فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۰، شماره ۲، صفحه ۳۴۹-۳۴۱، (۱۳۹۴)

ارزیابی خواص مکانیکی تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای به‌وسیله تکنیک امواج فراصوت

محسن صفاری[۱*]، محمدرضا رنجبر[۲]، محمدعلی قویدل[۳] و عبدالله حسین‌زاده[۴]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، پست الکترونیک: saffari@iauc.ac.ir
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس
۳- عضو هیئت علمی، دانشکده فنی صومعه‌سرا
۴- استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۴

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی ارتباط بین سرعت امواج فراصوت با مقاومت‌های مکانیکی تخته خرده چوب انجام شد. بدین منظور تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای با دانسیته ۰/۷ گرم بر سانتیمتر مکعب و ضخامت ۱۶ میلی‌متر از خرده چوب صنوبر ساخته شدند. پس از متعادل‌سازی و تهیه نمونه‌های آزمونی، سرعت امواج فراصوت در جهات طولی، عرضی و ضخامت نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. سپس مدول‌الاستیسیته، مدول‌گسیختگی و چسبندگی داخلی هر یک از نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت همبستگی بین سرعت امواج فراصوت و مقاومت‌های مکانیکی در جهات مختلف تخته‌ها محاسبه گردید. نتایج نشان داد که سرعت امواج فراصوت در جهت طولی نمونه‌ها به طور معنی‌داری بیش از سایر جهات بود. همبستگی بین سرعت امواج فراصوت با مدول‌الاستیسیته، مدول‌گسیختگی و چسبندگی داخلی در جهت ضخامتی تخته خرده چوب‌ها معنی‌دار بوده است.

واژه‌های کلیدی: امواج فراصوت، آزمون غیرمخرب، مدول‌الاستیسیته، مدول‌گسیختگی، چسبندگی داخلی، تخته خرده‌چوب.

مقدمه

روش‌های کنترل کیفیت که در حال حاضر استفاده می‌شوند، متمرکز، گران و وقت‌گیر هستند و چون از آزمون‌های مخرب استفاده می‌شود، تنها درصد کمی از محصولات (تقریبا ۱٪) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و نتایج از طریق روش‌های آماری به کل محصولات تعمیم داده می‌شود.

آزمون‌های غیرمخرب به‌عنوان روشی برای بررسی مواد یا اجزای آن به‌طوری‌که موجب تضعیف سودمندی و کارایی آن در آینده نشود، تعریف می‌گردد. معمولا از هر دو اصطلاح NDT و NDE برای معرفی آزمون‌های غیرمخرب استفاده می‌شود. Bodig (۲۰۰۰) معتقد است که NDE دامنه وسیع‌تری از فعالیت‌ها را نسبت به NDT دربرمی‌گیرد. البته اخیرا به صورت ترکیبی از آنها استفاده می‌شود (NDE&T).به وسیله ارزیابی غیرمخرب آزمایش ۱۰۰٪ محصولات در زمان آزمون امکان‌پذیر بوده و می‌تواند در کنترل متغیرهای تولید و بهبود آنها و همچنین در کاستن از عدم قطعیت روندهای ارزیابی این مواد به‌عنوان یک ماده مهندسی نقش مهمی داشته باشد (Kazemi Najafi, 2011).

Archive of SID
www.SID.ir

تقریبا تمام روش‌های آزمون‌های غیرمخرب که برای مواد و محصولات مختلف استفاده می‌شوند، برای چوب و مواد مرکب چوبی نیز قابلیت کاربرد دارند. انتخاب روش به نوع کاربرد بستگی دارد. شایان ذکر است که ارزیابی غیرمخرب چوب و مواد مرکب چوبی به مقدار زیادی با روش‌های مورد استفاده برای مواد ایزوتروپیک همگن نظیر فلزات، سرامیک، پلاستیک و غیره تفاوت دارد. روش‌های مختلف آزمون‌های غیرمخرب شامل روش‌های فراصوت (اولتراسونیک)، رادیوگرافیکی، دینامیکی و آکوستیکی است. هر یک از روش‌های آزمون‌های غیرمخرب دارای مزیت‌ها و معایبی است که مبتنی بر هزینه، سرعت، دقت و ایمنی آن است.

روش فراصوت به‌عنوان یک روش ساده، ارزان، دارای قابلیت‌انعطاف و حمل و نقل سریع برای ارزیابی غیرمخرب خواص مواد مرکب چوبی مورد توجه قرار گرفته است. Bekhta (۲۰۰۰) از تکنیک امواج فراصوت به‌عنوان یک ابزار قوی در صنایع چوب یاد می‌کند. از روش فراصوت می‌توان برای تعیین و پیش‌بینی خواص فیزیکی و مکانیکی دامنه وسیعی از مواد چوبی شامل درختان سرپا، گرده‌بینه‌ها، الوار، مواد مرکب چوبی و ... استفاده کرد. به دلیل اینکه چوب و مواد مرکب چوبی تضعیف‌کننده امواج فراصوت هستند و باید از امواج فراصوت با فرکانس پایین در ارزیابی این مواد استفاده کرد، چون امواج با فرکانس بالا را بشدت تضعیف می‌کنند. از میان تحقیقات مختلفی که با استفاده از روش فراصوت انجام شده است، درجات مختلفی از موفقیت در پیش‌بینی خواص مواد مرکب چوبی وجود دارد؛ بنابراین توسعه یک روش غیرمخرب بر اساس سرعت امواج فراصوت احتیاج به درک بیشتر نحوه انتشار این امواج در مواد مرکب چوبی دارد. Bucur (۱۹۹۵) و Bodig (۲۰۰۰) بیان کرده‌اند که موفقیت آزمون غیرمخرب امواج فراصوت، در ابتدا به شناخت پدیده انتشار امواج فراصوت در مواد مورد آزمون و در نهایت به چگونگی استفاده از این نتایج بنیادی در بهبود و توسعه یک روش فنی مربوط می‌شود (Kazemi Najafi, 2001).

انواع اصلی امواج فراصوت شامل امواج طولی، عرضی (برشی) و سطحی می‌باشد. امواج طولی که به علت ایجاد نیروهای فشاری، امواج فشاری نیز نامیده می‌شوند و می‌توانند در جامدات، مایعات و گازها انتشار یابند و بیشترین کاربرد را در آزمون غیرمخرب مواد دارند. ارزیابی امواج عرضی کلا به جامدات محدود شده است. چون انتشار در مایعات تنها در انواع خیلی ویسکوز اتفاق می‌افتد. انواع متعددی از امواج سطحی نیز وجود دارند که از بین آنها موج ریلی (Rayleigh) اغلب بیشترین استفاده را در آزمون غیرمخرب دارد (Kazemi Najafi, 2011).

در آزمون‌های فراصوت، سرعت امواج فراصوت را با اندازه‌گیری طول موج فراصوت در فرکانس مشخص و یا با اندازه‌گیری زمان مورد نیاز برای عبور موج فراصوت از ضخامت مشخص مواد می‌توان تعیین نمود:

$$C = \frac{L}{TOF}$$ رابطه ۱:

که در آن C عبارت از سرعت امواج بر حسب متر بر ثانیه، L طول یا فاصله منبع فرستنده و گیرنده امواج برحسب متر و TOF زمان انتقال امواج بر حسب ثانیه می‌باشد (Masoudifar *et al*., 2010).

در این مقاله همبستگی بین سرعت امواج فراصوت در جهات مختلف طولی، عرضی و ضخامتی تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای ساخته شده از چوب صنوبر و چسب اوره فرمالدهید با مقاومت‌های مکانیکی آنها نظیر مدول‌الاستیسیته، مدول‌گسیختگی و چسبندگی داخلی که از طریق آزمون مکانیکی اندازه‌گیری شد، مورد بررسی قرار گرفت تا مشخص گردد آیا می‌توان به جای آزمون مخرب تعیین خواص مکانیکی تخته خرده چوب از آزمون غیرمخرب اندازه‌گیری سرعت امواج فراصوت استفاده کرد یا خیر؟

در مورد آزمون‌های غیرمخرب و کاربردهای آن در صنایع چوب پژوهش‌های زیادی انجام شده که به برخی از آنها اشاره می‌شود.

Neimz و همکاران (۱۹۹۶) مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته خرده چوب را با استفاده از

Archive of SID

www.SID.ir

سرعت صوت اندازه‌گیری کردند. بر اساس نتایج، مقدار چسب و دانسیته اثر مهمی بر سرعت امواج فراصوت داشته و با افزایش این دو متغیر، سرعت امواج نیز افزایش می‌یابد.

Bekhta و همکاران (۲۰۰۰) انتشار صوت را در مواد مرکب چوبی (تخته خرده چوب، تخته تراشه جهت‌دهی شده و تخته فیبر نیمه سنگین) مطالعه کردند. نتایج آنان نشان داد که بین مدول‌الاستیسیته استاتیک و مدول‌گسیختگی با سرعت امواج فراصوت رابطه نزدیکی وجود دارد. همچنین ضخامت و طول نمونه‌ها و نیز فرکانس مورد استفاده بر سرعت امواج مؤثر است.

Kazemi Najafi (۲۰۰۲) ثابت‌های الاستیک سه نوع تخته خرده چوب تولید تجاری داخل کشور را به وسیله روش اولتراسونیک به‌عنوان یک روش غیرمخرب مورد مطالعه قرار داد. با فرض ارتوتروپیک بودن تخته خرده چوب‌ها نتایج نشان داد که تفاوت بین مدول‌الاستیسیته اندازه‌گیری شده با روش فراصوت و خمش استاتیکی بین ۴ تا ۱۷ درصد متغیر بوده است. همچنین طول نمونه، فرکانس مورد استفاده و جهت اندازه‌گیری بر سرعت امواج فراصوت تأثیر داشت و با افزایش طول، به‌ویژه در فرکانس‌های بالاتر سرعت امواج فراصوت کاهش یافت. سرعت امواج فراصوت در جهت موازی با جهت ساخت بیشترین مقدار و در جهت ضخامت کمترین مقدار را نشان داد.

Abbasi marasht (۲۰۰۴) در تحقیقی با عنوان مطالعه خواص راستایی تخته خرده چوب و تخته فیبر با تکنیک فراصوت نتیجه گرفتند که در مجموع معادلات هانکینسون و ژاکوبی مقادیر سرعت موج فراصوت را با دقت بالاتری نسبت به مدول‌الاستیسیته پیش‌بینی می‌کنند و اندازه‌گیری مدول‌گسیختگی و زوایای مختلف تخته خرده چوب و تخته فیبر نشان داد که زاویه اندازه‌گیری اثر معنی‌داری بر آنها ندارد.

Behjati (۲۰۰۸) در تحقیقی با عنوان ارزیابی غیرمخرب مواد مرکب چوب پلاستیک با روش فراصوت، انتشار موج فراصوت در مواد مرکب چوب پلاستیک را مورد بررسی قرار داد و اثر پارامترهای مختلف نظیر مقادیر پرکننده سلولزی (آرد چوب)، مقدار الیاف، طول نمونه و دانسیته را بر سرعت موج فراصوت مطالعه نمود.

Masoudifar و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی با عنوان ارزیابی غیرمخرب اتصالات چسبی در چوب راش به روش فراصوت نتیجه گرفتند که از بین پارامترهای مورد بررسی (اتصال فارسی و انگشتی)، منطقه فاقد چسب بیشترین تأثیر را بر سرعت موج فراصوت داشته است و در واقع سرعت موج در قسمت چسب خورده نسبت به منطقه فاقد چسب واکنش‌پذیرتر می‌باشد که در هر دو اتصال تأثیر عیب بر سرعت معنی‌دار بوده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از چوب گونه صنوبر (*Popolus alba*) با سن تقریبی ۱۵ سال، که محل رویش آن در شهرستان ساری بود، استفاده شد. برای ساخت تخته خرده چوب، از چسب اوره فرمالدهید که مشخصات آن در جدول ۱ ارائه شده است و از شرکت رزین سازان آمل خریداری شد، استفاده گردید. میزان استفاده از چسب ۱۲ درصد و هاردنر مورد استفاده نیز کلرید آمونیوم (NH_4Cl) و مقدار مصرف آن نیز ۲ درصد بوده است.

جدول۱- مشخصات چسب اوره- فرمالدهید مصرفی

رنگ	غلظت (cp)	جرم ویژه (g/cm^3)	قابلیت انحلال	مقدار ماده جامد (٪)	زمان ژله‌ای شدن (ثانیه)	pH	Pot life (روز)	shelf time (روز)
شیری	۴۹	۱/۲۶۵	۵	۶۲	۶۰	۷/۶	۷	۲۵

Archive of SID

www.SID.ir

در ابتدا، تنه‌های صنوبر با استفاده از دستگاه خردکن اولیه به قطعات کوچک‌تر تبدیل گردید و بعد با استفاده از یک آسیاب حلقوی آزمایشگاهی به خرده‌چوب‌های قابل استفاده در ساخت تخته خرده چوب تبدیل شدند. بعدازآن خرده چوب‌ها الک شدند، تا خاک اره‌ها از خرده چوب‌ها جدا گردد. آنگاه خرده چوب‌ها به مدت ۱۰ ساعت وارد خشک‌کن شده تا خشک شوند. در جدول ۲ نسبت خرده چوب‌های مورد استفاده در ساخت هر یک از تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای و در جدول ۳ نیز ابعاد خرده چوب‌های ریز و درشت مورد استفاده در ساخت تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای ارائه شده است. تعداد تخته خرده چوب‌های ساخته شده در هر تیمار (همسان و لایه ای)، ۵ تخته بود و از هر تخته نیز ۲ نمونه خمش استاتیک و ۲ نمونه چسبندگی داخلی تهیه گردید.

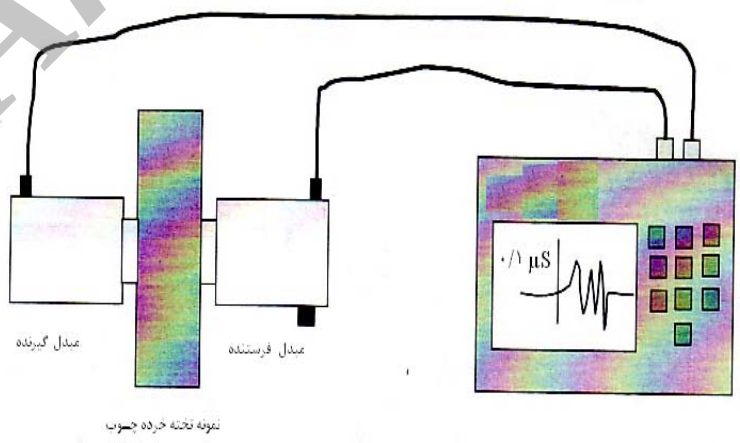
ابعاد تخته خرده‌چوب‌های ساخته شده ۱/۶×۵۰×۵۰ سانتیمتر بود و شرایط پرس گرم شامل دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتیگراد، فشار پرس ۲۰۰ بار و مدت زمان پرس ۵ دقیقه، در طی ساخت نمونه‌ها ثابت در نظر گرفته شد. ابعاد نمونه‌های خمش استاتیک ۱/۶×۵×۳۵ سانتیمتر و ابعاد نمونه‌های چسبندگی داخلی ۱/۶×۵×۵ سانتیمتر بود.

جدول۲- درصد خرده چوب ریز و درشت تشکیل‌دهنده تخته خرده چوب‌های ساخته شده

	ریز (٪)	درشت (٪)
تخته‌های همسان	۴۰	۶۰
تخته‌های لایه‌ای	۲۰ (برای هر لایه سطحی)	۶۰

جدول۳- ابعاد خرده چوب‌های ریز و درشت مورد استفاده

میانگین	طول (mm)	عرض (mm)	ضخامت (mm)
خرده چوب ریز	۱۷/۱۳ ± ۴/۸۷	۴/۱۳ ± ۱/۳۲	۰/۷۹ ± ۰/۳۰
خرده چوب درشت	۲۷/۰۳ ± ۴/۸۳	۸/۴۱ ± ۲/۸۳	۰/۹۳ ± ۰/۲۲



شکل ۱- نمای شماتیک از دستگاه فراصوت مورد استفاده

Archive of SID
www.SID.ir

اندازه‌گیری سرعت امواج فراصوت

از روش عبوری فراصوت برای اندازه‌گیری سرعت امواج در جهت طولی، عرضی و ضخامتی استفاده شده است. در این روش از یک مبدل فرستنده و از یک مبدل گیرنده که در مقابل هم در راستای محور مورد آزمون نمونه‌ها قرار گرفته بودند، استفاده شد (شکل ۱). این روش در ارزیابی غیرمخرب کاربرد زیادی دارد و به خصوص برای موادی که تضعیف‌کننده قوی امواج فراصوت هستند، استفاده می‌شود. دستگاه مورد استفاده ساخت شرکت FAKOPP مجارستان بود که قابلیت اندازه‌گیری سرعت امواج فراصوت را داراست.

امواج فراصوت مورد استفاده در این تحقیق از نوع امواج طولی بوده‌اند. فرکانس مورد استفاده برای محاسبه زمان عبور امواج فراصوت در جهات اصلی نمونه‌ها، kHz ۴۰ و قدرت تفکیک (Resolution) ۰/۱ میکروثانیه در نظر گرفته شد. برای اتصال و سطح تماس بهتر بین مبدل و سطح نمونه‌ها از ژل سیلیکون استفاده شده است. سپس با استفاده از رابطه شماره ۱، سرعت امواج فراصوت در سه محور طولی، عرضی و ضخامتی نمونه‌های تخته خرده چوب تولیدی محاسبه گردید. پس‌ازآن مدول‌الاستیسیته، مدول‌گسیختگی و نیز چسبندگی داخلی نمونه‌های تهیه شده از طریق آزمون مکانیکی مطابق آیین‌نامه D-1037 استاندارد ASTM اندازه‌گیری شد. سرعت بارگذاری برای آزمون خمش استاتیک ۵ میلی‌متر بر دقیقه و برای آزمون چسبندگی داخلی ۲ میلی‌متر بر دقیقه بود. در نهایت نیز با استفاده از نرم افزار SPSS همبستگی بین سرعت امواج فراصوت در جهات مختلف با خواص مکانیکی محاسبه شده در آزمون مخرب، تعیین گردید.

نتایج

سرعت امواج فراصوت در جهات مختلف نمونه‌های خمش استاتیک (همسان و لایه‌ای)

در جدول ۴، سرعت امواج فراصوت اندازه‌گیری شده در جهات مختلف نمونه‌های آزمونی تخته خرده چوب‌های ساخته شده ارائه گردیده است. میانگین سرعت امواج فراصوت در جهت طولی نمونه‌ها بیش از جهت عرضی و در جهت عرضی نیز بیش از جهت ضخامتی بوده است.

مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن، معنی‌دار بودن اختلاف سرعت امواج فراصوت در جهات مختلف را تائید می‌کند؛ اما بر اساس نتایج آزمون t مستقل، اختلاف سرعت امواج فراصوت در تخته‌های همسان و لایه‌ای در یک جهت مشخص، معنی‌دار نبوده است؛ یعنی اینکه لایه‌ای کردن تخته‌ها تأثیر معنی‌داری بر سرعت امواج فراصوت در آنها ندارد.

جدول ۴- سرعت امواج فراصوت در جهات مختلف نمونه‌های خمش استاتیک

		میانگین (m/s)
طولی	همسان لایه‌ای	۲۴۰۶/۹۴ ± ۶۳/۴۴۵
		۲۴۴۱/۷۲ ± ۵۹/۱۰
عرضی	همسان لایه‌ای	۲۱۶۵/۵۲ ± ۱۶۵/۹۵
		۲۲۰۱/۲۷ ± ۱۸۲/۴۶
ضخامتی	همسان لایه‌ای	۴۹۶/۶۵ ± ۹۳/..
		۴۷۹/۲۰ ± ۶۸/۶۴

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مدول‌الاستیسیته و مدول‌گسیختگی تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای

		میانگین (MPa)
مدول‌الاستیسیته	همسان	۳۹۸۱/۰۰ ± ۷۹۳/۹۶
	لایه‌ای	۳۰۸۴/۴۴ ± ۴۰۳/۰۳
مدول‌گسیختگی	همسان	۲۵/۸۸ ± ۳/۶۱
	لایه‌ای	۲۲/۱۹ ± ۳/۵۱

اندازه‌گیری مدول‌الاستیسیته و مدول‌گسیختگی در تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای

در جدول ۵، میانگین مقادیر مدول‌الاستیسیته و مدول‌گسیختگی نمونه‌های تخته خرده چوب ارائه شده است. همان گونه که ملاحظه می‌شود مدول‌الاستیسیته و مدول‌گسیختگی تخته خرده چوب‌های همسان به طور معنی‌داری از لایه‌ای بیشتر است.

سرعت امواج فراصوت در جهات مختلف نمونه‌های چسبندگی داخلی (همسان و لایه‌ای)

همان طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، سرعت امواج فراصوت در جهت طولی بیشترین مقدار و در جهت ضخامتی تخته خرده چوب‌های ساخته شده کمترین مقدار است که آزمون دانکن معنی‌دار بودن این اختلاف را تائید می‌کند. اگرچه سرعت امواج در تخته‌های همسان و لایه‌ای متفاوت است اما بر اساس نتایج آزمون t مستقل، اختلاف سرعت امواج فراصوت در تخته‌های همسان و لایه‌ای در یک جهت مشخص، معنی‌دار نبوده است.

اندازه‌گیری چسبندگی داخلی در تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای

میانگین مقادیر چسبندگی داخلی تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای ساخته شده در جدول ۷ ارائه شده است. به‌طوری‌که ملاحظه می‌گردد چسبندگی داخلی تخته خرده چوب‌های لایه‌ای کمی از همسان بیشتر است که از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

جدول ۶- سرعت امواج فراصوت در جهات مختلف نمونه‌های چسبندگی داخلی

		میانگین (m/s)
طولی	همسان	۲۱۶۵/۳۰ ± ۱۵۹/۵۱
	لایه‌ای	۲۱۲۱/۳۴ ± ۱۹۵/۷۶
عرضی	همسان	۲۰۲۸/۵۶ ± ۲۰۵/۲۱
	لایه‌ای	۲۰۵۱/۲۶ ± ۲۱۱/۰۹
ضخامتی	همسان	۴۴۵/۴۱ ± ۸۷/۵۱
	لایه‌ای	۴۳۶/۵۴ ± ۷۹/۹۶

جدول ۷- میانگین چسبندگی داخلی در تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای

چسبندگی داخلی	میانگین (MPa)
همسان	۰/۲۴ ± ۰/۰۹۱
لایه‌ای	۰/۲۷ ± ۰/۰۶۸

Archive of SID

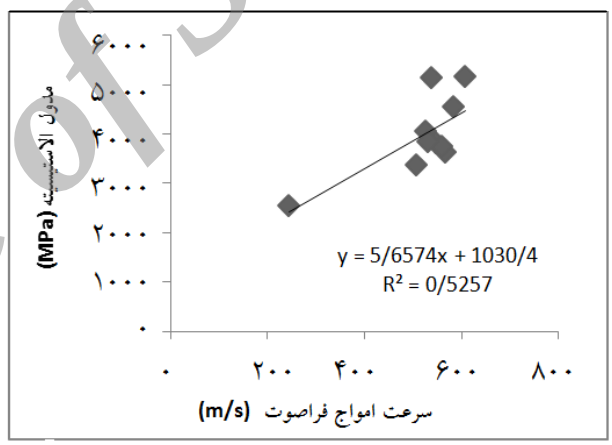
www.SID.ir

همبستگی سرعت امواج فراصوت با خواص مکانیکی تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای

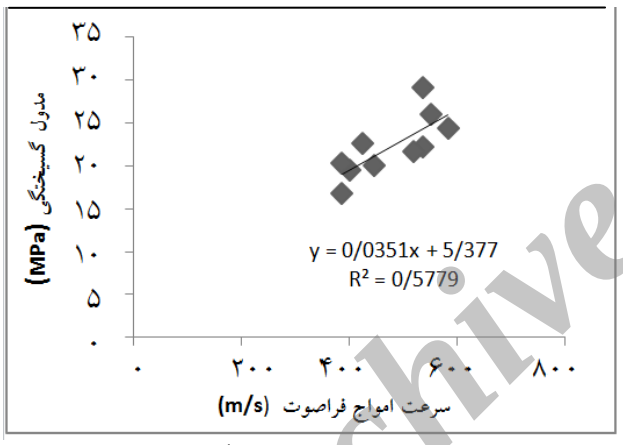
بر اساس نتایج به‌دست آمده از محاسبه رگرسیون بین سرعت امواج فراصوت در جهات مختلف با مدول‌الاستیسیته تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای، فقط رگرسیون سرعت امواج فراصوت در جهت ضخامت تخته خرده چوب‌های همسان با مدول‌الاستیسیته اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. معادله رگرسیون به صورت y =5/65x+1030/37 و مقدار r برابر ۰/۷۲۵ محاسبه گردید (شکل ۲).

از تعیین رگرسیون سرعت امواج فراصوت اندازه‌گیری شده در جهات مختلف با مدول‌گسیختگی تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای نیز فقط رگرسیون سرعت امواج فراصوت در جهت ضخامت تخته خرده چوب‌های لایه‌ای با مدول‌گسیختگی اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. معادله رگرسیون به صورت y=0/035x+5/37 و مقدار r برابر ۰/۷۶ محاسبه گردید (شکل ۳).

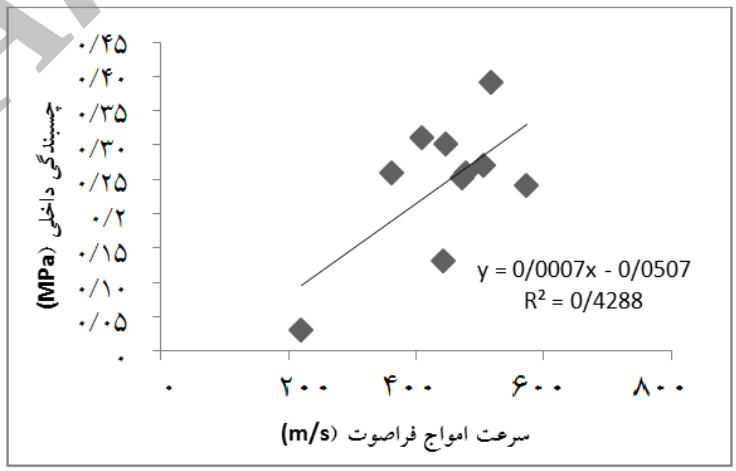
از محاسبه رگرسیون سرعت امواج فراصوت اندازه‌گیری شده در جهات مختلف با چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب‌های همسان و لایه‌ای نیز فقط رگرسیون سرعت امواج فراصوت در جهت ضخامت تخته خرده چوب‌های لایه‌ای با چسبندگی داخلی اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. معادله رگرسیون به صورت y=0/001x-0/051 و مقدار r برابر ۰/۶۵۶ محاسبه گردید (شکل ۴).



شکل ۲- رگرسیون مدول‌الاستیسیته با سرعت امواج فراصوت در جهت ضخامت تخته‌های همسان



شکل ۳- رگرسیون مدول‌گسیختگی با سرعت امواج فراصوت در جهت ضخامت تخته‌های لایه‌ای



شکل ۴- رگرسیون چسبندگی داخلی با سرعت امواج فراصوت در جهت ضخامت تخته‌های لایه‌ای

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

سرعت امواج فراصوت در جهت طولی نمونه‌های خمش استاتیک و چسبندگی داخلی، بیشتر از جهات عرضی و ضخامتی و در جهت ضخامتی کمترین مقدار بوده است. علت این امر را می‌توان به راستای الیاف در خرده چوب‌های مصرفی مربوط دانست که در ساخت تخته خرده چوب با توجه به ابعاد خرده چوب‌های مصرفی که در جدول ۳ ارائه شده، راستای الیاف هم‌راستا با طول نمونه‌های تهیه شده بود. در جهت ضخامتی نیز که عمود بر راستای الیاف خرده چوب‌ها بود، کمترین سرعت به ثبت رسید. این نتایج با نتایج Kazemi Najafi (2001) مطابقت دارد.

اختلاف سرعت امواج فراصوت در نمونه‌های خمش استاتیک و چسبندگی داخلی تخته خرده چوب‌های همسان و لایه‌ای معنی‌دار نبوده است؛ یعنی لایه‌ای کردن تخته خرده چوب تأثیری بر سرعت امواج فراصوت نداشته است. این امر با توجه به اینکه برای لایه‌ای کردن، فقط ابعاد خرده چوب‌ها در لایه‌های سطحی و لایه میانی تغییریافته است، توجیه می‌گردد. شایان ذکر است که این امر در تحلیل همبستگی سرعت امواج فراصوت با مقاومت‌های مکانیکی اندازه‌گیری شده در جهات مختلف تخته‌های همسان و لایه‌ای این تحقیق، اهمیت دارد.

بر اساس محاسبه همبستگی سرعت امواج فراصوت با مقاومت‌های مکانیکی اندازه‌گیری شده در جهات مختلف، فقط همبستگی در جهت ضخامتی تخته خرده چوب‌ها معنی‌دار بوده است. علت این ارتباط را می‌توان چنین دانست که تنها سرعت امواج فراصوت در جهت ضخامتی تخته خرده چوب‌های تولیدی است که توانسته است به خوبی نحوه پیوند و اتصال خرده چوب‌ها را با یکدیگر و نیز ارتباط آن با مدول‌الاستیسیته، مدول‌گسیختگی و چسبندگی داخلی نمونه‌ها را نشان دهد و این ارتباط بین سرعت امواج فراصوت در سایر جهات با مقاومت‌های مکانیکی اندازه‌گیری شده برقرار نبوده است.

بنابراین بر اساس نتایج این تحقیق، در کارخانه‌های تخته خرده چوب و مراکز تحقیقاتی به‌جای استفاده از آزمون مخرب تست مکانیکی برای تعیین مدول‌الاستیسیته، مدول‌گسیختگی و چسبندگی داخلی نمونه‌ها می‌توان از آزمون غیرمخرب اندازه‌گیری سرعت امواج فراصوت در جهت ضخامتی تخته خرده چوب استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

-Abbasi Marasht, A., 2004. Study on Orthotropical Properties of Particleboard and fiberboard Using Ultrasonic Technique, MSc. Thesis, Tarbiat Modares University, 72 pages.
- Behjati, S., 2008, Nondestructive evaluation of wood plastic composites using ultrasonic techniques, MSc. Thesis, Tarbiat Modares University, 51 pages.
-Bodig, J., and Jayne, B.A., 1989. Mechanics of Wood and Wood Composites, Tehran University Publications, 680 pages.
-Bucur, V., and Feeney, F.,1992. Attenuation of Ultrasound in solid Wood, Ultrasonics, 30:76-81.
-Kazemi Najafi, S., 2002. Mechanical (Elastic Constants) characterization of particleboard by ultrasonic technique, Ph.D. Thesis, University of Tehran, 127 pages.
-Kazemi Najafi, S., 2011. Introduction on wood nondestructive tests, NDT Workshop, Tarbiat Modares University.
-Masoudifar, S., Kazemi Najafi, S., Ghofrani, M., and Zaki Dizaji, H., 2011. Effect of finger joint and scarf Joint on ultrasonic parameters, Journal of Forest and Wood Products. Iranian Journal of Natural Resources. 46 (1): 77-89.

Archive of SID
www.SID.ir

Evaluation of mechanical properties of homogeneous and layered particleboards using ultrasonic technique

M. Saffari[*1], M.R. Ranjbar[2], M.A. Ghavidel[3] and A. Hosseinzadeh[4]

1*- Corresponding author, Assistant Prof., Chalous Branch, Islamic Azad University, Wood Science and Technology Department, Chalous, Iran, E-mail: saffari@iauc.ac.ir
2- Graduated Master of Science, Chalous Branch, Islamic Azad University, Wood Science and Technology Department, Chalous, Iran
3- Faculty member of Some'eh Sara Polytechnique, Gilan, Iran
4- Assistant Prof., Chalous Branch, Islamic Azad University, Wood Science and Technology Department, Chalous, Iran

Received: May, 2014 Accepted: April, 2015

Abstract

The aim of present study was to determine the relationship between ultrasonic wave velocity and mechanical properties of particleboard panels. For this purpose, homogenous and layered particleboards were made at 0.7 g/cm^3 board density and 16 mm thickness. After conditioning and preparing the samples, ultrasonic wave velocity was measured in different directions of samples. Then modulus of elasticity, modulus of rupture and internal bonding of samples were measured by mechanical test. Result indicated that ultrasonic wave velocity of particleboard samples was higher in longitudinal direction than other directions. Relationship between ultrasonic wave velocity and mechanical properties was determined by linear correlation regression. Correlations between ultrasonic wave velocity and modulus of elasticity, modulus of rupture and internal bonding were significant in thickness direction of particleboard samples.

Keywords: Ultrasonic wave, nondestructive test, MOE, MOR, IB, particleboard.

Archive of SID

www.SID.ir