

## بررسی اثر چوب کششی بر زبری چوب صنوبر و اصلاح آن به روش بخار گرمایی

### چکیده

در این تحقیق، اثر چوب کششی بر زبری چوب صنوبر در دو مقطع شعاعی و مماسی و نیز امکان کاهش زبری آن با روش بخار گرمایی در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ و ۶۰ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. پتانسیل استفاده از تکنیک اندازه‌گیری زبری برای شناسایی ماکروسکوپی چوب کششی یکی از اهداف مهم این تحقیق بود. قبل از اندازه‌گیری زبری و به منظور نمونه‌برداری دقیق، شناسایی چوب کششی با استفاده از معرف هرزبرگ و مطالعات میکروسکوپی انجام شد. زبری نمونه‌ها در رطوبت تعادل ۱۲ درصد به روش پروفیلومتر سوزنی اندازه‌گیری شده و کیفیت سطح نمونه‌ها نیز با استفاده از استریومیکروسکوپ، مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج اندازه‌گیری زبری نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین پارامترهای زبری چوب کششی و نرمال در هر دو مقطع شعاعی و مماسی مورد مطالعه وجود ندارد. در مقابل، مطالعات با استریومیکروسکوپ به وضوح پرزدار بودن سطح چوب کششی را نشان داد. بخار گرمایی به مدت ۳۰ دقیقه تأثیر منفی بر زبری سطح هر دو نوع چوب داشت ولی تیمار به مدت ۶۰ دقیقه موجب کاهش زبری سطح هر دو نوع چوب شد. در مجموع، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اندازه‌گیری زبری سطح نمی‌تواند به‌عنوان یک روش مناسب برای شناسایی غیر مخرب چوب کششی در گونه صنوبر مورد استفاده قرار گیرد.

**واژگان کلیدی:** زبری، چوب صنوبر، تیمار بخار گرمایی، چوب کششی.

### سحر قریشی<sup>۱</sup>

اصغر طارمیان<sup>۲\*</sup>

علی نقی کریمی<sup>۳</sup>

رضا اولادی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ،

دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع

طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

<sup>۳</sup> استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع

طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

<sup>۴</sup> استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع

طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

مسئول مکاتبات:

[tarmian@ut.ac.ir](mailto:tarmian@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۱۶

### مقدمه

چوب واکنشی در واکنش به تنش‌های مختلف رشد در درختان سریا تشکیل شده و جزو معایب طبیعی درخت است [۱ و ۲]. چوب واکنشی در پهن برگان تحت عنوان چوب کششی نامیده شده و معمولاً در قسمت فوقانی تنه خمیده تشکیل می‌شود. از بین گونه‌های پهن‌برگ، به علت رشد سریع و دوره بهره‌برداری کوتاه‌مدت، وقوع چوب کششی شدید در صنوبر به‌عنوان گونه‌ی تند رشد مهمی که امروزه سطح وسیعی از جنگل‌کاری‌ها را در برمی‌گیرد - گزارش شده است [۳]. چوب کششی برای اغلب

کاربردهای چوب نامطلوب است. از بین معایب و مشکلات کاربردی چوب کششی می‌توان به تغییر شکل چوب در حین برش به خاطر آزاد شدن تنش‌های رشد زیاد در راستای محور درخت، معایب خشک شدن ناشی از هم‌کشیدگی طولی زیاد، کیفیت بد کاغذهای تولیدی از لیاف ژلاتینی و پرزدار شدن سطح چوب کششی پس از برش که ناشی از جدا شدن لایه ژلاتینی از دیواره فیبرهاست، اشاره کرد [۳].

کیفیت سطح چوب برای برخی از کاربردها بسیار مهم است. یکی از فاکتورهای مهم و تعیین‌کننده در کیفیت

Rubberwood نشان دادند که به دلیل این که دیواره سلول در چوب کششی در مقایسه با چوب نرمال کم تر لیگنینی می شود، نیروی برشی بکار برده شده برای چوب کششی کم تر از چوب نرمال است و به دلیل پرزدار شدن سطح چوب کششی ماشین کاری شده، مصرف انرژی کلی در حین ماشین کاری چوب کششی به طور قابل توجهی افزایش می یابد [۱۳]. این پژوهش دو هدف اصلی را دنبال می کند:

- ۱- امکان شناسایی ماکروسکوپی چوب کششی صنوبر از طریق اندازه گیری زبری آن و ۲- کاهش زبری چوب کششی با روش بخارزنی به منظور افزایش کارایی چوب این گونه مهم برای برخی کاربردها که کیفیت سطح چوب در آن ها حائز اهمیت است.

## مواد و روش ها

### نمونه برداری

گرده بینه صنوبر تبریزی (*Populus nigra*) از منطقه طالقان کرج با علائم ماکروسکوپی حاوی چوب کششی انتخاب شد.

### شناسایی ناحیه چوب کششی با معرف شیمیایی

#### هرزبرگ

پس از برش های عرضی، شناسایی دقیق ناحیه چوب کششی بر روی مقاطع عرضی انجام گرفت. برای شناسایی دقیق ناحیه چوب کششی علاوه بر درخشندگی این ناحیه، از معرف هرزبرگ برای شناسایی ناحیه چوب کششی استفاده شد. برای ساخت این معرف در آزمایشگاه، دو محلول تهیه شد. برای تهیه محلول اول، ۵۰ گرم کلرید روی در ۲۵ میلی لیتر آب مقطر حل شد. برای تهیه محلول دوم، ۵/۲۵ گرم یدید پتاسیم و ۰/۲۵ گرم ید در ۱۲/۵ میلی لیتر آب مقطر حل شد. سپس کل محلول دوم با ۲۵ میلی لیتر محلول اول در دمای ۲۸ درجه سانتی گراد کاملاً مخلوط و در یک استوانه مدرج باریک ریخته شدند. پس از ۲۴ الی ۴۸ ساعت و روشن شدن محلول، معرف برای شناسایی ناحیه چوب کششی آماده شد. معرف شیمیایی هرزبرگ ناحیه چوب کششی را به رنگ آبی تیره تا ارغوانی و ناحیه چوب معمولی را به رنگ زرد مبدل می سازد.

سطح چوب و پرداخت آن، زبری سطح آن است که در فراوری چوب به عنوان مثال در فرایندهای پوشش دهی و چسبندگی اهمیت دارد [۴]. میزان زبری چوب تابع ویژگی های آناتومی آن مانند پهنای حلقه سالیانه، دانسیته چوب، میزان نسبت چوب آغاز به چوب پایان، ساختار سلولی و رطوبت آن است [۵]. علاوه بر آن، نوع فرایندهای ماشین کاری و پارامترهای برش مانند سرعت برش و سرعت تغذیه میزان زبری سطح چوب را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد [۶ و ۷]. برای مثال، افزایش سرعت برش موجب بهبود کیفیت سطح فرآورده چوبی برش خورده می شود [۷]. تحقیقات Skaljic و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داد که با افزایش سرعت تغذیه طی رنده کردن از ۶ به ۲۴ متر در دقیقه، بر زبری سطح چوب های بلوط، نراد، راش افزوده می شود و بیشترین زبری سطح را برای گونه نراد گزارش کردند [۸]. در مقابل، Malkocoglu (۲۰۰۷) گزارش کرد که طی رنده کردن گونه های مختلف (شاه بلوط، کاج جنگلی، توسکا، راش و نوئل) تأثیر سرعت تغذیه در دامنه ۷/۶ الی ۲۰ متر در دقیقه قابل اغماض بود [۹]. در صورت نامطلوب بودن کیفیت سطح چوب برش خورده، هزینه فراوری های بعدی و تکمیلی آن افزایش یافته و در نهایت موجب افزایش قیمت نهائی فرآورده چوبی تولیدی می شود. Malkocoglu (۲۰۰۷) گزارش کرد که با بهبود کیفیت سطح چوب بر مقاومت اتصالات چسبی افزوده شده و برای حفاظت سطح چوب به پوشش کمتری نیاز است [۹].

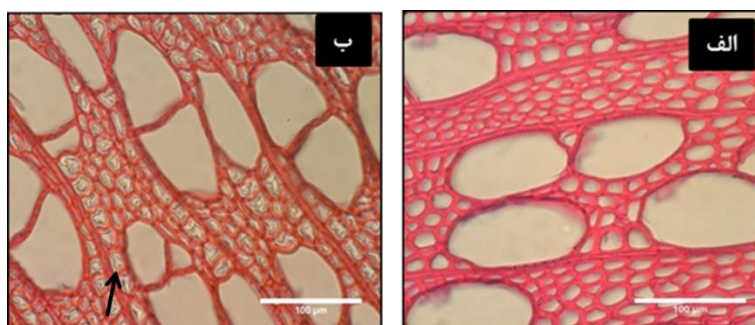
اصلاح حرارتی چوب روش شناخته شده ای است که با کمک آن می توان برخی از ویژگی های چوب مانند جذب آب، ثبات ابعاد و مقاومت زیستی را بهبود داد. از این روش اصلاحی برای بهبود کیفیت سطح چوب نیز استفاده شده است [۱۰]. تحقیقات Unsal و Ayilimis (۲۰۰۴) در بررسی تأثیر تیمار حرارتی بر زبری سطح گونه اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) و نیز تحقیقات Gunduz و همکاران (۲۰۰۴) بر روی کاج سیاه (*Pinus nigra*) نشان داد که با افزایش میزان درجه حرارت و مدت زمان تیمار، زبری سطح کاهش می یابد [۱۱ و ۱۲]. مطالعات Ma و Ratnasingam (۲۰۱۰) بر روی اندازه گیری نیروی برش و کیفیت سطح چوب کششی و نرمال گونه

## شناسایی ناحیه چوب کششی با مطالعات

## میکروسکوپی

برای اطمینان از شناسایی دقیق چوب کششی، علاوه بر روش‌های مذکور، از مطالعات میکروسکوپ نوری نیز استفاده شد. به این منظور، با استفاده از میکروتوم لغزشی GSL1، مقاطع میکروسکوپی به ضخامت ۱۵-۱۰ میکرومتر از دو ناحیه کششی و معمولی آماده شده و با

سافرانین ۰/۵ درصد محلول در آب رنگ‌آمیزی شدند. سپس مقاطع زیر میکروسکوپ نوری Olympus BH2 مورد بررسی قرار گرفتند. در این بررسی از پارامترهای آناتومیکی مانند وجود عناصر آوندی کم قطر با فراوانی کم در چوب کششی و فراوانی فیبرها با دیواره ضخیم و حضور لایه ژلاتینی در دیواره آن‌ها برای شناسایی نمونه‌های چوب کششی استفاده شد (شکل ۱).



شکل ۱- تصویر میکروسکوپی نوری از مقطع عرضی. الف: چوب معمولی، ب: چوب کششی با لایه ژلاتینی بی‌رنگ درون فیبرها (علامت پیکان)، مقیاس: ۱۰۰ میکرون

مماسی به طول 3 cm، عرض 5 cm و ضخامت 2 cm تهیه شد. درصد بود. سپس، از دو انتهای این تخته‌ها، بلوک‌هایی با ابعاد 20×20×20 mm جهت مطالعه میکروسکوپی ویژگی‌های سطح و اندازه‌گیری دانسیته پایه (بحرانی) تهیه شد. تخته‌ها به مدت ۳ هفته در اتاق کلیما با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد به‌منظور متعادل کردن رطوبت نمونه‌ها به میزان ۱۲ درصد قرار داده شدند.

## برش نمونه‌ها و آماده‌سازی آن‌ها

پس از شناسایی ناحیه چوب کششی، نمونه‌ها در هوای آزاد خشک شدند. میانگین رطوبت اولیه به هنگام برش برابر با ۵۰ درصد بود. از هر ناحیه چوب معمولی و کششی، با استفاده از اره گرد مدل MB2 ۱۲ با تیغه برش الماسه واقع در کارگاه مبلمان و فرآورده‌های مرکب چوبی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران که مشخصات آن در جدول یک آمده است تخته‌هایی با برش

جدول ۱- مشخصات فنی اره گرد مورد استفاده

فرکانس (هرتز)	توان (کیلووات)	تعداد دور (دور در دقیقه)	تعداد دندانه (درجه)	زاویه حمله (درجه)	زاویه آزاد (درجه)	زاویه نوک دندانه (درجه)	گام دندانه (میلی‌متر)	ارتفاع دندانه (میلی‌متر)
۵۰	۵/۵	۴۵۰۰	۷۲	۱۰	۱۵	۶۵	۱۳	۱۰

از وقوع ترک و گسیختگی، نمونه‌ها به مدت ۴ الی ۵ ساعت در محفظه دربسته قرار گرفتند. پس‌از این زمان، تخته‌ها به‌منظور رسیدن به رطوبت تعادل به مدت یک ماه در اتاق کلیما قرار داده شدند.

## بخار گرمایی

عملیات بخار گرمایی با دستگاه بخارزن دارای نشانگرهای حرارت و فشار در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و تحت فشار ۱-۲ بار به مدت ۳۰ و ۶۰ دقیقه انجام شد. پس از خروج نمونه‌های بخارزنی شده به‌منظور جلوگیری

## اندازه‌گیری زبری سطح

زبری سطح نمونه‌ها در دو مقطع مماسی و شعاعی و در رطوبت تعادل ۱۲ درصد اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری زبری سطح نمونه‌ها با استفاده از پروفیلومتر سوزنی (Hommelwerke T800) موجود در آزمایشگاه تریبولوژی گروه مواد و متالوژی دانشکده فنی دانشگاه تهران انجام

گرفت. مشخصات زبری سنج مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است. با استفاده از دستگاه فوق، پارامترهای Ra (زبری متوسط)، Rz (میانگین ارتفاع ناهمواری‌های ده نقطه پروفیل)، Rq (زبری مؤثر) و Rmax (زبری ماکزیمم) بر اساس استاندارد DIN۴۷۷۷ اندازه‌گیری شدند.

جدول ۲- مشخصات فنی پروفیلومتر سوزنی مورد استفاده

شعاع نوک قلم (میکرومتر)	زاویه تماس (درجه)	طول cut off (میلی‌متر)	طول اندازه‌گیری (میلی‌متر)	سرعت حرکت سوزن فولادی (میلی‌متر بر ثانیه)
۲	۹۰	۰/۸	۴/۸	۰/۱۵

## مطالعات کیفیت سطح نمونه‌ها با استفاده از

## استریو میکروسکوپ

جهت بررسی کیفی سطح مماسی و شعاعی نمونه‌ها قبل و بعد از بخارزنی، تصاویری با بزرگنمایی ۵۰۰ برابر با استفاده از استریو میکروسکوپ (Motic K-400P) تهیه شد.

## تجزیه و تحلیل آماری

این بررسی در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمون فاکتوریل انجام گرفت. تعداد تیمارهای مورد بررسی، ۱۲ تیمار بود و برای هر تیمار از سه تکرار (سه تخته برش خورده) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با به‌کارگیری نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد. از همبستگی پیرسون برای بررسی همبستگی بین دانسیته چوب و پارامترهای زبری استفاده شد.

## نتایج و بحث

در جدول ۳ اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر پارامترهای زبری سطح ارائه شده است.

## زبری سطح چوب معمولی و کششی صنوبر و اثر

## الگوی برش بر آن

علی‌رغم مشاهده تفاوت‌های آناتومی بین دو نوع چوب مانند حضور لایه ژلاتینی در سلول‌های فیبری و نیز فراوانی کم آوندها، تفاوت معنی‌دار بین زبری چوب کششی و چوب معمولی صنوبر در هر دو مقطع مماسی و

شعاعی مشاهده نشد (جدول ۱ و شکل ۲). البته لازم به ذکر است که عدم کنترل دقیق پارامترهای ماشین‌کاری می‌تواند یکی از دلایل عدم معنی‌داری بین زبری چوب کششی و معمولی باشد. در مجموع، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که چوب کششی صنوبر الزاماً زبری بیشتری در مقایسه با چوب معمولی آن ندارد. به‌عبارت‌دیگر، زبری و پرزدار بودن سطح چوب صنوبر طی فرایندهای برش رایج در کارگاه‌های صنایع چوب کشور نمی‌تواند همواره ناشی از تشکیل چوب کششی باشد و ممکن است عوامل دیگری نیز دخالت داشته باشند. شاید بتوان گفت که تفاوت بین زبری چوب کششی و معمولی بسته به نوع گونه، پارامترهای ماشین‌کاری و شاید شدت تشکیل چوب کششی، متفاوت باشد. در حقیقت، در گونه‌های دیگر و بسته به شدت چوب کششی و بسته به نوع فرایند ماشین‌کاری (برش با اره گرد، رنده‌کاری، سناده‌زنی و ...) و یا پارامترهای برش (سرعت تغذیه، سرعت برش، زوایای تیغه برش و ...) ممکن است این نوع چوب واکنشی زبری متفاوتی در مقایسه با چوب معمولی داشته باشد؛ بنابراین، اندازه‌گیری زبری سطح چوب صنوبر نمی‌تواند معیار خوبی برای شناسایی ناحیه چوب کششی در این گونه باشد. نتایج همچنین نشان داد که هرچند زبری مقطع مماسی اندکی کم‌تر از مقطع شعاعی است ولی تفاوت معنی‌داری بین زبری دو مقطع مماسی و شعاعی در هر دو نوع چوب وجود ندارد (شکل ۳). زبری سطح چوب‌های پهن‌برگ بسته به ساختمان آناتومی آن

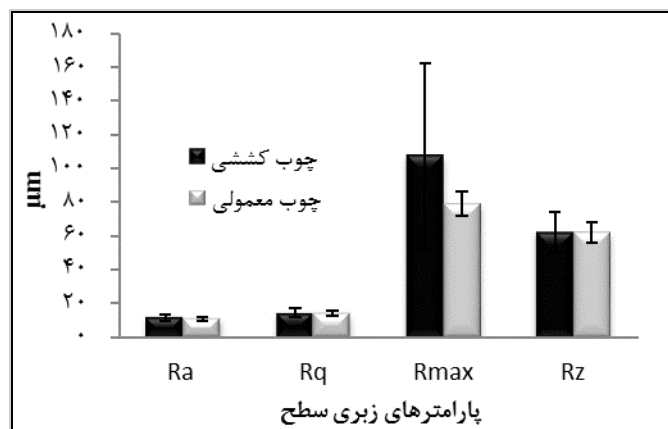
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر پارامترهای زبری سطح ( $\mu\text{m}$ )

Ra		Rq		Rmax		Rz		df	عوامل متغیر
MS	sig	MS	Sig	MS	sig	MS	sig		
۵/۴۱۵	۰/۲۰۳ <sup>ns</sup>	۸/۱۷۸	۰/۲۴۶ <sup>ns</sup>	۵۷۹۸/۲۸۵	۰/۰۵۹ <sup>ns</sup>	۰/۲۴۶	<sup>ns</sup>	۱	نوع چوب
							۰/۹۴۹		
۳۸/۵۰۷	۰/۰۰۳ <sup>**</sup>	۷۶/۳۶۲	۰/۰۰۲ <sup>**</sup>	۱۱۴۱۹/۷۱۶	۰/۰۱۱ <sup>*</sup>	۵۰۵/۸۱۸	۰/۰۲۱ <sup>*</sup>	۱	مدت تیمار
۱/۷۰۷	۰/۴۶۷ <sup>ns</sup>	۴/۸۶۹	۰/۳۶۶ <sup>ns</sup>	۶۴۵۲/۴۱۶	۰/۰۴۷ <sup>*</sup>	۰/۶۶۰	۰/۹۲۷ <sup>ns</sup>	۱	نوع چوب * مدت تیمار
۱/۳۰۷	۰/۵۲۳ <sup>ns</sup>	۱/۰۴۶	۰/۶۷۲ <sup>ns</sup>	۲۰۶۳/۱۳۱	۰/۲۴۲ <sup>ns</sup>	۰/۱۳۸	۰/۹۶۷ <sup>ns</sup>	۱	مقطع اندازه گیری
۲/۹۴۰	۰/۳۴۳ <sup>ns</sup>	۱/۶۰۷	۰/۶۰۱ <sup>ns</sup>	۲۸۶۲/۷۸۷	۰/۱۷۲ <sup>ns</sup>	۱۲۱/۴۱۰	۰/۲۲۶ <sup>ns</sup>	۱	نوع چوب * مقطع اندازه گیری
۰/۸۸۲	۰/۵۹۹ <sup>ns</sup>	۱/۲۱۱	۰/۶۴۹ <sup>ns</sup>	۱۲۵۰/۵۰۴	۰/۳۵۸ <sup>ns</sup>	۲۴۲/۰۶۲	۰/۰۹۴ <sup>ns</sup>	۱	مقطع اندازه گیری * مدت تیمار
۲/۲۸۲	۰/۴۰۱ <sup>ns</sup>	۹۱/۶۵۰	۰/۳۹۵ <sup>ns</sup>	۶۳۶/۹۵۲	۰/۵۰۹ <sup>ns</sup>	۱۹۰/۵۱۹	۰/۱۳۴ <sup>ns</sup>	۱	نوع چوب * مقطع اندازه گیری * مدت تیمار
۴۹/۰۸۰		۹۰/۰۸۹		۲۲۳۸۰/۲۶۳		۱۲۲۴/۷۶۴		۱۶	خطا

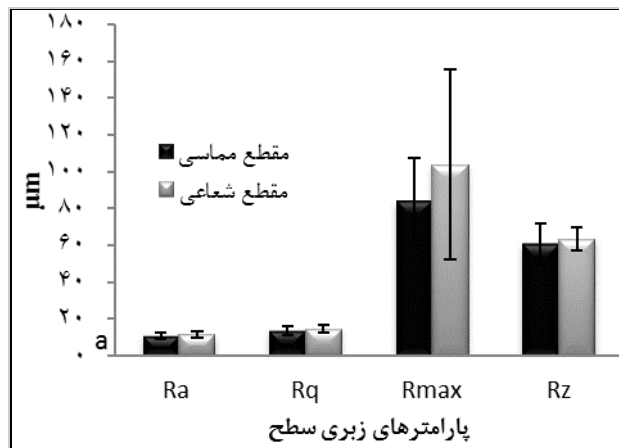
\*\* : معنی داری در سطح ۱ درصد، \* : معنی داری در سطح ۵ درصد، ns : بدون اثر معنی دار

گونه‌های پهن برگ بخش روزنه‌ای و پراکنده آوند گزارش شده است که حاکی از تأثیرگذاری ابعاد و فراوانی آوندها و الگوی تغییرات دانسیته در ناحیه چوب بهاره و چوب پاییزه است [۶]. Malkocoglu (۲۰۰۷) گزارش کرد که زبری سطح چوب برش خورده در ناحیه چوب آغاز بیشتر از چوب پایان است.

مانند بخش روزنه‌ای یا پراکنده آوند بودن آن، ابعاد و قطر آوندها و پره‌های چوبی متغیر است. همچنین، پهنای حلقه‌های سالیانه و زاویه آن‌ها نیز بر زبری سطح چوب مؤثر است. تحقیقات گذشته نیز حاکی از کم‌تر بودن پارامترهای زبری مقطع مماسی در مقایسه با مقطع شعاعی برای انواع چوب‌های پهن برگ مانند راش، صنوبر و ون است. [۱۵ و ۱۶]. همچنین، زبری متفاوتی بین



شکل ۲- اثر مستقل نوع چوب بر فاکتورهای زبری سطح

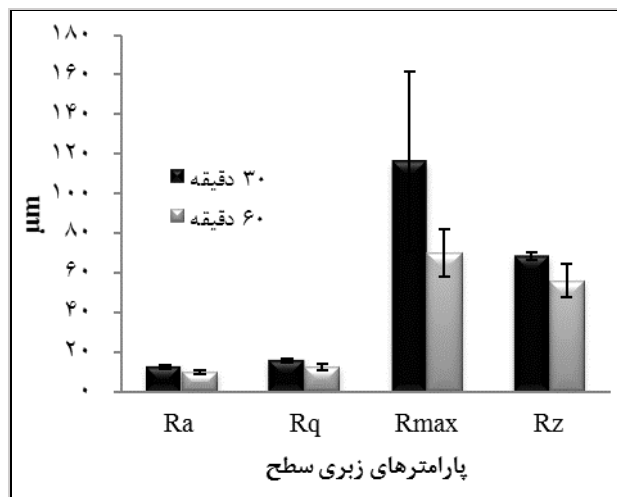


شکل ۳- اثر مستقل مقطع اندازه‌گیری (شعاعی، مماسی) بر فاکتورهای زبری سطح

راش بخار دیده و چوب راش تیمار حرارتی شده در دمای بالا (۲۱۲ درجه سانتی‌گراد)، تفاوت معنی‌داری بین زبری سطح این دو نوع چوب پس از ماشین‌کاری با رنده وجود ندارد [۸]. نتایج متناقض محققین در ارتباط با تأثیر تیمار گرمایی بر زبری سطح چوب می‌تواند ناشی از روش مورد استفاده برای تیمار گرمایی و شرایط دما و مدت‌زمان تیمار باشد. از طرفی، اصلاح زبری سطح چوب به واسطه تیمار گرمایی می‌تواند وابسته به نوع گونه و ساختمان آناتومی آن باشد. به‌رحال نتایج این تحقیق نیز نشان داد که زبری سطح هر دو نوع چوب کششی و نرمال متأثر از مدت‌زمان بخارزنی (۳۰ و ۶۰ دقیقه) است. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که تأثیر بخارزنی بر کاهش زبری چوب کششی بیشتر از چوب نرمال است. با توجه به تأثیرات مختلف و پیچیده اصلاح حرارتی چوب بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی آن، تجزیه و تحلیل اثرات این نوع تغییرات بر زبری سطح چوب مشکل بوده و مستلزم مطالعات بیشتر و دقیق‌تر است. برای این منظور، تیمار حرارتی چوب در شرایط دمایی و مدت‌زمان‌های مختلف و اندازه‌گیری تغییرات شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی همراه با اندازه‌گیری زبری سطح شاید بتواند در تجزیه و تحلیل اثرات حرارت بر زبری سطح مفید و مؤثر باشد.

### تأثیر بخار گرمایی بر زبری چوب کششی و معمولی

به‌طور کلی نتایج نشان دادند زبری سطح هر دو نوع چوب کششی و نرمال در هر دو مقطع شعاعی و مماسی با اصلاح حرارتی در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ دقیقه بهبود یافت ولی اصلاح حرارتی در مدت ۳۰ دقیقه موجب افزایش زبری سطح شد (شکل ۴). با افزایش مدت‌زمان بخار گرمایی از ۳۰ دقیقه به ۶۰ دقیقه از زبری سطح کاسته شد. پارامترهای Ra، Rq، Rmax و Rz در تیمار ۳۰ دقیقه به ترتیب به مقدار ۲۷/۱، ۲۵/۳، ۶۵/۷ و ۲۱/۷ درصد بیشتر از میزان این پارامترها در تیمار ۶۰ دقیقه بود. بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) بین پارامترهای زبری Ra و Rq در سطح ۱ درصد و پارامترهای Rmax و Rz در سطح ۵ درصد و مدت‌زمان تیمار اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین کاهش در پارامتر Rmax و کمترین کاهش در پارامتر Rz مشاهده شد. نتایج این تحقیق با تحقیقات Unsal و Gunduz (2005) و Ayrimis و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد [۱۱، ۱۳] ولی برخلاف نتایج به‌دست‌آمده در تحقیقات Tanritanir و همکاران (۲۰۰۶) و Kilic و همکاران (۲۰۰۸) است [۱۷، ۱۸]. تحقیقات Skaljic و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داد که علی‌رغم وجود تفاوت‌های فیزیکی و مکانیکی بین چوب



شکل ۴- اثر مستقل زمان تیمار حرارتی بر پارامترهای زبری سطح

سطح وجود خواهد داشت. نتایج تحقیق Kilic و همکاران (۲۰۰۶) بر روی تأثیر تکنیک‌های مختلف (اره، رنده‌کاری و سنباده‌زنی) بر روی زبری چوب راش و صنوبر نشان داد اگرچه هر دو گونه پراکنده آوند هستند ولی زبری سطح برای چوب صنوبر کم‌تر از چوب راش بود. منافذ و اشعه‌های بزرگ و تعداد زیاد آن‌ها در چوب راش از دلایل عمده برای زبری زیاد آن ذکر شده است [۱۸].

### همبستگی بین جرم ویژه و پارامترهای زبری

#### سطح

رابطه بین دانسیته و پارامترهای زبری سطح در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بین پارامتر Rmax و جرم ویژه همبستگی مثبت وجود دارد. با افزایش دانسیته میزان پارامتر Rmax افزایش پیدا می‌کند. بین سایر پارامترها و جرم ویژه رابطه معنی‌داری وجود نداشت. با افزایش دانسیته قله‌های مرتفع و دره‌های عمیق بر روی

جدول ۴- همبستگی بین جرم ویژه و پارامترهای زبری سطح

Ra	Rq	Rz	Rmax	
۰/۳۶۱	۰/۴۲۱	۰/۳۵۶	۰/۳۷۵	ضریب پیرسون
۰/۰۸۳	۰/۰۴	۰/۰۸۷	۰/۰۷۱	معنی‌داری
۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	تعداد

\*\* معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ درصد

استریومیکروسکوپ در مقایسه با اندازه‌گیری زبری سطح با زبری سنج با موفقیت بیشتری همراه است. نتایج این تحقیق با تحقیقات Ratnasingamand و Ma (۲۰۱۰) بر روی چوب کششی Rubberwood و تحقیقات Vazquez-cooz و Meyer (۲۰۰۶) بر روی چوب کششی و نرمال گونه افرا همخوانی دارد [۱۸ و ۱۹]. علت زبری بیشتر چوب کششی و پرزدار شدن آن در اثر برش و ماشین‌کاری به گسیختگی لایه ژلاتینی (لایه G) نسبت داده می‌شود. سایر تحقیقات نیز نشان داد که معایب ماشین‌کاری مثل پرزدار شدن سطح، اغلب با حضور چوب کششی مرتبط است [۲۰]. پرداخت سطح چوب پرزدار مثل سنباده‌زنی و

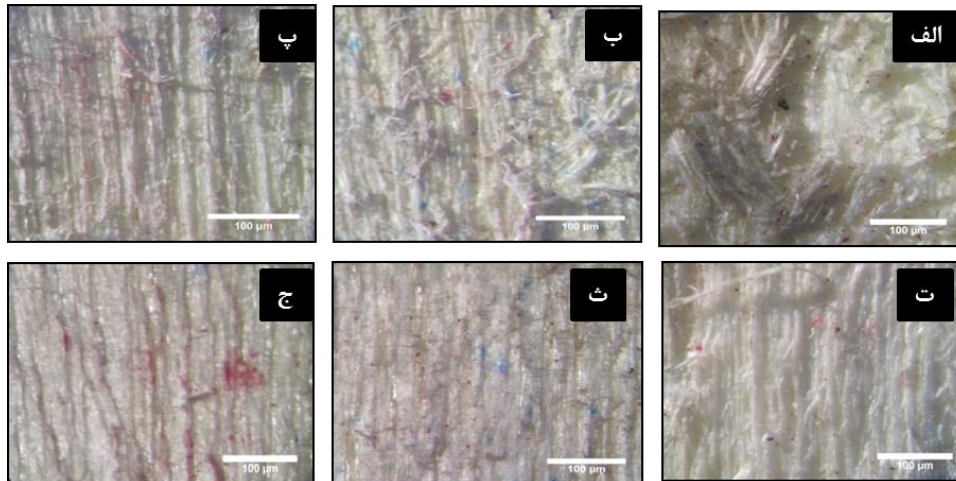
### نتایج حاصل از بررسی کیفیت سطح با

#### استریومیکروسکوپ

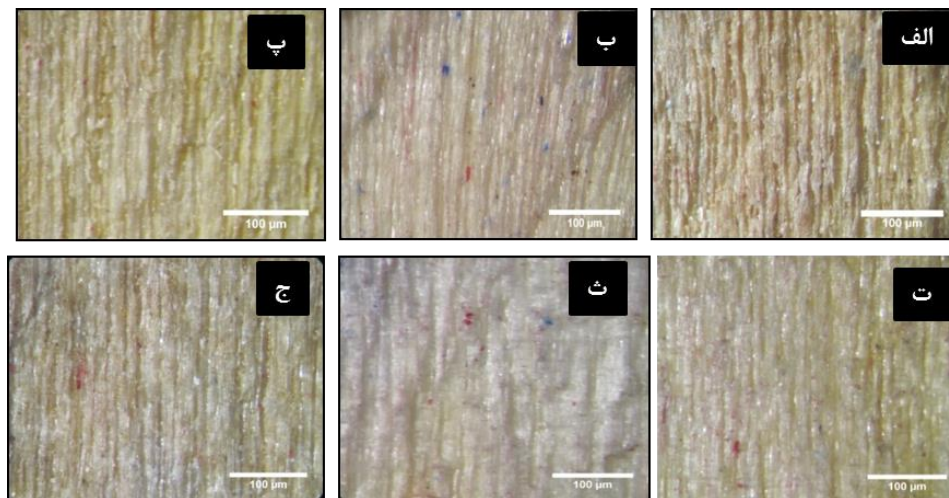
برخلاف نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری زبری نمونه‌ها، نتایج مطالعات مقاطع نمونه‌ها با استریومیکروسکوپ به‌وضوح پرزدار بودن سطح چوب کششی را در هر دو مقطع مماسی و شعاعی در مقایسه با چوب معمولی نشان می‌دهد (شکل‌های ۵ الی ۶). همچنین کاهش شدت پرزدار بودن سطح چوب کششی در اثر تیمار بخار گرمایی به‌خوبی قابل مشاهده است. بنابراین، می‌توان گفت که شناسایی چوب کششی به‌واسطه مطالعه پرزدار بودن سطح آن با استفاده از

پاره شده و منجر به پرزدار شدن سطح چوب می‌شود. این مسئله ناشی از اتصال ضعیف لایه ژلاتینی با سایر لایه‌های دیواره سلول است.

یا رنده کردن مشکل بوده و برای برش چوب کششی انرژی بیشتری مصرف می‌شود [۲۱]. به هنگام برش چوب کششی در حالت سبزی، الیاف به‌جای اینکه بریده شوند،



شکل ۵- تصویر میکروسکوپی گرفته‌شده زیر استریو میکروسکوپ؛ (الف) سطح مماسی نمونه چوب کششی شاهد، (ب) تیمار شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۰ دقیقه، (پ) ۶۰ دقیقه، (ت) سطح شعاعی نمونه چوب کششی شاهد، (ث) تیمار شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۰ دقیقه، (ج) ۶۰ دقیقه. مقیاس: ۱۰۰ میکرون



شکل ۶- تصویر میکروسکوپی گرفته‌شده زیر استریو میکروسکوپ؛ (الف) سطح مماسی نمونه چوب معمولی شاهد، (ب) تیمار شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۰ دقیقه، (پ) ۶۰ دقیقه، (ت) سطح شعاعی نمونه چوب معمولی شاهد، (ث) تیمار شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۰ دقیقه، (ج) ۶۰ دقیقه. مقیاس: ۱۰۰ میکرون

مماسی است. به‌عبارت‌دیگر، با استفاده از اندازه‌گیری زبری مقاطع شعاعی و مماسی چوب صنوبر نمی‌توان به تشکیل چوب کششی در این‌گونه و شناسایی چوب کششی پی برد. در مقابل، با مطالعه سطح چوب صنوبر با استفاده از

### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج اندازه‌گیری زبری سطح با استفاده از پروفیلومتر سوزنی حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار در زبری چوب کششی و معمولی صنوبر در هر دو مقطع شعاعی و



مفید باشد. برای تجزیه و تحلیل دقیق تر اثرات تیمار حرارتی بر زبری سطح پیشنهاد می شود که تغییرات شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی چوب در اثر حرارت نیز همزمان مورد مطالعه قرار گیرد. یکی از عوامل مؤثر بر کیفیت سطح چوب، شرایط برش (سرعت برش، سرعت تغذیه و نیروی برش) و مشخصات تیغه برش (زاویه حمله، گام دندان و ...) است. در تحقیق حاضر، مشخصات فنی تیغه برش ثابت بوده ولی عملیات ماشین کاری بدون کنترل دقیق پارامترهای برش مانند سرعت برش و سرعت تغذیه انجام شد. بنابراین، پیشنهاد می شود در تحقیقات بعدی به بررسی تأثیر شرایط متفاوت ماشین کاری و پارامترهای برش بر کیفیت سطح چوب کششی صنوبر پرداخته شود.

استرئومیکروسکوپ می توان به پرزدار بودن سطح چوب کششی آن در مقایسه با چوب معمولی پی برد. با توجه به عدم موفقیت اندازه گیری زبری در مقاطع شعاعی و مماسی برای شناسایی چوب کششی صنوبر، پیشنهاد می شود در تحقیقات بعدی، امکان شناسایی ماکروسکوپی چوب کششی صنوبر با استفاده از اندازه گیری زبری در مقطع عرضی نیز بررسی شود. همچنین، با توجه به این که شناسایی چوب کششی با تکنیک اندازه گیری زبری سطح شاید متأثر از گونه باشد، بنابراین، پیشنهاد می شود که امکان شناسایی غیر مخرب چوب کششی در سایر گونه ها مانند راش با استفاده از این تکنیک نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. مطالعه تأثیر شرایط متفاوت تیمار گرمایی به ویژه تیمار در دماهای بالاتر بر زبری سطح چوب کششی و معمولی صنوبر برای درک بهتر مکانیسم های مؤثر می تواند

## منابع

- [1] Timell, T.E., 1986. Compression wood in gymnosperms, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2150 p.
- [2] Burgert, I., Frühmann, K., Keckes, J., Fratzl, P. and Stanzl-Tschegg, S., 2004. Structure–function relationships of four compression wood types: micromechanical properties at the tissue and fibre level. *Trees*, 18: 480-485.
- [3] Fang, C-H., Guibal, D., Clair, B., Gril, J., Liu, Y-M. and Liu, S-Q, 2008. Relationships between growth stress and wood properties in poplar I-69 (*Populus deltoides* Bartr. cv. "Lux" ex I-69/55). *Annals of forest science*, 65: 307.
- [4] Neese, J., Reeb, J. and Funck, J., 2004. Relating traditional surface roughness measures to gluebond quality in plywood. *Forest products journal*, 54(1): 67-73.
- [5] Sogutlu, C. and Togay, A., 2013. The effect of the process parameters in the planing processes on the surface roughness of cherry and pear woods. *African Journal of Biotechnology*, 10: 4392-4399.
- [6] Moradpour, P., Doosthoseini, K., Scholz, F. and Tarmian, A., 2013. Cutting forces in bandsaw processing of oak and beech wood as affected by wood moisture content and cutting directions. *European Journal of Wood Products*, 71: 747-754.
- [7] Kilica, M., Hiziroglu, S. and Burdurlua, E., 2006. Effect of machining on surface roughness of wood. *Building and Environment*, 41(8): 1074-1078.
- [8] Skaljic, M., Hiziroglu, S. and Obucina, M., 2009. Effect of feed speed and wood species on roughness of machined surface. *Drvna Industrija*, 60(4): 229-234.
- [9] Malkocoglu, A., 2007. Machining properties and surface roughness of various wood species planed in different conditions. *Building and Environment*, 42(7): 2562-2567.
- [10] Yildiz, S., Colakoglu, G., Yildiz, U., Gezer, E. and Temiz, A., 2002. Effects of heat treatment on modulus of elasticity of beech wood, In: *Proceedings of Annual Meeting International Research Group on Wood Preservation*, Cardiff, Wales, UK, p 6.

- [11] Unsal, O. and Ayrimis, N., 2005. Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood. *Journal of Wood Science*, 51: 405-409.
- [12] Gunduz, G., Korkut, S. and Korkut, D.S., 2008. The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of Camiyani Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) wood. *Bioresour Technol*, 99: 2275-2280.
- [13] Ratnasingam, J. and Ma, TP., 2010. Optimizing the Cutting of Tension Wood in Rubberwood: An Economic and Quality Perspective. *Journal of Applied Sciences*, 10: 2454-2458.
- [14] Sadoh, T. and Nakato, K., 1987. Surface properties of wood in physical and sensory aspects. *Wood Science and Technology*, 21: 111-120.
- [15] Kilica, M., Hiziroglu, S. and Burdurlua, E., 2006. Effect of machining on surface roughness of wood. *Building and Environment*, 41: 1074-1078.
- [16] Büyüksarı, U., Akbulut, T., Guler, C. and Nusret, AS., 2011. Wettability and surface roughness of natural and plantation-grown narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.). *Bioresource*, 6(4): 4721-4730.
- [17] Tanritanir, E. and Hiziroglu, S., 2006. Effect of steaming time on surface roughness of beech veneer. *Building and environment*, 41:1494-1497.
- [18] Kılıç, M., Hiziroglu, S., Güllü, C. and Sezgin, Z., 2008. Influence of steaming on surface roughness of beech and sapele flooring material. *Journal of Materials Processing Technology*, 199: 448-451.
- [19] Vazques-Cooz, I. and Meyer, I.R.W., 2006. Cutting forces for tension wood and normal wood of maple. *Forest Product Journal*, 56: 26-34.
- [20] Dickmann, D.I., Isebrands, J.G., Eckenwalder, J.E., Richardson, J. 2001. *Poplar culture in north America*, NRC Research press, Ottawa, Canada, 397p.
- [21] Coutand, C., Jeronimidis, G., Chanson, B. and Loup, C., 2004. Comparison of mechanical properties of tension and opposite wood in *Populus*. *Wood Science and Technology*, 38:11-24.

## The effect of tension wood on roughness of poplar wood and its modification by steaming

### Abstract

In this research, the effect of tension wood on the roughness of poplar wood in tangential and radial sections was investigated. Steaming at 120 °C for 30 and 60 min was also applied to reduce the roughness. The potential use of roughness measurement technique for macroscopically detection of tension wood was one of the main objectives of this research. Before roughness measurement and for an accurate sampling, the detection of tension wood was carried out using Herzberg reagent and microscopic evaluations. The roughness of samples was measured by stylus profilometer at 12% moisture content and the surface quality was also studied by stereo-microscope. The results showed that there is no significant difference in the radial and tangential roughness between tension and normal wood. No difference was also observed between the roughness of tangential and radial sections of both types of woods. In contrast, stereo-microscopic studies clearly showed the higher roughness of tension wood. Steaming for 30 min increased the roughness but the treatment for 60 min had a decreasing effect on the roughness of both types of woods. Overall, it can be concluded that the roughness measurement technique cannot be used as a suitable method to nondestructively detect the poplar tension wood.

**Keywords:** roughness, poplar wood, steaming, tension wood.

S. Ghoreishi<sup>1</sup>  
A. Tarmian<sup>2\*</sup>  
A. Karimi<sup>3</sup>  
R. Oladi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> MSc., Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

<sup>2</sup> Associate professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

<sup>3</sup> Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

<sup>4</sup> Assistant professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

Corresponding author:  
[tarmian@ut.ac.ir](mailto:tarmian@ut.ac.ir)

Received: 2015/09/03  
Accepted: 2015/04/04