

بررسی سرعت امواج اولتراسونیک و خواص مکانیکی در زوایای مختلف تخته خرده چوب^۱

قنبر ابراهیمی^۴

علیرضا عباسی مرشت^۳

سعید کاظمی نجفی^۲

چکیده

در این پژوهش، مدول الاستیسیته، مدول گسیختگی، مقاومت برشی و سرعت امواج اولتراسونیک تخته خرده چوب در زوایای مختلف نسبت به جهت ساخت در فواصل ۱۵ درجه اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که سرعت اولتراسونیک و مدول الاستیسیته در جهت ساخت بیشترین مقدار را دارد و با افزایش زاویه کاهش یافته و در زاویه ۹۰ درجه (عمود بر جهت ساخت) به حداقل می رسد. این روند برای مقاومت برشی و مدول گسیختگی مشاهده نشده است. مدول الاستیسیته همبستگی بیشتری را نسبت به مقاومت برشی و مدول گسیختگی با سرعت امواج اولتراسونیک نشان داد. این همبستگی بین مدول الاستیسیته و سرعت امواج اولتراسونیک در لایه سطحی تخته خرده چوب بیشتر از لایه مرکزی مشاهده شده است. همچنین نسبت مدولهای الاستیسیته در جهات مختلف، هرسونایکسانی بیشتری را نسبت به سرعت امواج اولتراسونیک و مدول گسیختگی در تخته خرده چوب نشان می دهد.

واژه‌های کلیدی: تخته خرده چوب، سرعت امواج اولتراسونیک، مدول الاستیسیته، مدول گسیختگی، مقاومت برشی و هرسونایکسانی.

۱- تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۸۳/۶/۳۰

۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس (Email: skazemi@modares.ac.ir)

۳- کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ

۴- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

مقدمه

به علت حجم زیاد خرده‌چوب‌ها و الیاف در ساختار فراورده‌های مرکب چوبی (۸۰ تا ۹۰ درصد)، شکل، اندازه و ترتیب قرار گرفتن آنها، در خواص مکانیکی تخته‌ها تاثیر مهمی دارد. به نظر می‌رسد که خرده‌چوب‌ها در تخته‌خرده‌چوب به‌طور تصادفی قرار می‌گیرند، ولی در عمل این ذرات در این فراورده‌ها جهت‌دار بوده و در وضعیت خاصی قرار می‌گیرند، چون خرده‌چوب‌ها از نظر ابعاد همسان و یکسان نیستند. توجیه خرده‌چوب‌ها خواص تخته را در جهت مورد نظر صفحه تخته، تقویت خواهد کرد. درک اینکه توجیه خرده‌ها در خواص مکانیکی تخته‌خرده‌چوب اثر دارد، موجب توسعه روش‌های تجاری برای ردیف کردن خرده‌ها شده و کاربرد این روش‌ها عصر جدیدی را در صنعت تخته‌خرده‌چوب به‌وجود آورده و موارد مصرف آنها را نیز وسعت بخشیده است (۱).

با جهت‌دار کردن خرده‌چوب‌ها هنگام تشکیل یک خرده‌چوب می‌توان مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته فراورده‌های مرکب چوبی را به‌طور چشمگیری در امتداد طول ذرات چوب افزایش داد. مدول گسیختگی تخته تراشه جهت‌دار (OSB) ۲-۳ درصد بیشتر از مدول گسیختگی تخته‌خرده‌چوب‌هایی است که خرده‌چوب‌ها در آنها به‌صورت تصادفی جهت یافته‌اند (۱۹).

جهت‌دار شدن اجزای تشکیل‌دهنده فراورده‌های مرکب چوبی، سبب می‌شود که این فراورده‌ها خواص متفاوتی در جهات مختلف نشان دهند، به عبارت دیگر دارای خواص راستایی (ارتوتروپیک) باشند. با توجه به اینکه خواص مهندسی تخته‌خرده‌چوب متأثر از جهت و توجیه اجزای تشکیل‌دهنده آنها یعنی خرده‌چوب‌هاست و بر اساس مشاهدات تجربی تاکنون تنها جهت کلی طول (جهت ساخت) و پهنای (عمود بر جهت ساخت) تخته‌های مذکور تفکیک شده اند، تاثیرگذاری توجیه اجزاء ایجاب می‌کند خواص راستایی (ارتوتروپیک) آنها دقیق‌تر مورد مطالعه قرار گیرد. چون خواص راستایی بر خواص الاستیک که رفتار مکانیکی مواد را تعریف می‌کنند تاثیر مهمی دارد، بنابراین اطلاعات مربوط به خواص الاستیک

فراورده‌های مرکب چوبی اهمیت زیادی در طراحی مهندسی آنها دارد و سبب می‌شود انتخاب این مواد برای کاربردهای مختلف به نحو مناسب‌تری انجام شود.

جهت و توجیه اجزای تشکیل‌دهنده علاوه بر اینکه خواص مکانیکی و الاستیک فراورده‌های مرکب چوبی را تحت تاثیر قرار می‌دهند، بر سرعت امواج اولتراسونیک نیز تاثیر می‌گذارند، به‌طوری‌که سرعت امواج اولتراسونیک در جهت ساخت فراورده‌های مرکب چوبی بیشتر از جهت عمود بر آن است (۲، ۴ و ۸). چون سرعت امواج اولتراسونیک در محور طولی چوب (جهت الیاف) بیشترین مقدار را به ترتیب نسبت به جهت شعاعی و مماسی دارد (۶، ۷، ۱۰، ۱۱ و ۱۸)، بنابراین نحوه جهت‌یابی خرده‌چوب‌ها روی سرعت امواج اولتراسونیک در تخته‌خرده‌چوب تاثیر می‌گذارد. وانگ^۱ و چن^۲ (۲۰۰۱) نشان دادند که با افزایش زاویه تراشه‌ها از صفر به ۹۰ درجه در تخته‌تراشه جهت‌دار (OSB)، مدول‌های الاستیسیته و گسیختگی و همچنین سرعت اولتراسونیک به‌سرعت کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که حداکثر آنها در صفر درجه و حداقل آنها در زاویه ۹۰ درجه اتفاق می‌افتد.

نظر به تاثیر جهت اجزای تشکیل‌دهنده فراورده‌های مرکب چوبی روی خواص مکانیکی (۱۳، ۱۴ و ۱۵) و سرعت امواج اولتراسونیک، در این تحقیق نحوه انتشار امواج اولتراسونیک در تخته‌خرده‌چوب و تغییرات مدول الاستیسیته، مدول گسیختگی و مقاومت برشی تخته‌خرده‌چوب از نظر وابستگی به دلیل توجیه خرده‌چوب‌ها مورد مطالعه قرار گرفته و روابط بین سرعت امواج اولتراسونیک با خواص مکانیکی مورد مطالعه، بررسی شده است. شایان ذکر است که توسعه یک روش صنعتی و فراگیر ارزیابی غیرمخرب^۳ ویژگی‌های فراورده‌های مرکب چوبی با استفاده از روش اولتراسونیک به عنوان روش سریع، ارزان و ساده نیاز به فهم نحوه انتشار امواج اولتراسونیک در این گونه مواد دارد.

۱-Wang

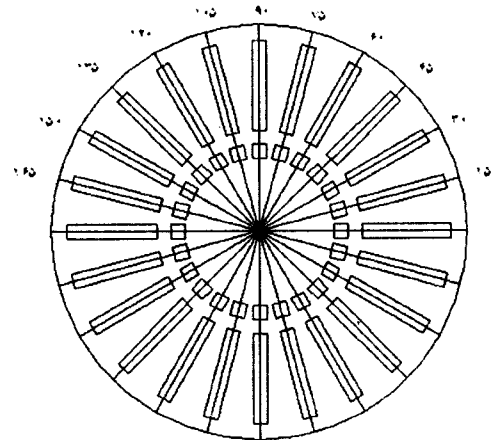
۲-Chen

۳-Nondestructive Evaluation

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، سه ورق تخته‌خرده‌چوب تولیدی داخل کشور مورد استفاده قرار گرفتند. برای یکنواختی نمونه‌ها، سه ورق متوالی از تخته‌های سمباده‌خورده انتخاب شدند. تخته‌خرده‌چوب‌های مورد استفاده از مخلوط چوب گونه‌های پهن‌برگ شمال ساخته شده بودند و دانسیته و رطوبت آنها به ترتیب $0/63$ گرم بر سانتی‌متر مکعب و $12/5$ درصد بوده است.

آماده‌سازی نمونه‌ها: برای اندازه‌گیری سرعت امواج اولتراسونیک در زوایای مختلف و در طول‌های مساوی، از هر یک از تخته‌ها دیسک‌هایی به قطر 160 سانتی‌متر بر مبنای عرض تخته‌ها تهیه شد. سپس دیسک‌ها در زوایای مختلف نسبت به جهت ساخت (زاویه صفر درجه) در خلاف جهت عقربه‌های ساعت در فواصل 15 درجه (0 ، 15 ، 30 ، 45 ، 60 ، 75 ، 90 ، 105 ، 120 ، 135 ، 150 و 165 درجه) مطابق شکل (۱) مدرج شدند.



نمونه‌های خمشی

نمونه‌های برشی

شکل ۱- نحوه مدرج کردن و تهیه نمونه‌های خمشی و برشی

پس از اندازه‌گیری سرعت امواج اولتراسونیک، برای تهیه نمونه‌های مورد نیاز آزمایش‌های خمش و برش، دیسک‌ها در زوایای مختلف برش داده شدند. در هر زاویه ۲ نمونه خمشی و ۲ نمونه برشی تهیه شد. در مجموع، برای هر جهت با توجه به تعداد تخته‌ها ۶ نمونه خمشی و ۶ نمونه برشی تهیه شد (شکل ۱).

اندازه‌گیری سرعت امواج اولتراسونیک: برای اندازه‌گیری سرعت امواج اولتراسونیک، از روش عبوری^۱ استفاده شد. این روش کاربرد زیادی در ارزیابی غیرمخرب موادی که تضعیف‌کننده قوی موج اولتراسونیک هستند (مثل مواد چوبی)، دارد. در این روش، موج اولتراسونیک از یک مبدل^۲ فرستنده در نمونه ارسال و توسط مبدل گیرنده از طرف دیگر دریافت می‌شود.

از دستگاه سیلواتست (Sylvatest Duo[®]) با فرکانس 16kHz که بر اساس روابط بین سرعت انتشار موج اولتراسونیک و خواص الاستیک چوب طراحی شده، برای اندازه‌گیری سرعت امواج طولی اولتراسونیک استفاده شده است. این دستگاه دارای دو مبدل پیزوالکتریک با نوک مخروطی‌شکل (یکی به عنوان فرستنده و دیگری گیرنده) است که به صورت مستقیم به مواد چوبی متصل می‌شوند.

سرعت امواج اولتراسونیک در زوایای مختلف بر روی دیسک‌ها بر حسب متر بر ثانیه به صورت نسبت مسافت پیموده شده به وسیله موج به زمان طی شده اندازه‌گیری شد. همچنین سرعت امواج اولتراسونیک در لایه‌های سطحی نمونه‌های تخته‌خرده‌چوب جهت مقایسه با لایه مرکزی اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری مدول‌های الاستیسیته و گسیختگی: برای تعیین مدول الاستیسیته استاتیکی و مدول گسیختگی در زوایای مختلف تخته‌خرده‌چوب، آزمون خمش سه نقطه بارگذاری مطابق آیین‌نامه D1037 استاندارد ASTM انجام شد.

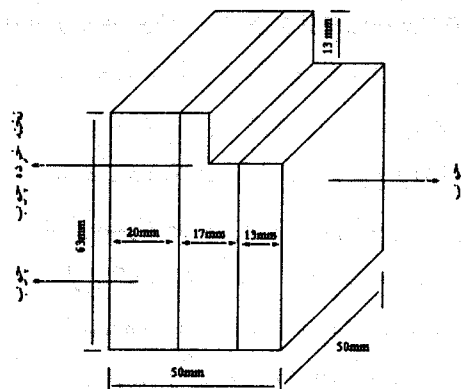
اندازه‌گیری مقاومت برشی: مقاومت برشی در ضخامت تخته بیانگر کیفیت اتصالات چسب در لایه‌های میانی تخته‌خرده‌چوب بوده و با چسبندگی داخلی (IB) که معرف کمیت و کیفیت نقاط اتصال در لایه مغزی تخته‌خرده‌چوب است، همبستگی بسیار نزدیکی را نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری مقاومت برشی تخته‌خرده‌چوب، از آیین‌نامه D1037 استاندارد ASTM با نمونه‌های استاندارد آزمون برشی مطابق شکل (۲) استفاده شد.

^۱-Trough Transmission Method

^۲-Transducer

گروه‌بندی دانکن سرعت امواج اولتراسونیک اندازه‌گیری شده در زوایای مختلف در شکل ۳ آمده است. شکل ۳، حداکثر سرعت امواج اولتراسونیک را در زاویه صفر درجه (جهت ساخت) نشان می‌دهد و با افزایش درجه نسبت به جهت ساخت، سرعت امواج اولتراسونیک کاهش پیدا می‌کند، به طوری که در زوایای ۹۰ و ۱۰۵ به حداقل می‌رسد و سپس مجدداً افزایش می‌یابد.

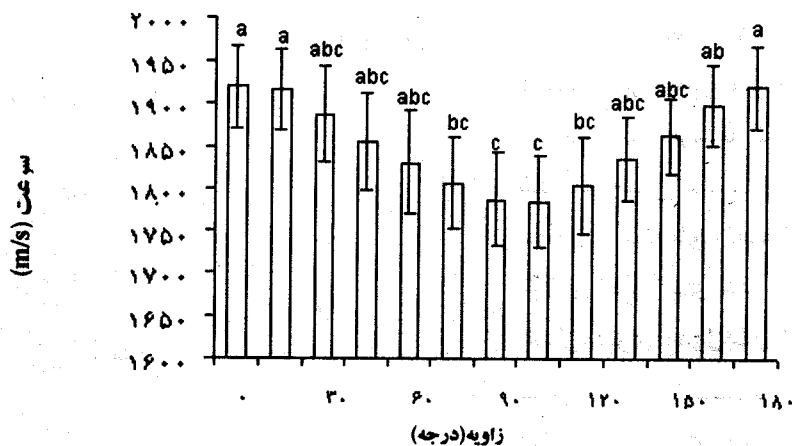
آزمون مقایسه چندگانه میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که سرعت امواج اولتراسونیک در زوایای صفر و ۱۵ درجه با سرعت امواج اولتراسونیک در زوایای ۷۵، ۹۰ و ۱۰۵ درجه، اختلاف معنی‌داری دارد.



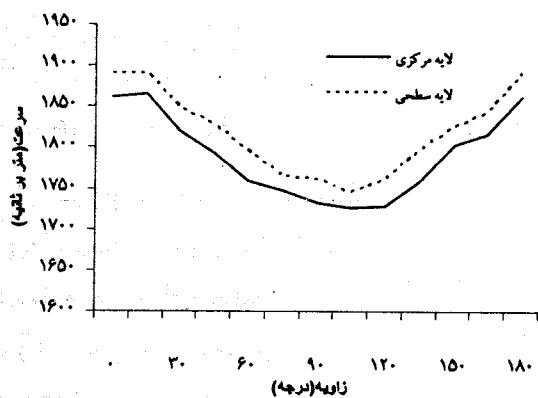
شکل ۲- شکل و ابعاد نمونه‌های برشی تهیه شده از تخته‌خرده‌چوب

نتایج

سرعت امواج اولتراسونیک: میانگین، انحراف معیار و



شکل ۲- میانگین سرعت امواج اولتراسونیک در زوایای مختلف نسبت به جهت ساخت تخته‌خرده‌چوب

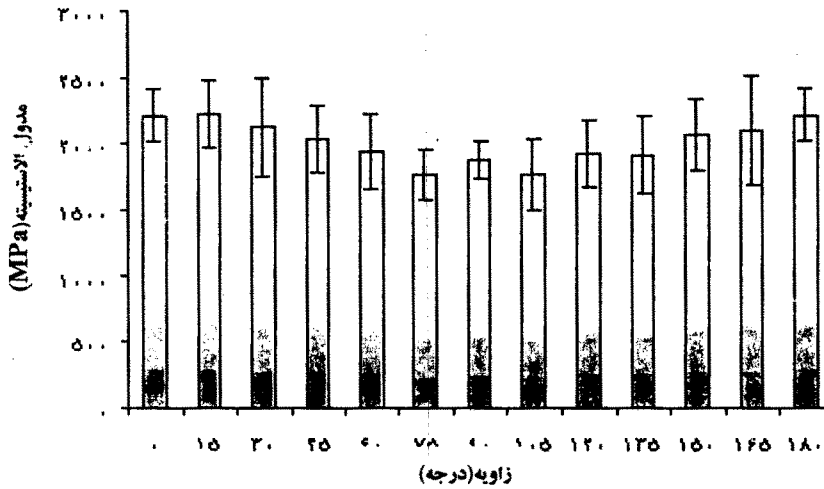


شکل ۴- سرعت امواج اولتراسونیک در لایه مرکزی و سطحی در زوایای مختلف تخته‌خرده‌چوب نسبت به جهت ساخت

نتایج نشان می‌دهد که میانگین سرعت امواج اولتراسونیک در لایه‌های سطحی تخته‌خرده‌چوب به‌طور معنی‌داری بیشتر از لایه مرکزی است، ولی روند تغییرات سرعت امواج اولتراسونیک با توجه به زوایای مختلف در لایه‌های سطحی مانند لایه مرکزی است، یعنی با افزایش زاویه نسبت به جهت ساخت، سرعت امواج اولتراسونیک ابتدا کاهش می‌یابد تا اینکه در حالت عمود بر جهت ساخت به حداقل خود می‌رسد (شکل ۴).

مشاهده می‌شود، اما به‌طور کلی در سطح اعتماد ۹۵ درصد، مدول‌های الاستیسیته در زوایای مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

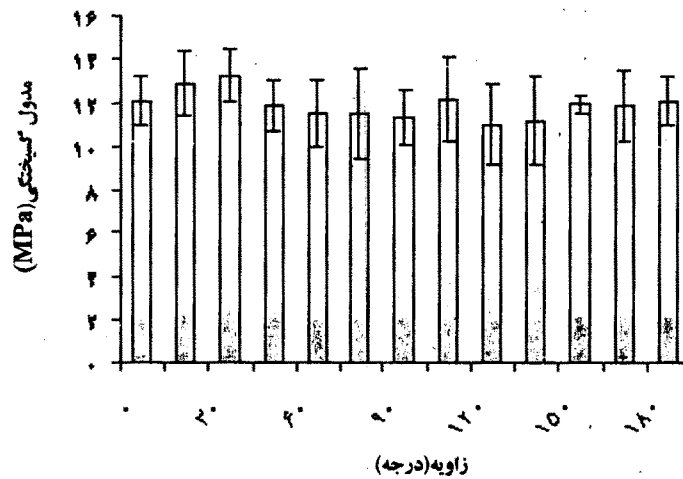
مدول الاستیسیته: میانگین مدول الاستیسیته نمونه‌ها در زوایای مختلف، همچنین انحراف معیار و گروه‌بندی دانکن آنها در شکل (۵) آمده است. با وجود اینکه کاهش در مقدار مدول الاستیسیته از زاویه صفر درجه به ۹۰ درجه



شکل ۵- میانگین مدول الاستیسیته در زوایای مختلف نسبت به جهت ساخت تخته‌خرده‌چوب

مختلف تخته‌خرده‌چوب با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. روند خاصی در تغییرات مدول گسیختگی نسبت به تغییرات زاویه مشاهده نمی‌شود.

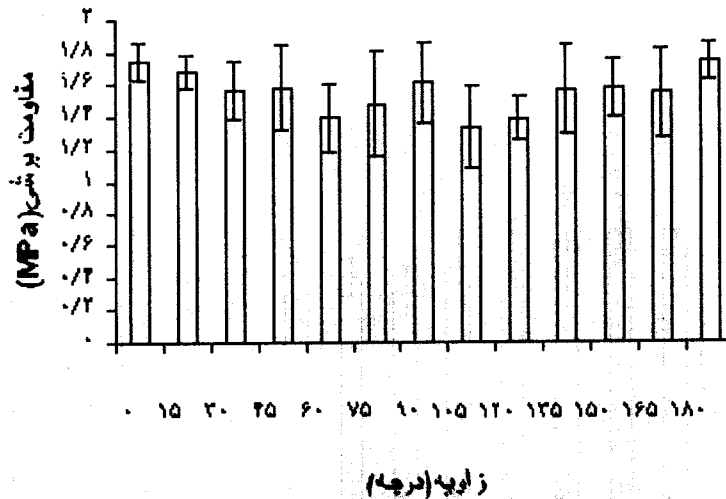
مدول گسیختگی: میانگین مدول گسیختگی تخته‌خرده‌چوب در زوایای مختلف؛ همچنین انحراف معیار و گروه‌بندی دانکن آنها در شکل (۶) آمده است. به‌طور کلی، در سطح اعتماد ۹۵ درصد، مدول‌های گسیختگی در زوایای



شکل ۶- میانگین مدول گسیختگی در زوایای مختلف نسبت به جهت ساخت تخته‌خرده‌چوب

در سطح اعتماد ۹۵ درصد، مقاومت برشی در زوایای مختلف با یکدیگر اختلاف معنی دار ندارند، اگرچه کم و بیش روندی در تغییرات آن مشاهده می شود.

مقاومت برشی در تخته خرده چوب: نتایج میانگین مقاومت برشی در زوایای مختلف، همچنین انحراف معیار و گروه بندی دانکن آنها در شکل (۷) آمده است. به طور کلی،



شکل ۷- میانگین مقاومت برشی در زوایای مختلف نسبت به جهت ساخت تخته خرده چوب

الاستیسیته، مدول گسیختگی و سرعت امواج اولتراسونیک در جهت ساخته تخته خرده چوب (زاویه صفر) به جهت عمود بر آن (۹۰ درجه) استفاده شده است (جدول ۱).

هرسونایکسانی^۱: هرسونایکسانی، خاصیت مهم تاثیر گذار بر مقاومت های مکانیکی مواد بوده و نتیجه نحوه توزیع و جهت یابی اجزای متشکله آنهاست. برای مطالعه هرسونایکسانی در تخته خرده چوب، از نسبت های مدول

جدول ۱- ضرایب هرسونایکسانی تخته خرده چوب

نسبت ها	V _۰ /V _{۹۰}	MOE _۰ /MOE _{۹۰}	MOR _۰ /MOR _{۹۰}
ضرایب هرسونایکسانی	۱/۰۷	۱/۱۸	۱/۰۷

تخته خرده چوب و خواص مکانیکی اندازه گیری شده شامل مدول الاستیسیته، مدول گسیختگی و مقاومت برشی و مقادیر I^۲ مربوط در جدول (۲) ارائه شده است. در این جدول، V_c و V_s به ترتیب سرعت امواج اولتراسونیک در لایه های مرکزی و سطحی اند. نتایج نشان داد که معادله درجه دوم دارای بیشترین مقدار I^۲ برای بیان رابطه همبستگی بین مقاومت های مکانیکی و سرعت امواج اولتراسونیک است.

رابطه قوی تری بین مدول الاستیسیته و سرعت امواج اولتراسونیک به ترتیب نسبت به مقاومت برشی و مدول

سرعت امواج اولتراسونیک و مدول گسیختگی، هرسونایکسانی کمتری را برای تخته خرده چوب نشان می دهند. اعداد نزدیک به یک بیانگر هرسونایکسانی کمتر است.

رابطه بین سرعت امواج اولتراسونیک و خواص مکانیکی اندازه گیری شده: نتایج نشان داد که بین سرعت امواج اولتراسونیک در تخته خرده چوب و خواص مکانیکی اندازه گیری شده شامل مدول الاستیسیته، مدول گسیختگی و مقاومت برشی در سطح اعتماد ۹۹ درصد همبستگی وجود دارد. معادلات رگرسیونی بین سرعت اولتراسونیک در

۱-Anisotropy

بیشتر از لایه مرکزی است.

گسیختگی مشاهده شده است. همچنین رابطه مدول الاستیسیته با سرعت امواج اولتراسونیک در لایه سطحی

جدول ۲- روابط رگرسیونی بین مدول الاستیسیته (MOE)،

مدول گسیختگی (MOR) و مقاومت برشی (τ) و سرعت امواج اولتراسونیک

r^2	معادله رگرسیونی درجه دوم (Quadratic)
۰/۶۱۸	$MOE = ۰/۰۰۳۸ V_c^2 - ۱۱/۲۰۳ V_c + ۹۵۷۳/۹۴$
۰/۸۹۵	$MOE = -۰/۰۰۲۸ V_s^2 + ۱۳/۱۵۶۷ V_s - ۱۲۵۴۶$
۰/۴۳۱	$MOR = -۰/۰۰۰۰۰۹ V_c^2 + ۰/۴۴۲۰۰ V_c - ۴۰/۴۲۸$
۰/۳۹۹ ^۱	$MOR = -۰/۰۰۰۰۰۹ V_s^2 + ۰/۰۴۱۳ V_s - ۳۲/۶۲۵$
۰/۵۲۷	$\tau = -۰/۰۰۹۴ V_c^2 + ۳۶/۶۶۶۵ V_c - ۳۴۲۲۶$

بحث و نتیجه گیری

تخته خرده چوب را نسبت به لایه مرکزی آن می توان به دانسیته بیشتر لایه سطحی که ناشی از پروفیل دانسیته است، نسبت داد. بعضی از تحقیقات نیز سرعت امواج اولتراسونیک را در لایه سطحی OSB، MDF و چوب گچ (Chipboard) بیشتر از لایه مرکزی گزارش کردند (۸). نتایج این بررسی نشان داد که مقدار مدول گسیختگی در جهت ساخت تخته خرده چوب بیشتر از جهت عمود بر آن است، ولی رابطه خاصی بین زاویه خرده چوبها نسبت به جهت ساخت و مدول گسیختگی مشاهده نشده است. به طور کلی، مدول گسیختگی متاثر از جهت یابی خرده چوب می باشد (۲، ۴، ۱۳، ۱۴ و ۱۵). وانگ و چن (۲۰۰۱) گزارش کردند که مدول گسیختگی OSB، ۲ تا ۳ برابر مدول گسیختگی تخته خرده چوبهایی است که خرده چوبها در آنها به صورت تصادفی جهت یافته اند.

اگرچه جهت یابی خرده چوبها و وضعیت توزیع عناصر تشکیل دهنده در کمیت و کیفیت نقاط اتصال در تخته خرده چوب تاثیر دارد (۱۶) اما در این تحقیق اختلاف معنی داری بین مقاومت برشی تخته خرده چوب در زوایای مختلف نسبت به جهت ساخت مشاهده نشد.

مدول الاستیسیته همبستگی بیشتری را با سرعت امواج اولتراسونیک در تخته خرده چوب نشان می دهد،

نتایج نشان داد که سرعت امواج اولتراسونیک و مدول الاستیسیته در تخته خرده چوب متاثر از زاویه اندازه گیری است، به طوری که در جهت ساخت (صفر درجه) تخته خرده چوب این دو عامل بیشترین مقدار را دارند و با افزایش زاویه، کاهش می یابند تا در جهت عمود بر ساخت (۹۰ درجه) به حداقل می رسند. وانگ و چن (۲۰۰۱) نتایج مشابهی را برای OSB گزارش کردند. با توجه به اینکه شکل و جهت یابی خرده چوبها از عوامل مهم تاثیر گذار بر خواص تخته خرده چوب می باشند و در چوب سرعت امواج اولتراسونیک و مدول الاستیسیته در جهت طولی (جهت الیاف) به ترتیب بیشتر از جهت شعاعی و مماسی است و انحراف محور الیاف نسبت به جهت طولی، سبب کاهش سرعت امواج اولتراسونیک و مدول الاستیسیته می شود (۷، ۱۰، ۱۱ و ۱۸)، بنابراین می توان نتیجه گرفت که محور طولی بیشتر خرده چوبها در تخته خرده چوب مورد مطالعه موازی با جهت ساخت است. همچنین در نتایج تحقیقات مختلف مقدار مدول الاستیسیته و سرعت امواج اولتراسونیک در جهت ساخت تخته خرده چوب بیشتر از جهت عمود بر آن گزارش شده است (۲، ۴ و ۷). همچنین سرعت امواج اولتراسونیک بیشتر در لایه سطحی

اولتراسونیک را خطی و با $R^2=0/42$ گزارش کردند. همبستگی کمتر بین مدول گسیختگی و سرعت امواج اولتراسونیک می‌تواند قابل انتظار باشد، چون مدول گسیختگی به وسیله معایب موضعی کنترل می‌شود، ولی سرعت امواج اولتراسونیک و مدول الاستیسیته بیان‌کننده خواص کلی تخته‌خرده‌چوب‌اند (۴ و ۵).

مدول الاستیسیته، ضریب هرسونایکسانی بیشتری را نسبت به سرعت اولتراسونیک و مدول گسیختگی برای تخته‌خرده‌چوب نشان داد. نتایج مشابهی توسط بختا و همکاران (۲۰۰۰) برای تخته‌خرده‌چوب، OSB و MDF گزارش شد. وانگ و جن (۲۰۰۱) مقادیر هرسونایکسانی بیشتری برای OSB نسبت به تخته‌خرده‌چوب به دست آوردند ($2/9-3/2$) با سرعت امواج اولتراسونیک و بیشتر از ۵ (با MOE). هرسونایکسانی بیشتر OSB به دلیل شکل و جهت‌یابی بهتر تراشه‌ها است. ضرایب هرسونایکسانی بالاتر به وسیله مدول الاستیسیته بیانگر این است که مدول الاستیسیته حساسیت بیشتری نسبت به شکل و جهت‌یابی خرده‌چوب‌ها نشان می‌دهد. در مجموع، با توجه به ضرایب هرسونایکسانی به دست آمده (نزدیک ۱)، تخته‌خرده‌چوب را می‌توان ایزوتروپیک صفحه‌ای در نظر گرفت.

به‌طور کلی، می‌توان گفت با توجه به حساسیت امواج اولتراسونیک به جهت‌یابی خرده‌چوب‌ها، روش اولتراسونیک می‌تواند به عنوان روشی سریع و ارزان در ارزیابی چگونگی جهت‌یابی خرده‌چوب‌ها در تخته‌خرده‌چوب که تاثیر مهمی روی خواص کاربردی آن دارند، به کار رود. همچنین به دلیل رابطه خوب بین بعضی از خواص کاربردی تخته‌خرده‌چوب و سرعت امواج اولتراسونیک، این روش پتانسیل خوبی برای پیش‌بینی این خواص دارد.

بخصوص با سرعت امواج اولتراسونیک در لایه سطحی. به‌طور کلی، مدول الاستیسیته فرآورده‌های مرکب چوبی، ناشی از کیفیت لایه سطحی است و لایه‌های سطحی با دانسیته بیشتر، سرعت امواج اولتراسونیک و مدول الاستیسیته بیشتری دارند. دان لوپ^۱ (۱۹۸۰) همبستگی بین مدول الاستیسیته و مربع سرعت موج اولتراسونیک در جهت ساخت تخته‌خرده‌چوب را $I=0/73$ به دست آورد. همچنین در تحقیق مشابه دیگری نیز رابطه خطی بین مدول الاستیسیته و سرعت امواج اولتراسونیک با $R^2=0/71$ گزارش شده است (۴).

میزان فشردگی لایه میانی و نحوه اتصالات در تخته‌خرده‌چوب که مقاومت برشی را سبب می‌شوند، مقدار سرعت امواج اولتراسونیک را تخته‌خرده‌چوب تحت تاثیر قرار می‌دهد، به‌طوری‌که تخریب اتصالات و ایجاد حفرات سبب کاهش سرعت امواج اولتراسونیک می‌شود. نتایج نشان داد که همبستگی تقریباً خوبی بین سرعت امواج اولتراسونیک و مقاومت برشی تخته‌خرده‌چوب وجود دارد. کروزر^۲ و همکاران (۱۹۹۶) نیز همبستگی زیادی ($0/98 \leq I$) را بین سرعت امواج اولتراسونیک و چسبندگی داخلی در تخته‌خرده‌چوب گزارش کردند. سان^۳ و آریما^۴ (۱۹۹۸) هم رابطه چسبندگی داخلی و سرعت امواج اولتراسونیک در تخته‌خرده‌چوب را خطی با همبستگی بالای $R^2=0/81$ گزارش کردند.

در این بررسی، همبستگی بین سرعت امواج اولتراسونیک و مدول گسیختگی کمتر از همبستگی آن با مدول الاستیسیته و مقاومت برشی بود. دان لوپ (۱۹۸۰)، همبستگی بین مدول گسیختگی و مربع سرعت موج اولتراسونیک در جهت ساخت تخته‌خرده‌چوب را $I=0/65$ به دست آورد (کمتر از مدول الاستیسیته). بختا و همکاران (۲۰۰۰) رابطه بین مدول گسیختگی با سرعت امواج

۱-Dunlop

۲-Kruse

۳-Sun

۴-Arima

منابع

- ۱- دوست حسینی، کاظم. ۱۳۸۰. فناوری تولید و کاربرد صفحات فشرده چوبی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۶۴۸ ص.
- ۲- کاظمی نجفی، سعید. ۱۳۸۰. استفاده از تکنیک اولتراسونیک در تعیین خواص مکانیکی (ثابت‌های الاستیک) تخته‌خرده‌چوب، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۲۷ ص.
- 3-ASTM.1990. Standard Methods of Evaluating the Properties of Wood – Based Fiber and Particleboard Panel Materials. American Society for Testing and Materials, Norme1037.
- 4-Bekhhta, P. A., P. Niemz and L. J. Kucera, 2000. The Study of Sound Propagation in the Wood-Based Composite Material, Proceeding of 12th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, Sopron, Hungary, PP :33 – 41.
- 5-Bodig, J., 2000. The Process of NDE Research for Wood and Wood Composites, Proceeding of 12th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, Sopron, Hungary, PP : 7 – 22.
- 6-Bucur, V., 1995. Acoustic of Wood, CRC Press Inc, Boca Raton, USA.298pp
- 7-Bucur, V. and F. Feeny, 1992. Attenuation of Ultrasound in Solid Wood, Ultrasonics: 30(2): 76-81
- 8-Bucur, V., M. P. Ansell, C. Y. Barlow, J. Prithard, S.Garros, and X. Deglise, 1998. Physical Methods for Characterization Wood Composites Panel Products, Holzforchung 52(5): 553 – 561.
- 9-Dunlop, J. I., 1980. Testing of Particleboard by Acoustic Techniques. Wood Sci. Technol. 14 : 69 – 78.
- 10-Kabir, M. F. 2001. Prediction of Ultrasonic Properties from Grain Angle. Journal of the Institute of Wood Science 15(5): 235-246.
- 11-Kabir, M. F., H. A. A. Sidek, W. M. Daud and K. Khalid, 1997. Effect of Moisture Content and Grain Angle on the Ultrasonic Properties of Rubber Wood, Holzforchung. 51(3):263-267
- 12-Kruse, K., F. W. Broker and A.Fruhwald, 1996. Investigation Between Internal Bond, Density Distribution and Ultrasonic Velocity of Particleboard, Holz als Roh - und Werkstoff 54 : 295 – 300.
- 13-Mclain, T. E. and J. Bodig, 1974. Determination of Elastic Parameters of Full-Sized Wood Composite Boards. Forest Prod. J. 24(4): 48 - 57.
- 14-McNatt, J. D. , 1973. Basic Engineering Properties of Particleboard. USAD Forest Service Research, Forest Research - Paper, - Products Laboratory, Madison, Number 206(14), 14 Pages
- 15-Moarcas, O., H. M. Williams, W. Thomas and B. Matthews, 1999. Bending properties of Particleboard Determined in three and Four Point Bending Tests(part 1), Institute of Wood and Science 15(2):87 – 91.
- 16-Sun, Y. G. and T. Arima, 1998. Structural Mechanics of Wood Composite Materials I : Ultrasonic Evaluation of Internal Bond Strength the During an Accelerated Aging Test. J. Wood Sci. 44 : 348 – 353.
- 17-Sun, Y. G. and T.Arima, 1999. Structural Mechanics of Wood Composite Materials II :Ultrasonic Propagation Mechanism and Internal Bonding of Particleboard, J. Wood Sci. 45: 221 - 226.
- 18-Susuki, H. and E. Sasaki, 1990. Effect of Grain Angle on the Ultrasonic Velocity of Wood, Mokuzai Gakkaishi. 36(2): 103-107.
- 19-Wang, S. Y. and B. J. Chen, 2001. The flake's Alignment Efficiency and Orthotropic Properties of Oriented Strand Board, Holzforchung 55(1): 97 –103.

An Investigation of Ultrasonic Velocity and Mechanical Properties along Different Angles in Particleboard

S. Kazemi Najafi¹ A. Abbasi Marasht² Gh. Ebrahimi³

Abstract

Ultrasonic wave velocity as well as some mechanical properties such as modulus of elasticity, modulus of rupture and shear strength in particleboard were determined at different angles along manufacturing direction and at angle intervals of 15 °. The results demonstrated that ultrasonic wave velocity as well as modulus of elasticity are highest along manufacturing direction, decreasing with increase in angle, and while the lowest figures occur in a direction perpendicular to the manufacturing direction. This trend was not observed for either modulus of rupture or shear strength. A higher correlation was observed between modulus of elasticity and ultrasonic velocity as compared with the correlation between ultrasonic velocity and either shear strength or modulus of rupture. The correlation between ultrasonic velocity and modulus of elasticity in surface layer of particleboard was higher than that in core layer. The ratio of moduli of elasticity along different angles showed a higher anisotropy than the ratios of either ultrasonic wave velocities or moduli of rupture.

Keywords: Particleboard, Ultrasonic wave velocity, Modulus of elasticity, Modulus of rupture, Shear strength, Anisotropy.

¹- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University
(Email: skazemi_najafi@modares.ac.ir)

²- M.Sc. of Wood and Paper Science and Technology,

³- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran