بررسی خواص صوتی چوب نوئل با استفاده از آزمون فراصوتی (غیرمخرب)

اشکان قدرتی[۱*]، حبیبا... خادمی‌اسلام[۲]، لویک برانچریو[۳] و محمد طلایی‌پور[٤]

۱*) دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران. نویسنده مسوول: ashkan_g007@yahoo.com

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

۳) عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع چوب، مؤسسه CIRAD دانشگاه مونپلیه II، فرانسه.

٤) استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۱

چکیده

در این تحقیق پارامترهای موج فراصوتی از قبیل سرعت و تضعیف در گونه نوئل بررسی شدند. بدین منظور تعداد دو پایه از این گونه، از جنگل‌های اوجابیت واقع در منطقه کلاردشت در استان مازندران تهیه گردید. بدین منظور طبق استاندارد دستگاه التراسونیک (NF S68 009) از هر پایه دیسک‌هایی به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر و قطر ۱۶ سانتی‌متر در سه حالت با پوست، بدون پوست و دارای عیب (سوراخ مصنوعی) تهیه گردید و برای اندازه‌گیری پارامترهای موج فراصوتی مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق تکنیک اندازه‌گیری تماس مستقیم و فرکانس موج ۵۵ کیلوهرتز بود. نتایج تحقیق نشان داد که پوست درخت به شدت ضریب تضعیف موج را افزایش می‌دهد در حالی که بر روی سرعت موج اثر معنی‌داری نداشته است. نتایج همچنین نشان داد که وجود عیب (سوراخ مصنوعی) در دیسک‌های گونه نوئل بیشترین تاثیر را بر پارامتر سرعت موج فراصوتی داشته و به شدت آن را کاهش داده، ولی روی ضریب تضعیف موج اثر معنی‌داری نداشته است.

واژه‌های کلیدی: موج فراصوتی، نوئل، خواص صوتی، سرعت، ضریب تضعیف و تماس مستقیم.

مقدمه

کیفیت محصول همیشه یکی از مسایل مهم و قابل توجه برای مصرف‌کنندگان بوده است. از این رو تولیدکنندگان برای کسب بازار فروش و رضایت متقاضیان و شهرت خود باید بکوشند تا همیشه محصولات با کیفیت بالا تولید کنند. از طرفی حفظ شهرت و توانایی رقابت تولیدکنندگان در عرصه جهانی، مستلزم برنامه‌ریزی‌های مناسب برای کنترل و ارزیابی مداوم کیفیت مورد درخواست متقاضیان در ارتباط با شاخص‌های کیفیت جدید است. همچنین جلب اعتماد هر چه بیشتر متقاضیان و همزمان با آن پایین‌آوردن هزینه‌های تولید و نهایتاً کاهش قیمت از عوامل مهم و موفقیت‌آمیز برای تولیدکنندگان محسوب می‌شود.

در فرآیند تولید قطعات تجهیزات و ماشین‌آلات صنعتی پس از طراحی، انتخاب مواد اولیه مناسب به گونه‌ای که بتواند نیازها و توقعات مورد نیاز متقاضیان از لحاظ شرایط زمانی و محیط‌های کاری مختلف را برآورده سازد، از اهمیت خاصی برخوردار است. در مرحله بعد، انتخاب فرآیند تولید مناسب و شرایط بهینه محیط کاری از لحاظ تأثیر عوامل خارجی بر کیفیت

محصول به منظور تولید محصول با خواص مورد نظر، ضروری است. سرانجام بررسی و کنترل محصول برای کسب اطمینان لازم در مورد سالم بودن و عدم وجود عیوب مهم در آن، جلوگیری از شکست زودرس که در مواردی می‌توان عواقب ناگواری را به دنبال داشته باشد، بسیار مهم و قابل توجه است.

این بررسی و کنترل کیفیت باید در حین فرآیند تولید برای شناسایی عیوب ناشی از شرایط نامناسب تولید، اعم از عوامل تکنولوژیکی و خارجی به‌طور مداوم صورت پذیرد. ضمن این که می‌تواند به افزایش کیفیت کمک کرده و از هدر رفتن مواد اولیه جلوگیری نماید (تویسرکانی، ۱۳۸٦).

آزمون‌های غیرمخرب آزمون‌هایی هستند که برای انجام آنها نیازی به تخریب قطعه نیست. به این دلیل آزمایش‌های غیرمخرب را در صورت لزوم بدون این که به قطعات آسیبی برسد، می‌توان بر روی تمامی آنها انجام داد. با استفاده از آزمون‌های غیرمخرب می‌توان عیوب موجود در قطعات از قبیل تخلخل و حفره‌های داخلی، ترک و ناپیوستگی‌های سطحی و داخلی، ناخالصی‌ها و انواع عیوبی که در حین فرآیند تولید و یا در حین کار تحت شرایط ویژهٔ محیط کار ایجاد شده و شکل می‌گیرند را شناسایی نمود (هنرور، ۱۳۸۸).

مبنای کار در آزمون‌های غیرمخرب مبتنی بر استفاده از اصول فیزیکی به منظور آشکارسازی، شناسایی عیوب و ناهمگنی‌های موجود در قطعه است. مراحل اساسی هر آزمون غیرمخرب عبارت است از: ۱. کاربرد یکی از خواص فیزیکی ماده‌ای که قطعه از آن ساخته شده است؛ ۲. آشکارسازی و مشاهدهٔ تغییرات ایجاد شده در این خاصیت فیزیکی در ارتباط با وجود عیب یا ناهمگنی موجود در قطعه؛ ۳. تعیین تغییرات ایجاد شده و تبدیل آن به صورتی که قابل بررسی و تفسیر باشد؛ ٤. تفسیر نتایج به دست آمده و اظهار نظر در مورد کیفیت قطعه.

یکی از قدیمی‌ترین روش‌های بررسی غیرمخرب، مقایسه طنین صدای حاصل از ضربه چکش کوچکی به قطعهٔ مورد آزمایش با طنین صدای ضربه‌ای با همان شدت به قطعه سالم مشابه آن بود. به این ترتیب سالم بودن یا نبودن قطعه مشخص می‌شد. البته این روش بررسی، روش حساسی نبود که شناسایی عیوب ریز را ممکن سازد. از طرفی دیگر عیب قابل شناسایی به حساسیت گوش شخص آزمایش‌کننده بستگی داشت. با دستیابی به امواج فراصوتی با فرکانس‌های بالا شناسایی عیوب ریز داخلی قطعات امکان‌پذیر گشت و کاربرد این روش به طور گسترده‌ای توسعه یافت (ریاحی و فرجی، ۱۳۸٤).

مطالعه و کاربرد امواج صوتی که فرکانس‌هایی فراتر از حوزهٔ 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 است از استفاده امواج فراصوتی به منظور بازرسی مواد بدون وارد ساختن صدمه‌ای به آنها. 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 (Bucur, 2003b).

مواد و روش‌ها

گونه چوبی مورد استفاده

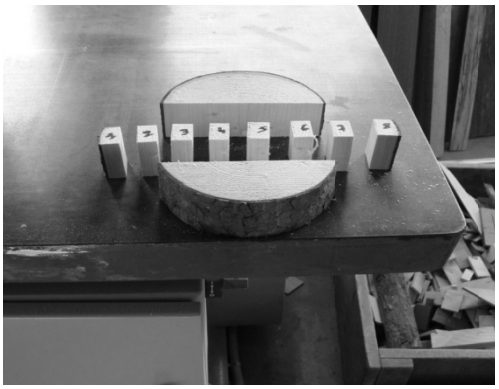
به منظور مطالعه خواص صوتی چوب نوئل، دو اصله از گونه نوئل (*Picea Abies*) در جنگل اوجابیت واقع در منطقه کلاردشت قطع و مورد استفاده قرار گرفت. علت استفاده از گونه نوئل در این تحقیق بدین خاطر بود که گونه نوئل یک چوب پرطنین بوده و در مطالعات آکوستیک به عنوان مدل استفاده می‌شود (Bucur, 2003a). چوب نوئل یک چوب همگن با ۹۵ درصد تراکئید طولی می باشد و تغییر چوب آغاز به چوب پایان تدریجی است (Beal, 2002) و به همین خاطر تغییر در پارامترهای موج فراصوتی را در حین انتشار به راحتی نشان می‌دهد. در جدول ۱ مشخصات درختان مورد مطالعه آورده شده است.

جدول ۱. مشخصات درختان نوئل قطع شده

گونه	ناحیه قطع	طول گرده بینه (m)	میانگین قطر (cm)	ارتفاع از سطح دریا (m)	ارتفاع قطع (m)	ضخامت دیسک (cm)	تعداد دیسک
Picea abies	کلاردشت	۲۰	۱۶	۱۶۰۰-۱۲۰۰	۱/۵	۱۵	۲

از آنجایی که میزان رطوبت نمونه‌ها بر خواص صوتی چوب تاثیر دارد، بدین منظور دیسک‌هایی به ضخامت ۵ سانتی‌متر تهیه و سپس مطابق شکل‌های ۱، تعداد ۸ نمونه ۵×۳×۲ سانتی‌متر در امتداد قطر دیسک برش داده شد و برای کنترل میزان رطوبت نمونه‌ها (با روش توزین و قرار دادن در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت) مورد استفاده قرار گرفت (NF B51-004).

در این تحقیق برای اندازه‌گیری پارامترهای موج فراصوتی سه نوع دیسک تهیه شد. دیسک‌های با پوست با ضخامت ۳ میلی‌متر، دیسک‌های بدون پوست و دیسک های معیوب که دارای سوراخ‌های مصنوعی به ضخامت ۱ و ۲ سانتی‌متر بوده که به وسیله متر روی چوب ایجاد شدند، انتخاب گردیدند (شکل‌های ۳، ٤ و ٥).



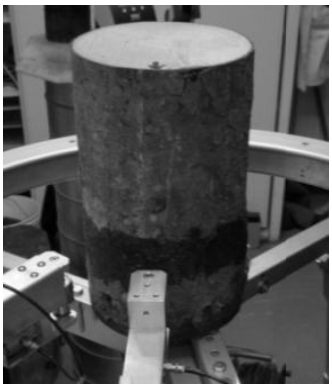
شکل ۱. تهیه نمونه‌های ۵×۳×۲ سانتی‌متر در امتداد قطر دیسک

اندازه‌گیری پارامترهای موج فراصوتی

برای اندازه‌گیری پارامترهای موج فراصوتی از تکنیک تماس مستقیم با استفاده از دستگاه طراحی شده در موسسه CIRAD بر روی دیسک‌های گونه نوئل استفاده شد. به منظور تولید سیگنال الکتریکی از یک مبدل با قدرت ۱۲ ولت استفاده شد. انتقال از طریق ترانسدیوسرهای غلطکی شکل پیزو الکتریکی به حالت پیوسته انجام گرفت. نوع امواج تولید شده توسط این دستگاه از نوع طولی با پهنای باند فرکانس ۵۵ کیلو هرتز بودند. گسیل از طریق پالس ۵۰۰ ولت با استفاده از امواج مربعی شکل انجام گرفت. به منظور کاهش امپدانس آکوستیکی ایجاد شده بین ترانسدیوسر و سطح نمونه از ماده واسطه گریس استفاده شد (شکل‌های ۲، ۳ و ٤).

شکل۲.نمونه معیوب

شکل ۳. نمونه بدون پوست



شکل ٤. نمونه باپوست

همان‌طور که در طرح شماتیک آزمایش ملاحظه می‌شود (شکل ۵) نمونه در مرکز یک دستگاه دایره‌ای شکل قرار گرفته و در دوازده نقطه (با طی کردن هر ۳۰ درجه) انتقال سیگنال انجام پذیرفت. پس از دریافت امواج به وسیله گیرنده، امواج برای تقویت به آمپلی‌فایر (تقویت‌کننده) منتقل شد و سپس برای تبدیل امواج آنالوگ به دیجیتال به مبدل فرستاده شدند. پس از جمع‌آوری سیگنال‌ها، آنالیز سیگنال انجام شد (شکل ۵).

سرعت موج از رابطه زیر محاسبه گردید:

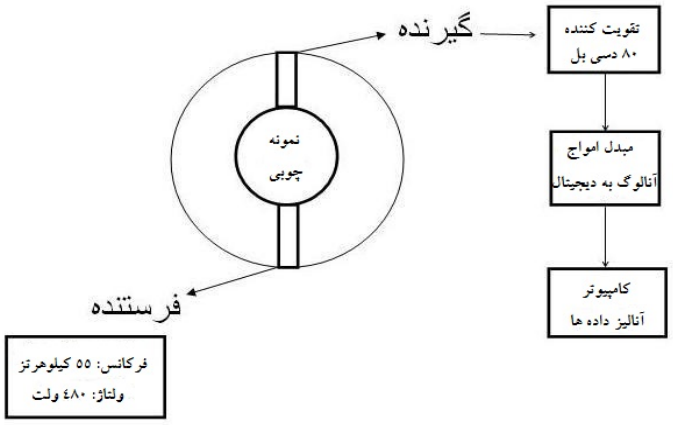
$$V_{\varphi} = \frac{\text{distance}}{\tau_{\varphi}} \qquad (۱)$$

τ_{φ}: تاخیر فاز (s)؛ distance: فاصله بین دو نقطه (m)؛ V_{φ}: سرعت فاز (m/s).

ضریب تضعیف موج از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$At = \frac{1}{d} 10 \log_{10} \left(\frac{\int s^2(t)dt}{\int e^2(t)dt} \right) \qquad (۲)$$

At: میزان تضعیف (dB/m)؛ d: فاصله بین فرستنده و گیرنده (m)؛ $e^2(t)$: سیگنال ورودی؛ $s^2(t)$: سیگنال خروجی.



شکل ۵. طرح شماتیک مراحل مختلف انجام آزمایش

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها در سطح تیمارهای مختلف از آزمون T student با دو نمونه همبسته یا جفتی در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج

فاکتور سرعت صوت

در جداول ۲ و ۳ مقادیر میانگین سرعت موج و جداول تجزیه واریانس نمونه‌های با پوست، بدون پوست و معیوب آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین سرعت موج در نمونه‌های با پوست و نمونه‌های بدون پوست مشاهده نشد. این بدین معنی است که پوست درخت نوئل تاثیر چندانی بر سرعت موج فراصوتی ندارد. اگر چه پوست درخت یک ساختار چوب پنبه‌ای دارد و مدول الاستیسیته آن نیز کمتر از چوب است، ولی احتمالاً ضخامت بسیار کم آن (۳ میلی‌متر) و ساختار متراکم پوست چوب نوئل و همچنین فشار بالای ترانسدیوسر به سطح نمونه این افت را جبران کرده است. بنابراین هیچگونه تفاوت معنی‌داری برای نمونه‌های با پوست و بدون پوست مشاهده نشده است. مقایسه میانگین سرعت موج در دیسک‌های بدون پوست و معیوب نشان داد که دیسک‌های معیوب در سطح ۵ درصد دارای سرعت موج کمتری هستند. از آنجایی که هر دو دیسک بدون پوست بوده‌اند، تاثیر ضعیف پوست در این حالت حذف می‌شود، اما آنچه مهم‌تر از نقش پوست می‌باشد وجود سوراخ‌های مصنوعی در دیسک‌های معیوب می‌باشد. معمولاً وجود ترک و گسیختگی در ساختار چوب مسیر پیوسته انتقال موج را منقطع می‌سازد.

امپدانس‌آکوستیکی حاصل از سوراخ‌های مصنوعی باعث شکست موج شده و قدرت چوب را برای انتقال موج کاهش می‌دهد. در نتیجه انتقال موج با تاخیر زمانی بیشتری صورت می‌گیرد و سرعت موج کاهش می‌یابد. این نتایج نشان می‌دهد که حساسیت پارامتر سرعت موج به وجود حفره، سوراخ و گسیختگی بسیار بیشتر از وجود پوست می‌باشد.

جدول ۲. جدول تجزیه واریانس برای سرعت در دو حالت با پوست و بدون پوست

مؤلفه‌ها	با پوست	بدون پوست
میانگین	۱۱۱۱/۵۳۸	۱۲۲۵/۷۸٦
واریانس	۳۸۲۸۰٤/۹۸۸	٥۲۸٤۲۷/۲۷۰
تعداد	۱۰۸	۱۰۸
همبستگی پیرسون	۰/٥۹٤۲	–
درجه آزادی	۱۰۷	–
معنی‌داری	۰/۰٥٥	–

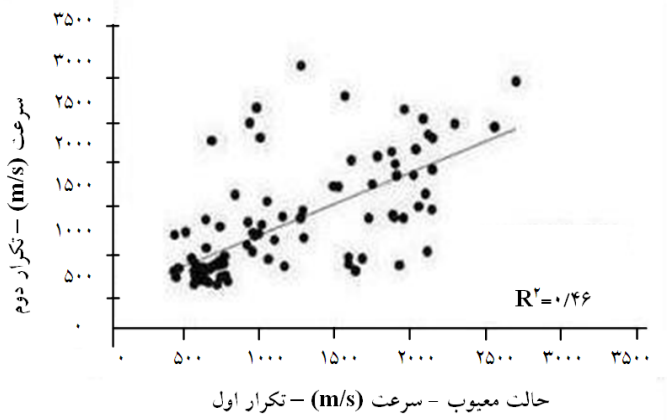
جدول ۳. تجزیه واریانس سرعت در دو حالت بدون پوست و معیوب

مؤلفه‌ها	بدون پوست	معیوب
میانگین	۱۲۲٥/۷۸٦۲	۱۰٦٥/۲۷۳۱
واریانس	٥۲۸٤۲۷/۲۷	۳۹٦٤۹۰/۳٤
تعداد	۱۰۸	۱۰۸
همبستگی پیرسون	۰/۳۸۰۰	–
درجه آزادی	۱۰۷	–
معنی‌داری	۰/۰۳۰۲	–

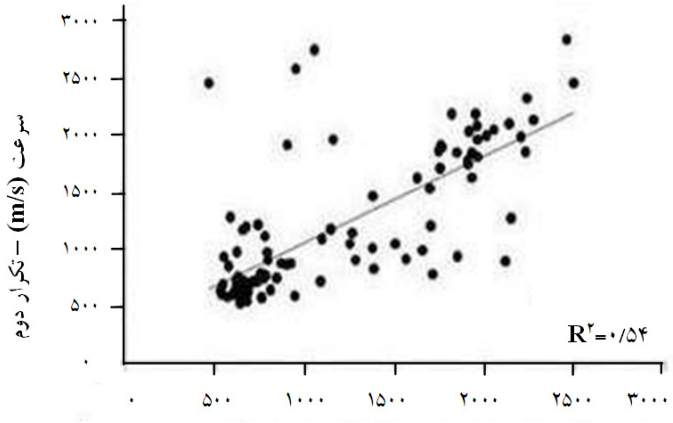
همواره همبستگی بین پارامترهای موج و خواص چوب مورد توجه محققین بوده است. همبستگی بین تکرارهای انجام گرفته در ارزیابی پارامتر سرعت موج و ضریب تضعیف کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است. همان‌طور که در شکل‌های ٦، ۷ و ۸ نشان داده شده است، در هر سه حالت با پوست، بدون پوست و معیوب ضریب همبستگی بین تکرارها در حد بالایی نمی‌باشد. به عبارت دیگر مقادیر به دست آمده برای پارامتر سرعت در تکرار اول الزاماً با تکرار دوم یکسان نیست. اما نگاهی به ضرایب همبستگی نشان می‌دهد که دیسک‌های حاوی سوراخ (معیوب) کمترین همبستگی (۰/٤٦) را داشته درحالی‌که دیسک‌های با پوست و بدون پوست دارای ضرایب همبستگی یکسانی (۰/٥٤) بودند. این مقادیر نشان می‌دهد که سوراخ، گسیختگی و حفره، انتشار موج را در ساختار ناهمگن و ارتوتروپیک چوب پیچیده‌تر کرده و بیشترین تاثیر را بر پارامتر سرعت موج فراصوتی می‌گذارد. در حالی که وجود و یا عدم وجود پوست تاثیر چندانی بر این پارامتر ندارد. پوست نازک درخت نوئل و فشاری بالای ترانسدیوسر بر سطح نمونه باعث خنثی کردن اثر منفی پوست بر پارامتر سرعت می‌شود.

فاکتور ضریب تضعیف موج

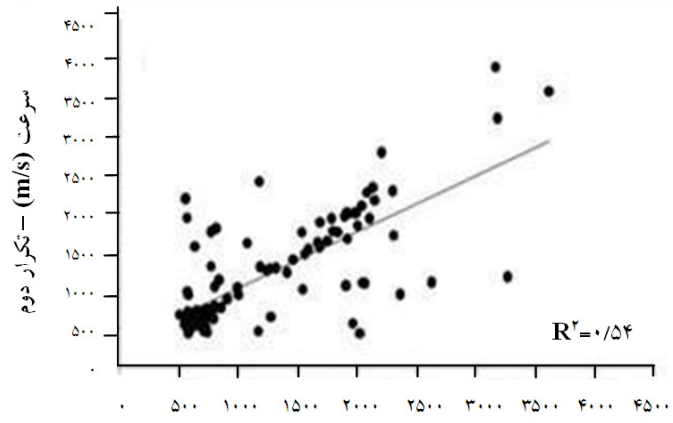
در جداول ٤ و ٥ مقادیر میانگین ضریب تضعیف و جداول تجزیه واریانس نمونه‌های حاوی پوست، بدون پوست و معیوب آورده شده است. ضریب تضعیف بر خلاف سرعت موج تحت تاثیر دامنه وسیعی از فاکتورهای مربوط به چوب و شرایط اندازه‌گیری است. بنابراین نسبت به سرعت دارای حساسیت بیشتری می‌باشد (Bucur, 1994). نتایج نشان داد که پوست درخت باعث افزایش ضریب تضعیف موج شده و تغییرات آن نیز معنی‌دار است. وجود پوست درخت به شدت دامنه موج را کاهش داده و باعث افزایش جذب، انعکاس و شکست موج می‌شود.



شکل ٦. نمودار پراکنش سرعت در حالت معیوب در دو تکرار اول و دوم



شکل ۷. نمودار پراکنش سرعت در حالت با پوست در دو تکرار اول و دوم



شکل ۸. نمودار پراکنش سرعت در حالت بدون پوست در دو تکرار اول و دوم

از آنجایی که ضریب تضعیف نسبت دو دامنه متوالی موج است، بنابراین با کاهش دامنه موج و افزایش جذب انرژی موج در مرزهای بین سلولی افزایش تضعیف آن در پوست را موجب می‌شود. برعکس سوراخ‌های مصنوعی ایجاد شده در گرده‌بینه تاثیر چندانی بر ضریب تضعیف موج نداشته است. این امر می‌تواند به علت عدم تناسب بین اندازه سوراخ و طول موج باشد. زیرا پارامتر موج زمانی در شناسایی یک عیب موثر است که آن عیب به اندازه کافی بزرگ باشد (حداقل دو برابر طول موج مورد استفاده (Bucur, 2006). بنابراین تعداد کم سوراخ‌ها و قطر کوچک آنها باعث شده تا در میانگین ضریب تضعیف موج درحالت بدون پوست و معیوب هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشود.

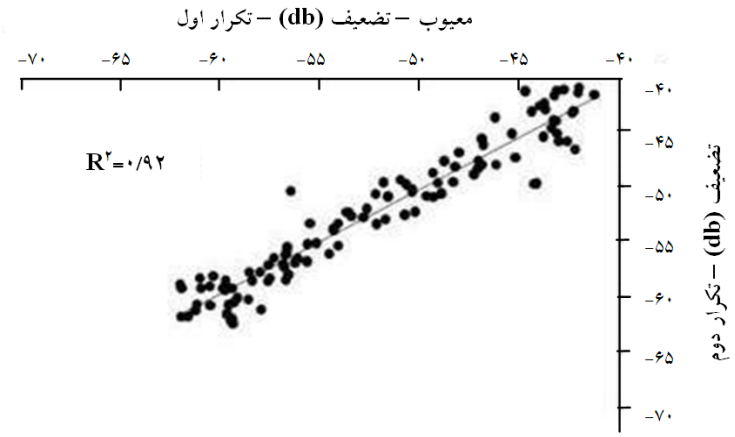
همان‌طور که در شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است، در هر سه حالت با پوست، بدون پوست و معیوب همبستگی مربوط به ضریب تضعیف موج بین تکرارها بسیار زیاد (۰/۹۳) است. برای ارزیابی ضریب تضعیف موج بر روی دیسک‌های نوئل نیاز به تکرار زیاد آزمایش نیست و با تکرارهای کم می‌توان به نتیجه دلخواه رسید. در حالی که این وضعیت برای ارزیابی پارامتر سرعت موج رخ نداد. کاملاً واضح است که ضرایب تضعیف پایین مربوط به نقاطی است که کمترین شکست، انعکاس و جذب موج اتفاق افتاده و با افزایش همگنی، تاثیر شدید پوست و وجود عیب میزان تضعیف موج نیز افزایش یافته است. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که ساختار فیبری پوست و مدول الاستیسیته پایین آن به شدت ضریب تضعیف را افزایش داده، در حالی‌که اثر سوراخ در بافت چوب بر روی ضریب تضعیف بستگی به اندازه عیب، شرایط اندازه‌گیری و طول موج مورد استفاده دارد.

جدول ٤. تجزیه واریانس تضعیف در حالت با پوست و بدون پوست

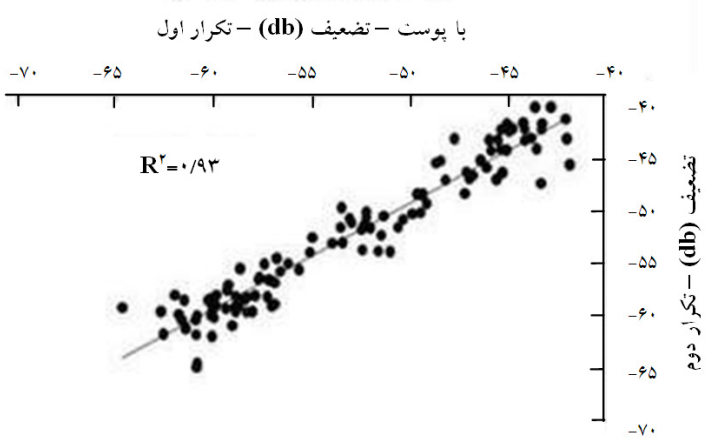
مؤلفه‌ها	با پوست	بدون پوست
میانگین	-۵۳/۱۲٦	-۵۲/۱٤۷
واریانس	٤۱/۱۹۱	٤۱/۱۵۰
تعداد	۱۰۸	۱۰۸
همبستگی پیرسون	۰/۹۳٦	-
درجه آزادی	۱۰۷	-
معنی‌داری	P<۰/۰۰۱	-

جدول ۵. تجزیه واریانس تضعیف در دو حالت بدون پوست و معیوب

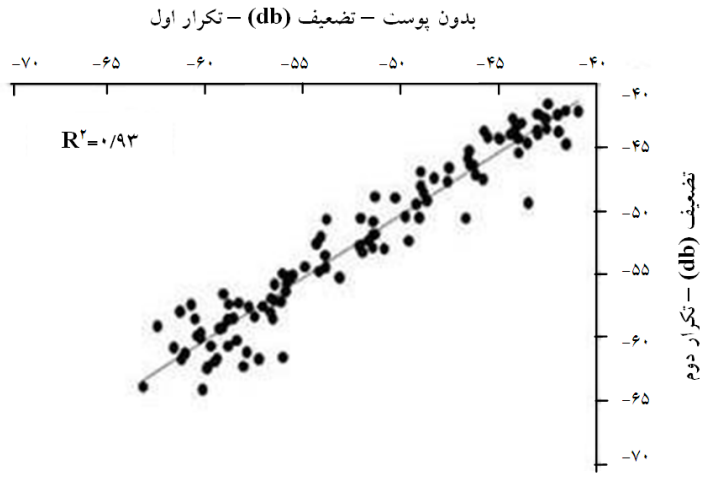
مؤلفه ها	بدون پوست	معیوب
میانگین	-۵۲/۱٤۷۸	-۵۲/۱۳۹۱
واریانس	٤۱/۱۵۰۵	٤۰/۹٦۸۹
تعداد	۱۰۸	۱۰۸
همبستگی پیرسون	۰/۹۷۱۲	-
درجه آزادی	۱۰۷	-
معنی‌داری	۰/۹۵۳	-



شکل ۹. نمودار پراکنش تضعیف در حالت معیوب در تکرار اول و دوم



شکل ۱۰. نمودار پراکنش تضعیف در حالت با پوست در تکرار اول و دوم



شکل ۱۱. نمودار پراکنش تضعیف در حالت بدون پوست در تکرار اول و دوم

بحث و نتیجه‌گیری

چوب ماده‌ای است که به صورت طبیعی دارای معایبی چون پوسیدگی، گره، ترک، چوب واکنشی و غیره می‌باشد. وجود این معایب استفاده نهایی از چوب را محدود می‌نماید. بنابراین برای استفاده بهینه از این ماده لازم است عیوب آن شناسایی شده و پیش از استفاده از چوب جدا گردند. یکی از راه‌های شناسایی این معایب استفاده از موج فراصوتی در قالب آزمون‌های غیرمخرب چوب است. از آنجا که چوب ماده‌ای است ناهمگن، هرسونایکسان که بطور دائم در حال جذب و دفع رطوبت می‌باشد، انتشار موج فراصوتی را در داخل چوب با پیچیدگی‌های زیادی روبرو کرده است. در این تحقیق اثر پوست و سوراخ مصنوعی به عنوان عیوب موجود در چوب بر روی بعضی از پارامترهای امواج فراصوتی بررسی شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که سرعت موج به وجود سوراخ حساس‌تر بوده، در حالی که با توجه به نازکی پوست گونه نوئل به وجود پوست حساسیت کمتری از خود نشان نداده است، این در حالی است که Bucur (2006) در تحقیق مشابهی که بر روی گونه راش با پوست ضخیم انجام داده بود، نشان داد که پوست اثر کاملاً معنی‌داری بر کاهش موج فراصوتی داشته است. در ارتباط با ضریب تضعیف موج، این فاکتور در دیسک‌های حاوی پوست به شدت افزایش یافت، در حالی که به وجود سوراخ در بافت چوب آنچنان حساسیت نشان نداد. Hasegawa *et al*. (2011) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. بنابراین در ارزیابی خواص صوتی چوب نوئل بهتر است پوست به طور کامل حذف شود. در نتیجه برای ارزیابی خواص صوتی چوب نوئل نباید به یک پارامتر بسنده کرد و تعداد بیشتری از پارامترهای موج باید مورد ارزیابی قرار گیرند. سرعت موج در مقایسه با ضریب تضعیف در تکرارهای مختلف دارای ضرایب همبستگی پایین‌تری بود که این نتایج با نتایج حاصل از تحقیق Butler *et al*. (2007) کاملاً مطابقت داشت. بنابراین در صورت استفاده از سرعت موج به عنوان پارامتر اصلی، بهتر است تعداد دیسک‌های مورد استفاده در حد بالایی بوده تا بتوان نتایج حاصله را به کل گونه نوئل تعمیم داد، ولی برای ارزیابی خواص صوتی گونه نوئل با استفاده از ضریب تضعیف نیازی به تکرار زیاد نمونه‌ها نمی‌باشد.

منابع

۱) تویسرکانی، ح.، ۱۳۸٦. بررسی‌های غیر مخرب. اصفهان: مرکز انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ۳۰۵ صفحه.

۲) ریاحی، م.، فرجی، م.، ۱۳۸٤، معرفی اصول آزمون‌های غیرمخرب. تهران مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران. ۱۸٤ صفحه.

۳) هنرور، ف.، ۱۳۸۸. آزمون فراصوتی. انتشارات نوپردازان تهران. ۱۳٦ صفحه.

4) Butler, R., Patty, L., Bayon, R., Guenat, C., Schlaepfer, R., 2007 Log decay of *Picea abies* in the Swiss Jura mountains of central Europe. Forest Ecology and Management, 242: 791–799.

5) Beal, F.C., 2002. Overview of the use of ultrasonic technologies in research on wood properties. Wood Science, 36: 197-212.

6) Bucur, V., 1994. Annual ring characteristics of *Pinus taeda* measured by ultrasonic and x-Ray techniques. IAWA, 15 (2): 121-132.

7) Bucur, V., 2003a. Nondestructive characterization and imaging of wood. Springer Series in wood science, 57: 354-373.

8) Bucur, V., 2003b. Techniques for high resolution imaging of wood structure: A review. Meas.Sci. Technol Journal, 14: R91-R98.

9) Bucur, V., 2006. Acoustics of wood. Springer Series in Wood Science, 13: 387-393.
10) Hasegawa, M., Takata, M., and Matsumura, J., 2011 Effect of wood properties on within-tree variation in ultrasonic wave velocity in softwood. Ultrasonic, 51: 296-302.

A Study of the Sound Properties of *Picea Abies* Wood by Using (NDT) Ultrasound Test

A. Ghodrati[1*], H. Khademi-Eslam[2], L. Brancheriau[3] and M. Talaeipour[2]

1*) M. Sc. Student in Department of Wood and Paper Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Corresponding Author: ashkan_g007@yahoo.com
2) Associate Professor, Department of Wood and Paper Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3) Associate Professor, Production and Processing of Tropical Woods, CIRAD, Montpellier, France.
4) Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

The goal of this research is to study the ultrasound wave parameters such as velocity and attenuation in *Picea abies* species. To that end, two varieties of this species were selected For Ujavbit Woods in Kelardasht, Maznadarn Province. To prepare samples, discs in 5 cm thickness were prepared in the three types of with bark, without bark and defected (handmade hole) to be used in measuring ultrasound wave parameters. In this research, the measurement technique used was direct contact with 55 KHz frequency. The results of the test showed that the tree bark increases wave attenuation coefficient intensively while it has no significant effects on wave velocity. The result also suggested that the defects (artificial hole) in Picea abies species disc had the highest effects on ultrasound wave velocity parameters and decreased it sharply; however, it has no significant effects on wave attenuation coefficient.

Keywords: Ultrasound Wave, *Picea abies*, Sound Properties, Velocity, Attenuation Coefficient, Direct contact.