

بررسی اثر اندازه حفره‌های فوم آلومینیوم آلیاژی بر روی ضریب جذب صدا

عباس بحرینی^۱، علی‌علیزاده^{۲*}، حمیدرضا بهاروندی^۱، عباس رضائی قائمی^۲

۱. مجتمع دانشگاهی مواد و فن‌آوری‌های ساخت، دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر

۲. دانشکده مهندسی رسانه، دانشگاه صدا و سیما

چکیده

فوم‌های آلومینیومی خل - بسته (حفره - بسته) عموماً به عنوان جاذب‌های صدای ضعیف مطرح هستند. در این مقاله رفتار جذب صدای فوم‌های آلومینیوم آلیاژی خل - باز (حفره - باز) تولیدشده به روش فضا‌ساز مطالعه شد. ضریب جذب آن‌ها در برخورد عمودی و در محدوده ۸/۰-۲۰ کیلوهرتز به وسیله روش تابع انتقال بررسی شد. فوم‌های آلومینیوم آلیاژی با تخلخل مشابه اما با سه اندازه خل (حفره) مختلف: کم‌تر از ۱۰۶، ۱۰۶-۲۵۰ و ۱۰۰۰-۲۰۰۰ میکرون تولید شدند. نتایج نشان دادند که اندازه خل مناسب در محدوده مورد بررسی بالاترین جذب صدا در محدوده ۲۵۰-۵۰۰ میکرون است. رفتار جذب صدای فوم‌های آلومینیوم آلیاژی با اندازه خل‌هایی (حفره‌هایی) کم‌تر از ۲۵۰ میکرون در بسامدهای پایین بسیار ضعیف‌تر از فوم آلومینیوم آلیاژی با اندازه خل‌هایی در محدوده ۱۰۰۰-۲۰۰۰ میکرون است.

کلید واژه‌ها: فوم آلومینیوم آلیاژی، ضریب جذب صدا، اندازه خل (حفره)

۱. مقدمه

یکی از مهم‌ترین خواص فوم‌های فلزی خاصیت جذب صدای آن‌هاست. فوم‌های فلزی می‌توانند گزینه مناسبی برای مهار نوفه، خصوصاً در محیط‌های جنگی باشند. از این فوم‌ها در صنایع دریایی، هوایی و ساختمانی استفاده می‌شود. معیار ارزیابی مؤثر بودن یک ماده در جذب صدا را با ضریب جذب صدا بیان می‌کنند. عوامل زیادی بر ضریب جذب صدا در فوم‌های آلومینیوم مؤثر هستند. این عوامل عبارت است از: تخلخل، اندازه خل (حفره)، دهانه‌های خل^۱، ضخامت، مقاومت جریان هوا، ریخت‌شناختی خل (مورفولوژی حفره)^۲ (باز یا بسته)، اندازه دهانه‌های خل و زاویه برخورد امواج صدا [۱-۹]. فوم خل - باز در مقابل فوم خل - بسته (حفره - بسته)^۳ مطرح می‌گردد؛ فوم‌های خل - بسته توسط دیواره‌ای از مواد احاطه شده‌اند و هر خل (حفره) مجزا می‌باشد. درحالی‌که فوم‌های خل - باز (حفره - باز)^۴ در فضا با یکدیگر مرتبط هستند، به عبارت دیگر فوم خل - باز، فوم خل - بسته‌ای است که درون آن سوراخ‌های کوچکی قرار

داشته و منجر به اتصال خل‌های فوم به یکدیگر می‌شوند. به این سوراخ‌های کوچک "دهانه‌های خل" گویند [۶ و ۷]. فوم‌های خل - بسته ظرفیت جذب صدای نسبتاً کمی در مقایسه با فوم‌های خل - باز دارند که این موضوع نیز ناشی از "دهانه‌های خل" این فوم‌هاست [۱-۲ و ۱۰-۱۱]. عامل دیگری که بر روی ضریب جذب صدا تأثیرگذار است و برخی محققین آن را بررسی نموده‌اند "مقاومت جریان هوا" می‌باشد. این عامل نمایانگر دشواری انتشار هوا در مواد متخلخل است. در موادی که عبور هوا از آن‌ها دشوار است، انتشار صدا هم با دشواری صورت می‌پذیرد. علت آن این است که صدا با ارتعاشاتی در هوا ایجاد می‌شود. وقتی قطر خل‌های یک فوم آلومینیومی خل - باز کاهش می‌یابد، "مقاومت جریان هوا" افزایش می‌یابد [۷ و ۱۲].

عامل مهم دیگر که بر ضریب جذب صدا تأثیرگذار است، اندازه خل است [۴، ۷ و ۱۳-۱۴]. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهند که به طور کلی (به جز موارد استثنا) کاهش اندازه خل باعث افزایش ضریب جذب صدا می‌شود [۴، ۷ و ۱۴].

ناواسرادا و همکاران [۷] مطالعات خود را معطوف به فوم آلومینیومی با اندازه خل ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میکرون نمودند. فوم آلومینیومی با قطر خل (حفره) ۵۰۰ میکرون بهترین ظرفیت جذب را نشان داد.

* نویسنده پاسخگو: aalizadeh241@gmail.com

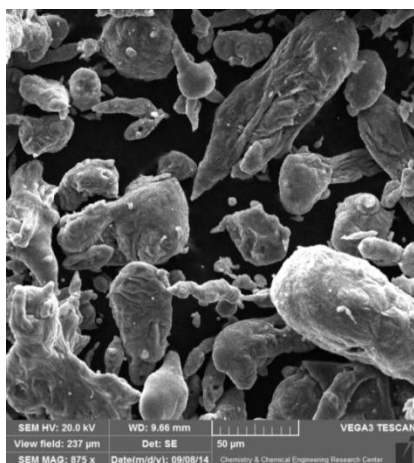
¹ Pore openings

² Pore morphology

³ Close-pore

⁴ Open-pore

دلیل الگوبرداری خل (حفره) نهایی فوم از ریخت‌شناختی (مورفولوژی) و اندازه ذرات نمک، مهم هستند. از اسید استتاریک به عنوان اتصال‌دهنده به میزان ۲ درصد وزنی استفاده گردید.



شکل ۱ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از پودر آلومینیوم آلیاژی با بزرگنمایی ۸۷۵ برابر.

در نهایت نمونه‌های ۱، ۲ و ۳ با اندازه حفره‌های متفاوت و سایر مشخصه‌های مشابه مطابق جدول ۱ آماده گردیدند.

جدول ۱ مشخصه تمایز نمونه‌های ۱، ۲ و ۳.

اندازه حفره‌های (میکرون)	
کم‌تر از ۱۰۰	۱
۱۰۶-۲۰۵	۲
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۳

۲-۲. ساخت فوم‌های آلومینیوم آلیاژی

برای تولید نمونه‌های اولیه فوم آلومینیوم آلیاژی، روش استفاده از فضا‌ساز^۱ نمک در متالورژی پودر یا همان فرآیند تف‌جوشی- انحلال^۲ انتخاب شد. نمونه‌ها در چند مرحله آماده گردیدند.

پودرهای آلومینیوم آلیاژی با ۷۰ درصد حجمی و نمک با ۳۰ درصد حجمی برای مدت ۱۰-۱۵ دقیقه در آسیاب مکانیکی با سرعت دورانی ۸۰ دور بر دقیقه مخلوط شدند. در ادامه با استفاده از یک قالب فولادی از نوع سنبه و

هاکامادا و همکاران [۴] گزارش کردند که رابطه واضحی بین کاهش اندازه خل و ضریب جذب صدا وجود ندارد. فنگ و همکاران [۱۴] نشان دادند که کاهش قطر خل در فوم‌های آلومینیومی خل-باز، ضریب جذب صدا را افزایش می‌دهد.

وَنگ و همکاران [۱۳] در سال ۱۹۹۹ با یک روش محاسباتی مقدار بهینه اندازه خل برای بهترین ظرفیت جذب صدا را در کم‌ترین مقدار خود حدود ۱۰۰ میکرون پیشنهاد نمودند. اما بعد از این سال عمده تحقیقات تجربی در کم‌ترین اندازه خل معطوف به فوم آلومینیومی با اندازه خل‌های ۵۰۰ میکرون شد.

هدف تحقیق حاضر، بررسی جذب صدا در فوم آلومینیوم آلیاژی با اندازه خل‌های ۱۰۶-۲۵۰ و کم‌تر از ۱۰۶ میکرون در مقایسه با سایر فوم‌های آلومینیوم متداول با اندازه خل بیش از ۵۰۰ میکرون است. بدین منظور یک فوم آلومینیومی با اندازه خل‌های ۱۵۰۰ میکرون آماده شد که طبق نتایج سایر محققان کم‌ترین ظرفیت جذب را در مقایسه با فوم‌های ۵۰۰-۱۵۰۰ میکرونی دارد. در ادامه دو فوم با اندازه خل‌های کم‌تر از ۲۵۰ و ۱۰۶ میکرون ساخته شدند و نتایج حاصل از جذب صدا در آن‌ها بررسی گردیدند.

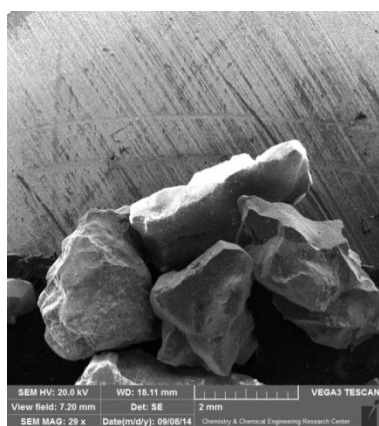
۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. مواد اولیه

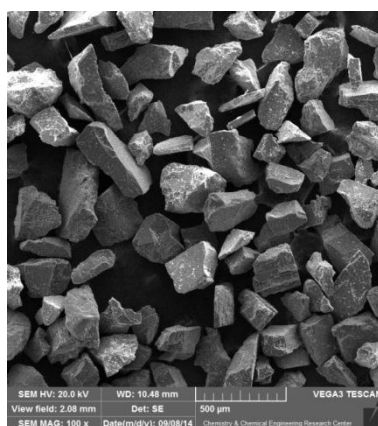
در این آزمایش برای تولید فوم آلومینیوم آلیاژی، پودر آلومینیوم آلیاژی با اندازه ذرات کم‌تر از ۱۰۰ میکرون (شکل ۱)، پودر نمک در سه نوع اندازه کم‌تر از ۱۰۶، ۱۰۶-۲۵۰ و ۲۵۰-۱۰۰۰ میکرون و پودر اسید استتاریک با اندازه ذرات کم‌تر از ۲۵۰ میکرون استفاده شدند. برای تأمین پودر نمک مورد نیاز از سنگ نمک استفاده شد. سنگ نمک ابتدا در هاون خرد گردید و سپس به وسیله غربال‌های صنعتی در سه نوع اندازه ذره مختلف غربال گردیدند (شکل ۲). اندازه ذرات نمک به

^۱ Spacer

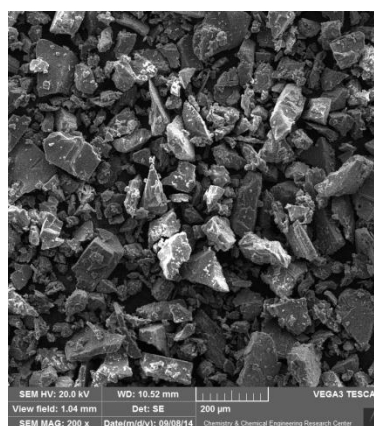
^۲ Sintering and dissolution process



(ج)



(ب)

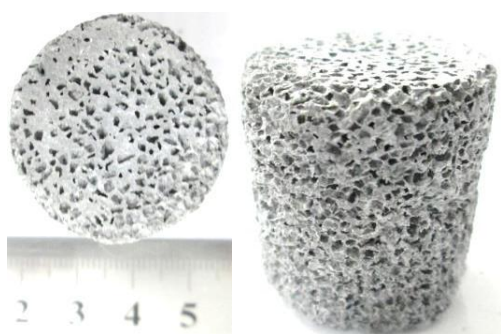


(الف)

شکل ۲ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از پودر نمک در محدوده اندازه ذرات (الف) کم تر از ۱۰۰ میکرون با بزرگنمایی ۲۰۰ برابر، (ب) ۲۵۰-۱۰۶ میکرون با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر، (ج) ۱۰۰۰-۲۰۰۰ میکرون با بزرگنمایی ۲۹ برابر.

نمونه ها به صورت مجزا درون محفظه آب ۱۰۰ درجه سلسیوس تحت حرارت برای مدت ۱۸۰ دقیقه قرار گرفتند. برای اطمینان بیش تر از انحلال ذرات نمک، نمونه ها در دمای محیط، به مدت ۵ روز دیگر درون آب قرار گرفتند. در شکل ۴ تصویر نمونه ۳، پس از انحلال کامل نمک ها، از نمای بالا و نمای جانبی ملاحظه می شود. با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی^۱ از نمونه ها در بزرگنمایی های مختلف تصویربرداری الکترون ثانویه^۲ انجام شد.

ماتریس جذب روان به صورت استوانه ای و با قطر داخلی ۲۹ میلی متر مخلوط پودری هر نمونه به صورت مجزا و به آرامی درون ماتریس ریخته شد و با قرار دادن سنبه، مجموعه قالب در زیر دستگاه پرس قرار گرفت. فشار اعمالی به مخلوط پودری به میزان ۱۰۰ مگاپاسکال و برای ۱۰ ثانیه انجام شد. در ادامه نمونه خام حاصل، که نمونه ای استوانه ای با قطر ۲۹ میلی متر است، به وسیله دستگاه پرس از درون قالب خارج شد. در شکل ۳ تصویری از یک نمونه خام ملاحظه می شود.



(ب)

(الف)

شکل ۴ تصویر نمونه ۳؛ (الف) نمای جانبی و (ب) نمای بالا.



(ب)



(الف)

شکل ۳ تصویر نمونه خام اولیه حاصل از پرس ۱۰۰ مگاپاسکال برای ۱۰ ثانیه؛ (الف) نمای جانبی، (ب) نمای بالا.

۳-۲. آزمون تعیین ضریب جذب صدا

خواص جذب صدای مواد از طریق ضریب جذب صدا (α) مطابق رابطه ۱ بدست می آیند:

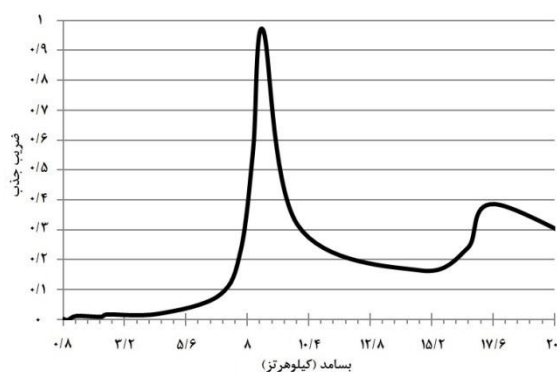
¹ SEM; Scanning Electron Microscope

² SE; Secondary Electrons

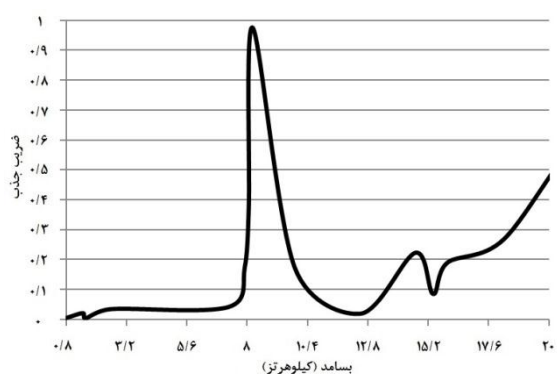
در ادامه نمونه های آماده شده با استفاده از کوره لوله ای در دمایی بالاتر از نقطه ذوب آلومینیوم آلیاژی تف جوشی شدند. برای جلوگیری از اکسید شدن و آلودگی نمونه ها جریان گاز آرگون با خلوص ۹۹ درصد از درون کوره عبور داده شد. در پایان، برای انحلال ذرات نمک، هر کدام از

۳. نتایج

بیشینه ضریب جذب برای نمونه ۱ در بسامد ۸۶۰۸ هرتز رخ داده است. شکل ۶ نمودار ضریب جذب در بسامدهای ۲۰-۰/۸ کیلوهرتز را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، ضریب جذب فوم ۱ در بسامدهای کمتر از ۷ کیلوهرتز به کمتر از ۰/۱ رسیده که نشان‌دهنده جذب بسیار پایین در بسامدهای پایین است. نمونه ۲، در بسامد ۸۲۲۴ هرتز، بیشینه جذب را نشان می‌دهد (شکل ۷) و ضریب جذب خوبی در بسامدهای پایین از خود نشان نداده است.



شکل ۶ نمودار ضریب جذب صدا بر حسب بسامد برای نمونه ۱ در بازه بسامدی ۲۰-۰/۸ کیلوهرتز.



شکل ۷ نمودار ضریب جذب صدا بر حسب بسامد برای نمونه ۲ در بازه بسامدی ۲۰-۰/۸ کیلوهرتز.

در شکل ۸ نمودار ضریب جذب بر حسب بسامد مربوط به نمونه ۳ ارائه گردیده است. در این نمونه در بسامدهای گوناگون ضریب جذب نسبت به نمونه‌های ۱ و ۲ بالاتر است، ضمن اینکه محدوده جذب وسیعی مشاهده می‌شود.

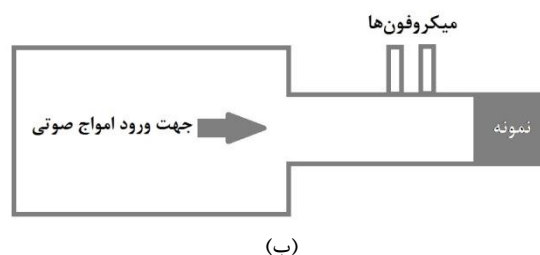
$$\alpha = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \quad (1)$$

که E_1 انرژی صدای برخوردی و E_2 انرژی صدای انعکاس یافته هستند [۳].

ضریب جذب صدای فوم‌های آلومینیوم به وسیله استاندارد بی‌اس‌ای‌ان ایزو ۱۰۵۳۴-۲:۲۰۰۱ [۱۵] مبتنی بر روش تابع انتقال^۲ اندازه‌گیری می‌شود. در این روش از لوله مقاومت‌ظاهری^۳ استفاده می‌گردد که در شکل ۵-الف تصویر آن ارائه گردیده است. نمونه‌ها به صورت مجزا درون لوله مقاومت‌ظاهری قرار گرفتند. شکل ۵-ب نحوه قرارگیری نمونه‌های ۲۹ میلی‌متری را درون این دستگاه نشان می‌دهد. هوای موجود در لوله مقاومت‌ظاهری در هنگام انجام آزمون دمای ۲۰ درجه سلسیوس، چگالی 1.202 kg/m^3 ، مقاومت‌ظاهری $412/6 \text{ Pa/(m/s)}$ و فشار $1013/25 \text{ hPa}$ داشت. ضمن اینکه صدا با سرعت $343/24 \text{ m/s}$ به صورت عمود با سطح نمونه در درون لوله منتشر شد.



(الف)



(ب)

شکل ۵ (الف) تصویر لوله مقاومت‌ظاهری، (ب) نحوه قرارگیری نمونه درون دستگاه.

برای اندازه‌گیری صحیح ضریب جذب صدا در لوله مقاومت‌ظاهری، فوم‌های آلومینیوم باید قطر دقیق لوله را داشته باشند. وجود فاصله هوایی بین نمونه و جداره لوله نتایج را تغییر می‌دهد [۱۶ و ۱۷].

¹ BS EN ISO 10534-2:2001

² Transfer function method

³ Impedance tube

۴. بحث

براساس نتایج برخی محققان، کاهش اندازه خل (حفره) فوم آلومینیوم می تواند باعث افزایش ضریب جذب صدا گردد [۷ و ۱۴]. بنابراین انتظار می رفت فوم های ۱ و ۲ در مقایسه با فوم ۳ جذب صدای بیش تری داشته باشند که این مسأله حاصل نگردید. کاهش اندازه خل (حفره) تا یک مقدار بهینه باعث بهبود ضریب جذب می شود. همان طور که ناواسرادا و همکاران [۷] این مقدار بهینه را در ۵۰۰ میکرون گزارش نمودند. اما ونگ و همکاران [۱۳] به روش محاسباتی این اندازه بهینه را ۱۰۰ میکرون گزارش کرده بودند. نتایج تحقیقات حاضر نشان دادند که اندازه خل های (حفره های) کمتر از ۲۵۰ میکرون جذب صدای خوبی را ایجاد نمی کنند که این مطلب در تضاد با نظر ونگ و همکاران است.

علت اینکه فوم های بررسی شده در این پژوهش با اندازه خل های کمتر از ۲۵۰ میکرون جذب خوبی ندارند به عامل "سطح مقطع پراکندگی"^۱ ارتباط دارد که به وسیله رابطه ۲ قابل محاسبه است [۱۸]:

$$\sigma_s = \frac{\pi k^4 a^2}{9} \left[\left| \frac{G_e - G}{G} \right|^2 + \frac{1}{3} \left| \frac{2\eta_e - 2\eta}{2\eta_e + \eta} \right|^2 \right] \quad (2)$$

در این رابطه k عدد موج، a ابعاد ذره، G_e و G تراکم پذیری^۲ ذرات آلومینیوم و هوا و η_e و η چگالی توده آلومینیوم و هوا هستند.

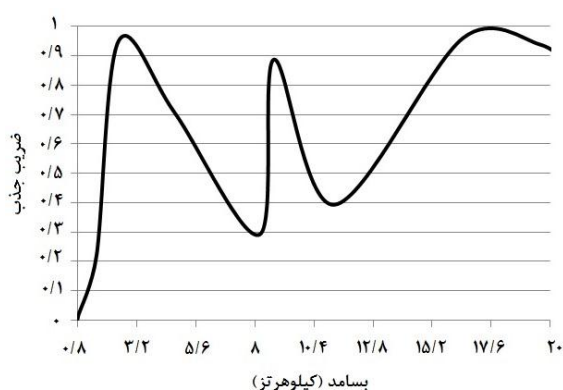
طول موج صدا نیز مطابق رابطه ۳ به بسامد و سرعت صدا وابسته است:

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad (3)$$

که در آن λ طول موج، C سرعت صدا در ماده و f بسامد موج صوتی می باشند. با توجه به بزرگ بودن طول موج در محدوده بسامدی مورد بررسی نسبت به ابعاد ذرات و سطح مقطع پراکندگی، پخش^۳ امواج صوتی در اندرکنش با فوم غالب است، لذا تنکش (تضعیف) امواج صوتی به دلیل پدیده پخش ایجاد می شود.

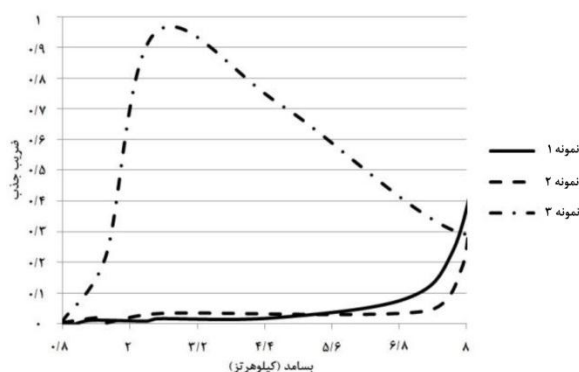
مطابق شکل ۹ نمونه ۳ در محدوده بسامدی ۰/۸-۸ کیلوهرتز جذب صدای بالایی را از خود نشان داده است.

در این نمونه نخستین بیشینه جذب صدا در بسامد ۲۴۶۴ هرتز به میزان ۰/۹۵ رخ داده است که در مقایسه با نمونه ۱ و ۲ به ترتیب ۶۱۰۰ و ۵۸۰۰ هرتز بیشینه جذب به سمت بسامدهای پایین جابجا شده است. دو قله (پیک) دیگر نمونه ۳ نیز در محدوده بسامدی کم تر از ۲۰ کیلوهرتز در بسامدهای ۸۷۶۸ و ۱۹۵۲۰ هرتز به ترتیب با ضرایب جذب ۰/۸۹ و ۰/۹۹ ایجاد شده اند.



شکل ۸ نمودار ضریب جذب صدا بر حسب بسامد برای نمونه ۳ در بازه بسامدی ۰/۸-۲۰ کیلوهرتز.

در شکل ۹ نمودار مقایسه ای در بسامدهای کم تر از ۸ کیلوهرتز برای هر سه نمونه ارائه گردیده است در این تصویر به وضوح می توان جذب بسیار پایین نمونه های ۱ و ۲ را در مقایسه با محدوده جذب وسیع نمونه ۳ مشاهده کرد.



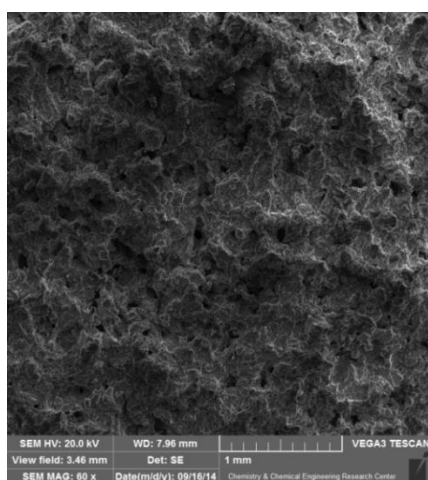
شکل ۹ نمودار ضریب جذب صدا بر حسب بسامد برای نمونه های ۱، ۲ و ۳ در بازه بسامدی ۰/۸-۸ کیلوهرتز.

¹ Scattering cross section

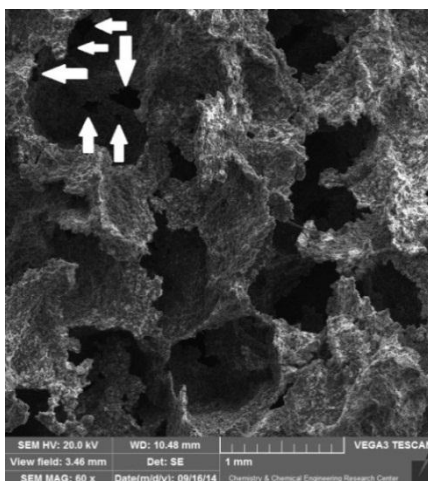
² Compressibility

³ Scattering

است. در کنار این دو نمونه، فومی با اندازه خلّ‌های ۱۵۰۰ میکرون هم آزمایش شد. در این نمونه جذب بسیار خوبی مشاهده شد. نتایج مطالعه حاضر نشان دادند، مقدار بهینه حداقلی برای اندازه خلّ فوم که می‌تواند بهترین جذب را بدهد ۱۰۰ میکرون نمی‌باشد بلکه تا ۲۵۰ میکرون هم جذب خوبی رخ نمی‌دهد. بنابراین به نظر می‌رسد می‌توان در تحقیقات تکمیلی برای یافتن کم‌ترین مقدار بهینه اندازه خلّ با فوم‌هایی با خلّ‌های بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میکرون ضریب جذب را بررسی و مقایسه نمود.



(الف)



(ب)

شکل ۱۰ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه‌های ۲ و ۳ در بزرگنمایی ۶۰ برابر، (الف) نمونه ۲ و (ب) نمونه ۳.

۶. فهرست منابع

- [1] J. Banhart, "Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal

در سرعت ثابت صدا، با کاهش بسامد، طول‌موج افزایش می‌یابد. بنابراین نمونه‌ای با خلّ‌های بزرگ‌تر می‌تواند تنکش (تضعیف) بیش‌تری در مقابل امواج با طول‌موج بالا (بسامد پایین) داشته باشند. در نمونه ۳ تعداد خلّ‌ها نسبت به نمونه ۱ و ۲ کم‌تر است، ولی به دلیل درصد تخلخل یکسان در هر سه نمونه، تعداد حفره‌ها در نمونه ۳ کم‌تر است و فاصله بین خلّ‌ها نیز بیش‌تر از دو نمونه دیگر است.

یکی از عواملی که باعث جذب پایین نمونه‌های ۱ و ۲ در مقایسه با نمونه ۳ می‌شود، عامل اندازه "دهانه‌های خلّ" فوم‌های خلّ - باز است. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، کاهش اندازه "دهانه‌های خلّ" موجب بهبود ظرفیت جذب می‌گردد. با کاهش اندازه "دهانه‌های خلّ" مقدار بهینه جذب تغییر می‌کند و اگر کم‌تر شود، ضریب جذب صدا بهتر نخواهد شد. علت این است که وقتی اندازه "خلّ‌های باز" به سمت صفر میل می‌کنند، احتمالاً فوم، رفتاری شبیه فوم‌های خلّ - بسته خواهد داشت که آن هم جذب خوبی در مقایسه با فوم خلّ - باز ندارد. بنابراین نمونه‌های ۱ و ۲ که اندازه خلّ‌هایشان کم‌تر از ۲۵۰ میکرون است "دهانه‌های خلّ" بسیار کوچکی دارند و مشابه فوم خلّ - بسته عمل می‌نمایند. این نکته در شکل ۱۰ قابل ملاحظه است. در شکل ۱۰ - الف و ب به ترتیب تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه ۲ و ۳ در بزرگنمایی ۶۰ برابر ارائه گردیده‌اند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در این بزرگنمایی "دهانه‌های خلّ" بسیار محدودی برای نمونه ۲ قابل رؤیت است و این در حالی است که در قسمت ۱۰ - ب برای نمونه ۳ وجود "دهانه‌های خلّ" مشهود است.

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله برای نخستین بار ضریب جذب فوم آلومینیوم آلیاژی با خلّ‌های (حفره‌های) کم‌تر از ۲۵۰ میکرون به صورت تجربی بررسی شد. برای این منظور دو فوم با خلّ‌هایی (حفره‌هایی) در محدوده ۱۰۶-۲۵۰ میکرون و کم‌تر از ۱۰۶ میکرون ساخته شدند. اما نتایج تجربی نشان دادند در این دو اندازه خلّ، جذب مناسبی رخ نمی‌دهد و این نشان از عدم نفوذ خوب امواج صوتی به درون خلّ‌ها

- foams,” *Materiales de Construcción*, vol. 58, pp. 85–98, 2008.
- [11] F. Han, Z. Zhu, C. Liu, “Nonlinear internal friction character of foamed aluminum,” *Saipa Mataialia*, vol. 37, no. 9, pp. 1441–1447, 1997.
- [12] 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.
- [13] X. Wang, T.J. Lu, “Optimized acoustic properties of cellular solids,” *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 106, no. 756, 1999.
- [14] W. Fang, W. Lu-cai, W. Jian-guo, Y. Xiao-hong, “Sound absorption property of open-pore aluminium foams,” *Journal of Research and Development*, vol. 4, no. 1, pp. 031–033, 2007.
- [15] 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.
- [16] I.C. Kammer, “Aluminum foam,” TALAT (Training in Aluminium Application Technologies) Lecture 1410, European Aluminum Association, Goslar, Germany, pp. 1–24, 1999.
- [17] H. Bodén, M. Abom, “Influence of errors on the two-microphone method for measuring acoustics properties in ducts,” *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 79, pp. 541–549, 1986.
- [18] K.K. Shung, M.B. Smith, B.M.W. Tsui, “Principles of Medical Imaging,” Academic Press, Inc., Harcourt Brace Jovanovich Publishers, 1992.
- foams,” *Progress in Materials Science*, vol. 46, no. 6, pp. 559–632, 2001.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] J.C. Trevor, P. D’Antonio, “Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application,” Second edition Taylor and Francis Group, 2009.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [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] 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.
- [10] M.A. Navacerrada, C. Díaz, A. Pedrero, L.E. García, “Acoustic absorption of aluminium

Investigation of the effect of aluminum alloy foam pore size on the sound absorption coefficient

A. Bahreini¹, A. Alizadeh^{*1}, H.R. Baharvandi¹, A. Ramezani Ghaemi²

1. Materials and Manufacturing Technologies Complex, Malek Ashtar Univ. of Tech.

2. Dept. of Broadcast Eng., IRIB Univ.

Abstract

The close-pore aluminium foams are generally regarded as poor sound absorbers. This paper studies the sound absorption behavior of the open- pore aluminium alloy foams manufactured by the space holder method. Their sound absorption coefficients at normal incidence in ranges of 0.8-20 kHz were investigated by the transfer function method. The aluminum alloy foams with similar porosity but with three different pore size less than 106, 106-250 and 1000-2000 μm were produced. The results reveal that the optimal pore size for best sound absorption is of the order of 250-500 μm . Also, sound absorption behavior of aluminum alloy foams with pore size of less than 250 μm at low frequencies is much weaker than that of aluminum alloy foams with pore size of about 1500 μm .

Keywords: Aluminum alloy foam, Sound absorption coefficient, Pore size

pp. 34-40 (In Persian)

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