مقاله پژوهشی

طراحی و ساخت لوله امپدانس برای تعیین ضریب جذب صوتی برخی مصالح مورد استفاده در کنترل صدا

دکتر رستم گلمحمدی* ، محمد علیایی** ، دکتر حمید سموات***، دکتر مجید معتمد زاده****

دریافت : ۸۶/۵/۲۱ ، پذیرش : ۸۷/۳/۱۱

چکیده:

مقدمه و هدف: صدا یکی از مهمترین عوامل زیان آور محیط کار و فراگیرترین عامل فیزیکی تهدیدکنندهٔ سلامت شاغلین است. مواجهه با صدای زیان آور در بیش از حد مجاز علی رغم پیشرفت های صنعتی کماکان یکی از معضلات بهداشتی کارگران در دنیا محسوب می گردد. در ایران به دلیل عدم ارائه خصوصیات جذب آکوستیکی مصالح توسط وارد کنندگان و حتی تولید کنندگان، استفاده کنندگان اطلاع موثقی در خصوص استفاده از جاذبهای صوتی برای کنترل صدای داخل اماکن صنعتی و غیر صنعتی ندارند. هدف از انجام این مطالعه ساخت لوله امپدانس و بدست آوردن ضرایب جذب مصالح جاذب صوت موجود در بازار کشور بوده است.

روش کار: در این مطالعه تجربی با استفاده از یک روش بر مبنای تجهیزات در دسترس و نسبتاً آسان جهت اندازه گیری ضریب جذب صوتی مصالح آکوستیکی با استفاده از یک لوله امپدانس بر مبنای موج ایستا و روش اندازه گیری تراز فشار صوت معین مطابق استاندارد ISO10534-1 و با کمک یک مولد صوت خالص، و تراز سنج صوت کالیبره شده، ضرایب جذب صوت مصالح موجود در بازار اندازه گیری و مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج: نتایج تکرار آزمایش ۲۳ نمونه مصالح آکوستیکی موجود در بازار ایران نشان داد که متوسط انحراف معیار ضرایب جذب صوتی اندازه گیری شده کوچکتر از ۳×۱۰^{-۲} بوده است.

نتیجه نهایی: فناوری ساخت دستگاهی برای آزمایش ضریب جذب مصالح آکوستیکی و انجام آزمایشات با حداقل خطا در این مطالعه محقق گردیده است و این فناوری می تواند نیاز های کشور را در زمینهٔ آزمایش و تهیهٔ شناسنامه برای مصالح جاذب صوت موجود برآورده نماید.

کلید واژه ها : استوانهٔ امپدانس / ضریب جذب صوتی / نسبت موج ایستا

مقدمه :

صدا یکی از مهمترین عوامل زیان آور محیط کار و فراگیرترین عامل فیزیکی تهدیدکنندهٔ سلامت شاغلین است. امروزه علی رغم پیشرفت های صنعتی، مواجهه با صدای بیش از حد مجاز کماکان یکی از معضلات بهداشتی کارگران در دنیا محسوب می گردد. امروزه در سراسر دنیا طیف وسیعی از کارگران در معرض صدای زیان آور شغلی می باشند. در محیطهای صنعتی، علاوه بر توان صوتی مجموع منابع موجود در محیط کار، انعکاس صدا از سطوح داخلی می تواند نقش تشدید کننده داشته باشد. وجود سطوح انعکاسی در اطراف منابع صوتی باعث می شود که تراز فشار صوت بعلت انعکاس مکرر افزایش یابد. محاسبات نشان می دهد که حدود ۵ دسی بل از صدای موجود در کارگاههای صنعتی موجود ناشی از تشدید صدا در اثر

* استادیار گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان (golmohamadi@umsha.ac.ir)

** کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای دانشگاه علوم پزشکی همدان

*** دانشیار گروه فیزیک پزشکی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی همدان

**** دانشیار گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان

Archive of SID

www.SID.ir

بازتابش سطوح می باشد. پدیدهٔ جذب صوت کم و بیش در تمام مصالح وجود دارد. درصد جذب انرژی صوت در کل باند فرکانسی برای هر ماده اختصاصی و ثابت بوده که تحت عنوان ضریب جذب صوتی آن ماده نامیده می شود. هر چه ضریب جذب صوتی ماده ای بیشتر باشد، میزان افزایش صدای ناشی از انعکاس از سطح آن کمتر خواهد بود. استفاده از مصالح جاذب صوت به عنوان یکی از مؤثرترین راهها برای کنترل صدای ناشی از بازتابش سطوح و کنترل مواجهه افراد با صدا می باشد. استفاده از مصالح آکوستیک در اماکن عمومی و صنعتی می تواند در کنترل صدای داخل بناها نقش بسیار مؤثری داشته باشد (۱).

درحال حاضر اندازه گیری ضریب جذب برخورد نرمال صوت مصالح معمولاً توسط سیستم مبتنی بر لولهٔ موج ایستا یا استوانهٔ امپدانس انجام می شود. استفاده از استوانهٔ امپدانس خود دارای دو روش فرعی شامل روش نسبت موج ایستا(Standing wave ratio (SWR و روش تابع انتقالی برای اندازه گیری ضریب جذب صوتی مواد می باشد. روش تابع انتقالی (روش شدت) نسبت به روش نسبت موج ایستا (روش فشار) از دقت بالاتری برخوردار است و انجام آزمایشات از نظر زمانی سریعتر انجام می شود. ولی نیاز به تجهیزات پیشرفته تری دارد(۲،۳).

راسل (Russel) با استفاده از لوله موج ایستا ساخت B&k و آنالیزور صوتی با اندازه گیری حداقل و حداکثر فشار صوت در لوله امپدانس نسبت موج ایستا ضریب جذب صوتی مواد را به دست آورده است (۴). در روش دیگری که توسط آنجلو(Angelo) ارائه شده است با استفاده از یک میکروفون که به صورت متحرک در فواصل مختلف در امتداد لوله قرار گرفته، تابع انتقالی بین هر جفت از محلها محاسبه گردیده است که بر آن اساس ضریب جذب نمونه ها تعیین شده است. این تکنیک اندازه گیری وقت گیرتر از روش تابع انتقالی است و احتیاج به جانمایی دستی دقیق سنسورها دارد اما دقت بالایی در تعیین مشخصات جذب در فرکانسها دارد(۵). سایر پژوهشگران تکنیک های دیگری را مبتنی بر اندازه گیری شدت صوت ارائه نموده اند که با دیگر روش های شدت پیشنهادی برای اندازه گیری ضریب جذب صوت متفاوت است. در این روش تنها با اندازه گیری شدت صوت و دانسیته انرژی میدان صدا با استفاده از دو میکروفون و براساس تناسب ریاضی ساده ای که بین آنها وجود دارد ضریب جذب صوتی مواد محاسبه گردیده است (۶).

تحقیق دیگر روشی را برای اندازه گیری ضریب جذب صوتی مصالح با استفاده از لوله موج ایستا بدون میکروفون پیشنهاد نموده است که در آن از بلندگو به عنوان یک acoustic driver و به طور همزمان به عنوان یک سنسور استفاده گردیده است. در مقایسه با روش تابع انتقالی این روش می‌تواند به طور صحیح ضریب جذب صوتی مصالح را در محدوده فرکانسی پایین اندازه‌گیری نماید ولی در فرکانسهای بالا میزان صحت آن کاهش پیدا می کند (۷). برای اندازه‌گیری ضریب جذب صوتی مصالح روش جدیدی توسط پرودی (Prodi) گزارش شده است که با بیشتر روش های رایج بر اساس تابع انتقالی تفاوت دارد. دراین روش فقط از یک میکروفون استفاده شده است و از طریق اندازه گیری زمان بازآوایی صوت، ضریب جذب صوتی مواد تعیین شده است. این ابزار جدید از یک استوانه افقی که نمونه های آزمایشی را می توان در هر دو انتهای آن قرار داد تشکیل شده است (۸).

روش دیگری نیز توسط یانگ (Yang) و همکاران ارائه شده است که در آن اندازه گیری فشار صدا و مولفه های سرعت ذره با استفاده از پروب شدت صوت P-U انجام شده است. این روش با روش تابع انتقالی مقایسه شده و نتایج نشان دادند که روش جدید می تواند همانند روش قبلی صحت داشته باشد (۹).

در مطالعه ای دیگری توسط رابرت(Robert) و همکاران لولهٔ امپدانسی را جهت بدست آوردن نسبت های امپدانس آکوستیکی و ضریب جذب برخوردی نرمال مواد گوناگونی که در سطوح داخل هواپیما استفاده شده اند طراحی و آزمایش نموده است. این طراحی بر اساس روش دو میکروفن و بر مبنای استاندارد 90-1050 (ASTM) American Society of Testing & Materials صورت گرفته است. فرکانس های قابل اندازه گیری با این دستگاه ۱۲۵- ۵۰۰۰ هرتز بوده است (۱۰).در تحقیقی که توسط ریو (Ryo) انجام شده است با استفاده از روش تابع انتقالی و بکار گیری دو میکروفن جهت اندازه گیری خصوصیات آکوستیکی، مانند ضریب جذب، ضریب انعکاس، امپدانس و ادمیتانس سطحی با استفاده از سیستم آزمایش PULSE بکار گرفته شده است دستگاه طراحی شده توسط وی در محدودهٔ فرکانسی ۶۴۰۰-۵۰ هرتز نتایج قابل قبولی ارائه

Archive of SID

www.SID.ir

کرده است (۱۱).

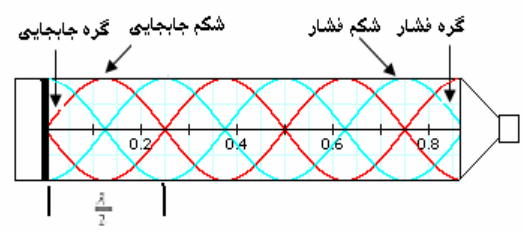
نظر به اینکه در ایـران اسـتفاده کننـدگان از مـصالح جـاذب صـوت اطلاعـات دقیقـی از خـصوصیات جـذب آکوستیکی مصالح ندارنـد و تولیـد کننـدگان داخلـی نیـز امکانات آزمایشگاهی کافی برای تعیین جـدول مشخـصات کالای خود ندارند به طـور مـضاعف اسـتفاده از جاذبهـای صوتی برای کنترل صـدای داخـل امـاکن صـنعتی و غیـر صنعتی دچار محدودیت شده اسـت. هـر چنـد اسـتاندارد بین المللی برای شیوه اندازه گیری جـذب صـوتی مـصالح منتشر گردیده است(۲،۳،۱۲) اما طبق بررسی انجام شـده در داخل کـشور آزمایـشگاه یـا دسـتگاهی جهـت تعیـین ضریب جذب صوتی مصالح مورد استفاده در کنتـرل صـدا موجود نمی باشـد و خریـد آن از شـرکتهای سـازنده نیـز مستلزم صرف هزینه سرسام آور(لولـه امپـدانس همـراه بـا میکروفون، بلندگو، آمپلی فایر و ترازسـنج و آنـالیزور صـدا ۴۰۰۰۰ یورو) می باشـد. بعـلاوه طبـق بررسـی مـولفین ، تحقیق مؤثری در جهت تعیین ضریب جذب صوتی مصالح داخل کشور منتشر نشده است.

با توجه به اهمیت تعیـین خـصوصیات جـذب صـوتی مصالح متداول موجود یا تولید شـده در کـشور، طراحـی و ساخت دستگاهی برای تعیین ضریب جذب صوتی مـصالح مورد استفاده در کنترل صدا در کشورمان امـری ضـروری بوده است. هر چند امکان خرید ست کامـل انـدازه گیـری فوق الذکر از سازنده خارجی منتفی نیـست. هـدف از ایـن مطالعه اسـتفاده از از یـک روش نـسبتاً آسـان بـر مبنـای تجهیزات در دسترس جهت انـدازه گیـری ضـریب جـذب صوتی مواد بوده است. در این طرح با استفاده از یک لولـه امپدانس بر مبنای موج ایـستا و روش انـدازه گیـری تـراز فشار صوت و با کمک یک مولد صدای خالص بـا فرکـانس معین، ضرایب جذب صوت مصالح آکوسـتیکی موجـود در بازار کشور با روش استاندارد اندازه گیری و مـورد بررسـی قرار گرفته است.

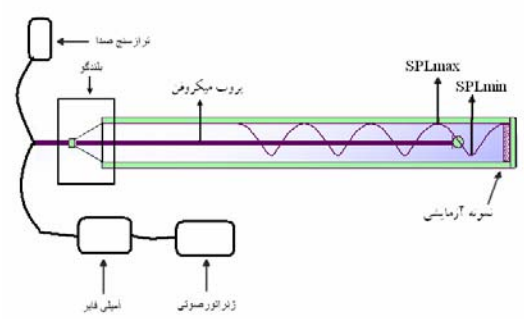
روش کار:

برای نیل به هدف مطالعه ابتـدا بـا اسـتفاده از نتـایج تجربیات سایر محققین بـرای طراحـی و سـاخت دسـتگاه تعیین ضریب جذب صوتی اقدام گردید و ازمایشات تحقیق نیز مطابق استاندارد ISO 10534-1 انجام شد.

دستگاه ساخته شده برای انجام آزمایشات شامل یـک استوانه آزبستی یکپارچه بوده که در یک انتهای آن بلندگو و در انتهای دیگر آن محل قرار گرفتن نمونه مورد آزمایش است. بلندگو به یک ژنراتور صوت خالص و یک آمپلی فایر متصل شده است. هنگام آزمایشات، موج صوتی از بلنـدگو به سمت انتهای دیگر استوانه منتـشر مـی گـردد و بعـد از برخورد به نمونه ها بازتابش می یابد. تداخل موج ها ناشی از موج برخوردی (P_i) و مـوج بازتابـشی(P_r) سـبب شـکل گیری موج ایستاده در استوانه می شود. در اینجـا در گـره ها، فشار حداقل و در شکم ها فشار حداکثر خواهد بود. بـا استفاده از یک میکروفون متحرک که بـه صـورت کـشویی در روی بدنه استوانه قابل جابجایی است، دامنه های مـوج صوتی دریافت و مستقیماً به تراز سنج صوت کالیبره شـده منتقل می شود که از طریق آن می توان مقادیر دامنه تراز فشار حداقل و حـداکثر را مـستقیماً انـدازه گیـری نمـود. شکل ۱ نحوه تـشکیل مـوج ایـستا و دامنـه هـای فـشار و جابجایی را در لوله امپدانس و شکل ۲ نمـای سـاده مـدار آزمایش را نشان می دهد.



شکل ۱: دامنه های فشار و جابجایی در استوانه امپدانس



شکل ۲: برش ساده استوانه امپدانس و تجهیزات متصل به آن

مبانی محاسبات: نسبت بـین دامنـه فـشار صـوت در فـشار حداکثر به فـشار حـداقل، نـسبت مـوج ایـستا(S) نامیـده می‌شود. این نسبت برای یک نمونه در همهٔ فرکانس هـای اکتاو باند تعیین خواهد شد. با تعیین نسبت موج ایستا در هر فرکانس با روابط ریاضی که وجود دارد، ضـریب جـذب صوتی در آن فرکانس به دست خواهد آمد.

www.SID.ir

فشار حداکثر در موج ایستا وقتی است کـه P_i و P_r در یک فاز هستند:

(۱)

$$|P_{max}| = |P_i|.(1+|r|)$$

P_i : فشار موج برخوردی

P_{max} : فشار بیشینه موج بازتابشی

r : فاکتور انعکاس فشار صوت

فشارحداقل در موج ایستا وقتی ایجاد می گردد که P_i و P_r در فاز مخالف هستند:

(۲)

$$|P_{min}| = |P_r|.(1-|r|)$$

تنظیم روابط مربوط به هم فاز بودن یا تقابل فاز با تنظـیم طول استوانه متناسب با فرکانس مورد نظر میسر می باشد. لذا نسبت موج ایستا (S) از رابطه زیر به دست می آید:

(۳)

$$S = \frac{|P_{max}|}{|P_{min}|}$$

P_{max} : حداکثر فشار صوت

P_{min} : حداقل فشار صوت

(۴)

$$S = \frac{1+|r|}{1-|r|}$$

(۵)

$$|r| = \frac{S-1}{S+1}$$

در نهایت، ضریب جـذب صـوتی نمونـه در فرکـانس مـوج صوتی تولید شده در لوله امپدانس با استفاده از رابطه زیـر تعیین می گردد:

(۶)

$$\alpha = 1-|r|^2$$

در استوانه امپدانس عملاً برای اندازه گیری مقادیر دامنه از تراز فشار بـه جـای کمیـت فـشار اسـتفاده مـی گـردد. از آنجایی که تراز فشار صوت دارای مقیـاس لگـاریتمی(dB) می باشد، می تـوان بـا داشـتن اخـتلاف بـین تـراز فـشار حداکثر و تراز فـشار حـداقل (ΔL) میـزان ضـریب جـذب صوتی را بصورت متناظر بدست آورد(۸):

(۷)

$$S = 10^{\Delta L/20}$$

(۸)

$$\alpha = \frac{4\times 10^{\Delta L/20}}{\left(10^{\Delta L/20}+1\right)^2}$$

در عمل محدوده فرکانسی در استوانه بوسیله طول و ابعـاد آن تعیین می شود. یک گره و یک شکم مجاور بـه انـدازه یک چهارم طول موج از هم فاصله دارند. بـم تـرین صـوت استوانه هنگامی است که فقط یـک گـره و یـک شـکم در استوانه ایجاد شود که در این صورت:

(۹)

$$L = \frac{\lambda}{4}$$

L : طول استوانه بر حسب متر

λ : طول موج بر حسب متر

حال اگر استوانه هماهنگ دوم و سـوم و..... خـود را تولیـد کند، طول استوانه برابر $3\lambda/4$ و $5\lambda/4$ و .... خواهد بـود. بـه طور کلی طول استوانه مضرب فردی از $\lambda/4$ اسـت. در ایـن صورت می توان روابط زیر را نوشت:

(۱۰)

$$L = \frac{(2K-1).\lambda}{4}$$

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

(۱۱)

$$L = \frac{(2K-1).V}{4f}$$

$$f = \frac{(2K-1).V}{4L}$$

L : طول استوانه بر حسب متر

λ : طول موج بر حسب متر

F : فرکانس صوت در استوانه بر حسب هرتز

V : سرعت صوت در استوانه بر حسب متر بر ثانیه

K : شماره صوت در استوانه (شماره هماهنگ)

قطـر و طـول اسـتوانه بـا تبعیـت از فرمـول زیـر تنظـیم می شود:

(۱۲)

$$f_U.d \le 170$$

d : قطر داخلی استوانه بر حسب متر

F_U: حد فرکانسی بالا

Archive of SID

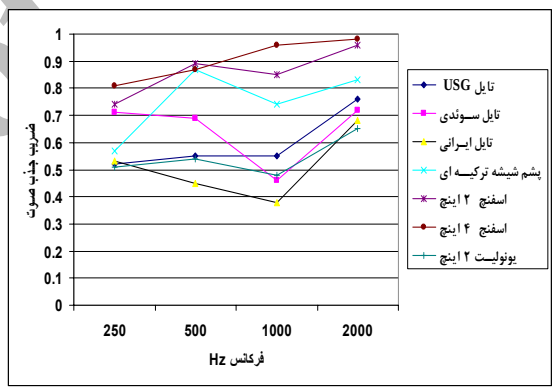
www.SID.ir

نتایج :

پـس از سـاخت و تأییـد کـارایی دسـتگاه مطـابق بـا استاندارد مربوطه، ۲۳ نمونه از مصالح جاذب صوت متداول و موجود در داخل کشور مورد آزمایش قرار گرفت. تمـامی آزمایشات اصلی در آزمایشگاه آکوستیک دانشکدهٔ بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همـدان انجـام گردیـده اسـت و اثـر عوامل مداخله کننده به حداقل رسانده شده است.

دسـتگاه سـاخته شـده در ایـن مطالعـه شـامل لولـه آزبستی به قطر ۱۰۰ میلیمتر، یک مولد صدای خـالص بـا فرکانس معین، میکـروفن و تـراز سـنج صـوت اسـت کـه قابلیت تست انواع مصالح جاذب صوت را دارد.

نتایج آزمایشات مربوط به اندازه گیری ضـریب جـذب صـوتی گـروه مـصالح مـورد بررسـی کـه شـامل مـصالح آکوستیکی موجود در بازار تهران در فرکانسهای یک اکتـاو باند در محدوده ۲۵۰ تا ۲۰۰۰ هرتز در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: ضرایب تعیین شده جذب صوتی مصالح جاذب صوت مورد آزمایش

جهت تعیین میزان تکرار پذیری نتایج، برای همهٔ ۲۳ نمونهٔ مصالح آکوستیکی مورد استفاده در ایـن تحقیـق در چهـــار فرکـــانس ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتـــز، آزمایشات سه مرتبه تکـرار شـد. مقـادیر متوسـط انحـراف معیار به عنوان یک شاخص پراکنـدگی مهـم در جـدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: مقادیر متوسط انحراف معیار

	فرکانس (هرتز)			
	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰
متوسط انحراف معیار مقادیر ضریب جذب اندازه گیری شده مصالح مورد بررسی	$۱/۱\times۱۰^{-۲}$	$۱/۲\times۱۰^{-۲}$	$۲/۸\times۱۰^{-۲}$	۳×۱۰^{-۲}

بحث:

همانگونه که در بخشهای پیشین ذکـر گردیـد اصـول طراحی دستگاه بر مبنای استفاده از نتایج مطالعـات سـایر محققین و استاندارد ذکر شـده انجـام گردیـد کـه شـامل تعیین مناسبترین طول و قطـر و خـصوصیات مهـم بـوده است لیکن برای دستیابی به نتایج قابل قبول مطابق آنچـه در استاندارد آمده است آزمایشات مقدماتی متعددی انجام گردید که ذکر آن در این مقاله نمی گنجـد لـیکن پـس از انجام آزمایشات مقـدماتی بهتـرین مـصالح لولـه آزبـستی سنگین تشخیص داده شد و انجام آزمایشات و مطابقت بـا دستورات مرجع در استاندارد مرتبط و ۳ بار تکرار آزمایشات برای نمونه ها اطمینان کافی را برای قابلیت دستگاه ایجاد نمود و دستیابی به فناوری ساخت این وسیله فراهم گردید.

نتایج ارائه شده در مورد ضرایب جذب صوتی مواد در کتب و مقالات موجود، برای یـک مـاده ضـرایب مختلفـی گزارش کرده اند، که این ناشی از متفاوت بودن نوع ماده از نظر ساختاری است و همچنین ذکر این نکته که در داخل کشور مصالح مـورد اسـتفاده بعنـوان جـاذب صـوت فاقـد شناسنامهٔ معتبری می باشند، در نتیجه نمـی تـوان بطـور قطعی ضرایب بدست آمـده از اسـتوانهٔ امپـدانس طراحـی شده را با ضرایب کتب مرجع یا مقالات مقایسه کرد. لیکن تشابه نتایج برای مصالح می توانـد دلیـل قـانع کننـده ای برای تایید صحت نتایج این مطالعـه باشـد لـیکن تکـرار و تنوع آزمایشات این تحقیق برای نزدیک نمـودن نتـایج در مصالح مختلف مشابه با سایر مطالعات بوده است.

مسئلهٔ حائز اهمیت بعدی این است که ضرایب جذبی که بدست آمده، ضریب جذب برخورد نرمال است، در حالیکـه در اکثر منابع و مطالعات دیگر، ضریب جذب آمـاری آورده شده است. این بدان معنی است که اگرچه با استفاده از استوانهٔ امپدانس بطور مستقیم ضریب جذب برخورد نرمال تعیـین می شود، اما عملاً، صدا بطور نرمال با سـطح جـاذب مـورد آزمایش برخورد نمی کند. بنابراین برای محاسبهٔ یک محدوده وسیعی از زاویه های برخوردی، ضریب کاربردی که معمـولاً ضریب جذب آماری(α_{Stat}) ، بکـار مـی رود. ایـن ضـریب را می توان با استفاده از لولهٔ امپدانس و تکـرار آزمایـشات در سطح بالا برای هر نمونهٔ مورد آزمایش بدست آورد(۱۳).

تحقیقـــات انجـــام گرفتـــه در دســـترس در مـــورد دستگاههای اندازه گیری امپدانس و ضریب جـذب صـوتی مواد اکثراً بر مبنای روش شدت (تابع انتقالی) بر اســـاس

Archive of SID

www.SID.ir

ISO 10534-2 و ASTM 1050 90 صورت گرفته است. تنها گزارش در دسترس که براساس روش فشار (روش نسبت موج ایستا) بر اساس ISO 10534-1 انجام شده است، مربوط به راسل(۴) می باشد که فقط برای ۵ مادهٔ جاذب صوت، ضرایب جذب آورده شده است و هیچگونه نتیجه گیری در مورد میزان دقت و صحت روش فشار با توجه به ۵ نمونهٔ آزمایش شده، آورده نشده است. مقایسه نتایج حاصل از آزمایشات روی مصالح مشابه در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است با سایر تحقیقات انجام گرفته - با استفاده از روش شدت بر مبنای تابع انتقالی- بیانگر این نکته است که، روشهای استوانهٔ امپدانس از دقت و صحت مطلوبی جهت اندازه گیری ضریب جذب صوتی مواد برخوردار می باشد(۱۱-۲).

قابل ذکر است که روش شدت (تابع انتقالی) نسبت به روش فشار (نسبت موج ایستا) از دقت بالاتری برخوردار می باشد و انجام آزمایشات از نظر زمانی سریعتر انجام می شود. ولی نیاز به تجهیزات پیشرفته تری دارد در حالیکه هدف از اجرای تحقیق حاضر استفاده از از یک روش بر مبنای تجهیزات در دسترس و نسبتاً آسان جهت اندازه گیری ضریب جذب صوتی مواد بوده است.

در این مطالعه معلوم گردید که لوله ای از جنس آزبست با ضخامت بالا، به قطر ۱۰۰ میلی متر و طول ۱/۷ متر در گسترهٔ فرکانسی $۵۰۰ < \alpha < ۲۰۰۰$ هرتز نتایج قابل قبولی خواهد داشت. برای محدوده های کوچکتر از ۵۰۰ هرتز نیاز به لوله ای با طول بزرگتر و برای رنج فرکانسی بالاتر از ۲۰۰۰ نیاز به لوله ای با طول کمتر و قطر کوچکتر خواهد بود. موضوع قابل اهمیت دیگر، نحوهٔ قرار دادن نمونه در دهانهٔ استوانهٔ امپدانس است. برای کم کردن میزان خطا باید ابعاد نمونه دقیقاً برابر با قطر داخلی استوانهٔ امپدانس باشد و نگهدارندهٔ نمونه باید هیچ گونه نشتی صدا نداشته باشد (۲). در آزمایشات انجام شده، جهت درزگیری نشتی ها از خمیر بازی استفاده شد.

جهت تعیین میزان تکرار پذیری آزمایشات(قابلیت اطمینان)،برای همهٔ نمونه های مورد بررسی، آزمایشات سه مرتبه تکرار شد. نتایج نشان داد که انحراف معیار ها در فرکانس های آزمایش شده (۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ هرتز) کاملاً رضایت بخش می باشد، زیرا مقادیر متوسط انحراف معیار ها کوچکتر از ۳×۱۰^{-۲} است که در مقایسه با مطالعهٔ مشابه نتایج مناسبی را داشته است. به طور مثال در دستگاه طراحی شده توسط پرودی، مقادیر متوسط انحراف معیار ها کوچکتر از $۳/۹ \times ۱۰^{-۲}$ گزارش شده است (۸). نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان می دهند که موارد زیر می تواند در آزمایشات ایجاد خطا نماید:

۱- تضعیف بیش از حد در استوانهٔ امپدانس بدلیل زبری و تخلخل سطح داخلی آن، دیواره های مرتعش و نشتی صدا.

۲- تضعیف بوسیلهٔ لولهٔ پروب.

۳- تداخل صدای هوابرد یا پیکری(Structure-borne) به دلیل عایق بندی نامناسب بلندگو و ارتعاش لولهٔ پروب.

۴- لقی اجزاء سیستم و برخورد آنها شامل لولهٔ پروب و ساپورت ها

۵- رنج خروجی محدود بلندگو، آمپلی فایر و میکروفن.

نتیجه نهایی :

بررسی های انجام شده در حد دسترسی نویسندگان بیانگر این موضوع است که مطالعه حاضر اولین تحقیق منسجم در کشور برای طراحی و ساخت استوانهٔ امپدانس جهت سنجش ضریب جذب صوتی مصالح بوده است که مبنای آن تجهیزات و مدار اندازه گیری ساده با استفاده از روش فشار بوده است که فناوری ساخت و انجام آزمایشات با حداقل خطا در این پژوهش محقق گردیده است. در مقایسه با مطالعات سایر محققین که اکثراً از روش شدت و با استفاده از تجهیزات پیشرفته انجام شده است، این فناوری می تواند نیاز های کشور را در زمینهٔ آزمایش و تهیهٔ شناسنامه برای مصالح تولیدی جاذب صوت برآورده نماید.

علی رغم صعوبت و طولانی بودن مراحل انجام کار و صرف زمان بسیار زیاد برای انجام آزمایشات، اهداف تحقیق برای دستیابی به فناوری و ساخت دستگاهی برای آزمایش ضریب جذب مصالح آکوستیکی محقق گردیده است و با استفاده از دستاورد های این پژوهش می توان برای کلیهٔ مصالح جاذب صوت تولید داخل یا مصالح فاقد شناسنامه، در محیط آزمایشگاهی با استفاده از لولهٔ امپدانس طراحی شده ، آزمایشات را انجام داد و ضرایب جذب صوتی آنها را تعیین نمود.

منابع :

۱. گلمحمدی رستم. مهندسی صدا و ارتعاش. ویرایش ۳، همدان: انتشارات دانشجو، ۱۳۸۶.

2. International standard organization, Acoustics- Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes-

Archive of SID
www.SID.ir

Part 1: Method using standing wave ratio, ISO 10534- 1:1996.
3. International standard organization, Acoustics-Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes-Part 2: Transfer-Function method", ISO 10534-2, 1998.
4. Russel DA. Absorption coefficient and impedance, Science and mathematics department, GMI engineering and management institute flint, MI, 48504, 1997.
5. Angelo F, Patrizio F. Standing wave tube techniques for measuring the normal incidence absorption coefficient, comparation of different experimental setups, Dipart, Di Ing, Industriale, Università di Parma, Via delle Scienze, 43100 Parma,Italy,(1994).
6. Angelo F, Anna T. Measurement of the sound absorption coefficient of materials with a new sound intensity technique. Ipartimento ingegneria industriale. University of parma - Viale delle scienze, 3100 Parma, Italy, 1997.
7. Dewei P, Shih-Fu L. Microphone-free measurement of acoustic absorption coefficient of materials using standing wave tube, Center for mechanics of micro systems, school of technical & production engineering, 22 March 2005.
8. Prodi N, Pompoli F, Bonfiglio P. A new apparatus for measuring the absorption coefficient for normal incidence, dipartimento di ingegneria, università di ferrara, Italia, Vol 25, Pt4, 2003.
9. Yang L, Finn J, Measurement of absorption with a p-u sound intensity probe in an impedance tube (L). J Acoustic Soc Am 2005 Oct; 118(4) : 2117-2120.
10. Robert TD, Bargainer JD. Acoustic impedance tube, Department of engineering baylar university (report) ,Waco, Texas,1998.
11. Ryu Y. The acoustic impedance measurement system using two microphones, Bruel & Kjaer Co, (report), Denmark.
12. International standard organization, Acoustics-measurement of sound absorption in a reverberation room' ISO 354:2003,
13. Bell LH, Bell DH. Industrial noise control, Second edition, New York, Marcel Dekkel, 1994.

Archive of SID

www.SID.ir