این جنس ۹ گونه دارد که فقط سه گونهٔ *P.tomentosa*، *P.fortunei* و *P.elongata* دارای ارزش تجاری و بازارپسند هستند. بزرگترین بازار تجاری آن در ژاپن و چین است (کریکوریان ۱۹۸۸).

شکل ۱- ۱- نهال پالونیا

۱-۲-۱-۱- شرایط رویش

بااینکه رویشگاه اصلی پالونیا چین است اما محدودهٔ پراکنش طبیعی آن از نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری تا نواحی سردسیری است. اگرچه گونه‌های زیادی از پالونیا در آسیا موجود است ولی رشد اکثر آنها به شرایط اقلیمی نیمه‌حاره‌ای وابسته است. اما سه گونهٔ *P.tomentos*، *P.fortunei* و *P.elongata* نسبت به شرایط اقلیمی سرد نیز سازگار هستند به‌طوری که دو گونهٔ *P. fortunei* و *P. elongata* در مناطقی که دمای هوا در زمستان به منفی ۶ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد رویش می‌کنند.

درخت پالونیا در خاک‌های مختلفی می‌تواند رشد کند اما برای رشد بهینه به خاک عمیق و حاصلخیز نیاز دارد. در مناطقی که متوسط میزان بارندگی سالیانه ۸۰۰ میلیمتر و یا بیشتر است

نیازی به آبیاری نیست اما در مناطق کم‌باران برای ایجاد شرایط مناسب رویش، آبیاری ضروری است. همچنین این درخت به کم‌نوری حساس و روشنایی‌پسند است (کریکوریان ۱۹۸۸).

۱-۲-۱-۲- سرعت رویش

سرعت رشد پالونیا با توجه به شرایط رویش و سن درخت بسیار متغییر است. امّا معمولاً در سال اول، رشد طولی درخت به ۴ تا ۶ متر و در سال دوم به ۲ تا ۳ متر می رسد. در شرایط مناسب رویش و بعد از چهار سال، ارتفاع درخت به ۱۰ متر و قطر برابر سینه به ۲۲ سانتیمتر می رسد. در یک سایت جنگل‌کاری و در شرایط مساعد، درختان ۱۰ ساله معمولاً قطری بین ۴۵-۵۰ سانتیمتر دارند و تولید سالانهٔ چوب در چنین سایتی در حدود ۱۲ مترمکعب در هکتار است (کریکوریان ۱۹۸۸).

۱-۲-۲- ویژگی‌ها و کاربردهای چوب پالونیا

به‌طور کلی می‌توان ویژگی‌های چوب پالونیا را به شرح زیر بیان کرد (کریکوریان ۱۹۸۸):

۱) چوب زرد کم‌رنگ و بدون‌بو

۲) تغییر تدریجی چوب‌درون به چوب‌برون

۳) دانسیتهٔ پایین

۴) مقاومت بالا نسبت به وزن سبک

۵) عایق الکتریکی و گرمایی بالا

۶) خشک‌شدن سریع و بدون تاب، ترک و تغییرشکل

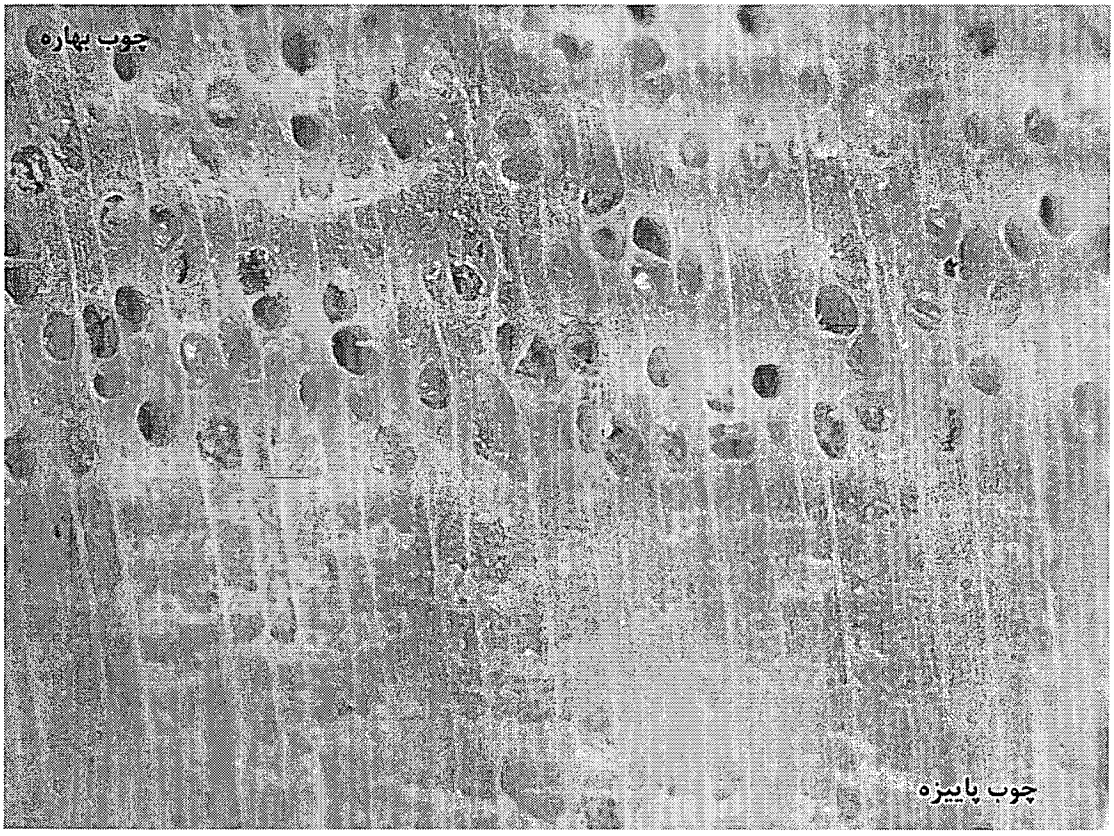
۷) راست‌تار و کم‌گره

۸) خصوصیات ماشین‌کاری عالی

۹) کیفیت رزونانسی بالا

۱-۲-۲-۱- خواص آناتومی پالونیا

در مقطع عرضی آوندها به صورت گروه‌های دو و سه‌تایی قرار دارند و دریچهٔ آوندها به صورت گرد و یا بیضی است. حفرات آوندی در چوب بهاره چندین برابر حفرات آوندی در چوب تابستانه است که باعث می شود چوب بخش روزنه‌ای باشد. سلول‌های پارانشیمی در چوب بهاره به صورت دور-آوندی هستند. عناصر سلولی چوب بهاره عمدتاً آوندها و پارانشیم‌ها هستند. بافت چوب پاییزه بیشتر از فیبر تشکیل شده است (خزائیان و طبرسا ۱۳۸۷).



شکل ۱-۲- عکس میکروسکوپ نوری از مقطع عرضی پالونیا (گرفته شده توسط نویسنده)

۱-۲-۲-۲- ویژگی‌های مورفولوژی

میانگین طول الیاف پالونیا در حدود ۱۰۲۷/۹۷ میکرون و ضرایب درهم‌رفتگی، نرمش و رانکل به ترتیب در حدود ۲۹/۵۷، ۶۷/۵۷ و ۶۴/۳۳ است. در برخی مطالعات ضخامت دیوارهٔ سلولی پالونیا در حدود ۵/۲۴ میکرون گزارش شده است (خزائیان و طبرسا ۱۳۸۷).

۱-۲-۲-۳- خواص شیمیایی

چوب پالونیا به طور متوسط از ۵/۰۵٪ مواد استخراجی، ۲۹/۷۷٪ لیگنین و در حدود ۶۵/۴۴٪ سلولوز و همی‌سلولوز (هولوسلولوز) تشکیل شده است (خزائیان و طبرسا ۱۳۸۷).

۱-۲-۲-۴- خواص فیزیکی

متوسط جرم حجمی چوب پالونیا در حدود ۰/۲۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشد. همکشیدگی چوب پالونیا کم است به‌طوری که در جهت شعاعی در حدود ۲/۲ درصد و در جهت مماسی ۴ درصد همکشیده می شود. الوار تازه بریده شده تمایل به باختگی و لک شدن دارند (خزائیان و طبرسا ۱۳۸۷، کریکوریان ۱۹۸۸).

۱-۲-۲-۵- خواص مکانیکی

خواص مکانیکی ازقبیل مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و مقاومت به فشار موازی الیاف برای چوب پالونیا که در منطقهٔ گرگان کاشته‌شده است به‌ترتیب در حدود ۴۱/۱۷۸ مگاپاسکال، ۳/۹۰۴۱ گیگاپاسکال و ۲۱/۹۸ مگاپاسکال گزارش شده است. نسبت مقاومت خمشی و مدول-الاستیسیته به وزن چوب پالونیای کاشته شده در منطقهٔ گرگان در مقایسه با چوب بالزا در حدود ۳۰ درصد و در مقایسه با سایر کلن‌های پالونیا که در مناطق دیگری در خارج از ایران کاشته‌شده-