

بررسی روش‌های بهبود جذب صدا در فوم آلومینیوم ۵۰۸۳

عباس بحرینی، علی عزیزاده*

پژوهشکده مهندسی کامپوزیت، مجتمع دانشگاهی مواد و فن‌آوری‌های ساخت، دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر

چکیده

رفتار جذب صدای فوم‌های آلومینیوم ۵۰۸۳ یاخته-باز (سلول-باز) تولیدشده با استفاده از روش فضا ساز مطالعه شد. ضریب جذب صدای نمونه‌ها در محدوده ۵۰۰-۱۰۰۰۰ هرتز بوسیله روش تابع انتقال بررسی گردید. جذب صدای فوم‌های آلومینیوم ۵۰۸۳ با دو اندازه یاخته (سلول) کمتر از ۱۰۶ و ۲۵۰-۱۰۶ بررسی شد. ضمن اینکه اثر افزودنی کاربید سیلیسیم با ۱۰ درصد حجمی مورد مطالعه قرار گرفت. اثر شکاف هوایی بر ضریب جذب صدا نیز بررسی شد. نتایج نشان داد که رفتار جذب صدای فوم‌های آلومینیوم ۵۰۸۳ با اندازه یاخته‌ای (سلولی) کمتر از ۱۰۶ میکرون و ۲۵۰-۱۰۶ میکرون در اکثر بسامدها بسیار ضعیف است. افزودن ۱۰ درصد حجمی کاربید سیلیسیم به فوم آلومینیوم ۵۰۸۳ با اندازه یاخته‌ای (سلولی) ۲۵۰-۱۰۶ میکرون خواص جذب صدای فوم را بهبود داد. نتایج این تحقیق هم‌چنین نشان داد که ایجاد شکاف هوایی در فوم آلومینیوم ۵۰۸۳ با اندازه یاخته‌ای (سلولی) کمتر از ۱۰۶ میکرون تأثیری در جذب صدا ندارد. در فوم آلومینیوم ۵۰۸۳ با اندازه یاخته‌ای (سلولی) ۲۵۰-۱۰۶ میکرون و شکاف هوایی ۲۰ میلی‌متر در اکثر بسامدها جذب صدای بسیار خوبی نسبت به نمونه بدون شکاف هوایی و نمونه با شکاف هوایی ۱۰ میلی‌متر مشاهده شد.

کلیدواژه‌ها: فوم آلومینیوم ۵۰۸۳، کامپوزیت، کاربید سیلیسیم، ضریب جذب صدا، شکاف هوایی.

۱. مقدمه

موادی که دارای ساختار متخلخل هستند، یعنی دارای خلل و فرج بین اجزای خود هستند، می‌توانند به عنوان جاذب‌های متخلخل صوتی عمل کنند. فوم‌های آلومینیومی^۱ به عنوان یک ماده متخلخل مطرح هستند. یکی از مهمترین خواص این فوم‌ها خاصیت جذب صدای آن‌هاست. این فوم‌ها، برخلاف دیگر جاذب‌های صوتی مانند پشم شیشه، استحکام و خواص مکانیکی مناسبی دارند و از آن‌ها می‌توان در بسیاری از صنایع خصوصاً صنایع دریایی و کشتی‌سازی استفاده کرد [۱-۳]. این فوم‌ها از طریق روش‌های متعددی تولید می‌شوند که از جمله آن‌ها می‌توان به فوم‌سازی مستقیم با تزریق گاز^۲، فوم‌سازی مستقیم با مواد حباب‌زا^۳ و فرآیند تف‌جوشی-انحلال^۴ یا فضا ساز^۵ اشاره کرد [۲-۴].

جذب صدا در مواد با پارامتری به نام ضریب جذب صدای^۶ معرفی می‌گردد. عوامل زیادی وجود دارند که بر ضریب جذب صدا در فوم‌های آلومینیوم مؤثر هستند از جمله این عوامل می‌توان به اندازه یاخته‌ای (سلولی)، ریخت‌شناختی یاخته^۷ (باز یا بسته بودن یاخته)، حفرات باز^۸، تخلخل، کامپوزیت‌سازی و اثر فاز ثانویه، مقاومت جریان هوا^۹، شکاف هوایی^{۱۰}، ضخامت فوم، شکل یاخته‌ها، زاویه تابش امواج صدا و ترکیب فوم‌ها (جاذب چندلایه) اشاره نمود. منظور از یاخته-باز (سلول-باز) بودن این است که تمام حفرات فوم از طریق مجراهایی ریز که به آن‌ها حفرات باز گفته می‌شود به یکدیگر متصل شده‌اند [۵-۲۳].

خان و همکاران [۲۴] فوم کامپوزیتی آلومینیوم-کاربید سیلیسیم را طبق فرآیند تف‌جوشی-انحلال تولید کردند. برخی محققان مطالعات خود را به مقایسه جذب صدای فوم‌های آلومینیوم و کامپوزیت آلومینیوم سوق دادند [۵-۶]. محققان زیادی از جمله هان و همکاران [۷]، لی و

* نویسنده پاسخگو: aalizadeh241@gmail.com

¹ Aluminium foams

² Direct foaming with gas injection

³ Direct foaming with blowing agents

⁴ SDP; Sintering-Dissolution Process

⁵ Space holder

⁶ Sound absorption coefficient

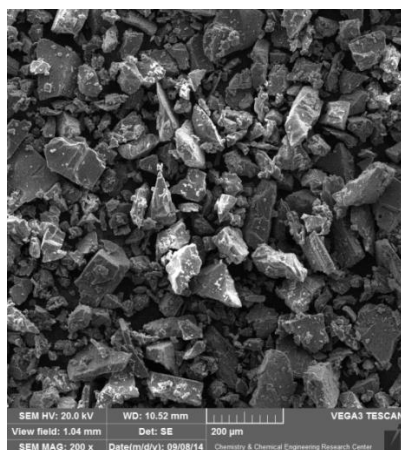
⁷ Cell morphology

⁸ Pore openings

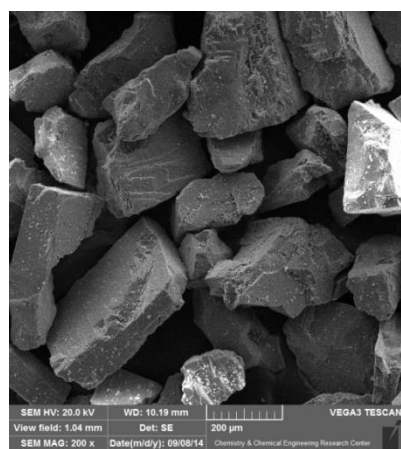
⁹ Air flow resistance

¹⁰ Air gap

نیز پودر آلومینیوم ۵۰۸۳ و پودر کاربید سیلسیم (۱۰ درصد حجمی) با پودرهای کلرید سدیم با اندازه ذرات ۲۵۰-۱۰۶ میکرون ترکیب گردید. مخلوط پودری تحت فشار ۱۰۰ مگاپاسکال برای ۱۰ ثانیه در قالب استوانه‌ای به قطر داخلی ۳۰ میلی‌متر فشرده شد. در ادامه نمونه‌ها در اتمسفر آرگون تفجوشی^۳ شدند و در نهایت ذرات کلرید سدیم در دو مرحله درون آب حل گردیدند.



(الف)



(ب)

شکل ۱ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روشی (اس‌ای‌ام) از پودر کلرید سدیم در محدوده اندازه ذرات الف) کم‌تر از ۱۰۶ میکرون و ب) ۲۵۰-۱۰۶ میکرون.

۲-۲. آزمون تعیین ضریب جذب صدا

در این آزمایش از یک لوله مقاومت ظاهری^۴ استفاده شد. ضریب جذب صدای فوم‌ها در لوله مقاومت ظاهری از طریق

همکاران [۸]، صدیق [۹]، ناواسرادا و همکاران [۱۰] و غیره به بررسی خواص جذب صدا در فوم‌های آلومینیومی با شکاف هوایی پرداختند.

در این پژوهش فوم‌های آلومینیوم ۵۰۸۳ و آلومینیوم ۵۰۸۳-کاربید سیلسیم برای بررسی خواص جذب صدا تولید شدند. در این پژوهش نوآوری‌هایی از جمله استفاده از آلومینیوم آلیاژی ۵۰۸۳ برای ساخت فوم جاذب صدا، تولید فوم آلومینیوم ۵۰۸۳ و فوم کامپوزیتی آلومینیوم ۵۰۸۳-کاربید سیلسیم با اندازه یاخته‌ای (سلولی) در محدوده ۲۵۰-۱۰۶ میکرون، بررسی اثر اندازه یاخته‌ای (سلولی) در اندازه کم‌تر از ۱۰۶ میکرون و ۲۵۰-۱۰۶ میکرون روی ضریب جذب صدای فوم آلومینیوم آلیاژی ۵۰۸۳ و بررسی اثر شکاف هوایی روی ضریب جذب صدای فوم آلومینیوم آلیاژی ۵۰۸۳ انجام گردید.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. آماده‌سازی فوم‌ها

برای تولید نمونه‌های فوم آلیاژی و کامپوزیتی آلومینیوم، روش استفاده از فضا ساز کلرید سدیم در متالورژی پودر یا همان فرآیند تفجوشی- انحلال^۱ انتخاب شد. پودرهای آلومینیوم ۵۰۸۳ و کاربید سیلسیم به ترتیب با اندازه ذرات کم‌تر از ۱۰۰ و ۱۰ میکرون تهیه شدند. پودر آلومینیوم ۵۰۸۳ از شمش آلیاژ مذکور پس از خردایش تهیه گردید. پودر کلرید سدیم در دو نوع اندازه ذره کم‌تر از ۱۰۶ و ۲۵۰-۱۰۶ میکرون غربال گردیدند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روشی (اس‌ای‌ام)^۲ تهیه‌شده از ذرات کلرید سدیم سدیم غربال‌شده در شکل ۱ ارائه گردیده‌اند. اندازه ذرات کلرید سدیم از این جهت مهم هستند که شکل و اندازه یاخته (سلول) نهایی فوم از شکل و اندازه ذرات کلرید سدیم الگوبرداری می‌کند.

درصد حجمی متفاوتی از پودرهای آلومینیوم ۵۰۸۳، کاربید سیلسیم و کلرید سدیم در قالب سه نمونه مشخص گردیدند. در نمونه ۱ و نمونه ۲ پودر آلومینیوم ۵۰۸۳ به ترتیب با پودرهای کلرید سدیم با اندازه ذرات کم‌تر از ۱۰۶ میکرون و ۲۵۰-۱۰۶ میکرون مخلوط شدند. در نمونه ۳

^۳ Sinter

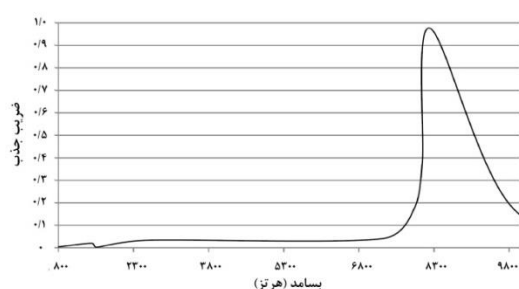
^۴ Impedance tube

^۱ SDP; Sintering-Dissolution Process

^۲ SEM; Scanning Electron Microscope

بنابراین فوم آلومینیوم ۵۰۸۳ با اندازه یاخته‌ای (سلولی) کم‌تر از ۱۰۶ میکرون به عنوان جاذب صدا در محدوده بسامد ۸۶۰۰ هرتز مناسب می‌باشد و در الباقی بسامدها جاذب صدای خوبی نیست.

در شکل ۳ پیک جذب صدای بیشینه برای نمونه ۲ در بسامد ۸۲۲۴ هرتز رخ داده که ضریب جذب آن ۰/۹۸ بوده است. این نمودار نشان می‌دهد که استفاده از نمونه ۲ در مقایسه با نمونه ۱ پیک جذب بیشینه را به بسامدهای پایین‌تر سوق داده است. این نمونه در سایر بسامدها جاذب صدای خوبی نمی‌باشد.



شکل ۳ نمودار ضریب جذب صدا بر حسب بسامد در بازه بسامدی ۵۰۰-۱۰۰۰۰ هرتز برای نمونه ۲.

برای بررسی اثر ایجاد شکاف هوایی، ضریب جذب صدای نمونه ۱ در برخی بسامدها در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین نمودار ضریب جذب صدا بر حسب بسامد برای نمونه ۱ با فواصل هوایی ۰، ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر در بازه بسامدی ۵۰۰-۱۰۰۰۰ هرتز در شکل ۴ ارائه گردیده است. براساس این اطلاعات اثر چشم‌گیری بواسطه ایجاد شکاف هوایی بر روی این نمونه مشاهده نشده است.

جدول ۱ ضریب جذب صدای نمونه ۱ در برخی بسامدها برای شکاف هوایی ۰، ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر.

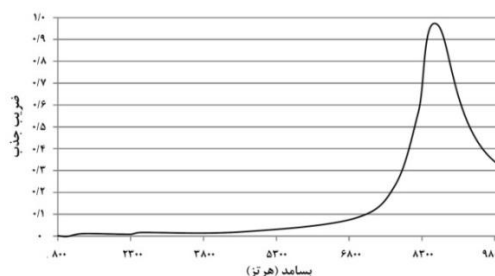
شکاف هوایی (میلی‌متر)			بسامد (هرتز)
۲۰	۱۰	۰	
۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۸	۶۹۱۲
۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۵۶	۸۲۲۴
۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۷	۸۶۰۸
۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۳۲	۹۹۵۲

استاندارد «بی‌اس‌ای‌ان ایزو ۱۰۵۳۴-۲:۲۰۰۱»^۱ [۲۵] اندازه‌گیری گردید. در این آزمون، تعیین ضریب جذب صدا در لوله مقاومت ظاهری با استفاده از روش تابع انتقال^۲ شرح داده می‌شود. در این روش با استفاده از یک لوله مقاومت ظاهری، دو محل میکروفون و یک سامانه تحلیل بسامد رقومی (دیجیتالی)، ضریب جذب صدا در تابش عمودی^۳ تعیین می‌گردد.

روش انجام آزمون به صورتی است که نمونه‌ای تحت آزمون در انتهای یک لوله مقاومت ظاهری مستقیم و بدون ورود و خروج هوا نصب می‌شود. امواج توسط منبع صدا در لوله تولید شده و فشار صدا در دو نقطه نزدیک نمونه اندازه‌گیری می‌گردد [۲۵]. برای اندازه‌گیری صحیح ضریب جذب صدا در لوله مقاومت ظاهری، فوم‌های آلومینیوم باید قطر دقیق لوله را داشته باشند. محققان معتقدند وجود فضای خالی بین نمونه و جداره لوله نتایج را تغییر می‌دهد [۲۶]. نمونه‌های ۱ و ۲ تحت تأثیر اثر شکاف هوایی بین نمونه و دیواره انتهای لوله مقاومت ظاهری نیز مورد آزمایش قرار گرفتند.

۳. نتایج و بحث

در شکل‌های ۲ و ۳ نمودار ضریب جذب صدا بر حسب بسامد برای نمونه‌های ۱ و ۲ در بازه بسامدی ۵۰۰-۱۰۰۰۰ هرتز مشاهده می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود قله (پیک) جذب صدای بیشینه برای نمونه ۱ در بسامد ۸۶۰۸ هرتز با ضریب جذب ۰/۹۷ ایجاد شده است. ضمن اینکه در بسامد ۸۲۲۴ هرتز مقدار ضریب جذب صدا ۰/۵۷ گردیده است.

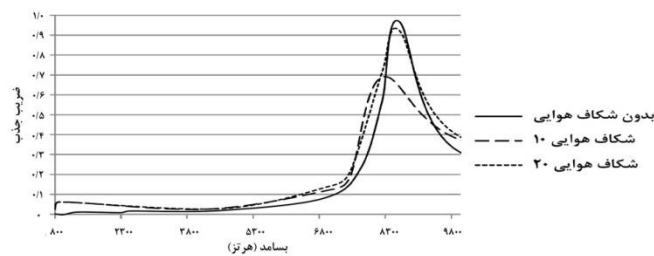


شکل ۲ نمودار ضریب جذب صدا بر حسب بسامد در بازه بسامدی ۵۰۰-۱۰۰۰۰ هرتز برای نمونه ۱.

^۱ BS EN ISO 10534-2:2001

^۲ Transfer function

^۳ Normal incidence



شکل ۴ نمودار ضریب جذب صدا بر حسب بسامد برای نمونه ۱ با شکاف هوایی ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر، در بازه بسامدی ۵۰۰-۱۰۰۰۰ هرتز.

کاهش می‌دهد.

برای نمونه ۲ نیز اثر شکاف هوایی بررسی شد. در جدول ۲ ضریب جذب صدای نمونه ۲ در برخی بسامدها برای سه شکاف هوایی ۱۰، ۲۰ و ۲۰ میلی‌متر ارائه گردیده است. در اکثر بسامدهای ارائه شده در جدول ۲ نمونه با شکاف هوایی ۲۰ میلی‌متر ضریب جذب صدای بالاتری داشته است. نمودارهای ضریب جذب صدا بر حسب بسامد برای این نمونه با فواصل هوایی ۱۰، ۲۰ و ۲۰ میلی‌متر در بازه بسامدی ۵۰۰-۱۰۰۰۰ هرتز در شکل ۵ ارائه گردیده‌اند. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌گردد نمونه ۲ با شکاف هوایی ۲۰ میلی‌متر در اکثر بسامدها جذب صدای بسیار خوبی نسبت به نمونه بدون شکاف هوایی و نمونه با شکاف هوایی ۱۰ میلی‌متر داشته است. طبق رابطه ۱ افزایش شکاف هوایی از ۱۰ به ۲۰ میلی‌متر باعث افزایش مقدار V می‌شود که به دنبال آن مقدار بسامد تشدید کاهش می‌یابد. قله (پیک) بسامد بازآوایش (تشدید) برای نمونه با شکاف هوایی ۲۰ میلی‌متر در محدوده ۲۰۰-۷۰۰ هرتز رؤیت گردیده است. بنابراین احتمال دارد که بسامد بازآوایش (تشدید) نمونه ۲ با شکاف هوایی ۱۰ میلی‌متر در بسامدهای بیش از ۱۰۰۰۰ هرتز رخ داده باشد.

جدول ۲ ضریب جذب صدای نمونه ۲ در برخی بسامدها برای شکاف هوایی ۱۰، ۲۰ و ۲۰ میلی‌متر.

بسامد (هرتز)	شکاف هوایی (میلی‌متر)		
	۲۰	۱۰	۰
۱۵۶۸	۰/۵۲	۰/۰۱	۰/۰۲
۲۹۴۴	۰/۵۳	۰/۰۳	۰/۰۳
۷۵۲۰	۰/۶۹	۰/۰۲	۰/۰۳
۸۲۲۴	۰/۴۲	۰/۹۰	۰/۹۸
۹۵۶۸	۰/۹۳	۰/۰۸	۰/۰۸
۹۸۵۶	۰/۹۱	۰/۲۰	۰/۱۱

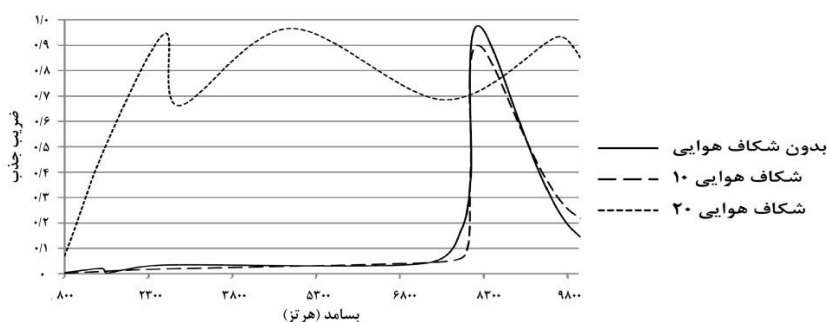
قرارگیری شکاف هوایی قبل از فوم آلومینیوم ۵۰۸۳ یاخته-باز (سلول-باز) منجر به ایجاد سازوکار بازآوایشگر (تشدیدگر) هلمهولتز^۱ می‌شود. در این حالت مجراهای فوم آلومینیوم در نقش گلوپی و شکاف هوایی در نقش محفظه سامانه هلمهولتزی عمل می‌نمایند. از بازآوایش (تشدید) هوا در شکاف هوایی این پدیده رخ می‌دهد. بسامد بازآوایش (تشدید) ارتعاش هوا از طریق رابطه ۱ بیان می‌شود:

$$f = \frac{C}{\pi} \sqrt{\frac{S}{VL}} \quad (1)$$

که f بسامد بازآوایش بازآوایشگر هلمهولتز، C سرعت صوتی در شکاف هوایی، S سطح مقطع یک یاخته (سلول) فوم، V حجم فضای ایجاد شده از طریق شکاف هوایی و L ضخامت فوم می‌باشند. بازآوایشگر (تشدیدگر) هلمهولتز یک قله (پیک) جذب در بسامد بازآوایش دارد [۷، ۲۷].

مطابق رابطه ۱ عوامل متعددی می‌توانند بر بسامد بازآوایش (تشدید) فوم اثر بگذارند که یکی از آن‌ها اندازه یاخته‌ای (سلولی) فوم است. با توجه به اینکه در نمونه ۱ اندازه یاخته‌ای (سلولی) ۱۰۶ میکرون است و در مقایسه با فوم‌های بررسی‌شده توسط سایر محققان [۷-۱۰] کوچک‌ترین میزان اندازه یاخته‌ای (سلولی) در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته می‌توان احتمال داد که چون مقدار S در رابطه ۱ کوچک بوده مقدار f نیز کاهش یافته و بسامد بازآوایش (تشدید) در کم‌تر از ۵۰۰ هرتز رخ داده است. بنابراین در بازه ۵۰۰-۱۰۰۰۰ هرتز هیچ‌گونه اثر محسوسی بواسطه ایجاد شکاف هوایی رخ نداده است. هم‌چنین افزایش اندازه شکاف هوایی از ۱۰ به ۲۰ منجر به افزایش مقدار V در رابطه ۱ می‌گردد که این مسأله هم مقدار f را نسبت به حالتی که شکاف هوایی وجود نداشته بیش‌تر

¹ Helmholtz resonator



شکل ۵ نمودار ضریب جذب صدا بر حسب بسامد برای نمونه ۲ با شکاف هوایی ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر، در بازه بسامدی ۵۰۰-۱۰۰۰۰ هرتز.

نمونه‌های آلومینیوم ۵۰۸۳ (نمونه ۱ و ۲) در چنین بسامدی ضریب جذب ۱ محقق نشده بود که این مطلب نشان‌دهنده اثر مثبت تولید کامپوزیت از طریق افزودنی کاربید سیلیسیم است.

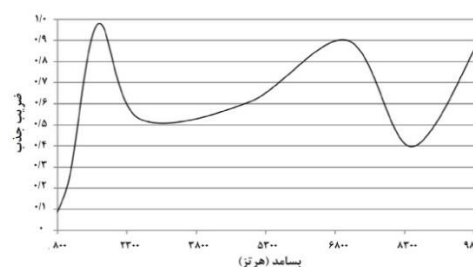
نمونه ۳ در بسامد ۷۰۷۲ هرتز ضریب جذب ۰/۹۰ داشته است. در بسامدهای بالاتر از ۷۰۰۰ نیز با وجود اندکی نوسان در یک بازه بسامدی وسیع، شش قله (پیک) جذب بالای ۰/۹۰ مشاهده می‌گردد.

همان‌طور که از مقایسه شکل‌های ۳ و ۶ به وضوح مشاهده می‌گردد نمونه ۳ در مقایسه با نمونه ۲ در اکثر بسامدها ضریب جذب صدای بهتری داشته است این مسأله نشان می‌دهد که افزودن ۱۰ درصد حجمی کاربید سیلیسیم باعث بهبود ظرفیت جذب صدای نمونه آلومینیوم آلیاژی ۵۰۸۳ با اندازه یاخته‌ای (سلولی) ۱۰۶-۲۵۰ میکرون شده است. وقوع این پدیده را می‌توان با مقاومت ظاهری (امپدانس) صوتی مواد تشکیل دهنده بررسی نمود. آلومینیوم آلیاژی دارای مقاومت ظاهری (امپدانس) صوتی در محدوده ۱۷/۴۱-۱۷/۳۳ MRayl و پودر کاربید سیلیسیم نیز دارای امپدانس صوتی ۴۲ MRayl می‌باشند [۲۸]. بنابراین افزودن کاربید سیلیسیم باعث افزایش میانگین مقاومت ظاهری (امپدانس) صوتی نمونه کامپوزیت آلومینیوم ۵۰۸۳-کاربید سیلیسیم در مقایسه با آلومینیوم ۵۰۸۳ می‌گردد.

جای‌جون و همکاران [۵] معتقدند بواسطه برخورد موج صدا به سطح فوم، هوا در میان یاخته‌ها (سلول‌ها) شروع به ارتعاش می‌کند و به دنبال آن مواد دیواره یاخته (سلول) نیز ارتعاش می‌نمایند وجود مقدار زیاد ذرات کاربید سیلیسیم در دیواره یاخته (سلول) و در نتیجه وجود فصل مشترک

بنابراین نتایج، نمونه ۲ به تنهایی نمی‌تواند جاذب صدای مناسبی باشد. اما در صورت لزوم استفاده از جاذبی با اندازه یاخته‌ای (سلولی) ۱۰۶-۲۵۰ میکرون ایجاد شکاف هوایی ۲۰ میلی‌متری باعث بهبود جذب در بسامدهای ۵۰۰ تا حدود ۸۰۰۰ هرتز می‌گردد.

در شکل ۶ نمودار ضریب جذب صدا بر حسب بسامد برای نمونه ۳ در بازه بسامدی ۵۰۰-۱۰۰۰۰ هرتز مشاهده می‌گردد.



شکل ۶ نمودار ضریب جذب صدا بر حسب بسامد در بازه بسامدی ۵۰۰-۱۰۰۰۰ هرتز برای نمونه ۳.

نمونه ۳ ساختاری مشابه نمونه ۲ دارد و تنها تفاوت این است که به نمونه ۳، ۱۰ درصد حجمی کاربید سیلیسیم اضافه گردیده و نمونه ۳ به فوم کامپوزیتی آلومینیوم ۵۰۸۳-کاربید سیلیسیم تبدیل گردیده است. نمونه ۳ در بسامدهای کمتر از ۷۰۰۰ هرتز، تقریباً دارای محدوده جذب صدای خوبی می‌باشد. این نمونه در بسامد ۱۶۹۶ هرتز ضریب جذبی معادل ۱ داشته است که یک نتیجه بسیار عالی محسوب می‌شود و می‌توان آن را با پشم‌شیشه که در بسامد ۱۳۰۰ هرتز ضریب جذب ۱ دارد [۵] مقایسه نمود. پشم‌شیشه به عنوان ماده‌ای بسیار خوب در جذب صدا مطرح است که البته از نظر اشتعال‌زایی برای بسیاری از کاربردهای حرارتی نامناسب می‌باشد. در هیچ‌کدام از

- [3] M. Divandari, A.R. Vahid Golpayegani, H.R. Shahverdi, "Metal Foams," Iran University of Science and Technology, 2006 (In Persian).
- [4] M.F. Ashby, A.G. Evans, N.A. Fleck, L.J. Gibson, J.W. Hutchinson and H.N.G. Wadley, "Metal Foams: A Design Guide," Butterworth-Heinemann, 2000.
- [5] W. Jiejun, L. Chenggong, W. Dianbin, G. Manchang, "Damping and sound absorption properties of particle reinforced Al matrix composite foams," Composites Science and Technology, vol. 63, pp. 569-574, 2003.
- [6] V. Sharma, J. Ghose, S. Kumar, "Compressive and acoustic behavioural analysis of Al-MMC foam for industrial applications," Journal of The Institution of Engineers (India): Series C, vol. 93, no. 1, pp. 33-40, 2012.
- [7] F. Han, G. Seiffert, Y. Zhao, B. Gibbs, "Acoustic absorption behaviour of an open-celled aluminium foam," Journal of Physics D: Applied Physics, vol. 36, pp. 294-302, 2003.
- [8] Y. Li, Z. Li, F. Han, "Air flow resistance and sound absorption behavior of open-celled aluminum foams with spherical cells," Procedia Materials Science, vol. 4, pp. 180-183, 2014.
- [9] H.S. Seddeq, "Factors influencing acoustic performance of sound absorptive materials," Australian Journal of Basic and Applied Sciences, vol. 3, no. 4, pp. 4610-4617, 2009.
- [10] M.A. Navacerrada, P. Fernandez, C. Diaz, A. Pedrero, "Thermal and acoustic properties of aluminium foams manufactured by the infiltration process," Applied Acoustics, vol. 74, pp. 496-501, 2013.
- [11] W. Fang, W. Lu-cai, W. Jian-guo, Y. Xiao-hong, "Sound absorption property of open-pore aluminium foams," Journal of Research & Development, vol. 4, no. 1, pp. 031-033, 2007.
- [12] M. Hakamada, T. Kuromura, Y.Q. Chen, H. Kusuda, M. Mabuchi "Sound absorption characteristics of porous aluminum fabricated by spacer method," Journal of Applied Physics, vol. 100, 2006.
- [13] D. Guan, J.H. Wu, J. Wu, J. Li, W. Zhao, "Acoustic performance of aluminum foams with semiopen cells," Applied Acoustics, vol. 87, pp. 103-108, 2015.
- [14] Y.J. Li, X.F. Wang, Y.L. Ren, F.S. Han, C.E. Wen, "Sound absorption characteristics of aluminum foam with spherical cells," Journal of Applied Physics, vol. 110, 2011.
- [15] M.A. Navacerrada, C. Díaz, A. Pedrero, L.E. García, "Acoustic absorption of aluminium

بین ذرات کاربید سیلسیم و زمینه آلیاژ آلومینیوم باعث جذب بیش‌تر انرژی امواج صوتی می‌شود.

۴. نتیجه‌گیری

۱. به طور کلی یک جاذب صدا در همه بسامدها نمی‌تواند رضایت‌بخش باشد بلکه با توجه به بازه بسامدی و نوع کاربرد مورد نظر می‌توان جاذب‌های صوتی مربوط به آن بسامدها را تولید کرد.
۲. فوم آلومینیوم ۵۰۸۳ با اندازه یاخته‌ای (سلولی) کم‌تر از ۱۰۶ میکرون تحت هیچ شرایطی (حتی با ایجاد شکاف هوایی ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر) نمی‌تواند به عنوان یک جاذب خوب برای امواج صوتی عمل کند.
۳. ظرفیت جذب صدای فوم آلومینیوم ۵۰۸۳ با اندازه یاخته‌ای (سلولی) ۱۰۶-۲۵۰ میکرون بسیار نامطلوب است که برای بهبود آن می‌توان نمونه را بوسیله ۱۰ درصد حجمی ذرات کاربید سیلسیم و یا ایجاد شکاف هوایی به میزان ۲۰ میلی‌متر بهبود داد.
۴. افزودن ۱۰ درصد حجمی کاربید سیلسیم به نمونه با اندازه یاخته‌ای (سلولی) ۱۰۶-۲۵۰ میکرون باعث رسیدن به یک میزان چشم‌گیر جذب صدا در محدوده جذب صدای پشم‌شیشه گردیده است. در هیچ‌کدام از نمونه‌های آلومینیوم ۵۰۸۳ فاقد کاربید سیلسیم در بسامد ۱۷۰۰ هرتز ضریب جذب ۱ محقق نشد که این مطلب نشان‌دهنده اثر مثبت تولید کامپوزیت از طریق کاربید سیلسیم است.
۵. در فوم آلومینیوم ۵۰۸۳ با اندازه یاخته‌ای (سلولی) ۱۰۶-۲۵۰ میکرون با شکاف هوایی ۲۰ میلی‌متر در اکثر بسامدها جذب صدای بسیار خوبی نسبت به نمونه بدون شکاف هوایی و نمونه با شکاف هوایی ۱۰ میلی‌متر مشاهده شد.

۵. فهرست منابع

- [1] F.A. Everest, K.C. Pohlmann, "Master Handbook of Acoustics," Fifth Edition, McGraw-Hill, 2009.
- [2] J. Banhart, "Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams," Progress in Materials Science vol. 46, no. 6, pp. 559-632, 2001.

- [22] A. Bahreini, A. Alizadeh, H.R. Baharvandi, A. Ramezani Ghaemi, "Investigation of the effect of aluminum alloy foam pore size on the sound absorption coefficient," vol. 2, no. 2, pp. 34-40, 2015 (In Persian).
- [23] Z. Congyun, H. Qibai, "A method for calculating the absorption coefficient of a multi-layer absorbent using the electro-acoustic analogy," *Applied Acoustics*, vol. 66, pp. 879-887, 2005.
- [24] K.L.A. Khan, P. Mahajan, R. Prasad, "Synthesis and characterization of al foam, al alloy foam and Al-SiC composite foam," *Transactions of the Indian Institute of Metals*, vol. 61, pp. 111-113, 2008.
- [25] British Standard: Acoustics-Determination of Sound Absorption Coefficient and Impedance in Impedance Tubes-Part 2: Transfer-Function Method BS EN ISO 10534-2:2001 (London: BSI), 2001.
- [26] I.C. Kammer, "Aluminum foam TALAT 1410", European Aluminum Association; EAA, 1999.
- [27] H.Y. Lee, B. Choi, "A multilayer PVDF composite cantilever in the Helmholtz resonator for energy harvesting from sound pressure," *Smart Materials and Structures*, vol. 22, pp. 1-12, 2013.
- [28] Onda Corporation, "Acoustic properties of solids," <http://www.ondacorp.com/>, 2003.
- foams," *Mater Construcc*, vol. 58, pp. 85-98, 2008.
- [16] M. Hakamada, T. Kuromura, Y.P. Chen, H. Kusuda, M. Mabuchi "High sound absorption of porous aluminum fabricated by spacer method," *Applied Physical Letters*, vol. 88, 2006.
- [17] X. Wang, T.J. Lu, "Optimized acoustic properties of cellular solids," *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 106, pp.756, 1999.
- [18] T. Miyoshi, M. Itoh, S. Akiyama, A. Kitahara "ALPORAS aluminum foam: Production process, properties, and applications," *Advanced Engineering Materials*, vol. 2, pp. 179-83, 2000.
- [19] T.J. Lu, F. Chen, D.P. He, "Sound absorption of cellular metals with semiopen cells," *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 108, pp. 1697-709, 2000.
- [20] C. Perrot, F. Chevillotte, M.T. Hoang, G. Bonnet, F.X. Becot, L. Gautron, A. Duval, "Microstructure, transport, and acoustic properties of open-cell foam samples: Experiments and three-dimensional numerical simulations," *Journal of Applied Physics*, vol. 111, 2012.
- [21] S. Mahasaranon, K.V. Horoshenkov, A. Khan, H. Benkreira "The effect of continuous pore stratification on the acoustic absorption in open cell foams," *Journal of Applied Physics*, vol. 111, 2012.

Investigation of improvement methods of sound absorption in 5083 aluminum foams

A. Bahreini, A. Alizadeh*

Composite Engineering Institute, Faculty of Materials & Manufacturing Processes, Malek-Ashtar University of Technology

Abstract

Sound absorption behavior of A5083 open-celled foams produced by space holder method was investigated. Sound absorption coefficient of samples was investigated within the range of 500-16000 Hz, by the transfer function method. A5083 foams sound absorption was investigated by two cell sizes less than 106 and 106-250 microns. In addition, the effect of adding silicon carbide was studied with 10 vol.%. The effect of air gap depths on sound absorption coefficient was also investigated. Results indicated that A5083 foams sound absorption behavior with cell sizes less than 106 microns and 106-250 microns is very weak at most frequencies. Adding 10 vol.% of silicon carbide to A5083 foam with 106-250 microns cell sizes, improved the sound absorption properties of foams. The results of this research also indicated that using an air gap in A5083 foam with less than 106 microns cell size has no effect on sound absorption coefficient. In A5083 foam with 106-250 microns cell size and 20 mm air gap depths, at most frequencies, a better sound absorption was observed than the sample without air gap or the sample with 10 mm air gap depths.

Keywords: A5083 foam, Composite, Silicon Carbide (SiC), Sound absorption coefficient, Air gap.

pp. 54-60 (In Persian)

* Corresponding author E-mail: aalizadeh241@gmail.com