



تأثیر طول الیاف تیفا بر ویژگی جذب صوت پلاستر با رزین پایه آبی

حسین یحیایی^۱، الهام زارعی^{۲*}، کیوان انصاری^۳، رستم گل محمدی^۴

^۱ایران، تهران، خیابان حافظ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی پلیمر و رنگ، ۱۵۸۷۵۴۴۱۳، استادیار

^۲ایران، تهران، میدان حسین آباد، خیابان وفامنش، ۵۵، پژوهشگاه رنگ، ۱۶۶۸۸۳۶۴۷۱، استادیار

^۳ایران، همدان، میدان پژوهش، بلوار شهید فهمیده، دانشگاه علوم پزشکی، دانشکده بهداشت، ۶۵۱۷۸۳۸۶۸۷، استاد

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zarein77@yahoo.com

چکیده

پلاسترهای جاذب صوت نسبت به پانل ها با توجه به صرفه اقتصادی و سهولت اعمال، مخصوصاً بر روی سطوح دارای انحناء دارای مزیت نسبی هستند. در این تحقیق ساخت پلاستری شامل رزین آکرلیک آب پایه شامل ماده جاذب الیاف طبیعی تیفا و برخی مواد افزودنی همچون عامل کف زا مورد بررسی قرار گرفت و نسبت اختلاط وزنی ۱۰/۹۰ بین محمل پلیمری و الیاف جاذب در نظر گرفته شد. اثر اندازه طول الیاف تیفا ۰.۵، ۱ و ۲ سانتی متر بعنوان عامل متغیر توسط دستگاه لوله امپدانس موج ایستا با یافتن فشار ماکزیمم و مینیوم و محاسبه ضریب جذب در چهار فرکانس ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز اندازه گیری گردید. نتایج نشان داد که با افزایش طول الیاف تیفا ضریب جذب در سه فرکانس ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز به طور مشهودی بیشتر می شود به طوری که در فرکانس ۵۰۰ هرتز استفاده از الیاف ۲ سانتی متری تیفا موجب حدود ۶۰ درصد افزایش در ضریب جذب گردید. در عین حال اثر طول الیاف تیفا در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز موجب تفاوتی نگردید.

کلمات کلیدی: جاذب صوت؛ الیاف تیفا.

۱- مقدمه

ساخت جاذب های صوتی به منظور کاهش آلودگی صدا^۱ که همواره مشکلاتی برای سلامت انسان و محیط زیست تلقی می شود، از دغدغه محققین بوده است. آلودگی صدا موجب تاثیراتی مخرب همچون کاهش شنوایی، اختلالات خواب، مشکلات قلبی عروقی و روانی غیر قابل انکار است [۶ و ۵]. در گذشته استفاده از انواع پنل به منظور جذب صوت در فرکانس های صوتی محدود شنوایی انسان مرسوم بوده است. در سال های اخیر برخی از محققین حوزه پوشش های صنعتی و آکوستیک با توجه به مزایایی همچون راحتی در اعمال و سهولت در رنگ آمیزی سطوح خمیده به سمت ساخت نوعی از پوشش های صنعتی و ساختمانی به نام

^۱ Noise pollution

پلاستر که در شکل خمیری و در ضخامت های بالا قابلیت اجراء بر روی سطوح مختلف دارد، تحقیقاتی را شروع کرده اند [۲ و ۳]. از سویی دیگر، استفاده از الیاف طبیعی به عنوان جایگزین الیاف مصنوعی رشد چشمگیری در محصولات مختلف داشته است. علل گرایش به استفاده از مواد طبیعی بعنوان مواد جاذب را می توان به دلایلی همچون هزینه کمتر، تخلخل بیشتر، دوستاندار محیط زیست بودن، منبع برگشت پذیر و زیست تخریب پذیر بودن نسبت داد. مواد جاذب صوت، گونه ای از مواد هستند که انرژی صوتی را دریافت کرده و به دلیل اصطکاک با تبدیل آن به انرژی حرارتی کاهش آن را موجب می شوند. کارآمدی این مواد به دلیل حضور حفره ها و کانال هایست که روی مقدار ضریب جذب تاثیرگذار هستند. به این منظور استفاده از مواد متخلخل مانند الیاف بدلیل دارا بودن چنین خاصیتی مرسوم است [۵].

عبدالله عبدالکریم و همکاران (۲۰۱۸) ۵ ماده جاذب هیبریدی متشکل از مخلوطی از الیاف پوست درخت خرما، الیاف سیب سدوم (نوعی از استبرق) و الیاف آگاو را در هم آمیخته و قالب گیری نمودند. نتایج ضریب جذب صوت برای نمونه ی حاوی ۷٪ و ۵۲٪ از الیاف سیب سدوم در فرکانس های متوسط (حدود ۸۰۰ هرتز)، حدود ۰/۶۵ گزارش شد [۷]. آزما پوترا و همکاران (۲۰۱۸) از برگ خشک شده آناناس به عنوان لیف گیاهی استفاده کردند. تحقیق آنان نشان داد زمانی که چگالی بالک الیاف آناناس در ضخامت یکسان ۲۰ میلیمتر نمونه، از ۵۸ الی ۱۷۵ مترمکعب افزایش می یابد، بیشینه منحنی ضریب جذب از ۰/۹ به بیش از ۰/۹۵ افزایش پیدا نمود. همچنین مقادیر ضریب جذب صوت بالای ۰/۵، از محدوده ۱/۹ کیلوهرتز به ۱ کیلوهرتز انتقال پیدا کرد [۸]. کمالی مقدم و صفی (۲۰۱۵) نشان دادند که وقتی از مخلوط الیاف پروپیلن و تیفای به صورت نفاخته استفاده کردند، افزایش محتوای تیفای در کامپوزیت ها باعث افزایش تخلخل شد. نتایج تجربی ایشان نشان داد که در فرکانس بالای ۵۰۰ هرتز ضریب جذب برای الیاف تیفای/پلی پروپیلن بالاتر از منسوجات پلی پروپیلن است و بیشترین ضریب جذب صوت وقتی بدست آمد که تیفای و پلی پروپیلن به طور مساوی در اختلاط کامپوزیت ها وجود داشتند [۹]. سامباندامورتی و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند با افزایش طول الیاف گیاه خشک شده جوت در ضخامت های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلیمتر، ضریب جذب صوت در محدوده ۸۰۰ هرتز الی ۶ کیلوهرتز از ۰/۳۸ تا ۰/۹۵ تغییر می کند به طوری که با افزایش طول الیاف به ۲۰ میلیمتر ضریب جذب صوت در بعضی فرکانس ها به ۰/۹۹ افزایش می یابد [۵]. این محققین همچنین بیان کردند که اکثر امواج صوتی در طول ساختار لومن (ساختار با مجرای تو خالی^۲) در فیبرها، عبور می کنند و بخش کوچکی از امواج از شکاف بین الیاف عبور می کند. لذا با افزایش طول فیبر، ساختارهای متخلخل فیبری و حفره های هوا افزایش یافته و از این رو، انرژی صوتی که از طریق ساختار لومن فیبر قابل هدر رفتن است در طول ۲۰ میلیمتری به بیشینه خود رسیده است [۵]. پانتلیو و همکاران (۲۰۰۱) طی تحقیقی نشان دادند وجود ترک و نواقص روی کامپوزیت ها باعث افزایش نسبت میرایی می شوند بطوریکه با افزایش این نواقص در طول این نسبت مجددا بیشتر می گردد [۱۱].

در تحقیق حاضر، نسبت به سنجش تاثیر طول الیاف گیاهی تیفای به عنوان پر کننده و ماده جاذب، بر ضریب جذب پلاستر بر پایه رزین پلیمری آب پایه اقدام شده است. تحقیق انجام شده در صدد یافتن جایگزینی برای پنل های امروزی معرفی بود.

۲- مواد و روش ها

۱-۲ آماده سازی نمونه ها

در این تحقیق برای اندازه گیری تاثیر طول الیاف تیفای بر ضریب جذب از دستگاه لوله امپدانس که نمونه هایی با قطر ۹۸ میلی متر را می پذیرفت استفاده کردیم. برای تهیه ابتدا نمونه هایی با نسبت ۹۰/۱۰ وزنی الیاف تیفای به عنوان جاذب و پر کننده به مایع پلاستر فرموله شده تهیه نمودیم. وزن کل در این حالت ۱۰۰ گرم بود که پس از قالب گیری تحت قطر گفته شده، فرصت داده شد تا نمونه ها خشک شوند. تفاوت نمونه های تهیه شده در طول الیاف تیفای بود که در سه طول بریده شده بودند: ۰/۵، ۱ و ۲ سانتی متر. ضخامت نمونه های خشک شده حدود ۲ سانتی متر اندازه گیری شدند. در ساخت پلاستر پلیمری از رزین آکرلیک آب پایه مناسب به عنوان محمل و چسباننده و مواد افزودنی شامل عامل کف زا استفاده شد. الیاف گیاهی تیفای به فراوانی در جلگه ها و مناطق باتلاقی

^۲ Hollow lumen

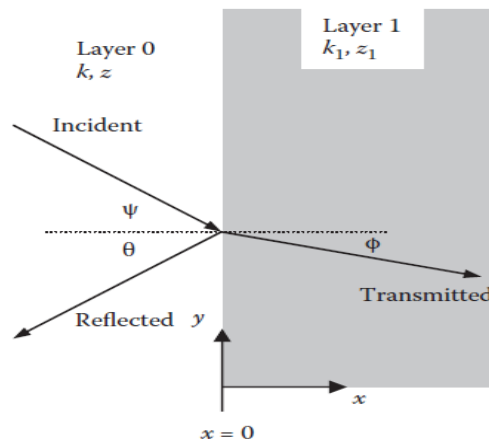
شمال ایران می‌روید و از برگ‌های آن در سبدهایی و حصیربافی استفاده می‌شود. تصویر نمونه‌ها پس از خشک شدن و خروج از قالب در شکل شماره (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱ نمونه‌های پلاستر قالب‌گیری شده حاوی طول‌های مختلف از الیاف گیاهی تیفا؛ از سمت چپ به ترتیب با طول ۰/۵، ۱ و ۲ سانت.

۲-۲ مباحث تئوری

در خصوص خواص ویسکوالاستیک عامل چسباننده‌ی انتخاب شده که رزین اکریلیک پایه‌ی ابی بوده است و پلیمر محسوب می‌شود می‌توان گفت دارای نسبت میرایی^۳ بالاتر از بتن، چوب و آجر است. زمانی که تغییر شکل حاصل از ورود انرژی به داخل پلیمر رخ می‌دهد مولکول‌های پلیمر به دلیل اصطکاک داخلی یا به عبارتی به علت تنش وارده بین لایه‌های مولکولی آن‌ها دچار عمل مالش^۴ یا سر خوردن^۵ روی یکدیگر می‌شوند، لذا می‌توانند مقدار قابل توجهی از انرژی را به صورت کرنش در خود نگاه دارند. لذا در این تحقیق از رزین اکریلیک پایه‌ی ابی به خاطر کنترل مطلوب ارتعاش و صدای فرکانس پایین، به عنوان محمل استفاده شده است [۱]. می‌دانیم موج صوتی پس از برخورد به سطح نمونه دچار انتقال، انعکاس یا جذب می‌شود. که در شکل (۲) آورده شده است.



شکل ۲ انتقال یا انعکاس موج فرودی پس از برخورد به سطح نمونه

^۳ Damping Factor (ratio)

^۴ Rubbing

^۵ Sliding

همان طور که ذکر شد پارامتر مورد نظر برای بیان مشخصه جذب صوت مواد، ضریب جذب صوت^۶ می باشد. اگر ماده جاذب متخلخل را با دانسیته ρ ، و سرعت موج C در آن داشته باشیم و با در نظر گرفتن یک موج صفحه ای با زاویه برخوردی خاص در مرز بین دو محیط فشار صوتی برخوردی P_i ، فشار صوتی انعکاسی P_r و فشار صوتی عبوری P_t نام گذاری میشوند [۴].

$$P_i = A_i e^{j[\omega t - k_x \cos(\psi) - k_y \sin(\psi)]}, \quad (1)$$

$$P_r = A_r e^{j[\omega t + k_x \cos(\theta) - k_y \sin(\theta)]}, \quad (2)$$

$$P_t = A_t e^{j[\omega t - k_1 x \cos(\phi) - k_1 y \sin(\phi)]} \quad (3)$$

بطوریکه A دامنه موج صوتی، ω فرکانس زاویه ای، k_x ، k_y اعداد موج در جهات x یا y می باشد. با در نظر گرفتن نسبت زیر به عنوان ضریب انعکاس فشار، می توانیم ضریب جذب صوت را بیابیم [۴]:

$$R = \frac{P_r}{P_i} \quad (4)$$

$$\alpha = 1 - |R|^2 \quad (5)$$

همین طور در این تحقیق از پارامتر NRC استفاده شده است که برابر با میانگین حسابی مقادیر ضریب جذب صوتی در فرکانس های ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز بوده و با عنوان ضریب کاهش صدا شناخته می شود [۱۰].

۱-۲ دستگاه ها و روش ها

ضریب جذب صوت را می توان از طریق یکی از دو روش لوله امپدانس یا اتاق بازآوا بدست آورد. که در این تحقیق از لوله امپدانس با روش نسبت موج ایستا ساخته شرکت آوا سینا استفاده شد. برای انجام آزمایشات از استاندارد ISO10534-1 استفاده گردید. شکل (۳) تصویری از این لوله امپدانس را نشان می دهد.

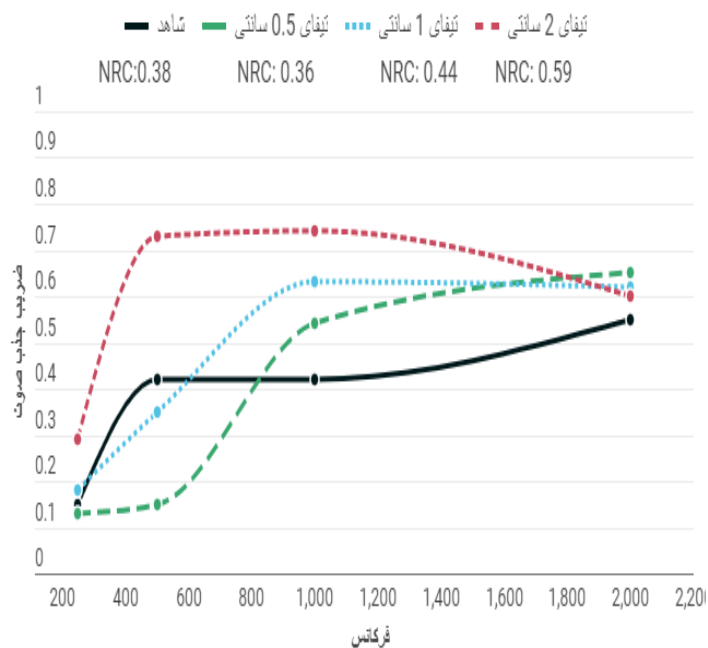


شکل ۳ لوله امپدانس با روش نسبت موج ایستا با مدل 9410 ساخته شرکت آوا سینا

۲-۳ نتایج و بحث

در نمودار شماره (۱) نتایج آزمون تعیین ضریب جذب صوت توسط لوله امپدانس با موج ایستا که روی نمونه های خشک شده از پلاستر قالب گیری شده با طول های مختلف الیاف گیاهی تیفا تهیه شده بودند، آورده شده است.

^۶ Sound Absorption Coefficient



نمودار ۱. نمودار ضرایب جذب ۳ نمونه پلاستر با طول الیاف مختلف گیاه خشک شده تیفا.

همان طور که از نمودار مشخص است، نمونه ی شاهد دارای ضریب جذب میانگین ۰.۳۸ بوده است. نمونه های دارای ماده جاذب تیفا دارای ضرایب جذب متفاوتی بوده اند. با افزودن لیف تیفا بطور کلی شاهد افزایش ضریب جذب در فرکانس های بالا هستیم اما در ۲ طول ۰.۵ و ۱ سانت و به خصوص در فرکانس ۵۰۰ هرتز شاهد کاهش در ضریب جذب هستیم که به دلیل این مسئله است که طول پایین لیف زمانیکه ضریب جذب در فرکانس بالا را اندازه گیری می کنیم بیشتر تاثیر گذار است و در فرکانس های پایین اضافه شدنش به نمونه باعث کاهش خاصیت ویسکوالاستیک نمونه ی شاهد با رزین ویسکوالاستیک می گردد. اما در مورد نمونه ۲ سانتی شاهد افزایش در همه فرکانس ها هستیم که به علت تضعیف ساختار در راستای افزایش طول پر کننده لیف می باشد. با افزایش طول الیاف گیاهی تیفا در فرکانس های ۲۵۰ هرتز، ۵۰۰ هرتز و ۱۰۰۰ هرتز شاهد افزایش کلی ضریب جذب صوت هستیم. به طوری که با افزایش طول الیاف از ۰/۵ به ۲ سانتی متر، در فرکانس ۲۵۰ هرتز افزایش ضریب جذب از ۰/۱۳ به ۰/۲۹ و در فرکانس ۵۰۰ افزایش ضریب جذب صوت از ۰/۱۵ به ۰/۷۳ رخ داده است. گرچه که در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز تغییری در ضریب جذب بواسطه افزایش طول الیاف دیده نمی شود. همچنین بررسی نتایج NRC برای ۳ طول الیاف ۰.۵، ۱ و ۲ سانتی متر نشانگر آن است که مقدار NRC به ترتیب ۰/۳۶، ۰/۴۴ و ۰/۵۹ به صورت افزایشی تغییر یافته است. گرچه باید در نظر داشت که عوامل موثر بر افزایش مقدار NRC تنها در فرکانس های کمتر از ۲۰۰۰ هرتز رخ داده است.

۳- نتیجه گیری

در این تحقیق سعی بر آن شد تا با معرفی پلاستر پلیمری ساخته شده از رزین آکریلیک آب پایه بعنوان جایگزین مناسبی در برخی از کاربردها بجای پانل های جاذب صوت، نسبت به امکان استفاده از مواد جاذب صوت طبیعی همچون الیاف گیاهی لیفا که در قسمت های شمالی سرزمین ایران می رویند، اقدام شود. استفاده از الیاف لیفا در محمل پلیمری نشان داد که در فرکانس های پایین با افزایش طول لیف کیفیت جذب صوت بهتری دیده می شود. بدین ترتیب که مقدار ضریب کل NRC از ۰/۳۶ در طول لیف ۰.۵ به ۰/۵۹ در اندازه طول لیف ۲ سانتی متری رسید. این نتیجه ممکن است بخاطر افزایش میزان حفره های طبیعی با افزایش طول الیاف گیاهی تیفا باشد که به دلیل ساختار طبیعی شان به وجود می آید. البته استفاده از رزین پلیمری آب پایه از نوع آکریلیک نیز بخاطر

ایجاد خاصیت ویسکوالاستیک، موجب افزایش میرایی^۷ انرژی صوتی شده و بواسطه اصطکاک مولکولی داخلی و تبدیل آن به گرما رفتار جذب صوت خوبی از خود نشان می‌داد. به صورتی که حتی بدون استفاده از ماده جاذب گیاهی نیز جذب صوت مناسب مخصوصاً در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز که جاذب گیاهی کارآیی مناسبی در آن فرکانس نداشت از خود نشان می‌داد. بنابراین ترکیب ماده جاذب گیاهی به همراه محمل پلیمری مناسب تأثیری مثبت بر افزایش ضریب جذب صوت دارد.

مراجع

- [۱] رستم، گلمحمدی، مهندسی صدا و ارتعاش، انتشارات دانشجو، ایران، ۱۳۹۸.
- [۲] حبیب، علیزاده، کیوان، انصاری، فرهاد، عامری، "بررسی ویژگی آکوستیکی پوشش آبی پایه جاذب صوت حاوی گیاه استبرق آسیاب شده ایرانی"، همایش ملی رنگ، محیط زیست و توسعه پایدار، تهران، ایران، ۵ بهمن (۱۴۰۱)
- [۳] حبیب، علیزاده، کیوان، انصاری، منوچهر، خراسانی، حسین، مهرآوران، سیده مریم، مدنی، "بررسی ویژگی های آکوستیکی ماستیک های جاذب صوت حاوی برخی مواد طبیعی سلولزی"، دومین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، تهران، ایران، دی (۱۳۹۲)
- [4] T J.Cox, P D'Antonio, *Acoustic Absorbers and Diffusers*, Taylor & Francis, Boca Raton, 2017.
- [5] S. Sambandamoorthy, V. Narayanan, "Impact of fiber length and surface modification on the acoustic behaviour of jute fiber", *Applied Acoustics* 173, 107677 (2021).
- [6] T.Yang, L.Hu, "Sound Absorption Properties Of Natural Fibers: A Review", *Sustainability*, (2020).
- [7] A. Alabdulkarem, M. Ali, et al, "Thermal analysis, microstructure and acoustic characteristics of some hybrid natural insulating materials", *Construction and Building Materials*, 187, 185-196 (2018).
- [8] A. Putra, K. Hee Or, et al, "Sound absorption of extracted pineapple-leaf fibers", *Applied Acoustics* 136, 9-15 (2018).
- [9] M. Kamali Moghadam, S. Safi, "Sound Absorption Characteristics of needle-punched sustainable Typha/polypropylene non-woven", *The Journal of The Textile Institute*, 2015.
- [10] R. Golmohammadi, M. Oliaei, et al, "Comparison of Static Wave Ratio and Transfer Function Method in Determining the Sound Absorption Coefficient of Materials", *Journal of Occupational Hygiene Engineering*, 2018.
- [11] S.D. Panteliou, T.G. Chondros, et al, "Damping Factor as an Indicator of Crack Severity", *Journal Of Sound and Vibration*, 241(2), 235-245.

^۷ damping