

تشخیص عیوب چوب نوئل با استفاده از آزمون فراصوتی (تکنیک توموگرافی)

حبيب الله خادمی اسلام^۱، اشکان قدرتی^{۲*} و شکوفا نائلی^۲

(^۱) دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

(^{۲*}) دانشجوی دوره کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

نویسنده مسئول: ashkan.ghodrati@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۰۱

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۵/۱۳

چکیده

هدف از انجام این تحقیق بررسی پارامترهای موج فراصوتی از نظیر کندی و تضعیف در گونه نوئل و همچنین ردیابی عیوب (سوراخ مصنوعی) با استفاده از روش توموگرافی بوده است. بدین منظور تعداد دو پایه از این گونه، از جنگل‌های اجابیت واقع در منطقه کلاردشت در استان مازندران تهیه گردید. از هر پایه دیسک‌هایی به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر در سه حالت با پوست، بدون پوست و دارای عیب (سوراخ مصنوعی) تهیه شد و برای اندازه‌گیری پارامترهای موج فراصوتی مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق تکنیک اندازه‌گیری تماس مستقیم و فرکانس موج ۵۵ کیلوهرتز بود. نتایج نشان داد که با نزدیک شدن به مغز چوب، کندی موج و ضریب تضعیف افزایش پیدا می‌کند و با حرکت از مغز به سمت پوست چوب، کاهش در دو فاکتور یاد شده مشاهده می‌گردد. همچنین می‌توان با اندازه‌گیری فاکتور کندی به وجود عیب پی برد. در حالی که تأثیری از وجود پوست در این تصاویر دیده نشد، البته در تصاویری که با استفاده از فاکتور تضعیف گرفته شد وجود عیب و پوست قابل مشاهده بود.

واژه‌های کلیدی: موج فراصوتی، نوئل، کندی و ضریب تضعیف، تماس مستقیم، توموگرافی.

مقدمه

ساختن صدمه‌ای به آنها می‌باشد. یک آزمون فراصوتی ممکن است به منظور اندازه‌گیری ضخامت قطعه و یا تشخیص ناپیوستگی‌های داخلی نظیر حفره و یا ترک، مورد استفاده قرار گیرد. فرکانس‌هایی که به طور معمول در انجام آزمون‌های فراصوتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در محدوده ۰/۵ تا ۲۵ مگاهرتز قرار دارند (Beall, 2002). تاکنون پژوهش‌های زیادی بر روی چوب‌های مناطق مختلف به وسیله آزمون‌های غیر مخرب (فراصوتی) صورت گرفته است. از جمله می‌توان به تحقیقی بر روی پروب‌های انتقال امواج فراصوتی به داخل نمونه اشاره کرد که نتایج حاصله نشان داد طراحی پروب‌های جدید که

آزمون‌های غیرمخرب، آزمایش‌هایی هستند که برای انجام آنها نیازی به تخریب قطعه نیست. به این دلیل آزمایش‌های غیرمخرب را در صورت لزوم بدون اینکه به قطعات آسیبی برسد، می‌توان بر روی تمامی آنها انجام داد. مطالعه و کاربرد امواج صوتی که فرکانس‌هایی فراتر از حوزه شنوایی انسان دارند، فراصوت نامیده می‌شود. افراد بالغی که از سلامت دستگاه شنوایی برخوردارند توانایی شنیدن فرکانس‌هایی در محدوده ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز را دارند. آزمون غیرمخرب فراصوتی عبارت از استفاده امواج فراصوتی به منظور بازرسی مواد بدون وارد

شکل کروی دارند، موجب می‌شود امواج فراصوتی با پراکنش کمتری توسط پروب گیرنده دریافت شوند (Brancheriau *et al.*, 2009). در زمینه ردیابی عیوب به‌وسیله توموگرافی، پژوهشی در مورد تشخیص پوسیدگی ایجاد شده توسط قارچ بر روی چوب بلوط سرپا انجام شد. نتایج نشان داد با انجام توموگرافی می‌توان پوسیدگی‌های نزدیک به پوست را بهتر ردیابی کرد (Deflorio *et al.*, 2008). مبنای کار در آزمایش اولتراسونیک، ارسال امواج فراصوتی به داخل قطعه مورد بازرسی و بررسی چگونگی انتشار آن در داخل قطعه است. موج ماوراء صوتی تا وقتی که محیط یکنواختی را در داخل قطعه طی می‌کند مسیر اولیه خود را ادامه می‌دهد و به محض برخورد یا عیب (ناپوستگی یا ناهمگنی ساختاری) تماماً یا بخشی از آن در فصل مشترک محیط اول (محیط داخل قطعه) و محیط دوم (ناپوستگی) انعکاس می‌یابد.

امروزه آزمایش فراصوت یا اولتراسونیک به دلیل قدرت نفوذ بالای امواج یاد شده، حساسیت بالای تجهیزات مربوط به آن، هزینه‌های نسبتاً پایین، ایمن و بی‌خطر بودن امواج فراصوتی و سرعت عمل مناسب در کنترل کیفیت محصولات فرآیندهای تولید، کاربرد وسیعی دارد (Bucur, 2003).

از روش‌های آزمون‌های فراصوتی استفاده از توموگرافی است که یک روش بسیار مفید و بی‌خطر است و با جمع‌آوری داده‌های حاصل از انتشار موج، ویژگی‌های ماده مورد مطالعه به صورت یک تصویر بازسازی می‌شود. این روش اطلاعات بسیار ارزنده‌ای در رابطه با محیط‌های ناهمگنی همچون چوب، در اختیار محقق قرار می‌دهد.

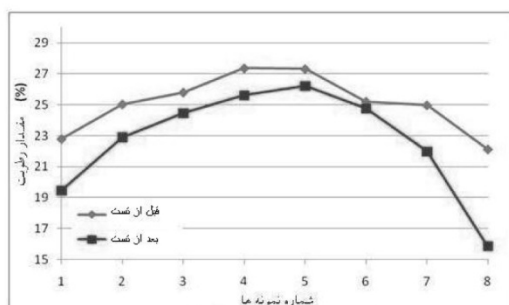
توموگرافی فراصوتی مربوط به تصویرسازی عرضی می‌باشد که در آن ماده مورد نظر در جهت‌های مختلف تحت انتشار موج قرار گرفته و با جمع‌آوری داده‌های حاصل از انتقال و انعکاس موج تصویر عرضی ماده مورد نظر ساخته می‌شود. در توموگرافی از امواج مختلفی استفاده می‌شود. مهم‌ترین نوع موج، امواج طولی بوده، اما از امواج عرضی و امواج سطحی مانند امواج لمب^۱ نیز استفاده می‌شود. برای حصول یک تصویر خوب در ابتدا باید درک درستی از پدیده انتشار موج در یک محیط ناهمگن و هر سو نایکسان، مانند چوب داشت. از طرفی از تبدیل مد موج در هنگام انتشار موج باید جلوگیری کرد، زیرا تغییر مد موج وضوح تصویر را از بین می‌برد. بعد از جمع‌آوری داده‌ها باید یک پردازش سیگنال مناسب استفاده شود تا امواج ناخواسته حذف گردد و تصویر حاصله قابلیت تشخیص معایب درونی چوب را داشته باشد. داده‌های اندازه‌گیری شده می‌تواند سرعت موج، ضریب تضعیف یا نرخ انتقال انرژی موج باشد. سه حالت اسکن در توموگرافی وجود دارد. اسکن A در تکنیک تماس مستقیم نقاط دارای سرعت یکسان را نشان می‌دهد. اسکن B بر اساس نمایش مجموع شکل‌های موج در طول یک خط بوده و کاربرد پزشکی دارد و اسکن C در واقع مجموعه‌ای از اسکن‌های خطی است که یک ناحیه مشخصی از نمونه را پوشانده‌اند که در تکنیک غوطه‌وری استفاده می‌شوند (Barnett & Jeronimidis, 2003). بر این اساس پژوهش حاضر در نظر دارد که پارامتر موج فراصوتی را در گونه نئول بررسی نموده و عیوب را با استفاده از روش توموگرافی ردیابی نماید.

¹ Lamb

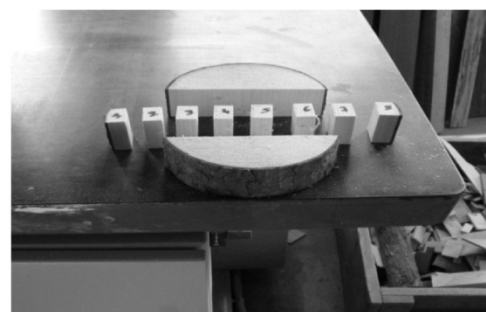
مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه خواص صوتی چوب نوئل، دو اصله از گونه نوئل (*Picea Abies*) در جنگل اوجایت واقع در منطقه کلاردشت قطع و مورد استفاده قرار گرفت. ارتفاع درختان ۲۰ متر و قطر آنها ۱۶ سانتی‌متر بود. علت استفاده از گونه نوئل در پژوهش حاضر این‌که گونه یاد شده یک چوب پر طنین است و در مطالعات آکوستیک به عنوان مدل استفاده می‌شود (Bucur, 2003). چوب نوئل چوبی همگن با ۹۵ درصد تراکئید طولی می‌باشد و تغییر چوب آغاز به چوب پایان تدریجی است. به همین خاطر تغییر در پارامترهای موج فراصوتی را در حین انتشار به راحتی نشان می‌دهد. از آنجایی که میزان رطوبت نمونه‌ها بر

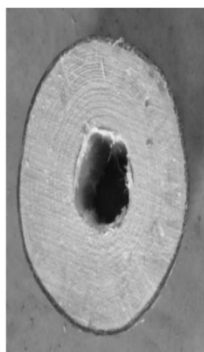
خواص صوتی چوب تاثیر دارد، بدین منظور دیسک‌هایی به ضخامت ۵ سانتی‌متر تهیه و سپس مطابق شکل ۱ تعداد ۸ نمونه ۳×۲ در امتداد قطر دیسک برش داده شد و برای کنترل میزان رطوبت نمونه‌ها (با روش توزین و قرار دادن در دمای ۱۰۳ درجه به مدت ۴۸ ساعت) مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲). در این تحقیق برای اندازه‌گیری پارامترهای موج فراصوتی چهار نوع دیسک تهیه شد. دیسک‌های حاوی پوست با ضخامت ۳ میلی‌متر، دیسک‌های بدون پوست و دیسک‌های معیوب دارای سوراخ‌های مصنوعی به ضخامت ۱ و ۲ و ۵ سانتی‌متر بودند (شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶).



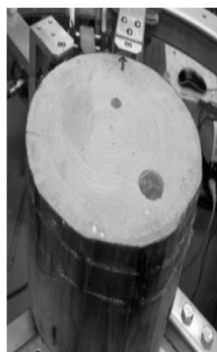
شکل ۲. پراکنش میزان رطوبت نمونه‌ها



شکل ۱. تهیه نمونه‌های ۳×۲ سانتی‌متر در امتداد قطر دیسک



شکل ۶. سوراخ با قطر ۵ cm



شکل ۵. سوراخ با قطر ۲ و ۳ cm



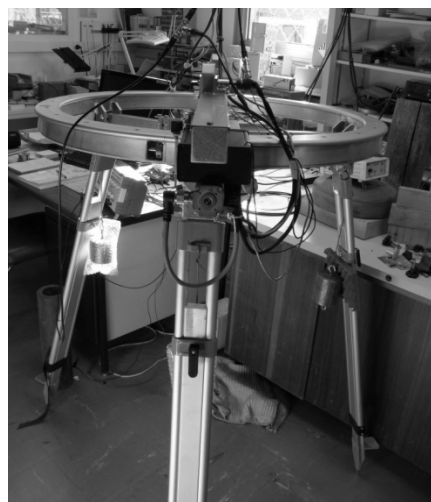
شکل ۴. نمونه بدون پوست



شکل ۳. نمونه با پوست

اندازه‌گیری پارامترهای موج فراصوتی

برای اندازه‌گیری پارامترهای موج فراصوتی از تکنیک تماس مستقیم بر روی بینه‌های ۱۵ سانتی-متری استفاده شد. برای این کار از یک دستگاه طراحی شده در کشور فرانسه و موسسه پژوهش CIRAD استفاده شد. این دستگاه دارای ژنراتور (مدل AX-322) با قدرت ۱۲ ولت برای تولید سیگنال الکتریکی، یک آمپلی‌فایر و یک اسپلوسکوپ (مدل TPS-2012) بود. ترانسدیوسرهای مورد استفاده به شکل رل یا غلطکی (PAC-RS30) از جنس پیزو الکتریک و نوع امواج تولید شده توسط این دستگاه از نوع طولی با پهنای باند فرکانس ۵۵ کیلوهرتز بودند. طول موج مربوطه در جهت عرضی ۵ میلی‌متر بود. از گلیسرین به عنوان ماده واسطه بین ترانسدیوسر و نمونه استفاده شد. گسیل از طریق پالس ۴۸۰ ولت با امواج مربعی شکل انجام، و اطلاعات مربوط به سیگنال دریافتی به وسیله یک مبدل با قدرت تفکیک‌پذیری ۱۶ بیت جمع‌آوری شد. فرکانس نمونه‌برداری بر روی ۰/۵ مگاهرتز تنظیم و مدت زمان دریافت ۴/۱ میکروثانیه بود (شکل ۷).



شکل ۷. دستگاه توموگرافی مرکز تحقیقاتی CIRAD

این دستگاه بر روی یک قاب آلومینیومی نصب شد که دارای دو بازو بوده و بر روی بازوها ترانسدیوسرهای گیرنده و فرستنده سوار شدند. این بازوها قابلیت حرکت در راستای افقی را داشته و با اعمال فشار و سفت کردن پیچ‌های دو طرف بازو میزان نیروی وارده به نمونه قابل تنظیم بود (شکل ۷). به منظور آنالیز و محاسبه پارامترهای موج، ابتدا سیگنال فراصوتی با استفاده از تابع موجی مورلت^۱ فیلتر شد. این سیگنال‌ها پس از دریافت توسط گیرنده، به وسیله آمپلی‌فایر تا ۸۰dB تقویت شده و به کامپیوتر فرستاده و در آن ذخیره شد. برای آنالیز و پردازش سیگنال‌ها یک برنامه توسط نرم افزار MATLAB نوشته شد و از آن اطلاعات مورد نیاز استخراج شد. طرح شماتیک نحوه انجام آزمایش در شکل ۸ نشان داده شده است.

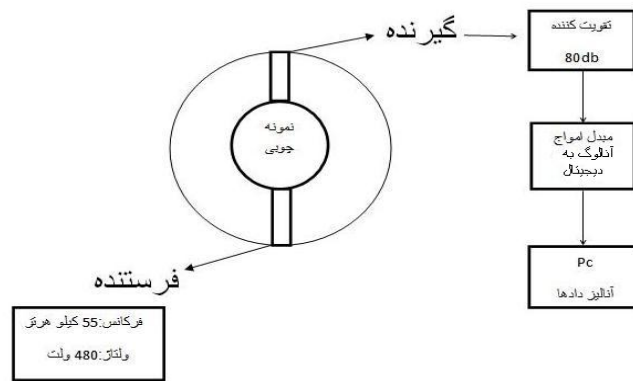
برای محاسبه کندی و ضریب تضعیف موج (نسبت انرژی دریافت شده به انرژی ساطع شده) از دو فرمول زیر استفاده شد:

$$S_i = \frac{TOF}{d}$$

$$A_i = \frac{1}{d} 10 \log_{10} \left(\frac{\int s^2(t) dt}{\int e^2(t) dt} \right)$$

S_i : کندی سرعت (ثانیه بر متر)؛ TOF: زمان تاخیر دریافت سیگنال (ثانیه)؛ d: فاصله بین ترانسدیوسر فرستنده و گیرنده (متر)؛ A: ضریب تضعیف (dB)

^۱ Morlet Wavelet



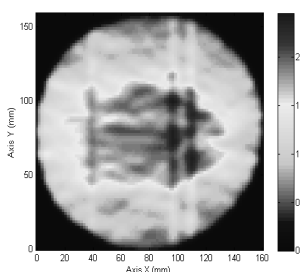
شکل ۸. طرح شماتیک مراحل مختلف انجام آزمایش

جوان چوب بوده و نواحی آبی رنگ مربوط به بافت چوب با سلول‌های تکامل یافته‌تر و سلول‌های چوبی با دیواره سلولی ضخیم‌تر و همچنین درصد بیشتر چوب بالغ می‌باشد. نتایج مشابه در مورد دیسک بدون پوست نیز مشاهده شد. همان‌طور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، منحنی کندی از سمت مغز به سمت پوست کاهش می‌یابد. در نواحی نزدیک پوست تغییرات کندی آن‌چنان محسوس نیست که نشان‌دهنده تاثیر ضعیف پوست بر میزان سرعت موج فراصوتی می‌باشد. بر عکس در دیسک حاوی سوراخ (شکل ۱۱)، تغییر رنگ با مقدار کندی بالا در ناحیه سوراخ نشان‌دهنده تاثیر منفی سوراخ مصنوعی بر انتشار موج می‌باشد.

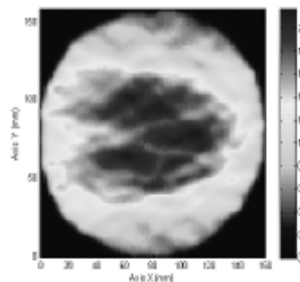
نتایج

تصاویر حاصل از توموگرافی مقاطع عرضی با استفاده از پارامتر کندی

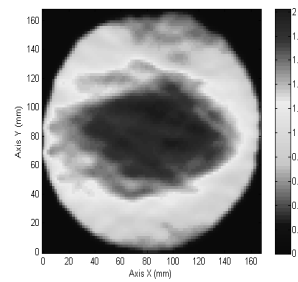
تصاویر توموگرافی مقاطع عرضی دیسک‌های با پوست، بدون پوست و دیسک‌های معیوب (حاوی سوراخ مصنوعی با قطر ۱ و ۲ سانتی‌متر) در شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است. تغییرات کندی (تغییر رنگ) نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر کندی در دیسک‌های حاوی پوست (شکل ۹) مربوط به نواحی اطراف مغز می‌باشد. با افزایش فاصله از مغز و نزدیک شدن به پوست، تغییر رنگ به سمت آبی کم رنگ متمایل شده و مقدار کندی سرعت کاهش می‌یابد. نواحی قرمز رنگ مربوط به بافت پارانشیم مغز و



شکل ۱۱. نمونه معیوب



شکل ۱۰. نمونه بدون پوست

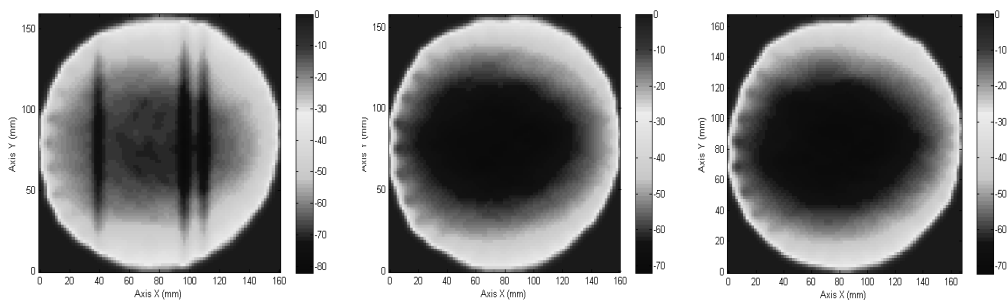


شکل ۹. نمونه با پوست

تصاویر حاصل از توموگرافی مقاطع عرضی با استفاده از پارامتر ضریب تضعیف

دیسک حاوی پوست (شکل ۱۲) دارای یک ناحیه آبی تیره رنگ گسترده از سمت مغز به سمت پوست می‌باشد. این تیرگی حتی در نواحی چوب بالغ و در مرز بین چوب و پوست مشاهده می‌شود. این وضعیت نشان می‌دهد که پوست به شدت باعث تضعیف موج می‌شود. معمولاً فضای خالی و چوب‌پنبه‌ای پوست به شدت دامنه موج را کاهش داده که این مسئله همراه با جذب بیشتر موج، شکست و انعکاس آن در مرزهای بین سلولی می‌باشد. در دیسک بدون پوست (شکل ۱۳)، اگرچه اثر بسیار مخرب پوست بر ضریب تضعیف حذف شده است، اما ناحیه آبی رنگ تیره

هنوز بخش اعظمی از تصویر عرضی دیسک را پوشانده است. معمولاً نواحی نزدیک مغز با بافت سست پارانشیمی و ناحیه جوان چوب با دانسیته کمتر و زاویه میکروفیبریل بیشتر دارای ضریب تضعیف بالاتری بوده است. با توجه به گرادیان رطوبتی (شکل ۲)، نواحی داخلی‌تر با درصد رطوبت بیشتر دارای ضریب تضعیف بیشتری نیز می‌باشند. در شکل ۱۳ وضعیت ضریب تضعیف در دیسک حاوی سوراخ نشان داده شده است. همانند موارد قبل بیشترین ضریب تضعیف مربوط به نواحی نزدیک مغز می‌باشد. با این حال در ناحیه نزدیک به سوراخ مقدار تیرگی رنگ آبی و افزایش ضریب تضعیف مشاهده می‌شود.



شکل ۱۴. نمونه معیوب

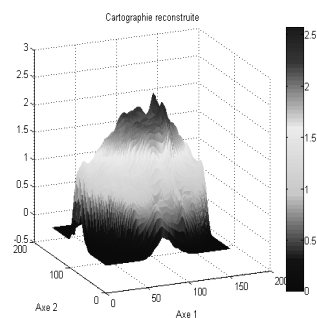
شکل ۱۳. نمونه بدون پوست

شکل ۱۲. نمونه با پوست

نتایج حاصل از تأثیر سوراخ مصنوعی به قطر ۵ سانتی‌متر بر ضریب تضعیف موج فراصوتی در شکل ۱۶ نشان داد که در ناحیه سوراخ مصنوعی با تغییر مد موج، جذب، انعکاس و شکست موج اتفاق افتاده و به شدت، ضریب تضعیف موج را افزایش می‌دهد.

تأثیر سوراخ مصنوعی با قطر ۵ سانتی‌متر بر پارامترهای موج فراصوتی

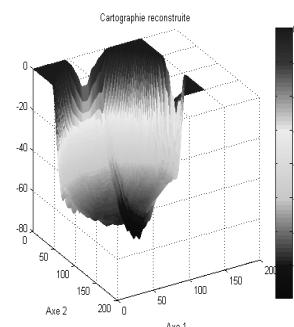
نتایج بررسی تأثیر گسیختگی ساختار چوب بر روی سرعت و ضریب تضعیف موج نشان می‌دهد که یک روند کاهشی کندی سرعت از سمت مغز به سمت پوست مشاهده می‌شود (شکل ۱۵). این وضعیت نتایج قسمت‌های قبل را تایید می‌کند. برعکس آنچه در رابطه با کندی نشان داده شد،



شکل ۱۶. نمونه با سوراخ ۵ سانتی متر نزدیک

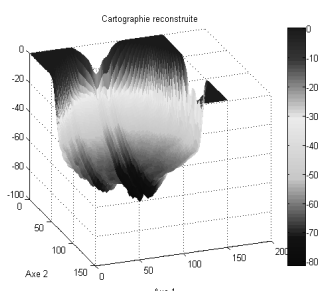
سرعت نیز به سمت مغز متمایل شده است. از این روش می‌توان در شناسایی دقیق محل عیب در درخت استفاده کرد.

شکل ۱۵. نمونه با سوراخ ۵ سانتی متر نزدیک پوست (تضعیف)

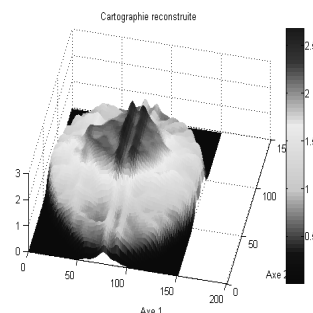


پوست (کندی)

همان‌طور که در شکل ۱۷ و ۱۸ نشان داده شده است با تغییر مکان سوراخ مصنوعی ایجاد شده به سمت مرکز گرده‌بینه، نواحی تیره رنگ حاصل از تضعیف شدید موج و کندی بالای



شکل ۱۸. نمونه با سوراخ ۵ سانتی متر در مرکز (تضعیف)



شکل ۱۷. نمونه با سوراخ ۵ سانتی متر در مرکز (کندی)

ضخیم کندی موج کاهش می‌یابد (Rinn, 2004). از سوی دیگر به سبب نازک بودن پوست درخت نوئل و فشار ترانسدیوسرها نتایج مشابه روی نمونه با پوست و بدون پوست به دست آمد. در واقع تاثیری از پوست در عکس‌های توموگرافی دیده نشد. در ارتباط با وجود سوراخ و گسیختگی در ساختار و بافت چوب این نکته قابل ذکر است که وجود سوراخ حاوی هوا، باعث گسیختگی در ساختار چوب شده و مسیر پیوسته انتشار موج را منقطع نموده و باعث افزایش شدید امپدانس

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر ارزیابی تاثیر پوست و سوراخ مصنوعی به عنوان عیوب موجود در چوب توسط تکنیک توموگرافی بررسی شد. با اندازه‌گیری پارامتر کندی روی نمونه با پوست مشخص گردید که بیشترین مقدار کندی مربوط به نواحی اطراف مغز می‌باشد که علت آن وجود پارانشیم مغزی و چوب جوان در این نواحی می‌باشد و با حرکت از مغز به سمت پوست، به دلیل وجود چوب بالغ و سلول‌های چوبی با دیواره

روش مورد اشاره می‌توان به عدم اندازه‌گیری ابعاد دقیق معایب در چوب نام برد.

منابع

- 1) Barnett, J., and Jeronimidis, G. 2003. *Wood Quality and its Biological Basis* (Wiley-Blackwell).
- 2) Beall, F. C., 2002. Overview of the use of ultrasonic technologies in research on wood properties. *Wood Sci. Technol.*, 36:197-212.
- 3) Brancheriau, L., Gallet P., Thau nay P., and Lasaygues P., 2009. Ultrasonic device for the imaging of green wood. 6th Plant Biomechanics Conference, Cayenne, France, November 16-21, 285-288.
- 4) Bucur, V., 2003. Techniques for high resolution imaging of wood structure: a review. *Meas. Sci. Technol.*, 14:R91-R98.
- 5) Deflorio, G., Fink, S., and Schwarze, F., 2008. Detection of incipient decay in tree stems with sonic tomography after wounding and fungal inoculation. *Wood Sci. Technol.*, 42: 117-132.
- 6) Dikrallah, A., Kabouchi, B., Hakam A., Brancheriau, L., Baillères, H., Famiri, A., and Ziani, M., 2010. Study of acoustic wave propagation through the cross section of green wood. *C. R. Mecanique*, 338 (2): 107-112.
- 7) Lin, C., Kao, Y., Lin, T., Tsai, M., Wang, S., Lin, L., Wang, Y., Chan, M., 2008. Application of an ultrasonic tomographic technique for detecting defects in standing trees. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 62 (4): 434-441.
- 8) Maurer, H. R., Schubert, S. I., Baechle, F., Clauss, S., Gsell, D., Dual, J., and Niemz, P., 2006. A simple anisotropy correction procedure for acoustic wood tomography. *Holzfor schung*, 60: 567-573.
- 9) Rinn F., 2004. *Holzanatomische grundlagen der schall-tomographie an Bäumen*. *Neue Landschaß*, 7: 44-47.
- 10) Schmoldt, D. L., 2005. CT imaging, data reduction, and visualization of hardwood logs. *Proc. 24th Annual Hardwood Symposium*, Meyer, D. A. (ed.), National Lumber Assoc. Cashiers, North.

آکوستیکی گردیده که متعاقب آن موج را از مسیر اصلی خود منحرف می‌نماید (Maurer *et al.*, 2006). این ناهماهنگی و گسیختگی در عکس-های متعدد توموگرافی کاملاً مشهود می‌باشد. با بررسی پارامتر تضعیف موج روی نمونه با پوست نشان داده شد که بیشترین میزان تضعیف موج در ناحیه مغز و مرز بین چوب بالغ و پوست اتفاق می‌افتد. به عبارت دیگر وجود سلول‌های چوب پنبه‌ای و فضای خالی باعث کاهش دامنه موج، شکست و انعکاس آن در مرزهای بین سلولی می‌شود.

علت تضعیف زیاد در مناطق مرکزی را می‌توان وجود چوب جوان، بافت سست پارانشیمی، افزایش زاویه میکروفیبریل‌ها و زیاد شدن میزان رطوبت در این ناحیه دانست (Schmoldt, 2005). در چنین وضعیتی تاثیر منفی بافت پارانشیم مغزی با سوراخ ایجاد شده در همان ناحیه تشدید شده و موجب افزایش ضریب تضعیف می‌گردد (Dikrallah *et al.*, 2010). در ارتباط با دیسک‌های معیوب، به علت جذب انرژی، شکست و انعکاسی که در ناحیه سوراخ مصنوعی صورت می‌گیرد، باعث افزایش ناگهانی ضریب تضعیف موج در نواحی اطراف سوراخ می‌گردد (Lin *et al.*, 2008). این نواحی در عکس‌های توموگرافی نیز کاملاً مشاهده می‌شود. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که روش توموگرافی روشی مناسب و قابل اطمینان در جهت ارزیابی عیوب انواع مختلف چوب بوده و می‌توان به وسیله این روش محل تقریبی عیوب را پیش‌بینی نمود، در صورتی که از مشکلات اساسی

Application of tree tomography technique for defect detection in *Picea abies*

H. Khademi-Eslam¹, A. Ghodrati^{2*} and S. Naeli³

- 1) Associate Professor, Department of wood and paper science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
- 2*) M. Sc. Student in Department of wood and paper science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Corresponding Author: ashkan.ghodrati@yahoo.com
- 3) M. Sc. Student in Department of wood and paper science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

This research is to study the ultra sound wave parameters including slowness and attenuation of two *Picea abies* species as well as defects diagnosis (artificial) through tomography method. For this purpose, two roots of this species were prepared from Ojabit woods of Kelardasht zone in Mazandaran province. To perform the test, 15cm thickness discs were prepared from each root stock in three different states: with bark, without bark and defected (artificial hole). In order to do the measurement, ultra sound wave parameters were used. The measurement technique of this research was direct contact and 55 KHz wave frequency. The results showed that as the ultra sound proximate the wood pith, the wave slowness and attenuation coefficient increase and by moving from pith to the wood bark, both factors show reductions. In addition, the results of tomography showed that it is possible to diagnose the defects through measuring the attenuation factor. Although no impacts of bark existence were found in the pictures, the pictures that were taken by attenuated factors revealed defects and bark.

Keywords: Ultra Sound Wave, *Picea Abies*, Slowness and Attenuation Coefficient, Direct Contact, Tomography.