

صلى الله عليه وسلم



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته

حفاظت و اصلاح چوب

## بررسی اثر فورفوریل الکل بر زبری سطح چوب صنوبر

پژوهش و نگارش:

سمیه کر

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا ماستری فراهانی

استاد مشاور:

دکتر داود رسولی

زمستان ۱۳۹۳

## تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه انجام فعالیت‌های پایان‌نامه‌های تحصیلی با بهره‌گیری از حمایت‌های علمی، مالی و پشتیبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت می‌پذیرد، به منظور رعایت حقوق دانشگاه، نسبت به رعایت موارد زیر متعهد می‌شوم:

۱. این گزارش حاصل فعالیت‌های علمی-پژوهشی و دانش و آگاهی نگارنده است مگر آنکه در متن به نویسنده یا پدیدآورنده اثر ارجاع داده شده باشد.
۲. چاپ هر تعداد نسخه از پایان‌نامه با کسب اجازه کتبی از مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه خواهد بود.
۳. انتشار نتایج پایان‌نامه به هر شکل (از قبیل کتاب، مقاله و همایش) با اطلاع و کسب اجازه کتبی از استاد راهنما خواهد بود. نام کامل دانشگاه: **Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources** و به انگلیسی: **Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources** در بخش آدرس‌دهی درج خواهد شد.
۴. در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب اختراع، اکتشاف و موارد مشابه، نام کامل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به عنوان عضو حقوقی در انتهای فهرست اسامی درج گردد.
۵. تعیین ترتیب اسامی نویسندگان در انتشار نتایج مستخرج از پایان‌نامه و هر گونه تفاوت احتمالی در آن با فهرست مصوب اسامی هیات راهبری پایان‌نامه با تایید استاد راهنمای اول خواهد بود.

اینجانب سمیه کر دانشجوی رشته **حفاظت و اصلاح چوب کارشناسی ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء

تقدیم:

به پدرم، بزرگ استادم که درس تلاش و زندگی را از او آموختم

به مادرم، بلندتکیه گاهم، منظر صبر و مهربانی که هر چه دارم از اوست

دو وجود مقدسی که توانشان رفت تا من به توانایی رسم

و موهبتشان سپیدی گرفت تا من سپیدروی شوم

و تقدیم به تمام عزیزانی که به بهای دردمان آموختم آئین تلاش را

شاید نشانی باشد از پاس...

سمیه کر

## مشکر و قدردانی

یا هو

ای هستی بخش، وجود ما بر نعمت بی کرات تو ان شکر نیست ذره ذره وجودم برای تو و نزدیک شدن به تو می تپد. ای مراد کن تا دانش اندکم نه زودبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور، نه حلقه ای برای اسارت و زده دست یاری برای تجارت، بلکه گامی باشد برای تجلیل از تو و متعالی ساختن زندگی خود و دیگران.

حال که توفیق جمع آوری و تهیه این مجموعه را یافته ام بر خود واجب می دانم از تمامی عزیزانی که در طی انجام این پژوهش از راهنمایی و یاری شان بهره مند شدم ام شکر و قدردانی کنم و برای ایشان از درگاه پروردگار مهربان آرزوی سعادت و پیروزی نمایم.

در ابتدا صمیمانه ترین سپاسم را بفرموده و ماد خدا کارم، بر پاس آسایشی که از خود دین کرده تا شاهد آسایش و موفقیتیم باشند. از خداوند سلامتی ایشان را خواهم و دوستان را می بوسم و امید آن دارم که کاستی بایم را در طول زندگی بر من بخشیند.

و سپاس از برادرم که وجود همیشه بیدارش، نیکو گاه محکمی برای خیمه هستی ام بوده است...

از استاد راهنمای ارجمند جناب آقای دکتر باستانی فرانی که با صبر و صبوری مرا راهنمایی نموده و بار بار از نظرات سازنده و رهنمودهای بی دریغشان در پیشبرد این پایان نامه سعی تمام مبذول داشتند، کمال شکر را دارم.

از استاد گرامی، جناب آقای دکتر داود رسولی که زحمت مشاوری این پایان نامه را قبول نموده اند کمال شکر را دارم.

از داوران گرامی جناب آقای دکتر تقی طبرسا و جناب آقای دکتر محراب مدبوشی که افتخار نگارگری حرد و بزرگوار داشتند، صمیمانه سپاسگزارم.

از کلیه اساتید گرانقدر گروه که در دوران تحصیل از محضرشان کسب فیض نمودم، شکر می نمایم. از پرسنل محترم آزمایشگاه صنایع چوب دانشگاه و همچنین از پرسنل محترم شرکت سازه گستر سیاب لیل، بکارهای بی دریغشان سپاسگزارم. و در نهایت از همکاسی های خوبم، دوستان گرانقدرم قدردانی می نمایم.

قدردانان همه شایسته کوران و آرزو مند سلامت و سعادتتان، هستم.

سمیه کر

## چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر فورفوریل الکل بر روی زبری سطح چوب صنوبر دلتوئیدس انجام گرفت. برای این منظور نمونه‌هایی به ابعاد  $50 \times 50 \times 2$  میلی‌متر از چوب صنوبر دلتوئیدس تهیه گردید. نمونه‌های چوبی با محلول‌های متانولیک فورفوریل الکل در حضور دو کاتالیزور مالئیک‌انیدرید و اسید سیتریک اصلاح گردیدند. تحت دو شرایط متفاوت استفاده شده در این مطالعه، دو درصد افزایش وزن‌های (WPGs) مختلف بدست آمد. در این تحقیق از روش پروفیلومتری (تکنیک سوزنی) به منظور اندازه‌گیری پارامترهای زبری سطح ( $Ra$ ,  $Rz$ ,  $Rmax$ ,  $Rp$ ,  $Rv$ ,  $Rq$ ,  $Rk$ ,  $Rpk$  و  $Rvk$ ) نمونه‌های اصلاح شده استفاده گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که زبری سطح چوب با فورفوریل‌اسیون افزایش یافته است. با افزایش درصد افزایش وزن از  $18/80$  درصد به  $107/578$  درصد، برخی از پارامترهای زبری به طور معنی داری کاهش یافته است اما به طور معنی داری بیشتر از نمونه‌های تیمار نشده بودند.

**واژه‌های کلیدی:** زبری سطح، فورفوریل الکل، فورفوریل‌اسیون، درصد افزایش وزن.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول
۲	۱-۱- مقدمه .....
۴	۲-۱- کلیات .....
۴	۱-۲-۱- ویژگی های گونه مورد تحقیق .....
۴	۱-۲-۱-۱- مشخصات گیاه شناسی چوب صنوبر .....
۴	۲-۱-۲-۱- مشخصات ماکروسکوپی .....
۵	۲-۱-۲-۱-۳- مشخصات میکروسکوپی .....
۵	۲-۱-۲-۱-۴- خواص فیزیکی و مکانیکی .....
۶	۲-۱-۲-۱-۵- موارد مصرف .....
۶	۲-۲-۱- اصلاح چوب .....
۷	۲-۲-۱-۳- تقسیم بندی اصلاح چوب .....
۸	۲-۲-۱-۴- اصلاح حرارتی .....
۸	۲-۲-۱-۵- اصلاح سطحی .....
۹	۲-۲-۱-۶- اصلاح شیمیایی .....
۹	۲-۲-۱-۷- اصلاح به روش اشباع .....
۹	۲-۲-۱-۷-۱- تعریف چوب پلیمر .....
۱۰	۲-۲-۱-۷-۲- انواع چوب پلیمر .....
۱۰	۲-۲-۱-۷-۲-۱- چوب پلیمر حفره ای .....
۱۰	۲-۲-۱-۷-۲-۲- چوب پلیمر دیواره ای .....
۱۱	۲-۲-۱-۷-۲-۳- چوب پلیمر ترکیبی .....
۱۱	۲-۲-۱-۷-۲-۳- فرآیند تولید چوب پلیمر .....
۱۱	۲-۲-۱-۷-۲-۳-۱- تیمار(اشباع) چوب .....
۱۲	۲-۲-۱-۷-۲-۳-۲- پلیمریزاسیون مونومرها در چوب .....

۱۳	۱-۲-۷-۴- اشباع چوب با فورفوریل الکل ( فورفوریل اسیون)
۱۳	۱-۲-۷-۵- فورفوریل الکل
۱۶	۱-۲-۷-۶- شیمی چوب تیمار شده با فورفوریل الکل
۱۹	۱-۲-۷-۷- فرآیند تجاری فورفوریل اسیون
۱۹	۱-۲-۷-۸- اثرات زیست محیطی چوب فورفوریل شده
۲۰	۱-۲-۸- کیفیت سطح چوب
۲۱	۱-۲-۸-۱- مهم ترین عوامل اثرگذار بر زبری سطح چوب
۲۱	۱-۲-۸-۲- آناتومی چوب
۲۱	۱-۲-۸-۳- دانسیته چوب ( تخلخل چوب)
۲۱	۱-۲-۸-۴- رطوبت
۲۲	۱-۲-۸-۵- فرآیند برش
۲۲	۱-۲-۸-۶- دیگر فاکتورها
۲۲	۱-۲-۸-۷- ناهمواری سطح
۲۲	۱-۲-۸-۸- روش های اندازه گیری ناهمواری های سطح
۲۳	۱-۲-۸-۹- از طریق روش حسی
۲۴	۱-۲-۸-۱۰- روش غیر پروفیلومتری
۲۵	۱-۲-۸-۱۱- روش پروفیلومتری
۲۵	۱-۲-۸-۱۱-۱- روش اندازه گیری غیر تماسی
۲۵	۱-۲-۸-۱۱-۲- روش اندازه گیری تماسی (سوزنی) با سنسور مکانیکی
۲۷	۱-۲-۸-۱۲- تعاریف پارامترهای سطح
۲۷	۱-۲-۸-۱۲-۱- خط متوسط پروفیل
۲۷	۱-۲-۸-۱۲-۲- پارامترهای ناهمواری سطح



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۷	۱-۲-۸-۱۲-۳ Ra
۲۸	۱-۲-۸-۱۲-۴ Rt
۲۸	۱-۲-۸-۱۲-۵ Rz
۲۹	۱-۲-۸-۱۲-۶ Rmax
۲۹	۱-۲-۸-۱۲-۷ Rq
۲۹	۱-۲-۸-۱۲-۸ پارمترهای منحنی آبوت
۳۰	۱-۳ هدف تحقیق
۳۰	۱-۴ فرضیات تحقیق
	فصل دوم
۳۲	۲-۱-۱ اصلاح چوب با فورفوریل الکل و خواص آن
۳۵	۲-۲-۱ زبری سطح چوب
۳۶	۲-۳-۱ اثر مواد حفاظتی بر روی زبری سطح
۳۸	۲-۴-۱ اثر اصلاح چوب بر زبری سطح
	فصل سوم
۴۶	۳-۱-۱ زمان و مکان تحقیق
۴۶	۳-۲-۱ اجرای تحقیق
۴۶	۳-۳-۱ مواد مورد استفاده
۴۶	۳-۳-۱-۱ تهیه نمونه‌های آزمون
۴۶	۳-۳-۲-۱ مواد شیمیایی مورد استفاده
۴۷	۳-۴-۱ فرایند اصلاح
۴۷	۳-۴-۱-۱ آماده‌سازی محلول اشباع
۴۷	۳-۴-۲-۱ اشباع نمونه‌ها با مونومر الکل فورفوریل

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

---

..... ۴۸	۳-۴-۳- پلیمراسیون مونومر در چوب
..... ۴۹	۳-۵- اندازه‌گیری کیفیت سطح
..... ۴۹	۳-۵-۱- متعادل سازی رطوبت
..... ۴۹	۳-۵-۲- اندازه‌گیری زبری سطح چوب ماسیو ( به روش پروفیلومتری )
..... ۵۱	۳-۶- تجزیه و تحلیل آماری
	فصل چهارم
..... ۵۴	۴-۱- پلیمراسیون فورفوریل‌الکل در چوب صنوبر دلتوئیدس
..... ۵۴	۴-۲- اثر فورفوریل‌الکل بر پارامترهای زبری سطح
..... ۵۸	۴-۳- زبری نسبی نمونه‌های اصلاح شده با فورفوریل‌الکل
	فصل پنجم
..... ۶۲	۵-۱- نتیجه‌گیری کلی
..... ۶۲	۵-۲- پیشنهادات
..... ۶۳	منابع

## فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- اثر تیمارهای مختلف بر روی مکانیسم چوب	۷
شکل ۲-۱- واکنش فورفوریل الکل تحت شرایط اسیدی	۱۸
شکل ۳-۱- الگوهای اتصال عرضی زنجیرهای پلیمر فورفوریل الکل	۱۸
شکل ۴-۱- واکنش پیوند زنی فورفوریل الکل	۱۸
شکل ۵-۱- ارزیابی صافی سطح از طریق بازرسی چشمی	۲۳
شکل ۶-۱- ارزیابی صافی سطح از طریق لامسه	۲۳
شکل ۷-۱- ارزیابی صافی سطح از طریق کاربن	۲۴
شکل ۸-۱- ارزیابی صافی سطح از طریق پنوماتیکی	۲۴
شکل ۹-۱- ارزیابی صافی سطح از طریق میکروسکوپ	۲۵
شکل ۱۰-۱- ارزیابی صافی سطح از طریق لیزر	۲۵
شکل ۱۱-۱- ارزیابی صافی سطح از طریق سوزنی	۲۶
شکل ۱۲-۱- پارامتر $Ra$	۲۷
شکل ۱۳-۱- پارامتر $Rt$	۲۸
شکل ۱۴-۱- پارامتر زبری $Rz$	۲۸
شکل ۱۶-۱- پارامتر زبری $Rq$	۲۹
شکل ۱۷-۱- پارامترهای منحنی Abbott	۳۰
شکل ۱-۳- مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق	۴۷
شکل ۲-۳- نمونه‌های پیچیده شده در فویل آلومینیومی	۴۸
شکل ۳-۳- نمونه چوبی اصلاح شده با الکل فورفوریل	۴۹
شکل ۴-۳- دستگاه اندازه‌گیری زبری	۵۰
شکل ۴-۱- پروفیل و پارامترهای زبری سطح نمونه با WPG بالا	۵۶
شکل ۲-۴- پروفیل و پارامترهای زبری سطح نمونه با WPG پایین	۵۷

## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- خواص فیزیکی فورفوریل‌الکل.....	۱۵
جدول ۱-۴- درصد افزایش وزن به‌دست‌آمده از واکنش فورفوریل‌اسیون.....	۵۴
جدول ۲-۴- میانگین پارامترهای زبری قبل و بعد از فورفوریل‌اسیون.....	۵۵
جدول ۳-۴- سطح معنی‌داری مقدار t حاصل از آزمون مستقل اثر فورفوریل‌الکل بر روی زبری سطح.....	۵۸
جدول ۴-۴- بررسی زبری نسبی نمونه‌های اصلاح شده با فورفوریل‌الکل.....	۵۹
جدول ۵-۴- نتایج حاصل از آزمون Two sample t-test پارامترهای داده‌های زبری نسبی در دو WPG مختلف.....	۵۹

فصل اول

مقدمه و کلیات

## ۱-۱- مقدمه

چوب به دلیل فراوانی زیاد و تجدیدپذیر بودن، از ابتدا برای بقای بشر یک ماده ضروری بوده است. همچنین با پیشرفت تکنولوژی به عنوان سرپناه و مواد مهندسی مورد استفاده قرار گرفته است. چوب به دلیل ساختار سلولی ویژه مقاومت بالایی نسبت به وزنش دارد، به همین خاطر برخی از چوب‌آلات با کیفیت بالا به عنوان مواد ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. عیوب عمده چوب اساساً به دلیل وجود تعداد گروه‌های هیدروکسیل فراوان در ترکیبات اصلی دیواره چوب و وجود منافذ گوناگون و گذرگاه‌های عمده برای حرکت رطوبت در آن می‌باشد. مسدود کردن این سایت‌های واکنشی و پر کردن منافذ چوب نه تنها مقاومت در برابر رطوبت را افزایش می‌دهد، بلکه ثبات ابعاد، ویژگی‌های فیزیکی و تخریب طبیعی آن را نیز بهبود می‌بخشد. این عیوب چوب کاربرد آن را به عنوان یک ماده با کیفیت بالا محدود می‌کند (جهانتیغ، ۱۳۹۱). توسعه و پیشرفت تکنولوژی در جهان سبب گشته است تا از یک سو به علت امتیازات فرآورده‌های چوبی برای بسیاری از مصارف به‌ویژه در صنایع و از سوی دیگر عرضه آن به مصرف‌کننده بسته به فاکتورهایی از قبیل مقاومت، تثبیت ابعاد و عمر مفید آن در برابر عوامل مخرب بیولوژیکی نیاز به فرآورده‌های چوبی روز به روز افزایش یابد. امروزه در بسیاری از کشورهای صنعتی جهان استفاده مطلوب از منابع لیگنوسلولزی و بهبود کیفیت فرآورده‌های چوبی جایگاه ویژه‌ای یافته و توجه خاصی از طرف محققین و کارشناسان صنایع چوب به آن معطوف گردیده است. این در حالی است که بیشتر کشورهای صنعتی، خود از جمله صادرکنندگان چوب و فرآورده‌های آن می‌باشند. بدیهی است، در کشوری مانند ایران که همواره با کمبود چوب به عنوان ماده اولیه صنایع چوب مواجه بوده و بخش عمده‌ای از چوب و فرآورده‌های آن از طریق واردات تأمین می‌شود، لازم است استفاده بهینه از منابع لیگنوسلولزی و همگام با آن کاهش فشار بر منابع طبیعی تجدیدشونده کشور مورد توجه قرار می‌گیرد (قربانی، ۱۳۸۶). تحقیقات زیادی در زمینه تبدیل منابع با کیفیت پایین به محصولاتی با کیفیت بالا صورت گرفته است که برای رسیدن به این هدف تکنولوژی‌های فراوانی به وجود آمده است. کارشناسان امرحفاظت چوب همواره می‌کوشند تا با استفاده از مواد گوناگون سمی از تخریب چوب جلوگیری کنند. با

توجه به مشکلات زیست محیطی استفاده از مواد سمی برای حفاظت چوب، کاربرد این مواد با محدودیت‌هایی مواجه شده است (عشقی ستوده، ۱۳۸۹). این مسئله موجب شد تا پژوهشگران به دنبال ماده یا روشی باشند که علاوه بر حفاظت چوب و افزایش دوام آن، برای محیط زیست کم‌ضرر و یا بی‌ضرر باشد. اصلاح چوب و مواد لیگنوسلولزی با هدف تغییر ویژگی‌های این مواد برای افزایش کارایی آنها در هنگام کاربرد انجام می‌شود (فلاح-مقدم، ۱۳۸۷). یکی از روش‌های اصلاح چوب، اشباع با مونومر و سپس ساخت چندسازه چوب-پلیمر است که یکی از تکنیک‌هایی است که برای بهبود ویژگی‌های چوب در چند دهه گذشته مورد توجه قرار گرفته است، که در آن پلیمری از مونومرهای اشباع‌نشده در درون منافذ (آوندها، تراکئیدها، سلول‌های اشعه و منافذ موئین) چوب قرار می‌گیرد و می‌تواند ویژگی‌های چوب را بهبود و هم ماده زمینه‌ای چوب را از حمله توسط آب و میکروارگانیسم‌ها حفاظت و یا به تعویق بیندازد. همچنین اینگونه تیمارها می‌توانند از آبشویی مواد حفاظتی چوب‌هایی که به صورت شیمیایی تیمار شده‌اند جلوگیری کنند (جهانتیغ، ۱۳۹۱). یکی از این مواد حفاظتی که دوستدار طبیعت شناخته شده است فورفوریل-الکل می‌باشد که یک ماده شیمیایی تجدیدپذیر است و از مشتقات فورفورال می‌باشد و منشاء طبیعی داشته و از پسماندهای نیشکر و ذرت به دست می‌آید. چوب اصلاح شده با فورفوریل الکل در مقایسه با چوب اصلاح نشده دارای خواص فیزیکی و مکانیکی و مقاومت به پوسیدگی بهبود یافته‌ای می‌باشد که از این رو کاربردهای ویژه‌ای در صنایع پیدا کرده است.

کیفیت سطح چوب ماسیو در خیلی از کاربردهای آن مهم می‌باشد، علاوه بر این در تولید محصولات پانلی چوب مانند تخته چندلا و LVL حائز اهمیت است. یکی از فاکتورهای مهم در کیفیت سطح چوب، زبری سطح آن است که در فرآیند چسبندگی بسیار اهمیت دارد. بنابراین مطالعه کیفیت سطح و اندازه‌گیری زبری آن دارای اهمیت می‌باشد. ارتفاع، طول موج و شکل ناهمواری‌های سطح چوب، کیفیت سطح و میزان زبری آن را تعیین می‌کنند. درجه زبری سطح تابع آناتومی چوب، دانسیته چوب و رطوبت آن است. برای اندازه‌گیری زبری سطح چوب از روش‌های پنوماتیک، پراکنش نوری، لیزری و سوزنی استفاده

می‌شود. تکنیک سوزنی در مقایسه با دیگر روش‌ها دقیق بوده و کاربرد بیشتری در پژوهش‌های علمی دارد. در چوب اصلاح شده با فورفوریل‌الکل با توجه به میزان درصد افزایش وزن، حفره سلولی و بین سلولی و روزنه‌های ریز دیواره سلولی آن توسط پلیمر اشغال می‌شود، در نتیجه این تغییرات می‌توانند بر روی زبری سطح چوب تأثیر گذار باشند.

## ۱-۲ کلیات

### ۱-۱-۱-۱ ویژگی‌های گونه مورد تحقیق

- صنوبرها در مقایسه با گونه‌های تندرشد دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی هستند که می‌توان برخی از آنها را چنین بیان کرد.
- در مقایسه با رشد صنوبرها گونه‌های اکالیپتوس بسیار تندرشد هستند اما تحمل آنها به سرما کم است.
- صنوبرها تطابق اکولوژی بسیار کم نظیری دارند و می‌توان آنها را در اغلب اقلیم‌ها کاشت.
- امکان دورگه‌گیری و ترکیب خواص ممتاز صنوبرها زیاد است و می‌توان بدین وسیله اصلاحات زیادی بر روی آنها ایجاد کرد.
- صنوبرها به عملیات جنگلکاری پاسخ مناسب می‌دهند.

### ۱-۱-۲-۱ مشخصات گیاه شناسی چوب صنوبر

گونه صنوبر از خانواده بید (*Salicaceae*)، از راسته بیدها (*Salicales*) و از زیر رده (*Dilleniidae*) است که دارای دو جنس بید (*Sallix*) با حدود ۳۰۰ گونه و صنوبر (*Populus*) با ۴۰ گونه می‌باشد. صنوبرها درختانی دو پایه، دارای ارتفاع بلند و برگ‌های خزان‌کننده‌اند. نورپسند بوده و حتی تحمل سایه‌های جانبی را نیز ندارند (پارسا پژوه، ۱۳۸۲).

### ۱-۲-۱-۲ مشخصات ماکروسکوپی

چوب گونه‌ها و پایه‌های مختلف صنوبر به سختی از هم تمیز داده می‌شود و در واقع همه آنها دارای خصوصیات مشترکی هستند. تنه این درختان از سنین ۷۰ تا ۸۰ سال به بالا میان تهی و پوسیده می‌شوند. چوب آن گاه به علت رگه‌های مایل به قهوه‌ای نوعی چوب درونی



شدن را نشان می‌دهد ولی در صنوبر دلتوئیدس این مشخصه دیده نمی‌شود. چوب صنوبر بسیار همگن، راست‌تار، دانه‌ریز و سبک است و لکه‌های مغزی در آن دیده می‌شود. در مقطع عرضی حدود دواير سالیانه به علت پارانشیم پایانی تقریباً مشخص است. اثر آوندها و اشعه‌چوبی در هیچ یک از برش‌ها با چشم معمولی دیده نمی‌شود و متن چوب کاملاً یکنواخت است (حسینی، ۱۳۷۹).

#### ۱-۲-۱-۳- مشخصات میکروسکوپی

در مقطع عرضی این چوب، آوندها در دواير سالیانه تقریباً قطر یکسانی دارند. معمولاً مجزا و گاهی در جهت شعاعی ردیف شده‌اند. پارانشیم‌های پایانی به صورت نوار باریک در حدود دواير دیده می‌شود. بافت پارانشیم به صورت پراکنده نیز دیده می‌شود. اشعه چوبی ظریف و یک‌ردیفه است.

در برش شعاعی عناصر آوندی دریچه ساده دارند و اشعه چوبی آن همگن و کوتاه می‌باشد در محل تلاقی اشعه چوبی آوندها منافذ بیضی شکل خیلی فراخ دیده می‌شود و منافذ روی دیواره آوندی چندضلعی و از نوع هاله‌دار است.

تمام آوندها دارای دریچه منفرد ساده، پنکتواسیون آوندی بزرگ گرد تا بیضی و گاهی گوشه‌دار هستند. قطر پنکتواسیون‌ها از ۸ تا ۱۲ میکرومتر با آرایش متناوب و تعدادشان کم است، بافت فیبری تراکتید با دیواره نازک تشکیل شده است که اغلب ژلاتینی شده هستند (حسینی، ۱۳۷۹؛ پارسا پزوه، ۱۳۸۲).

#### ۱-۲-۱-۴- خواص فیزیکی و مکانیکی

چوب صنوبر سبک و وزن مخصوص آن بین ۰/۳۵ تا ۰/۵۵ تغییر می‌یابد. همکشیدگی این چوب متوسط ولی با توجه به سبکی آن تا حدودی زیاد است. چوب صنوبر نسبت به وزن مخصوص سبکش محکم و با استقامت است. بخصوص شکاف‌خوری آن زیاد و در حالت مرطوب ضریب تردی آن مشابه چوب بلوط است (حسینی، ۱۳۷۹).

## ۱-۲-۱-۵- موارد مصرف

چوب صنوبر مصارف عدیده‌ای دارد به طوریکه چوب‌های ترد آن برای تهیه خمیر کاغذ و کارتن بسیار مناسب و طول الیاف آن به ۱۳۰۰ میکرون می‌رسد. برای تهیه تخته چندلا و روکش بسیار استفاده می‌شود و در حالت تازه بدون نیاز به پختن گرده‌بینه‌ها قابل تبدیل هستند که از نظر اقتصادی بسیار با صرفه می‌باشد. چوب‌های تبدیل شده صنوبر برای کلیه مصارف و کاربردهای داخلی ساختمان و به خصوص به علت سبکی و در عین حال استقامت در برابر نیروها برای داربست های سبک قابل توصیه نیست مگر آنکه با روش‌های حفاظتی دوام طبیعی آن را افزایش داد. همچنین از این چوب به علت راست‌تاری، رنگ سفید، بی طعم، بی بو و ارزان قیمت بودن آن می‌توان در مصارف بسته‌بندی، تهیه خلال دندان و کبریت سازی استفاده کرد (مرادپور، ۱۳۹۰).

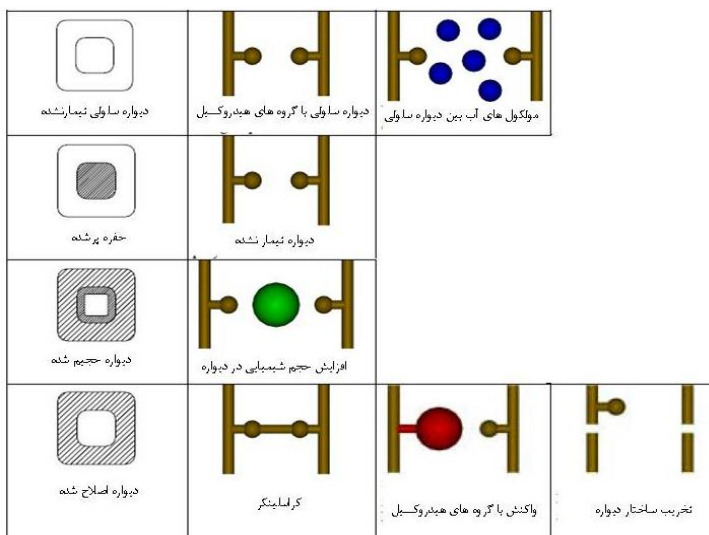
۱-۲-۲-۱- اصلاح چوب<sup>۱</sup>

اصلاح چوب در واقع شامل تغییرات فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی بر روی چوب است، که منجر به بهبود بعضی از خواص مطلوب و مورد نظر آن می‌گردد. به‌طور کل ماده اصلاح شده نباید ماهیت سمی داشته باشد (وقتی در طبیعت آزاد می‌شود نباید ماده سمی آزاد کند و در هنگامی که هدف از اصلاح بهبود مقاومت به پوسیدگی چوب می‌باشد، مقاومت به پوسیدگی با یک مکانیسم غیر سمی بهبود یابد. از نظر ساختاری، چوب و مواد لیگنوسلولزی عموماً دارای ماهیتی هیگروسکوپیک (آبدوست) می‌باشد. از آنجاییکه رطوبت می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در کلیه خواص فیزیکی و مکانیکی این مواد بر عهده داشته باشد، کنترل درصد آن می‌تواند یکی از اساسی‌ترین اهداف در محصولات چوبی و یکی از راه‌های مؤثر حفاظت چوب و مواد لیگنوسلولزی در برابر آسیب‌های فیزیکی و یا حمله عوامل بیولوژیکی، خصوصاً قارچی باشد (رائول، ۲۰۰۵؛ هیل، ۲۰۰۶).

ساختار پلیمری دیواره سلول چوب اغلب شامل سلولز، همی سلولز و لیگنین است که این ترکیبات دارای گروه‌های هیدروکسیل هستند که نقش اساسی در واکنش بین آب و چوب

بازی می کنند. در شرایط مرطوب، با ایجاد پیوندهای هیدروژنی بین گروه های هیدروکسیل و مولکول های آب، دیواره سلول دچار واکنشیدگی می شود که با بکارگیری چند فرآیند می توان از ایجاد این فرآیند جلوگیری کرد شکل (۱-۱).

- ۱- پر کردن حفره سلولی بدون تغییر دیواره اصلی
- ۲- با پر شدن حفره سلولی و دیواره سلولی، بدین وسیله مسیرهای ورود آب مسدود می شود و ورود آب را کند می کند.
- ۳- در فرآیند اصلاح، ساختار مولکولی پلیمرهای دیواره سلول تغییر می یابد.



شکل ۱-۱- اثر تیمارهای مختلف بر روی مکانیسم چوب (هومن و همکاران، ۲۰۰۷)

### ۱-۲-۳- تقسیم بندی اصلاح چوب

اصلاح چوب به روش های مختلف انجام می شود (هیل، ۲۰۰۶).

#### ۱- اصلاح حرارتی<sup>۱</sup>

- ۲- اصلاح سطحی<sup>۱</sup>
- ۳- اصلاح به روش اشباع<sup>۲</sup>
- ۴- اصلاح شیمیایی<sup>۳</sup>

#### ۱-۲-۴- اصلاح حرارتی

هدف از تیمار حرارتی تغییر پلیمرهای دیواره سلول که منجر به پیوند عرضی، کاهش گروه‌های OH یا شکاف و پارگی در زنجیرها برای کاهش دسترسی مولکول‌های آب به گروه‌های OH در مقایسه با چوب تیمار نشده می‌باشد. در بسیاری از فرآیندهای تیماری ناحیه آمورف سلولز تخریب می‌گردد. تخریب همی سلولز از دمای بالای ۱۰۰ درجه سانتی-گراد اتفاق می‌افتد البته دمای تخریب به شرایط تیمار بستگی دارد. پارامترهای مهم و قابل اجرا در اصلاح حرارتی، اتمسفر، دما، مدت زمان فرآیند، میزان حرارت‌دهی، گونه، وزن و ابعاد چوب‌ها و مقدار رطوبت چوب می‌باشند که بر روی ویژگی فرآورده نهایی بسیار مؤثر هستند. عمدتاً تیمار حرارتی چوب همراه با مرحله خنک کردن و متعادل‌سازی رطوبتی، بین ۲۴ تا ۷۴ ساعت طول می‌کشد. افزایش دما در زمان تیمار و کاهش دما برای خنک کردن به صورت تدریجی انجام می‌شود تا از ایجاد ترک در چوب‌ها جلوگیری گردد (پارسا پزوه، ۱۳۶۶؛ هیل، ۲۰۰۶؛ هومن و همکاران، ۲۰۰۷).

#### ۱-۲-۵- اصلاح سطحی

اساس این روش بر مبنای تغییر در لایه سطحی به منظور بهبود خواص سطحی چوب است. اصلاح سطحی چوب با تغییر دادن ویژگی‌های سطحی آن مانند خاصیت ترشوندگی به وسیله آب، به منظور افزایش چسبندگی بین دو سطح، سازگاری اندود و کوتین با سطح چوب و همچنین برای افزایش مقاومت چوب به اشعه فرابنفش انجام می‌شود (هیل، ۲۰۰۶؛ هومن و همکاران، ۲۰۰۷).

- 
- 1-Surface Modification
  - 2-Impregnation Modification
  - 3-Chemical Modification