



دانشگاه گواران و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و نهم، شماره دوم، ۱۳۹۸

۶۳-۷۴

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2019.15607.1767

بررسی رفتار الکتریکی و آکوستیکی فرآورده چندسازه چوبی سبک شده با گرانول پلی‌استایرن

سیدمحسن حسینی^۱، * ابوالقاسم خزاعیان^۲ و تقی طبرسا^۳

^۱ دانشجوی دکتری فرآورده‌های چندسازه چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب،

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستاد گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۲۵

چکیده

سابقه و هدف: یکی از نگرانی‌های اصلی صنایع چوب، تأمین ماده اولیه چوبی می‌باشد. لذا توجه به مواردی که بخشی از نگرانی‌های موجود را از طرق مختلف، مانند کاهش مصرف چوب در تولید فرآورده‌های چوبی مورد نظر قرار دهد، درخور اهمیت است. سبک‌سازی فرآورده‌های چندسازه با استفاده از گرانول پلی‌استایرن به عنوان یک راهکار برای کاهش مصرف مواد اولیه مدنظر قرار گرفته است. از خواص مهمی که برای این نوع از فرآورده‌ها در نظر گرفته شده است، رفتار آنها در برابر الکتریسیته و خواص آکوستیکی می‌باشد. این تحقیق در نظر دارد تا خواص دی‌الکتریک و آکوستیکی چندسازه مورد مطالعه را ارزیابی کند.

مواد و روش‌ها: برای ساخت نمونه‌های آزمونی از میان تیمارها بر اساس مقاومت مکانیکی و خواص فیزیکی، بهینه‌ترین تیمار برای بررسی رفتار الکتریکی و خواص آکوستیکی انتخاب گردید. برای تهیه نمونه‌های آزمونی سبک شده با پلی‌استایرن، نمونه‌های شاهد شماره ۱ و ۲ به ترتیب با دانسیته 0.7 gr/cm^3 و 0.5 gr/cm^3 آماده شدند. دانسیته اول نمونه شاهد به دلیل مقایسه نمونه آزمونی با فرآورده چندسازه استاندارد و دانسیته دوم نمونه شاهد به دلیل مقایسه نمونه آزمونی با فرآورده چندسازه دارای دانسیته مشابه بدون گرانول پلی‌استایرن مدنظر قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج آزمون مقاومت الکتریکی نشان دادند، با توجه به همسانی دانسیته بین نمونه آزمونی سبک شده با نمونه شاهد ۲ با دانسیته 0.5 gr/cm^3 تفاوت معنی داری در نتایج مشاهده نگردید؛ همچنین بین نمونه‌های دارای دانسیته 0.5 gr/cm^3 با نمونه سنگین‌تر با دانسیته 0.7 gr/cm^3 تفاوت معنی داری در مقاومت الکتریکی وجود نداشت. طبق نتایج بدست آمده مشاهده شد که وزن مخصوص نمونه‌ها به‌طور غیرمستقیم بر مقاومت الکتریکی نمونه‌ها اثرگذار است. در یک دانسیته مشخص، افزودن گرانول پلی‌استایرن منجر به بهبود مقاومت الکتریکی و خواص آکوستیک نمونه‌ها شده است.

* مسئول مکاتبه: khazaeian@gau.ac.ir

نتیجه‌گیری: نتایج آزمون‌ها نشان دادند با کاهش دانسیته، مقاومت الکتریکی نمونه‌های آزمون‌ی افزایش و میزان جذب صوت بهبود یافته است. وجود گرانول پلی‌استایرن در نمونه‌های آزمون‌ی علاوه بر این که خود به‌عنوان یک عایق قوی عمل می‌نماید، با اثرگذاری بر رفتار نمونه‌ها احتمالاً منجر به افزایش مقاومت الکتریکی آنها شده است. گرانول پلی‌استایرن بر خواص آکوستیکی نمونه‌ها نیز به صورت مستقیم اثرگذار بوده است. نتایج حاصل نشان دادند از تخته‌های سبک شده با گرانول پلی‌استایرن می‌توان در مواردی که نیاز بیشتر به افزایش مقاومت الکتریکی و افزایش خاصیت عایق صوت می‌باشد با در نظر گرفتن میزان بار مکانیکی مجاز قابل تحمل توسط تخته‌ها، به‌صورت موثر استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: پلی‌استایرن، خواص آکوستیکی، سبک‌سازی، فرآورده چندسازه چوب، مقاومت الکتریکی

مقدمه

یکی از نگرانی‌های اصلی صنایع چوب، تأمین ماده اولیه چوبی می‌باشد (۱۰، ۵)؛ لذا توجه به مواردی که بخشی از نگرانی‌های موجود را از طرق مختلف، مانند کاهش مصرف چوب در تولید فرآورده‌های چوبی مدنظر قرار دهد، اهمیت فراوانی دارد. بر این اساس تولید فرآورده‌های چندسازه چوب سبک شده مورد توجه قرار گرفته است (۱۲، ۲۰). به‌طور جدی، اندیشه تولید فرآورده‌های چندسازه سبک‌شده به بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی باز می‌گردد (۲۱، ۲۵). امروزه فرآورده‌های چندسازه سبک به فرآورده‌هایی اطلاق می‌شود که دارای دانسیته کمتر از 0.5 gr/cm^3 باشند (۱۴). از سال ۲۰۰۸ تولید فرآورده‌های چندسازه چوب در اروپا ۱۳٪ کاهش یافته است، اما تقاضا برای فرآورده‌های چوبی سبک ۴ درصد رشد داشته است که پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۰ سریع‌ترین نرخ رشد تولید فرآورده چندسازه چوب در جهان را به خود اختصاص دهد (۱۹، ۲۰). از دیگر ویژگی‌های این نوع از فرآورده‌های چندسازه چوب می‌توان به کاهش قیمت تمام شده برخی از این محصولات و کاربرد راحت‌تر اشاره نمود (۲۴). بر این اساس فرآورده‌های با لایه میانی فوم، تخته‌های مرکب سبک شده و فرآورده‌های تیوپی در دسته فرآورده‌های چندسازه چوب سبک قرار گرفتند (۱۱). در مجموع

فرآورده‌های چند سازه سبک سازی شده، بدون در نظر گرفتن انواع آن دارای مزایایی نظیر کاهش وزن فرآورده و در نتیجه کاهش مصرف مواد اولیه (چوب و چسب)؛ خواص کاربری راحت‌تر (مانند برشکاری و...؛ سهولت جابجایی و کاهش هزینه‌های حمل و نقل و جبران بخشی از کمبود چوب می‌باشد (۲۵، ۲۴). در میان انواع روش‌ها و فرآورده‌های مختلف که منجر به کاهش وزن محصولات شده اند، استفاده از پلی‌استایرن به دلایل زیر قابل توجه است (۷، ۱۳):

- قیمت مناسب تر و کاربری راحت تر
 - قابلیت تولید با تکنولوژی‌های موجود تولید
 - قابلیت استفاده از ضایعات پلی‌استایرن
 - همگنی بیشتر در پروفیل ضخامت فرآورده
 - اتصال مقاومتر لایه سطحی و میانی
 - جدیدترین فرآورده مهندسی سبک شده چوب
- از خواص مهمی که برای این نوع از فرآورده‌ها مدنظر قرار گرفته است، رفتار آنها در برابر الکتریسیته و خواص آکوستیکی می‌باشد. میزان مقاومت الکتریکی و رفتار آکوستیکی یک فرآورده چندسازه تحت تأثیر مولفه‌هایی نظیر مواد تشکیل دهنده آن می‌باشند (۳، ۲۷). مقاومت الکتریکی چوب و فرآورده‌های آن به نحوی است که از آن برای کاربردهای عایق الکتریسیته استفاده می‌گردد. در

رطوبت‌های کمتر از ۷ درصد چوب و فراورده‌های آن بدلیل مقاومت الکتریکی بالا نارسا می‌شوند (۱۶). چوب و فراورده‌های آن همچنین می‌توانند بخشی از انرژی صوتی را جذب نموده و شدت صوت را کاهش دهند. چوبهای سبک و فراورده‌های چندسازه سبک را بر همین اساس، فراورده‌های عایق می‌نامند. هر چه تخلخل بیشتر و وزن مخصوص کمتر باشد، جذب صوت چوب و فراورده‌های آن بیشتر بوده و خاصیت آکوستیکی بهتری دارد (۲۳). در تحقیقات مختلف اثر پلی‌استایرن بر خواص مکانیکی و فیزیکی فراورده‌های چندسازه چوب مدنظر قرار گرفته است. شالبافان و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی نشان دادند سبک سازی فراورده چندسازه با پلی‌استایرن منجر به کاهش مقاومت‌های مکانیکی می‌گردد. نتایج تحقیق نشان دادند سبک سازی بر برخی از خواص فیزیکی نظیر کاهش جذب آب محصول اثر مثبت دارد (۲۱). میر و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی نشان دادند استفاده از رزین اصلاح شده ملامین- اوره فرمالدهید نسبت به رزین اوره فرمالدهید منجر به بهبود مقاومت‌های مکانیکی فراورده سبک سازی شده با گرانول پلی‌استایرن می‌گردد (۱۴). در تحقیقات مختلف بررسی رفتار الکتریکی و خواص آکوستیکی کمتر مورد توجه بوده است و گزارشات علمی کمی در اختیار می‌باشد. در این تحقیق رفتار الکتریکی و خواص آکوستیکی فراورده چندسازه سبک شده با گرانول پلی‌استایرن نسبت به نمونه‌های شاهد مورد بررسی قرار گرفته است.

صنعت چوب شمال و گرانول پلی‌استایرن^۱ با قطر ۲-۳ mm از شرکت پتروشیمی بانیار استفاده شد. برای ساخت نمونه‌های آزمونی ابتدا ۱۲ تیمار بر اساس سه سطح ۱، ۳ و ۵ درصد اختلاط وزنی پلی‌استایرن به ذرات چوب، دو سطح ۱۰ و ۱۲ درصد مصرف چسب و دو سطح به ترتیب ۳۰/۷۰ و ۴۰/۶۰ نسبت اختلاط لایه میانی به سطحی نمونه‌ها مدنظر قرار گرفت. محدوده نسبت‌ها توسط پیش تست تعیین شد. سپس از میان تیمارها، بهینه‌ترین تیمار بر اساس نتایج حاصل از خواص مکانیکی شامل بهترین مقاومت خمشی در برابر فشار عمود بر سطح و خواص فیزیکی شامل بهترین مقاومت به جذب آب و پایداری ابعاد برای بررسی رفتار الکتریکی و خواص آکوستیکی انتخاب گردید. جهت بررسی اثرگذاری سبک سازی با پلی‌استایرن در ساخت نمونه آزمونی، نسبت به تهیه نمونه‌های شاهد با دانسیته 0.7 gr/cm^3 (شاهد ۱) و 0.5 gr/cm^3 (شاهد ۲) اقدام شد. دانسیته نمونه اول بدلیل مقایسه نمونه آزمون با فراورده چندسازه منطبق بر استاندارد EN 312 و دانسیته دوم بدلیل مقایسه نمونه آزمون با فراورده چندسازه دارای دانسیته مشابه بدون گرانول پلی‌استایرن مدنظر قرار گرفت. جهت ایجاد قابلیت مقایسه، مولفه‌های پرس برای آزمون یکسان در نظر گرفته شد. برای هر نمونه ۳ تکرار در نظر گرفته شد (دما: ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد؛ فشار ویژه: 30 kgf/cm^2 ; زمان: ۶ دقیقه). ذرات پس از توزین، توسط چسب زن آزمایشگاهی به نسبت مشخص شده در تیمار چسب زنی شدند. پس از چسب زنی ذرات در قالب چوبی به ابعاد $60 \times 60 \text{ cm}^2$ فرم دهی شده و پس از فشردن سازی در پرس قرار گرفتند. در نهایت فراورده‌های تولید شده جهت همسان سازی اولیه در شرایط کلبماتیزه (دمای

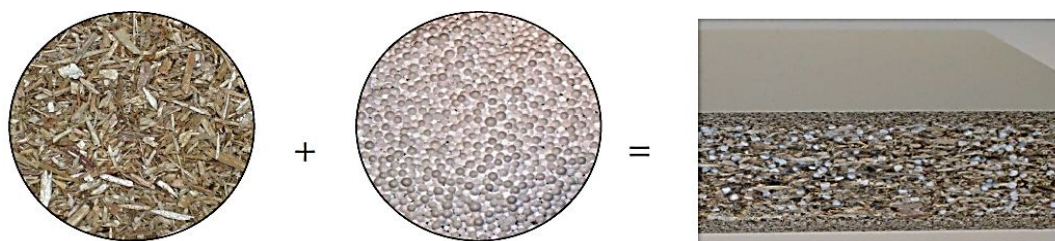
رطوبت‌های کمتر از ۷ درصد چوب و فراورده‌های آن بدلیل مقاومت الکتریکی بالا نارسا می‌شوند (۱۶). چوب و فراورده‌های آن همچنین می‌توانند بخشی از انرژی صوتی را جذب نموده و شدت صوت را کاهش دهند. چوبهای سبک و فراورده‌های چندسازه سبک را بر همین اساس، فراورده‌های عایق می‌نامند. هر چه تخلخل بیشتر و وزن مخصوص کمتر باشد، جذب صوت چوب و فراورده‌های آن بیشتر بوده و خاصیت آکوستیکی بهتری دارد (۲۳). در تحقیقات مختلف اثر پلی‌استایرن بر خواص مکانیکی و فیزیکی فراورده‌های چندسازه چوب مدنظر قرار گرفته است. شالبافان و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی نشان دادند سبک سازی فراورده چندسازه با پلی‌استایرن منجر به کاهش مقاومت‌های مکانیکی می‌گردد. نتایج تحقیق نشان دادند سبک سازی بر برخی از خواص فیزیکی نظیر کاهش جذب آب محصول اثر مثبت دارد (۲۱). میر و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی نشان دادند استفاده از رزین اصلاح شده ملامین- اوره فرمالدهید نسبت به رزین اوره فرمالدهید منجر به بهبود مقاومت‌های مکانیکی فراورده سبک سازی شده با گرانول پلی‌استایرن می‌گردد (۱۴). در تحقیقات مختلف بررسی رفتار الکتریکی و خواص آکوستیکی کمتر مورد توجه بوده است و گزارشات علمی کمی در اختیار می‌باشد. در این تحقیق رفتار الکتریکی و خواص آکوستیکی فراورده چندسازه سبک شده با گرانول پلی‌استایرن نسبت به نمونه‌های شاهد مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد: برای انجام این تحقیق از سه نوع ماده اولیه اصلی شامل رزین اوره فرمالدهید از شرکت چسب سامد؛ ذرات چوب حاصل از فرایند صنعتی شرکت

1- Polystyrene granoula

۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد) قرار گرفتند که در این شرایط رطوبت تعادل نمونه‌ها به ۷ درصد رسید (شکل ۱). سپس تخته‌ها مطابق استاندارد برش خوردند.



شکل ۱- فرآورده چندسازه سبک سازی شده با گرانول پلی‌استایرن.

Figure 1. Light weight wood-based panel manufactured with Polystyrene granules.

می‌باشند (۱۵). لذا آزمون در شرایط کاملاً آزمایشگاهی صورت پذیرفت. مقاومت ویژه از اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی مواد بدست می‌آید (رابطه ۱):

$$\rho = R(A/L) \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$R = \text{مقاومت الکتریکی } (\Omega)$$

$$L = \text{طول ماده (m)}$$

$$A = \text{مساحت سطح ماده (m}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{مقاومت الکتریکی (m}^2\text{)}$$

زمان اتصال ولتاژ در آزمون تا ۳ دقیقه مدنظر قرار گرفت. دلیل این مسئله ایجاد زمان مناسب برای انتقال کامل و به حداکثر رسیدن سطح رسانایی ماده می‌باشد. تمام نمونه‌ها در هنگام شروع آزمایش، در ظرفی محتوی آب قرار گرفتند. نمونه‌ها در محیط آزمایشگاه قرار داده شدند تا آب اضافی آنها خارج و سطح آنها خیس نباشد. هدف از این اقدام رساندن و حفظ رطوبت نمونه‌ها به رطوبت نقطه اشباع (۲±۲۸ درصد) بوده است. مقاومت الکتریکی هر نمونه به طور جداگانه، در دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. برای انجام آزمون دو سوراخ به قطر ۶ میلی‌متر و عمق ۵-۶ میلی‌متر از سطح و به فاصله ۲۵ میلی‌متر از یکدیگر جهت قرار دادن الکترودهای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی و یک سوراخ در سطح جانبی

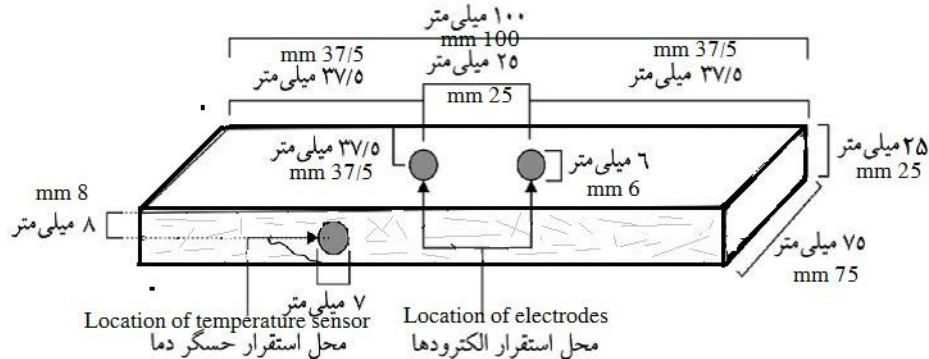
ابعاد نمونه‌های آزمون مقاومت الکتریکی ۲/۵×۷/۵×۱۰ cm³ و برای آزمون آکوستیکی ۲/۵×۳۰/۵×۳۰/۵ cm³ در نظر گرفته شد. نمونه‌های آزمون آکوستیک در حین آزمون جهت جایگذاری در لوله امواج ساکن مدل ۲۵۰ به دایره‌هایی با قطر ۱۰ و ۲/۵ سانتی‌متر برش خوردند.

روش‌ها

الف) آزمون مقاومت الکتریکی: برای این آزمون از استاندارد IEC 60093.ASTM D257 استفاده شد. جهت انجام آزمون از دستگاه هدایت سنج الکتریکی چهار نقطه‌ای مدل Four point probe – EC meter jandel- مستقر در آزمایشگاه مرکز تحقیقات راه؛ مسکن و شهرسازی و با استفاده از تکنیک چهار پروب برای اندازه‌گیری مقاومت سطحی نمونه‌ها با ولتاژ ۰ تا ۴۰ ولت، دامنه جریان ۱۰ نانو آمپر تا ۹۹/۹۹۹ میلی آمپر و دامنه اندازه‌گیری ۱ تا ۶ اهم با دقت ۰/۰۱ درصد مورد استفاده قرار گرفت. مقاومت‌های کاربردی نمونه‌ها توسط یک القاء کننده سری الکتریسیته و یک ظرفیت خازنی موازی کوچک اندازه‌گیری شد. القای ناخواسته، نویز بیش از حد و ضریب دمایی، بسیار بر نتایج حاصله موثر

نمونه‌ها تعبیه شد. در انتها دو سر تمامی نمونه‌های آزمونی با پارافین آغشته و توزین شدند (شکل ۲).

نمونه‌ها به قطر ۷ میلی‌متر و عمق ۳۷/۵ میلی‌متر به‌منظور استقرار حسگر اندازه‌گیری دمای داخلی



شکل ۲- تصویر شماتیک استقرار حسگرهای الکتریکی و دما.

Figure 2. Schematic image of the position of electrical and temperature sensors.

C استفاده شد. مجموعه لوله امواج ساکن با اتصال به سیستم تجزیه و تحلیلگر دیجیتال و کامپیوتر، قابلیت اندازه‌گیری مقدار ضریب جذب، ضریب بازتاب و ضریب عبور صدا و آمپدانس آکوستیکی و همچنین افت صوتی مواد مختلف را در گستره بسامدی از ۵۰ تا ۶۳۰۰ Hz را بوجود می‌آورد (شکل ۳).

این دستگاه امکان اندازه‌گیری طیف جامعی از پارامترهای مورد استفاده برای تحلیل صدا و همچنین امکان ارزیابی نویزهای محیطی برای فرآورده‌های چندسازه چوب را فراهم می‌آورد. همچنین امکان اندازه‌گیری صدا توسط روش تحریک ضربه^۵ فراهم شد. در این روش ضریب جذب صوت نمونه‌ها با استفاده از لوله‌های امواج ساکن تعیین گردید. این لوله‌ها دارای طول حدود ۲۵-۳۵ سانتی‌گراد و قطر ۲/۵ تا ۱۵ سانتی‌گراد می‌باشند.

الکترودهای فولادی جهت اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی در داخل سوراخ‌های تعبیه شده قرار گرفتند. کابل‌های پوشش‌دار متصل به حسگرهای دما از نوع DZ-35-LM با توانایی اندازه‌گیری دما در دامنه ۵۵- تا ۱۵۰+ درجه سانتی‌گراد در سوراخ‌های تعبیه شده مستقر شدند. به‌منظور جلوگیری از عدم تبادل حرارتی بین محیط داخل حفره اندازه‌گیری و دمای هوای داخل محفظه، اطراف کابل متصل به حسگر در ورودی حفره، با چسب سیلیکون شفاف پوشانده شد.

ب) آزمون خواص آکوستیکی: این آزمون که بر اساس میزان جذب صوت در نمونه آزمونی سنجیده می‌شود نشانگر خواص جذب صوت ماده می‌باشد. آزمایشات مربوط به ضریب جذب صوتی (NRC)^۱ بر اساس استاندارد C 384-58 ASTM در مرکز تحقیقات راه؛ مسکن و شهرسازی ایران صورت پذیرفت. برای این آزمون از ترازسنج صدا مدل ۲۲۵۰^۲ با پالس^۳ ۳۵۶۰ C و قدرت آمپلی فایر^۴ ۲۷۱۶

4- Power Amplifier Type
5- Impulsive method

1- Noise Reduction Coefficient
2- Hand-held Analyzer Type 2250
3- Pulse Type



شکل ۳- تراز سنج صدا مدل ۲۲۵۰ و نمونه‌های آزمون.

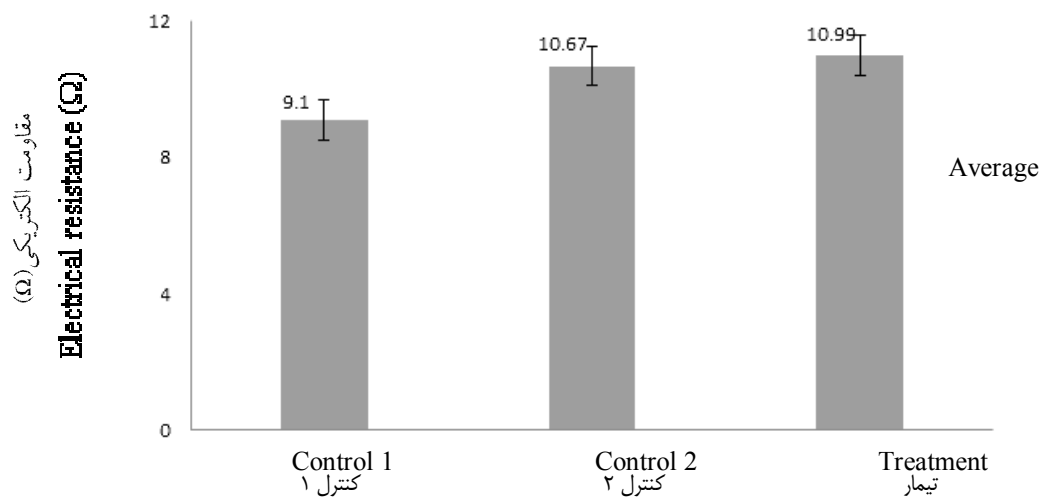
Figure 3. Sound Balance Model 2250 and test samples.

جدول ۱- مقاومت الکتریکی نمونه‌ها (MΩ).

Table 1. Electrical resistance of samples.

شاهد ۱*	شاهد ۲*	تیمار	تکرار
Control 1	Control 2	treatment	Repeat
8.95	10.55	11.12	1
9.20	10.92	11.02	2
9.03	10.58	11.02	3
9.14	10.70	10.91	4
9.20	10.62	10.87	5
9.10	10.67	10.99	میانگین

* شاهد ۱ با دانسیته ۰/۷ gr/cm³ و شاهد ۲ با دانسیته ۰/۵ gr/cm³



شکل ۴- مقاومت الکتریکی نمونه‌ها در سطوح ثابت دما و رطوبت.

Figure 4. Electrical resistance of samples at constant levels of temperature and humidity.

فراورده‌های آن به شدت کاسته شده و رسانا می‌شود (۲۲). برای پی بردن به دلیل رسانش می‌توان ساختمان فراورده چوبی را مورد توجه قرار داد. این فراورده‌ها دارای مقداری رطوبت می‌باشند که در فضای سلولی چوب قرار دارد. همچنین ساختار چوب دارای مقداری الکترون آزاد (باردار) نیز می‌باشد (۲۲). در یک رطوبت یکسان برای چوب و فراورده‌های آن، عواملی نظیر نوع مواد تشکیل دهنده به‌عنوان عوامل اصلی انتقال الکتریکی بشمار می‌آیند. با توجه به اینکه رسانایی چوب بیشتر از هوا می‌باشد، لذا در فراورده‌های چندسازه چوب که متشکل از ذرات ناپیوسته چوب است، با افزایش دانسیته به رسانایی چوب افزوده می‌گردد (۹). تخته‌خرده چوب به‌طورکلی یک عایق الکتریسیته است و در صورت خشک بودن میزان رسانایی الکتریکی آن بسیار کاهش می‌یابد. هرچند میزان فضای آزاد موجود در تخته‌خرده چوب و موادی با خاصیت ذاتی عایق (نظیر پلی‌استایرن) یا مواد افزودنی مختلف که در ساخت آن استفاده می‌گردند می‌توانند بر خاصیت رسانایی الکتریکی این فراورده موثر باشند (۲۶). پلی‌استایرن یک عایق قوی الکتریسیته محسوب می‌گردد (۱، ۲۱). وجود گرانول پلی‌استایرن در نمونه‌های آزمون علاوه بر اینکه خود بعنوان یک عایق قوی عمل می‌نماید، منجر به افزایش مقاومت الکتریکی نمونه تیمار شده است. به نظر می‌رسد ساختار آروماتیک پلی‌استایرن منجر به افزایش خواص مقاومت الکتریکی آن شده است؛ لذا بخشی از بهبود خواص الکتریکی فراورده چندسازه سبک شده با پلی‌استایرن به رفتار این ماده در برابر الکتریسیته باز می‌گردد.

ب) نتایج آزمون آکوستیک

فشرده‌گی فراورده‌های چندسازه چوب بر میزان انتشار صوت اثرگذار است؛ به نحوی که مطابق

برای این آزمون نمونه‌ها در دو قطر ۲۵ و ۱۰۰ میلی‌متر برش داده شدند. برای هر آزمون ۵ نمونه تهیه شد.

نتایج و بحث

الف) نتایج آزمون مقاومت الکتریکی: مقادیر ضرایب بدست آمده در جدول ذیل نشان داده شده است (جدول ۱ و شکل ۴).

نتایج آزمون نشان دادند، بین نمونه تیمار با نمونه شاهد ۲ از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید؛ همچنین بین نمونه‌های دارای دانسیته حدود 0.7 gr/cm^3 با نمونه دارای دانسیته 0.5 gr/cm^3 تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۹۵ درصد وجود نداشت. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، نمونه تخته‌خرده چوب با وزن مخصوص بیشتر دارای مقاومت الکتریکی کمتری در دما و رطوبت ثابت می‌باشد. همچنین وجود گرانول‌های پلی‌استایرن در پروفیل نمونه تیمار به دلیل خاصیت بالای عایق این ماده احتمالاً توانسته است مقاومت الکتریکی نمونه را تا حدودی نسبت به نمونه شاهد ۲ افزایش دهد. در تحلیل این رفتار باید گفت رسانایی الکتریکی به مفهوم اندازه‌گیری قابلیت هدایت جریان الکتریکی در یک ماده می‌باشد (۲). مقاومت و رسانایی الکتریکی خصوصیت ذاتی مواد است که میزان مقاومت آنان نسبت به جریان الکتریکی را نمایش می‌دهد (۱۶). چوب و فراورده‌های آن در حالت خشک ماده‌ای عایق و با مقاومت الکتریکی بالا می‌باشند، به نحوی که قابلیت رسانائی در آن وجود ندارد. با افزایش رطوبت رسانائی چوب و فراورده‌های آن بیشتر شده؛ لذا میزان رسانایی فراورده‌های چوبی به‌صورت مستقیم تحت تاثیر رطوبت آن می‌باشد (۲۲). این در حالی است که در رطوبت نقطه اشباع مقاومت الکتریکی چوب و

فراورده‌های چوبی سبک، فراورده‌های عایق نیز گفته می‌شود. تحقیقات نشان داده است خواص عایق تخته خرده چوب با افزایش ضخامت و کاهش رطوبت فراورده افزایش می‌یابد (۴). نتایج ضریب جذب صوت (NRC) این آزمون در جدول ۳ نشان داده شده است.

تحقیقات قبلی با افزایش فشردگی تخته، میزان جذب صوت کاهش می‌یابد (۹، ۱۸). فراورده‌های چندسازه چوب در صنایع ساختمان به‌عنوان عایق و جاذب صوت شناخته شده و بکار گرفته می‌شوند (۱۷). مولفه‌های تکنولوژیکی مختلفی بر خواص آکوستیکی تخته خرده چوب تأثیر داشته که از این میان دانسیته دارای بیشترین اثر می‌باشد؛ به نحوی که به

جدول ۲- نتایج آزمون آکوستیک در لوله امواج ساکن.

Table 2. Acoustic test results in stationary wave tube.

نسبت آمپدانس تیمار (اهم) Amplitude ratio of treatment (Ω)	مقادیر ضریب عبور صوت عمود بر سطح Sound transmittance values perpendicular to the surface			بسامد مرکزی بندهای یک سوم در هرتر The central frequency is one-third in Hz
	تیمار treatment	شاهد ۲ Control2	شاهد ۱ Control1	
	50.57	0.02	0.05	
72.90	0.01	0.03	0.98	100
62.63	0.02	0.04	0.98	200
40.83	0.02	0.06	0.97	400
33.15	0.04	0.09	0.96	500
15.39	0.09	0.26	0.86	1000
10.81	0.1	0.32	0.82	2000
9.83	0.1	0.33	0.82	4000
9.47	0.11	0.34	0.81	5000
8.47	0.12	0.37	0.79	6300

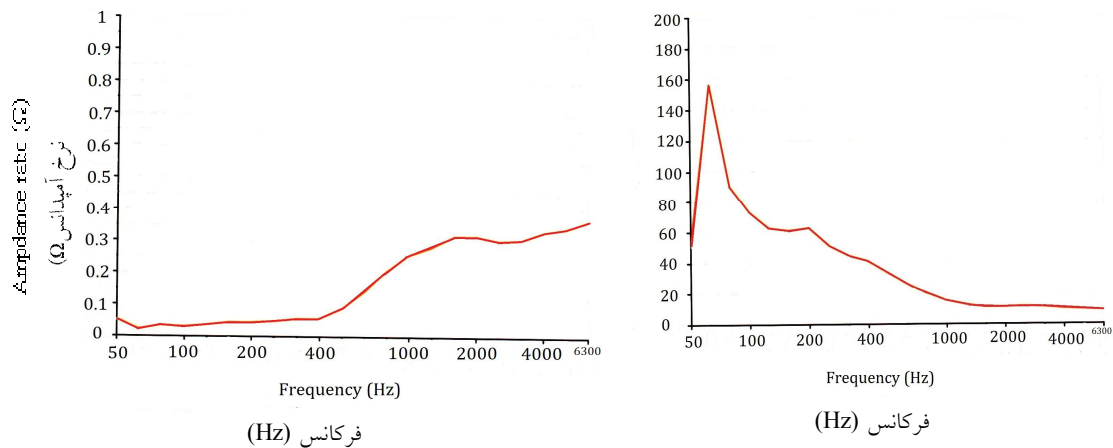
۶۳۰۰ Hz که بیشترین فرکانس بکار رفته می‌باشد میزان عبور صوت در نمونه دارای ۳ درصد گرانول پلی‌استایرن به ۰/۱۲ Hz رسیده است (شکل ۵).

با توجه به نتایج حاصل ضریب جذب صوت در فرکانس‌های مختلف، اختلاف مشاهده شده را می‌توان ابتدا به ساختار نمونه‌ها و پس از آن به طول و انرژی متفاوت موج نسبت داد. به نحوی که با افزایش طول موج، تناسب لایه‌ها نیز در میزان جذب صوت معنی‌دار گردید. نسبت آمپدانس در شکل ۵ برای نمونه تیمار نشانگر مقاومت نمونه در برابر جریان آکوستیک و کاهش نسبت آن می‌باشد. دانسیته و نوع مواد بکار رفته در ترکیب نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری بر جذب صوت تخته‌ها داشتند که علت آن رابطه میزان

در رابطه با ضریب عبور صوت در فرکانس ۵۰ Hz که کمترین فرکانس بکار رفته می‌باشد نتایج نشان دادند کمترین میزان عبور صوت مربوط به تخته با ۳ درصد پلی‌استایرن می‌باشد. بر اساس نتایج میزان عبور صوت در نمونه دارای ۳٪ پلی‌استایرن ۰/۰۲ Hz ثبت شد. در فرکانس ۱۰۰۰ Hz به نظر می‌رسد میزان ضریب عبور صوت در نمونه آزمون افزایش می‌یابد. این افزایش از فرکانس بعد از ۵۰۰ Hz شروع و در ۱۰۰۰ Hz به ثبات تقریبی می‌رسد. در ۲۰۰۰ Hz افزایش ضریب عبور صوت رشد چندانی نداشته و در نمونه دارای ۳ درصد گرانول پلی‌استایرن ۰/۱ Hz ثبت شد. در فرکانس ۴۰۰۰ Hz نیز میزان عبور صوت همچنان در محدوده ۲۰۰۰ Hz قرار دارد. در فرکانس

کمتری از آن عبور می‌نمایند (۶). در فرکانس‌های بالاتر تخته‌های دارای پلی استایرن میزان جذب صوت بیشتری دارند که می‌توان آن را به دلیل بالا رفتن میزان انرژی امواج و افزایش قدرت نفوذ آنها و افزایش نسبت پلی استایرن به ذرات چوب دانست. تحقیقات در مورد نوع تناسب لایه‌ها در تخته خرده چوب نشان می‌دهد تخته‌های لایه ای نسبت به نوع همسان در دانسیته‌های پایین، افزایش ضریب جذب و در دانسیته‌های بالا، کاهش ضریب جذب دارند (۸).

خلل و فرج و میزان تراکم ماده و به‌عبارت دیگر مقدار درصد مواد جذب کننده موجود در یک حجم مشخص ماده با ضریب جذب صوت متفاوت می‌باشد (۲۳). با افزایش نسبت پلی استایرن میزان جذب در نمونه‌ها بیشتر شد که علت آن کاهش 0.2 gr/cm^3 دانسیته نمونه تیمار نسبت به نمونه‌های آزمونی استاندارد می‌باشد. همچنین در این نمونه‌ها میزان انرژی جذب شده نیز بیشتر شد. در نمونه‌های شاهد به دلیل خلل و فرج بیشتر در ساختار تخته، امواج با سطوح فرکانس پایین، قدرت نفوذ کم و مقدار انرژی



شکل ۵- عبور صوت عمودی (راست) و نرخ آمپدانس (چپ) نمونه تیمار.
Figure 5. Vertical sound passage (R) and ampdance ratio (L) of treatment sample.

به صورت مستقیم اثرگذار بوده است. نتایج حاصل نشان دادند از تخته‌های سبک شده با گرانول پلی استایرن می‌توان در مواردی که نیاز بیشتر به افزایش مقاومت الکتریکی و افزایش خاصیت عایق صوت می‌باشد با در نظر گرفتن میزان بار مکانیکی مجاز قابل تحمل توسط تخته‌ها، به‌صورت موثر استفاده نمود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از مرکز تحقیقات مسکن و شهرسازی ایران جهت انجام آزمون تشکر نمایند.

نتیجه گیری کلی

نتایج آزمون‌ها نشان دادند با کاهش دانسیته مقاومت الکتریکی نمونه‌های آزمونی و قابلیت جذب صوت نمونه‌ها بهبود یافته است. در یک دانسیته مشخص، افزودن گرانول پلی استایرن منجر به بهبود مقاومت الکتریکی و خواص آکوستیک شده است. وجود گرانول پلی استایرن در نمونه‌های آزمون علاوه بر اینکه خود بعنوان یک عامل عایق قوی عمل می‌نماید با اثرگذاری بر رفتار جذب آب نمونه‌ها احتمالاً منجر به افزایش مقاومت الکتریکی آنها شده است. گرانول پلی استایرن بر خواص آکوستیک نمونه‌ها نیز

منابع

1. Ajayi, A., and Gasu, M. 2014. The Use of Polyvinylchloride (PVC) Claddings and Polystyrene Wall Panels as Alternative Building Materials to Wood: A Strategy to Combat Climate Change. *Can. Soc. Sci. J.* 10: 1. 186-193.
2. Aman, I., Sadiyo, S., Nugroho, N., Cabuy, R., Afif, A. 2011. Electrical Properties of Indonesian Hardwood. *Inter. J. Basic Appl. Sci.* 11: 161-166.
3. Bucur, V., and Kazemi-Najafi, S. 2011. Delamination Detection in Wood – Based Composites Panel Products Using Ultrasonic Techniques. *Handbook of Wood Products and Wood-Based Composites*. DOI 10.1007/978-90-481-9550-3_16. Springer Science+Business Media.307-351.
4. Cabeza, L., Castell, A., Medrano, M., Martorell, I., Perez, G., and Fernandez, I. 2010. Experimental study on the performance of insulation materials in Mediterranean Construction. *Ener. Build. J.* 42: 3. 630–636.
5. Cabo, F., Majano, A., Ageo, L., and Nieto, M. 2011. Development of a novel façade sandwich panel with low-density wood fibres core and wood-based panels as faces. *Wood Prod. J.* 69: 459-470.
6. Cameron, C., Wennhage, P., Göransson, P., and Rahmqvist, S. 2008. Structural – acoustic design of a multi-functional sandwich body panel for automotive applications. 8th International Conference on Sandwich Structures ICSS 8, portghal. Pp: 896-907.
7. Chedeville, C., and Diederichs, S. 2015. Potential environmental benefits of ultra-light particleboards with biobased foam cores“, *International journal of polymer science*, Vol. ID. 383279. 1-14.
8. Hilbers, U., Neuenschwander, J., Hasener, J., Sanabria, S., Niemz, P., and Thoemen, H. 2012. Observation of interference effects in air-coupled ultrasonic inspection of wood-based panels. *Wood Sci. Technol. J.* 46: 979-990.
9. Hilbers, U. Thoemen, H., Hasener, J., and Fruehwald, A. 2012. Effects of panel density and particle type on the ultrasonic transmission through wood-based panels. *Wood Sci. Technol. J.* 46: 685-698.
10. Hosseini, M., and Fadaei, M. 2016. Description of process and technology wood based panels. *Jahad e Daneshgahi. Press*, 415p. (In Persian)
11. Hosseini, M., Khazaeian, A., Tabarsa, T., and Thoemen, H. 2017. Investigation of formaldehyde emission from light-weighted multi-structure wood products with polystyrene granule. *Pharmacophore Inter. J.* ISSN: 2229-5402.
12. Jakes, J. 2016. Recent Advances in Forest Products Research and Development. *The Minerals, Metals & Materials Society journal*. Vol. 68. DOI: 10.1007 / s11837-016-2058-z.
13. Knauf, M. 2015. Understanding the consumer: Multi-modal market research on consumer attitudes in Germany towards lightweight furniture and lightweight materials in furniture design, *Wood Prod. J.* 73: 259-270.
14. Mir, S., Farokhpayam, S., and Nazerian, M. 2013. Effect of urea formaldehyde adhesive ratio on melamine substrate on the properties of sandwich panels Expanded polystyrene. *Iran Wood Paper Sci. J.* 29: 648-657.
15. Nilsson, J., Johansson, J., and Sandberg, D. 2013. A new light weight panel for interior joinery and furniture. 9th Meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE), Hannover, Germany. Pp: 184-189.
16. Quesada-Pineda, H., Wiedenbeck, J., and Bond, B. 2016. Analysis of electricity consumption: a study in the wood products industry. *Ener. Efficiency J.* 9: 1193-1206.
17. Rehman, H. 2017. Experimental performance evaluation of solid concrete and dry insulation materials for passive buildings in hot and humid climatic Conditions. *Appl. Ener. J.* 185: 1585-1594.
18. Setunge, S., and Gamage, N. 2016. Application of Acoustic Materials in Civil Engineering. *Science and Business Media Singapore*. DOI 10.1007/978-981-10-1476-5-8.

19. Shalbafan, A., Tackmann, O., and Welling, J. 2016. Using of expandable fillers to produce low density particleboard. *Wood Prod. J.* 74: 15-22.
20. Shalbafan, A. 2013. Investigation of Foam Materials to be Used in Lightweight Wood-Based Composites. University of Hamburg. Department of Faculty of Mathematics, Informatics and Natural Sciences.
21. Shalbafan, A., and Rheme, M.H. 2017. Ultra-light particleboard: characterization of foam core layer by digital image correlation. *Wood Prod. J.* 75: 43-53.
22. Simons, P., Spiro, M., and Levy, J. 1998. Electrical properties of wood Determination of ionic transference numbers and electroosmotic water flow in *Pinussylvestris*. *J. Chem. Soc. Faraday atransactions.* 2: 21-29.
23. Taghiyari, H., Taheri, A., and Omrani, P. 2015. Correlation between acoustic and physical-mechanical properties of insulating composite boards made from sunflower stalk and wood chips. *Wood Prod. J.* DOI 10.1007/s00107-016-1101-7.
24. Thomen, H., and Luedtke, J. 2007. Light Weight Panels: Summary of a New Development", *Forest Products and Environment -A Productive Symbiosis in Europe.* 29 oct.– 2 nov.
25. Thomen, H. 2015. The development of a bio-based ultra-light particleboard core. BCIC conference. London.
26. Valverde, I., Castilla, L., Nunez, D., Senn, E., and Ferreira, R. 2013. Development of New Insulation Panels Based on Textile Recycled Fibers. *Waste Biom. Valor J.* 4: 139-146.
27. Zhang, Y., Zong, Zh., Liu, Q., Ma, J., Wu, Y., and Li, Q. 2017. Static and dynamic crushing responses of CFRP sandwich panels filled with different reinforced materials. *Mater. Design J.* 117: 396-408.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 26 (2), 2019

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2019.15607.1767

Study of electrical and acoustic properties of lightweight wood-based panel products with polystyrene granules

S.M. Hosseini¹, *A. Khazaeian² and T. Tabarsa³

¹Ph.D. Student of Wood Composite Products, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Prof., Dept. of Wood Technology and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Professor, Dept. of Wood Technology and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 09.13.2018; Accepted: 04.14.2019

Abstract

Background and Objectives: One of the main concerns of wood industry is the supply of wooden raw material. So it is important to attention the solving existing concerns in different ways, such as reducing wood consumption in the production of wooden products. Application of lightweight composite products using polystyrene is considered as a solution to reduce the consumption of raw materials. Important properties considered for these types of products include their behaviors against electricity and acoustical properties. This study aims to evaluate the dielectric and acoustic behaviors of the composite studied herein.

Materials and Methods: In order to construct test samples, the most optimum treatment was selected from the treatments based on mechanical strength and physical properties to examine the electrical behavior and acoustic properties. To prepare lightweight test samples polystyrene, control samples were made at a density of 0.7 g/cm³ (C1) and 0.5 g/cm³ (C2). The first density of control sample was chosen to compare the test specimen with a standard composite and the second density of control sample was selected to compare the test sample with a composite product of similar density without polystyrene granules.

Results: The results of electrical resistance test showed no significant differences between the lightweight test sample and C2 with a density of 0.5 g/cm³ due to their density equivalence. Furthermore, electrical resistance was not significantly different between specimens with a density of 0.5 g/cm³ and heavier specimens with a density of 0.7 g/cm³. The results indicated that the specific gravity of the samples indirectly affected the electric resistance of the samples. At a certain density, the addition of polystyrene granules resulted in improved electrical resistance and acoustic properties of the samples.

Conclusion: The results of the tests showed that decreasing density of the samples resulted in increased electrical resistance and improved sound absorption of the samples. The presence of polystyrene granules in test samples, in addition to acting as a strong insulator, affects the behavior of the samples possibly leading to an increase in their electrical resistance. Polystyrene granules have directly affected the acoustic properties of the samples. The results showed that lightweight boards using granular polystyrene can be used effectively in cases where there is a need for increased electrical resistance and improved sound insulation property, taking into account the allowable mechanical load tolerance by the boards.

Keywords: Acoustic, Electrical resistance, Lightweight, Polystyrene, Wood-based panel

*Corresponding outhor: khazaeian@gau.ac.ir