بررسی اثر ضخامت، شدت صوت و نحوه قرارگیری لایه هوا بر ضریب جذب صوت فوم پلی‌اورتان با استفاده از روش تابع انتقال

فرهاد فروهر مجد[1]، زهرا محمدی[2]، جعفر صالحیان[2]، مسعود مصیبی[2]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: فوم پلی‌اورتان یکی از مواد جاذب صوت می‌باشد که در ایران به عوامل تأثیرگذار بر ضریب جذب صوت آن توجه چندانی نشده است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر ضخامت، وجود لایه هوا و میزان شدت صوت بر میزان جذب صوتی فوم پلی‌اورتان انجام شد.

روش‌ها: در این مطالعه، لوله امپدانس طبق استاندارد ساخته شد و سپس ضریب جذب فوم پلی‌اورتان سلول باز (Open cell) با دو ضخامت ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. سپس هر دو ضخامت در ۶ شدت صوت مختلف بررسی شد. همچنین، ضریب جذب فوم ۲۵ میلی‌متری با ۵/۵ سانتی‌متر لایه هوا و فوم ۵۰ میلی‌متری با ۳ سانتی‌متر هوا در انتهای نمونه مورد سنجش قرار گرفت. علاوه بر این، اندازه‌گیری جذب برای فوم ۴۰ میلی‌متری یک‌بار به صورت ۲ سانتی‌متر فوم، ۱ سانتی‌متر هوا و ۲ سانتی‌متر فوم و در حالت بعد به صورت ۴ سانتی‌متر فوم و ۱ سانتی‌متر هوا در انتها انجام گردید.

یافته‌ها: یافته‌های تعیین دقت و کارایی مطالعه نشان داد که لوله امپدانس با ضریب همبستگی ۰/۹۸ قابل استفاده می‌باشد. شدت صوت در هر دو ضخامت تأثیر چشمگیری در میزان جذب صوت نداشت. همچنین، لایه هوا در انتهای فوم ۲۵ و ۵۰ میلی‌متری سبب افزایش جذب در فرکانس‌های میانی و بالا شد. علاوه بر این، در مقایسه با فوم ۵ سانتی‌متر بدون هوا، وجود ۱ سانتی‌متر هوا بین فوم ۴۰ میلی‌متری، باعث افزایش جذب در همه فرکانس‌های مورد مطالعه و در حالت ۱ سانتی‌متر هوا در انتها سبب افزایش جذب در فرکانس‌های بالا گردید.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج تحقیق، می‌توان ضریب جذب صوت فوم پلی‌اورتان سلول باز را با در نظر گرفتن ضخامت بیشتر با توجه به شرایط موجود و قرار دادن لایه هوا در پشت یا بین ماده جاذب بهبود بخشید.

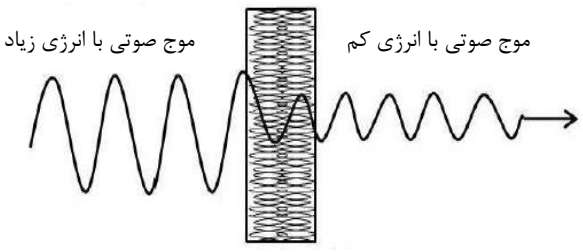
واژه‌های کلیدی: ضریب جذب صوت، تابع انتقال، فوم پلی‌اورتان، شدت صوت، لایه هوا

ارجاع: فروهر مجد فرهاد، محمدی زهرا، صالحیان جعفر، مصیبی مسعود. **بررسی اثر ضخامت، شدت صوت و نحوه قرارگیری لایه هوا بر ضریب جذب صوت فوم پلی‌اورتان با استفاده از روش تابع انتقال.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۵؛ ۱۲ (۲): ۱۹۵-۱۹۰

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۴/۵ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۹/۷

مقدمه

در حال حاضر، برنامه‌های کاربردی کنترل صدا اولویت مهمی در صنایع مختلف از قبیل صنایع خودرو، ماشین‌آلات و ساخت کشتی دارند. در واقع، کنترل صدا نقش مهمی در ایجاد محیطی مطلوب از نظر صدا دارد و با کاهش شدت صوت به حدی که برای گوش مضر نباشد، این حالت امکان‌پذیر می‌گردد. تکنیک‌های مختلفی جهت دستیابی به این هدف وجود دارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، استفاده از مواد جاذب صوت می‌باشد (۳-۱). عملکرد مواد آکوستیک به منظور کاهش انرژی صوتی عبوری از آن‌ها، در شکل ۱ نشان داده شده است. در واقع با عبور صدا از مواد جاذب متخلخل، انرژی در اثر نیروی اصطکاک بین امواج صوتی و دیواره سلول‌های متخلخل، به گرما تبدیل می‌شود. به عبارت دیگر، عبور امواج صوتی از داخل مواد متخلخل، سبب تبدیل انرژی صوتی به گرما و در نتیجه جذب صوت توسط مواد آکوستیک می‌گردد (۴).



شکل ۱. کاهش انرژی موج صوتی پس از عبور از یک ماده جاذب صوت (۵)

مواد جاذب اغلب به منظور مقابله با اثرات نامطلوب صدای انعکاس یافته از

۱- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: زهرا محمدی
Email: z_mohammadi@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

سطوح سفت و سخت استفاده می‌شوند و سطح صدای منعکس شده را کاهش می‌دهند. این مواد در مهندسی آکوستیک مانند کنترل صدای اتاق، سر و صدای صنعتی، صدای استودیو، اتومبیل و کنترل سایر آلودگی‌های صوتی نقش مهمی را ایفا می‌کنند (۶).

دو روش مختلف جهت ارزیابی عملکرد مواد جاذب صوت مورد استفاده قرار می‌گیرد که شامل اتاق آکوستیک و لوله امپدانس می‌باشد و هر دو روش قادر به جمع‌آوری خصوصیات آکوستیک مواد از جمله ضریب جذب و میزان انعکاس صدا می‌باشند. ضریب جذب به عنوان شاخصی که بیشترین رجوع را از طرف متخصصان و مهندسان در ارزیابی آکوستیک دارد، شناخته شده است (۹-۷). با توجه به ارزش و اهمیت ضریب جذب صوت، توانایی مواد جاذب را در جذب انرژی صوتی می‌توان پیش‌بینی نمود. لوله امپدانس با دو میکروفون، وسیله‌ای برای اندازه‌گیری ضریب جذب مواد به روش تابع انتقال و بر اساس استاندارد ISO10534-2 می‌باشد که در یک انتهای آن موج سینوسی صدا القا می‌شود و در انتهای دیگر، نمونه مورد آزمایش قرار می‌گیرد. در این حالت، امواج صوتی در طول محور لوله منتشر می‌شود و به نمونه برخورد می‌کند. دو میکروفون در موقعیت ثابتی روی لوله، امواج صوتی را دریافت می‌نمایند واز طریق تابع انتقال بین امواج منعکس شده و برخوردی، ضریب جذب صوتی مواد به دست می‌آید (۱۰).

در مطالعه Hideo و همکاران، ویژگی‌های آکوستیک و ضریب جذب پشم شیشه و آلومینیوم توسط روش تابع انتقال اندازه‌گیری و با مقادیر واقعی مقایسه گردید. نتایج نشان داد که تابع انتقال، روش قابل اعتمادی است که امپدانس، میزان انتشار و جذب صوت مواد را در محدوده فرکانسی به خوبی اندازه‌گیری می‌نماید (۱۱).

در عمل، دو روش جهت نصب مواد آکوستیک وجود دارد که یکی قرار دادن مواد به صورت چسبیده به دیواره مورد نظر و دیگری نصب با فاصله از دیوار یا به عبارت دیگر، با وجود لایه هوا پشت جاذب می‌باشد (۱۳، ۱۲). نتایج مطالعه Zulkifli و همکاران گزارش کرد که استفاده از لایه هوا به همراه صفحات فیبری آکوستیک، باعث افزایش ضریب جذب صدا در فرکانس‌های بالا و میانی می‌شود (۱۴). همچنین، نتایج بررسی Seddeq مشخص نمود که ترکیبی از مواد جاذب لاستیکی به همراه ضخامتی از لایه هوا، سبب بهبود ضریب جذب صوت می‌گردد (۱۵). Kumar و Sundaresan در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که جذب صدا توسط مواد آکوستیک در فرکانس‌های پایین، ارتباط مستقیمی با ضخامت ماده دارد (۱۶). نتایج پژوهش فروهر مجد بر روی ضریب جذب مواد با استفاده از لوله آکوستیک با دو میکروفون و تابع انتقال، نشان داد که با افزایش ضخامت جاذب، میزان جذب نیز افزایش می‌یابد و نکته مهم‌تر، افزایش محسوس میزان جذب در فرکانس‌های پایین با افزایش ضخامت می‌باشد (۱۷).

اگرچه فوم پلی‌اورتان جزء مواد جاذب برای کنترل صوت محسوب می‌شود، اما در ایران به عوامل تأثیرگذار بر ضریب جذب صوتی این ماده مانند ضخامت، لایه هوا و شدت صوت توجه چندانی نشده است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر ضخامت ماده، وجود لایه هوا در حالت‌های قرارگیری مختلف و میزان شدت صوت بر روی میزان جذب صوتی فوم پلی‌اورتان انجام شد.

روش‌ها

روش‌های مختلفی جهت اندازه‌گیری ضریب جذب مواد آکوستیک وجود دارد که در مطالعه حاضر به اندازه‌گیری توسط لوله امپدانس با دو میکروفن و روش تابع انتقال بر اساس استاندارد ISO10534-2 پرداخته شد.

به منظور انجام این آزمایش، از یک لوله امپدانس، دو میکروفن یک دوم اینچی، یک منبع صوت بلندگو، آمپلی‌فایر جهت تغییر شدت صوت و یک سیستم آنالیز فرکانس دیجیتالی (شرکت BSWA، چین) استفاده شد و میزان ضریب جذب مواد جاذب تعیین گردید. بدین منظور ابتدا بر اساس استانداردهای ذکر شده، اقدام به ساخت لوله‌ای با مشخصات زیر شد:

لوله امپدانس به شکل استوانه و از جنس مواد سختی با سطحی یکنواخت، مستقیم و غیر متخلخل می‌باشد که در یک انتهای آن محل قرارگیری نگهدارنده نمونه و در انتهای دیگر، منبع صوت قرار گرفته است. همچنین، دو میکروفن در موقعیت‌های مشخص بر روی لوله نصب شده است (۱۰). بدین منظور، لوله مقاومتی آکوستیکی با چهار میکروفن طراحی گردید که در مطالعه حاضر، از قسمت مربوط به اندازه‌گیری ضریب جذب با دو میکروفن به طول ۹۷/۲ سانتی‌متر از جنس استیل فولادی استفاده شد. پس از ساخت دستگاه، به منظور امکان‌سنجی و تعیین کارایی لوله، از یک نمونه جاذب فوم با ضخامت ۲۵ میلی‌متر (شرکت BSWA Technology، چین) به عنوان نمونه استاندارد و مرجع استفاده شد و پس از اندازه‌گیری ضریب جذب توسط لوله مورد نظر، نمودار مربوط به آن با نمودار استاندارد ضریب جذب این شرکت مقایسه گردید. با توجه به توزیع نرمال مقادیر استاندارد و مقادیر اندازه‌گیری شده، مقایسه به صورت ضریب همبستگی Pearson انجام گرفت. همچنین، جهت حذف خطای ناشی از میکروفن‌ها، هر دو میکروفن قبل از اندازه‌گیری توسط کالیبراتور مدل ۴۲۳۰ (شرکت B&K، دانمارک) در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز و تراز فشار صوت ۹۴ دسی‌بل کالیبره شدند.

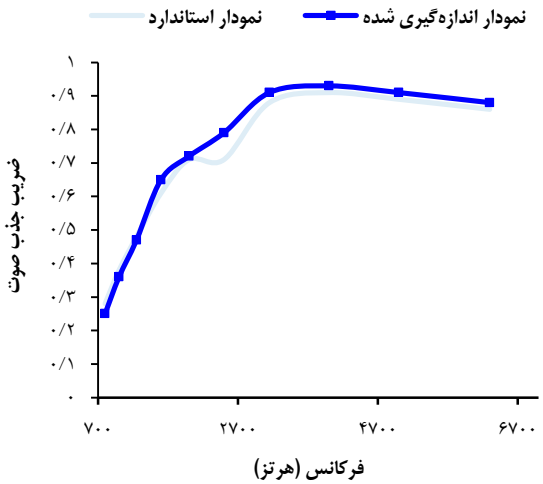
نمونه مورد نظر، فوم پلی‌اورتان سلول باز (Open cell) با چگالی ۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب و قطر ۳ سانتی‌متر انتخاب گردید. ابتدا به منظور تعیین تأثیر ضخامت، اندازه‌گیری ضریب جذب برای دو ضخامت مختلف ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر به صورت مجزا انجام شد و سپس هر دو ضخامت در شدت‌های مختلف صوت مورد بررسی قرار گرفت؛ بدین صورت که ۶ شدت مختلف صدا شامل ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰، ۱۱۰ و ۱۲۰ دسی‌بل توسط آمپلی‌فایر تنظیم و سپس در هر شدت، ضریب جذب اندازه‌گیری گردید. همچنین، به منظور تعیین تأثیر نحوه قرارگیری لایه هوا، ابتدا ضریب جذب فوم ۲۵ میلی‌متری با ۵/۵ سانتی‌متر لایه هوا در انتهای نمونه و فوم ۵۰ میلی‌متری با ۳ سانتی‌متر ضخامت لایه هوا در انتها اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد، از فوم با ضخامت ۴۰ میلی‌متر استفاده گردید؛ بدین صورت که یک‌بار اندازه‌گیری در حالتی انجام شد که ۲ سانتی‌متر فوم سپس یک سانتی‌متر هوا و مجدد ۲ سانتی‌متر فوم وجود داشت و در حالت بعد، ۴ سانتی‌متر فوم و ۱ سانتی‌متر هوا در انتهای نمونه استفاده گردید تا این نتایج با مقادیر ضریب جذب فوم ۵ سانتی‌متر بدون لایه هوا مقایسه گردد. در این صورت مشخص می‌شود که با کاهش ضخامت ماده و استفاده از لایه هوا به جای آن، چه تغییری در ضریب جذب صوت اتفاق می‌افتد.

محدوده فرکانس مورد استفاده در پژوهش حاضر بین ۷۰۰ تا ۵۰۰۰ هرتز در نظر گرفته شد و ضرایب جذب در فرکانس‌های یک سوم اکتاو باند اندازه‌گیری گردید. سپس نتایج توسط نرم‌افزار VA-Lab4 به صورت نمودار نمایش داده شد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

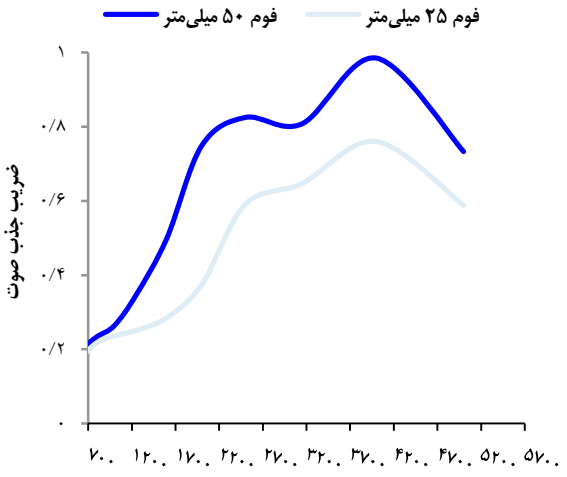
یافته‌ها

یافته‌های مربوط به امکان‌سنجی و تأیید کارایی لوله امپدانس نشان داد که بین ضرایب جذب فوم استاندارد اندازه‌گیری شده در شرایط آزمایشگاهی و ضرایب جذب استاندارد با ضریب همبستگی ۰/۹۸ و ۰/۹۶ = r^2، رابطه مستقیمی وجود داشت ($P < ۰/۰۰۱$) (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه ضریب جذب استاندارد با مقادیر اندازه‌گیری شده فوم استاندارد با ضخامت ۲۵ میلی‌متر

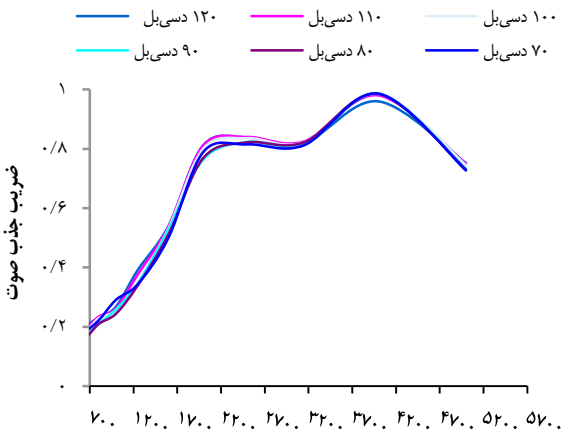
نتیجه مقایسه تأثیر ضخامت بر روی ضریب جذب صوت حاکی از آن بود که با افزایش ضخامت فوم، میزان جذب در همه فرکانس‌ها افزایش یافت (شکل ۳).



شکل ۳. تأثیر ضخامت بر روی ضریب جذب صوت فوم پلی‌اورتان

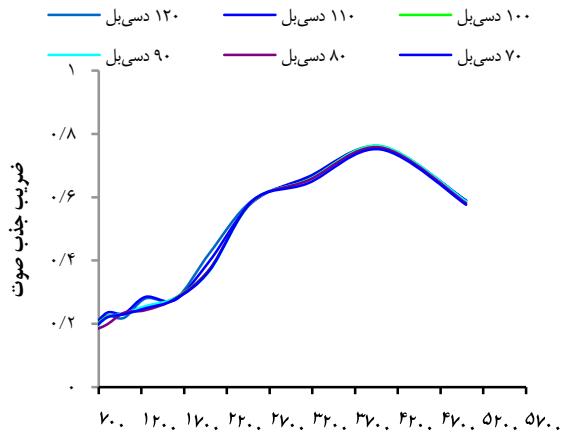
در شکل‌های ۴ و ۵ نتایج تغییر شدت صوت بر روی ضریب جذب نشان داده شده است. شدت صوت در هر دو ضخامت ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر فوم تأثیر چشمگیری نداشت و نمودارها در تمامی فرکانس‌ها تا حدود زیادی بر هم منطبق بود.

قرار دادن لایه هوا با ضخامت ۵/۵ سانتی‌متر در پشت نمونه، سبب افزایش ضریب جذب صوتی فوم ۲۵ میلی‌متری گردید؛ به طوری که تفاوت حداکثر ضریب جذب صوت در این دو حالت برابر با ۰/۱۹ بود (شکل ۶).



شکل ۴. تأثیر شدت صوت بر روی ضریب جذب فوم پلی‌اورتان با ضخامت ۵۰ میلی‌متر

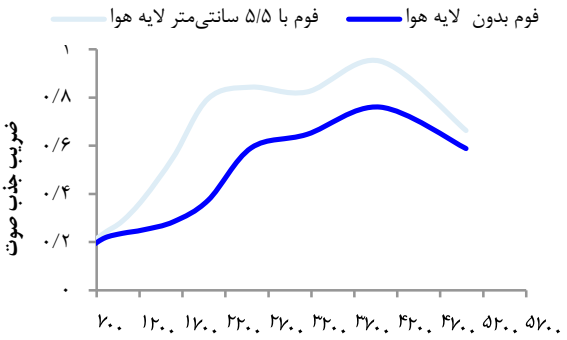
در فوم با ضخامت ۵۰ میلی‌متر نیز افزودن ۳ سانتی‌متر لایه هوا پشت نمونه نسبت به فوم بدون لایه هوا، سبب افزایش ضریب جذب صوت در فرکانس‌های بالاتر از ۱۲۵۰ هرتز شد.



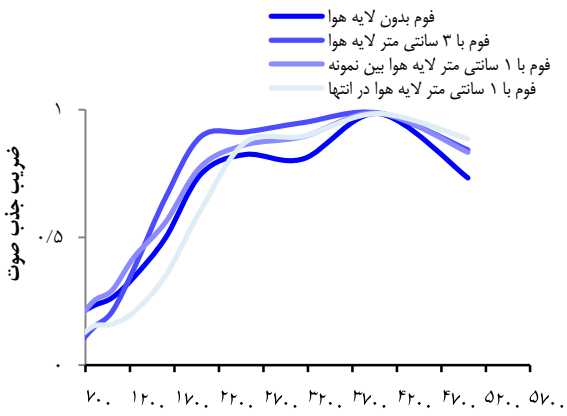
شکل ۵. تأثیر شدت صوت بر روی ضریب جذب فوم پلی‌اورتان با ضخامت ۲۵ میلی‌متر

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
www.mui.ac.ir

جهت بررسی تأثیر استفاده از لایه هوا به جای قسمتی از ضخامت ماده جاذب، از فوم ۴ سانتی‌متری استفاده گردید و به ازای ۱ سانتی‌متر آن، لایه هوا جایگزین شد. نتایج مقایسه قرار دادن ۱ سانتی‌متر لایه هوا در بین فوم به ضخامت ۴ سانتی‌متر با ضریب جذب فوم ۵ سانتی‌متر بدون لایه هوا در شکل ۷ نشان داده شده است. با توجه به شکل، ضریب جذب صوت فوم با لایه هوا در محدوده فرکانسی مورد مطالعه، سبب افزایش جذب گردید. همچنین، استفاده از فوم ۴ سانتی‌متری و ضخامت لایه هوای ۱ سانتی‌متری در انتهای نمونه در مقایسه با فوم ۵ سانتی‌متری بدون لایه هوا در فرکانس‌های بالا، ضریب جذب بیشتری را نشان داد (شکل ۷).



شکل ۶. تأثیر لایه هوا با ضخامت ۵/۵ سانتی‌متر در انتهای نمونه بر ضریب جذب صوت فوم ۲۵ میلی‌متری



شکل ۷. مقایسه تأثیر لایه هوا با ضخامت ۳ سانتی‌متر در انتهای نمونه، فوم ۴۰ میلی‌متر به همراه ۱ سانتی‌متر لایه هوا در بین نمونه و فوم ۴۰ میلی‌متر به همراه ۱ سانتی‌متر لایه هوا در انتهای نمونه با ضرایب جذب فوم ۵۰ میلی‌متر بدون لایه هوا

بحث

خاصیت جذب فوم پلی‌اورتان به طور قابل توجهی با افزایش فرکانس افزایش می‌یابد؛ به طوری که در فرکانس‌های پایین، ضریب جذب کم می‌شود و در فرکانس‌های بالا، ضریب جذب افزایش می‌یابد. همچنین، ضخامت نقش بسزایی در افزایش ضریب جذب صوت داشت. نتایج مطالعه Lu و همکاران گزارش نمود که ضریب جذب نمونه فولاد متخلخل با افزایش فرکانس و ضخامت نمونه افزایش می‌یابد (۱۸) که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت. همچنین، در راستای نتایج تأثیر ضخامت، Xie و همکاران نیز دریافتند که ضریب جذب مواد با افزایش ضخامت و تخلخل افزایش می‌یابد (۱۹). با توجه به نتایج به دست آمده مربوط به تغییر شدت صوت، تأثیر محسوسی از شدت‌های مختلف بر روی ضریب جذب فوم پلی‌اورتان مشاهده نشد.

لایه هوا توانایی ضریب جذب را در فرکانس‌های بالا و میانی افزایش داد. با ایجاد لایه هوا در پشت یا بین مواد جاذب، مقداری از انرژی صوتی برخوردی به ماده که یا جذب نشده و یا به گرما تبدیل نشده است، بعد از عبور از ماده با مقاومت لایه هوا مواجه می‌شود. در واقع، این مکانیسم اتلاف انرژی صوتی توسط لایه هوا، به عنوان اثر رزونانس Helmholtz شناخته شده است (۹). همچنین، استفاده از مواد جاذب با وجود لایه هوا نقش مهمی را در کاهش هزینه‌های مصرفی بر عهده دارد؛ بدین صورت که با ضخامت کمتری از مواد جاذب و استفاده از لایه هوا به جای آن، می‌توان ضریب جذب بهتری را به دست آورد. نتایج مطالعه Hakamada و همکاران نشان داد که ضریب جذب آلومینیوم متخلخل با قرار دادن ضخامتی از لایه هوا بین نمونه و جسم سخت پشت آن، به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد (۲۰) که با نتایج مطالعه حاضر مشابهت داشت.

با توجه به سیر نزولی نمودارها در هر دو حالت با و بدون لایه هوا، می‌توان پیش‌بینی نمود که توانایی جذب در فرکانس‌های پایین کم می‌باشد. در همین راستا، Zhang و همکاران بیان کردند که امواج در فرکانس‌های پایین دارای طول موج بلندتری می‌باشند و به همین دلیل جذب صوت در محدوده فرکانس‌های پایین بسیار مشکل است. به منظور کاهش صدا در فرکانس‌های پایین، باید از مواد ضخیم‌تری استفاده نمود تا زمان کافی برای عبور امواج صوتی از ماده آکوستیک و تبدیل انرژی صوتی به گرما فراهم شود (۱۳). در مطالعه حاضر نیز با دو برابر کردن ضخامت مشاهده شد که ضرایب جذب فوم ۵۰ میلی‌متر تا حدودی از ضرایب جذب فوم ۲۵ میلی‌متر بیشتر می‌باشد. بنابراین، پیش‌بینی می‌شود که ممکن است ضخامت‌های بالاتر، سبب افزایش بیشتر جذب در محدوده فرکانس‌های پایین گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به مناسب بودن فوم پلی‌اورتان از نظر کاهش صوت و نتایج تحقیق حاضر، می‌توان ضریب جذب صوت فوم پلی‌اورتان سلول باز را با در نظر گرفتن بیشترین ضخامت با توجه به نوع استفاده و شرایط موجود بهبود بخشید. همچنین، قرار دادن لایه هوا در پشت یا بین ماده جاذب، علاوه بر کاهش هزینه مصرفی مورد نیاز جهت تهیه جاذب، می‌تواند میزان جذب صوت را در فرکانس‌های میانی و بالا افزایش دهد تا بتوان به نتایج مطلوبی از کاهش آلودگی صوتی در صنایع و محیط‌های مختلف رسید.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد به شماره ۳۹۳۳۰۱ می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از آزمایشگاه صدا و ارتعاش دانشکده بهداشت دانشگاه

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

علوم پزشکی اصفهان به جهت تأمین وسایل و همکاری در انجام مطالعه، تقـدیر و تشکر به عمل می‌آورند.

References

1. Garcia-Valles M, Avila G, Martinez S, Terradas R, Nogues JM. Acoustic barriers obtained from industrial wastes. Chemosphere 2008; 72(7): 1098-102.
2. Jaouen L, Becot FX. Acoustical characterization of perforated facings. J Acoust Soc Am 2011; 129(3): 1400-6.
3. Yang S, Yu WD. Air Permeability and Acoustic Absorbing Behavior of Nonwovens. Journal of Fiber Bioengineering and Informatics Regular Article 2011; 3(4): 203-7.
4. Fang W, Lu-cai W, Jian-guo W, Xiao-hong Y. Sound absorption property of openpore aluminum foams. China Foundry 2007; 4(1): 31-3.
5. Bies DA, Hansen CH. Engineering Noise Control: Theory and Practice, Fourth Edition. 4th ed. Boca Raton, FL: CRC Press; 2009.
6. Vér IL, Beranek LL. Noise and vibration control engineering: principles and applications. 2nd ed. New York, NY: John Wiley & Sons; 2006.
7. Doutres O, Salissou Y, Atalla N, Panneton R. Evaluation of the acoustic and non-acoustic properties of sound absorbing materials using a three-microphone impedance tube. Appl Acoust 2010; 71(6): 506-9.
8. Sagartzazu X, Hervella-Nieto L, Pagalday JM. Review in Sound Absorbing Materials. ARCH COMPUT METHOD E 2008; 15(3): 311-42.
9. Crocker MJ. Handbook of Noise and Vibration Control. New york, NY: John Wiley & Sons; 2007.
10. ISO. ISO10534-2: Acoustics-Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes -- Part 2: Transfer-function method [Online]. [cited 2001]; Available from: URL: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=22851
11. Hideo U, Toshimitsu T, Takeshi F, Seybert AF. Transfer function method for measuring characteristic impedance and propagation constant of porous materials. J Acoust Soc Am 1989; 86: 837.
12. Norton MP, Karczub DG. Fundamentals of Noise and Vibration Analysis for Engineers. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2003. p. 242-4.
13. Zhang C, Li J, Hu Z, Zhu F, Huang Y. Correlation between the acoustic and porous cell morphology of polyurethane foam: Effect of interconnected porosity. Mater Des 2012; 41: 319-25.
14. Zulkifli R, Mohd Nor MJ, Ismail AR, Nuawi MZ, Mat Tahir MF. Effect of Perforated size and air gap thickness on acoustic properties of coir fibre sound absorption panels. Eur J Sci Res 2009; 28(2): 242-52.
15. Seddeq HS. Factors Influencing Acoustic Performance of Sound Absorptive Materials. Aust J Basic Appl Sci 2009; 3(4): 4610-17.
16. Kumar RS, Sundaresan S. Acoustic Textiles - sound absorption [Online]. [cited 2002]; Available from: URL: http://textination.de/en/document/1130003803282734/1.0/Acoustic%20Textiles%20sound%20absorption.pdf
17. Forouharmajd F. The survey of impedance tube role in determining sound absorption coefficient [Report]. Isfahan, Iran: Isfahan University of Medical Sciences; 2011. [In Persian].
18. Lu M, Hopkins C, Zhao Y, Seiffert G. Sound Absorption Characteristics of Porous Steel Manufactured by Lost Carbonate Sintering. Mater Res Soc Symp Proc 2009; 1188.
19. Xie ZK, Ikeda T, Okuda Y, Nakajima H. Characteristics of Sound Absorption in Lotus-Type Porous Magnesium. Jpn J Appl Phys 2004; 43(1): 7315-19.
20. Hakamada M, Kuromura T, Chen Y, Kusuda H, Mabuchi M. Sound absorption characteristics of porous aluminum fabricated by spacer method. J Appl Phys 2006; 100(11): 114908-5.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

Journal of Health System Research Received: 26.06.2015

Vol. 12, No. 2, Summer 2016 Accepted: 28.11.2015

The Effect of Foam Thickness, Sound Intensity, and Air Layer on Sound Absorption Coefficient of Polyurethane Foam Using Transfer Function Method

Farhad Forouharmajd[1], Zahra Mohammadi[2], Jafar Salehian[2], Masoud Mosayebi[2]

Original Article

Abstract

Background: Polyurethane foam is a sound-absorbing material. The affective factors of its sound absorption have not received much attention in Iran. Therefore, the present study was conducted with aim to investigate the effect of sample thickness, air gap thickness, and sound intensity on sound absorption rate of open cell polyurethane foam.

Methods: To conduct this experiment, the impedance tube was built based on the standards, and the absorption coefficient of open cell polyurethane foam with thicknesses of 25 and 50 mm was measured. Then, both foam thicknesses were evaluated in the 6 different sound intensities of 70, 80, 90,100, 110, and 120 dB. Furthermore, the absorption coefficient of the 25 mm thick foam with 5.5 cm of air and the 50 mm thick foam with 3 cm air layer on one side of the samples were measured. Then, the absorption coefficient of 40 mm thick foam was measured with 1 cm air layer and 2 cm of foam on either side, and then, 1 cm air layer and 4 cm of foam on either side.

Findings: The obtained accuracy and efficiency showed that the impedance tube can be used with a correlation coefficient of 0.98. The effect of sound intensity on sound absorption was not significant in either of the two thicknesses of polyurethane foam. The air layer on one side of the 25 and 50 mm thick foam increased the absorption in average and high frequency ranges. The absorption coefficient of 40 mm thick foam with 1 cm of air in the middle increased in all frequencies, and of the sample with 1 cm air on one side, increased in high frequencies compared to the 5 cm thick foam without an air layer.

Conclusion: According to the results of this study, the sound absorption coefficient of the open cell polyurethane foam can be improved with a higher thickness and by inserting a layer of air at the end or in the middle of the absorbent material.

Keywords: Sound absorption coefficient, Transfer function, Polyurethane foam, Sound intensity, Air layer

Citation: Forouharmajd F, Mohammadi Z, Salehian J, Mosayebi M. **The Effect of Foam Thickness, Sound Intensity, and Air Layer on Sound Absorption Coefficient of Polyurethane Foam Using Transfer Function Method.** J Health Syst Res 2016; 12(2): 190-5.

1- Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- MSc Student, Department of Occupational Health Engineering, Student Research Commiittee, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Zahra Mohammadi, Email: z_mohammadi@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]