الیاف

خصوصیات جذب صوت پنل‌های آکوستیکی ساخته شده از ضایعات ابریشم

زهرا مشتاقیان، پرهام سلطانی

چکیده

در سال‌های اخیر، افزایش آگاهی از مسائل زیست‌محیطی و وضع قوانین سختگیرانه، محققان و تولیدکنندگان را به سمت استفاده از جاذب‌های صوتی طبیعی سازگار با محیط زیست، پایدار و نسبتا ارزان، برانگیخته است. یک رویکرد در این راستا، استفاده از الیاف ضایعاتی بر ای کاربردهای بالقوه در جذب صوت است.

این مطالعه به بررسی رفتار آکوستیک پنل‌های ساخت ه شده از ضایعات الیاف ابریشم می‌پردازد. به این منظور الیاف ضایعات ابریشم جمع‌آو ری و به عنوان یک ماده سازگار با محیط زیست برای ساخت پنل‌های الیافی با چگالی‌ها (3kg/m 50-250) و ضخامت‌های مختلف (mm 5 -25) استفاده شد. مشخص گردید جذب صوت در پنل‌های مورد بررسی از نوع مقاومت ویسکوزیته است. با افزایش ضخامت، جذب صوت در فرکانس‌های پایین و متوسط افزایش یافت، درحالی‌که در فرکانس‌های بالا افزایش ضخامت تا ۱۵ میلیمتر باعث افزایش و پس از آن کاهش جذب صوت شد. همچنین مشخص شد که با افزایش چگالی ابتدا جذب صوت افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۱-مقدمه

در طول دو دهه اخیر، گسترش جوامع صنعتی مدرن باعث بروز مشکلات زیست‌محیطی متعددی شده است.

آلودگی صوتی یکی از مهمترین مشکلات دنیای معاصر است. طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت، آلودگی صوتی پس از آلودگی هوا دومین تهدید بزرگ زیست محیطی است که سلامت انسان را تحت تأثیر قرار می دهد.

قرار گرفتن درازمدت در معرض سطح بالای سر و صدای محیطی یکی از مهمترین علت ایجاد خطرات سلامتی از جمله کاهش شنوایی ناشی از سر و صدا، ناراحتی، وزوز کردن گوش، اختلالات خواب و حتی بیماری های قلبی و عروقی است.

در دهه‌های اخیر، بسیاری از محققان بر روی کاهش این نوع آلودگی تمرکز کرده اند. در این راستا روش‌های مختلفی برای کنترل یا به حداقل رساندن سطح آلودگی صوتی در محیط های داخلی و خارجی پیشنهاد شده است.

یکی از مهم‌ترین روش‌های کاهش آلودگی صوتی استفاده از جاذب‌های صوتی متخلخل است. در سال های اخیر، افزای ش روزافزون آگاهی زیست محیطی و اجرای قوانین و سیاست های سختگیرانه برای کنترل صدا، استفاده از جاذب‌های صوتی را در ساختمان ها ترویج کرده است.

مواد متخلخل الیافی به طور گسترده برای کاربردهای جذب صوت مورد

استفاده قرار می گیرند. این مواد بر اساس ماهیت الیاف در دو دسته مصنوعی و طبیعی دسته‌بندی می‌شوند.

در سال‌های اخیر تحقیقات ارزشمندی در زمینه استفاده از الیاف طبیعی انجام شده است. این مطالعات نشان‌دهنده رفتار جذب صوت مطلوب این الیاف در مقایسه با الیاف مصنوعی هستند.

همچنین استفاده از جاذب‌های صوتی ساخته شده از مواد زائد طبیعی و کشاورزی به عنوان جایگزین الیاف مصنوعی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. این مطالعات به ویژگی‌های نویدبخش جذب صوت این مواد پایدار

اشاره می‌کند.

ضایعات ابریشم یک محصول جانبی مهم در صنایع ابریشم به شمار می‌آید که در بسیاری از موارد امکان بازیافت آنها وجود ندارد. تاکنون خواص آکوستیک این ضایعات مورد بررسی قرار نگرفته است.

هدف از این مطالعه ساخت پنل‌های آکوستیکی از ضایعات الیاف ابریشم و بررسی تجربی رفتار آکوستیک آنها با استفاده از روش لوله امپدانس دومیکروفونه است.

۲ - تجربیات

۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

ابتدا الیاف ضایعاتی (با قطر متوسط ۱/۱۱ میکرومتر و طول متوسط۹/۱۵سانتیمتر) از صنایع ابریشم (در مرحله فرایند کاردینگ و لایه‌گذاری) جمع‌آوری شد. پلی‌وینیل‌الکل با غلظت ۳ درصد وزنی (نسبت به وزن محلول) به‌عنوان یک پلیمر غیرسمی، محلول در آب، زیست‌تخریب‌پذیر و دارای مقاومت شیمیایی و خواص مکانیکی مطلوب، به‌عنوان چسب برای اتصال الیاف استفاده شد.

برای ساخت پنل‌های آکوستیکی با چگالی(3kg/m 50-250) و ضخامت‌های (mm 5 -25) مختلف، مخلوط الیاف و محلول پلی‌وینیل‌الکل داخل دو قالب استوانه‌ای با قطر داخلی ۳۰ و ۱۰۰ میلیمتر قرار گرفتند و با استفاده از دستگاه پرس هیدرولیک تحت‌فشار ۲۰۰ بار به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند.

سپس نمونه‌های استوانه‌ای شکل تهیه شده در آون خشک شدند و برای بررسی خواص فیزیکی و صوتی مورد آزمایش قرار گرفتند. در مجموع ۹ نمونه تولید شد. جدول ۱ مشخصات پنل‌های تولیدی را نشان می‌دهد.

۲-۲ - اندازه‌گیری خصوصیت‌های نمونه‌ها

ضخامت نمونه‌ها با استفاده از ضخامت‌سنج دیجیتال مطابق با استاندارد ASTM D1037-99 اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری ضخامت برای هر نمونه در مکان‌های مختلف نمونه پنج بار تکرار

شد. جرم واحد سطح نمونه‌ها بر اساس ASTM D3776-07 با استفاده از ترازوی الکترونیکی اندازه‌گیری شد و سپس چگالی نمونه‌ها با تقسیم جرم واحد سطح بر ضخامت تعیین شد.

اندازه‌گیری برای هر نمونه حداقل سه بار تکرار شد. مقاومت در برابر جریان نمونه‌ها بر اساس استاندارد ISO 9053 اندازه‌گیری شد.

ضریب جذب صوت (SAC) نمونه‌ها بر اساس روش تابع انتقال مطابق استاندارد ISO 10534-2 با استفاده از لوله امپدانس دو میکروفونه تعیین شد. میانگین ضریب جذب صوت (SAA) نمونه‌ها نیز مطابق استاندارد ASTM C423-09A اندازه‌گیری شد.

به این منظور، میانگین ضرایب جذب در فرکانس‌های یکسوم اکتاو در محدوده فرکانس های ۲۰۰ تا ۲۵۰۰ هرتز محاسبه شد.

جدول ۱. خصوصیت‌های نمونه‌ها

نمونه	ضخامت (mm)	چگالی (kg/m^3)	مقاومت جریان ($Nm^{-4}s$)	میانگین ضریب جذب (SAA)
۱	۵	۲۰۰	۴۵۱۲۱	۰/۰۵۶
۲	۱۰	۲۰۰	۴۶۱۰۰	۰/۱۵۹
۳	۱۵	۲۰۰	۴۳۰۸۰	۰/۲۹۳
۴	۲۰	۲۰۰	۴۵۹۹۰	۰/۴۱۵
۵	۲۵	۲۰۰	۴۴۹۶۵	۰/۵۰۸
۶	۲۵	۲۵۰	۶۰۵۴۱	۰/۵۰۲
۷	۲۵	۱۵۰	۳۳۰۸۰	۰/۵۰۱
۸	۲۵	۱۰۰	۲۴۰۰۱	۰/۴۶۹
۹	۲۵	۵۰	۱۲۹۶۵	۰/۴۱۶

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17637776.40	4	4409444.100	1.389	.305
Within Groups	31756074.00	10	3175607.400		
Total	49393850.40	14			

شکل ۱. نتایج آماری تأثیر ضخامت بر مقاومت جریان

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4085365774	4	1021341443	278.097	.000
Within Groups	36726128.00	10	3672612.800		
Total	4122091902	14			

شکل ۲. نتایج آماری تأثیر چگالی بر مقاومت جریان

۳-بحث و نتایج

مقادیر مقاومت جریان و میانگین ضریب جذب صوت نمونه‌ها در جدول ۱ مشخص شده است.

مقاومت جریان یک ویژگی ذاتی ماده متخلخل بوده که وابسته به چگالی، آرایش‌یافتگی و قطر الیاف بوده و مستقل از نوع سیال و ضخامت ماده متخلخل است.

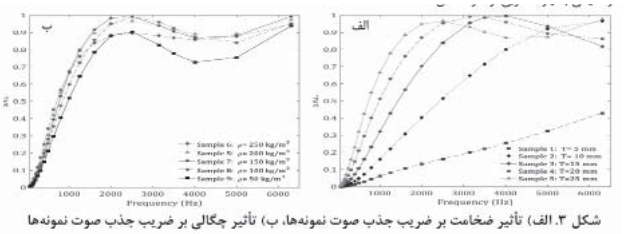
این پارامتر به‌عنوان مهم‌ترین عامل غیرآکوستیکی مؤثر بر خصوصیت‌های آکوستیکی مواد متخلخل شناخته می‌شود.

همانطور که انتظار می‌رود، با افزایش چگالی ، مقاومت جریان افزایش می‌یابد. زیرا با افزایش چگالی (کسری حجمی الیاف)، مقدار تخلخل سازه کاهش یافته و هوا از طریق کانالهای پر پیچ و خم‌تر جریان می‌یابد. از این رو مقاومت سازه الیافی در مقابل جریان افزایش می‌یابد .

نتایج نشان می‌دهد که افزایش ضخامت تأثیری بر روی مقاومت جریان ندارد. این نتایج بیانگر توزیع یکنواخت الیاف در ساختار سازه الیافی است.

نتایج آماری آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ نشان می‌دهد که چگالی دارای اثر معنادار بر مقاومت جریان است اما ضخامت دارای اثر معناداری بر مقاومت جریان نیست.

نمودار جذب صوت نمونه‌ها در شکل ۳ الف و ب نشان داده شده است. نتایج



شکل ۳. الف) تأثیر ضخامت بر ضریب جذب صوت نمونه‌ها، ب) تأثیر چگالی بر ضریب جذب صوت نمونه‌ها

جدول ۲. مقایسه میانگین ضریب جذب صوت نمونه‌ها با برخی مطالعات صورت گرفته بر روی الیاف طبیعی

ضخامت (mm)	چگالی (kg/m^3)	ماده متخلخل	میانگین ضریب جذب (SAA)	مرجع
۲۰	۲۰۰	ضایعات ابریشم	۰/۴۱۵	مطالعه حاضر
		ضایعات نیشکر	۰/۴۲۰	[۴]
		کنف	۰/۳۹۱	[۲]
		نخل خرما	۰/۳۷۰	[۶]
		یامبو	۰/۳۶۲	[۵]
۴۵	۱۵۰	ضایعات ابریشم	۰/۵۰۱	مطالعه حاضر
		ضایعات نیشکر	۰/۵۳۲	[۴]
		کرک	۰/۴۹۸	[۸]
۴۵	۲۰۰	ضایعات ابریشم	۰/۵۰۸	مطالعه حاضر
		ضایعات نیشکر	۰/۵۰۱	[۴]
		نارگیل	۰/۴۴۲	[۵]
		نخل خرما	۰/۴۲۰	[۹]

بیانگر خصوصیات آکوستیک بسیار مطلوب نمونه‌های تولیدی است.

مشاهده می‌شود که مکانیزم جذب در همه نمونه‌ها از نوع مقاومت ویسکوزیته است. در این مکانیزم، ضریب جذب در فرکانس‌های پایین ناچیز است و با افزایش فرکانس مقدار آن افزایش می‌یابد.

با توجه به شکل ۳ . الف، با افزایش ضخامت نمونه، جذب صوت در فرکانس‌های پایین و متوسط افزایش یافته و پیک جذب در فرکانس‌های پایین‌تر ظاهر می‌شود زیرا فرکانس‌های پایین دارای طول موج صوتی بالاتری هستند و بنابراین محیط متخلخل با ضخامت بالاتر جذب بهتری در این محدوده فرکانسی خواهد داشت.

با افزایش ضخامت نمونه، موج صوتی مسیر طولانی‌تری را طی می‌کند، از این رو انبساط و انقباض مولکول‌های هوا در جاذب افزایش یافته و در نتیجه اتلاف انرژی صوتی نیز افزایش می‌یابد .

این نتایج نشان می‌دهد که برای افزایش جذب صوت در فرکانس‌های پایین و متوسط، می‌بایست ضخامت پنل آکوستیکی افزایش یابد.

مشاهده می‌شود که افزایش ضخامت تا ۱۵ میلیمتر، باعث افزایش جذب در فرکانس‌های بالا (بیشتر از ۳۰۰۰ هرتز) می‌شود، درحالیکه افزایش بیشتر در ضخامت پنل باعث کاهش جذب صوت در محدوده فرکانس‌های بالا می شود.

شکل ۳. ب نشان‌دهنده تأثیر چگالی بر عملکرد جذب صوت نمونه‌ها است. مشاهده می‌شود که در تمامی نمونه‌ها با افزایش فرکانس ، ضریب جذب تا حد معینی افزایش می‌یابد و پس از آن شروع به کاهش می‌کند.

با افزایش چگالی، تغییری در موقعیت پیک جذب مشاهده نمی‌شود. افزایش در چگالی تأثیر معناداری بر عملکرد جذب صوت در فرکانس‌های پایین ندارد.

این در حالی است که با افزایش چگالی از ۵۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب، مقدار جذب صوت در فرکانس‌های متوسط و بالا افزایش یافته و افزایش بیشتر در چگالی تأثیر منفی بر عملکرد آکوستیکی پنل در فرکانس‌های بالا دارد.

در چگالی‌های پایین، به علت تخلخل بالای نمونه، موج صوتی به راحتی وارد نمونه شده و از آن خارج می‌شود. در این شرایط تبدیل انرژی صوتی به انرژی گرمایی به دلیل بزرگ بودن منافذ و مقاومت جریان پایین در نمونه ناچیز بوده و بنابراین میرایی صوت و ضریب جذب پایین است.

با افزایش چگالی تا مقدار ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب، مقدار مقاومت در برابر جریان و تورتوزیته افزایش یافته و جذب صوت افزایش می‌یابد.

افزایش بیشتر در چگالی (۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب) باعث شده است که موج صوتی امکان نفوذ به داخل ساختار ماده متخلخل را نداشته باشد و بنابراین ضریب بازتاب افزایش یافته و ضریب جذب کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است که به طور کلی این تأثیر منفی خود را در فرکانس‌های بالا (بیشتر از ۲۰۰۰ هرتز) نشان داده است.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار چگالی، متوسط ضریب جذب (میانگین ضرایب جذب در فرکانس های یکسوم اکتاو در محدوده فرکانسهای ۲۰۰ تا ۲۵۰۰ هرتز) از نقطه‌نظر آماری تغییر معناداری نداشته است (نمونه‌های ۵ و ۶ و ۷).

همچنین نتایج این مطالعه با برخی از مطالعات صورت گرفته بر روی خصوصیات آکوستیکی الیاف طبیعی مقایسه شد. نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که الیاف ابریشم عملکرد آکوستیکی بسیار مطلوبی از خود نشان داده‌اند.

٤-نتیجه‌گیری

در این مطالعه رفتار آکوستیک پنل‌های ساخته شده از ضایعات الیاف ابریشم به عنوان یک ماده جاذب صوت پایدار و سازگار با محیط زیست مورد بررسی قرار گرفت. ضریب جذب صوت نمونه‌ها با استفاده از روش لوله امپدانس دو میکروفونه اندازه‌گیری شد. مشخص شد که مکانیزم جذب نمونه‌ها از نوع مقاومت ویسکوزیته است.

نتایج نشان دادند که افزایش ضخامت پنل باعث افزایش ضریب جذب صوت در فرکانس‌های پایین و متوسط می‌شود، درحالیکه در فرکانس‌های بالا افزایش ضخامت تا ۱۵ میلیمتر باعث افزایش و پس از آن کاهش جذب صوت می‌شود. همچنین مشخص شد که با افزایش چگالی ، جذب صوت ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

نتایج نشان دادند که میانگین ضریب جذب صوت نمونه‌ها در بازه ۰/۵۰۸– ۰/۰۵۶ قرار دارند. همچنین مشخص شد که ضخامت پنل تأثیری بر روی مقاومت جریان ندارد، درحالیکه با افزایش چگالی مقدار مقاومت جریان افزایش می‌یابد.

مقایسه نتایج این مطالعه با مطالعات پیشین نشان داد که پنل‌های ساخته شده نه‌تنها سازگار با محیط زیست بوده و از نظر اقتصادی مناسب هستند، بلکه دارای عملکرد آکوستیکی بسیار مطلوبی نیز هستند.

پی‌نوشت

۱–دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی اصفهان