

ABSORCIÓN ACÚSTICA A INCIDENCIA NORMAL DE ESPUMAS DE ALUMINIO

PACS: 43.55.Ev

Navacerrada, M^a Ángeles¹; Díaz, César¹; Pedrero, Antonio¹; García, Luis E.²

¹Laboratorio de Acústica y Vibraciones Aplicadas a la Edificación, al Medio Ambiente y al Urbanismo. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid

Avda. Juan de Herrera, 4. 28040 Madrid

Tel: 913 366 542. Fax: 913 366 554

E-mail: cesar.diaz.sanchidrian@upm.es.

²Departamento de Ingeniería de Materiales, E. T. S de Ingenieros de Minas, Universidad Politécnica de Madrid

Ríos Rosas, 21. 28003 Madrid

Tel: 913 367 071

ABSTRACT

In this paper, the first experimental data of acoustic absorption at normal incidence in aluminum foams generated by a metallurgic technique are presented. The interest of this kind of structures is due to the combination of mechanical and acoustic properties. By changing the precursor type or using filling materials during the foaming process, we have obtained aluminum foams with different surface morphologies. A comparative study between foams fabricated using this technique and ALPORAS commercial aluminum foams is shown. The foams which present the lower density show an acoustic absorption comparable to the ALPORAS commercial ones.

RESUMEN

En este artículo se presentan los primeros resultados de absorción acústica a incidencia normal de espumas de aluminio fabricadas mediante una técnica pulvimetalúrgica. El interés de estas espumas radica en que en ellas se combinan interesantes propiedades acústicas y mecánicas. Se estudian espumas de aluminio de distinta morfología superficial conseguida variando el tipo de precursor y usando materiales de relleno durante el proceso de espumación. Se muestra un estudio comparativo de las espumas fabricadas mediante esta técnica con las espumas comerciales ALPORAS. Las espumas de menor densidad presentan una absorción acústica comparable a la de las comerciales ALPORAS.

1. INTRODUCCIÓN

Podemos describir una espuma metálica como un material celular, esto es constituido por poros o celdas rodeadas de material. Entre los diferentes métodos empleados para la fabricación de estos materiales destacan aquellos en los que la estructura se genera mediante la adición de un agente espumante al baño del metal fundido, o bien mediante la espumación de precursores sólidos que ya contienen cantidades del agente espumante.

El atractivo de las espumas metálicas es que presentan la misma morfología porosa que las espumas poliméricas pero con una resistencia mecánica hasta treinta veces superior. Esta combinación de las propiedades de un metal con las de una estructura celular las hace muy

atractivas para diversas aplicaciones en la industria automovilística, biomecánica o en el sector de la construcción [1]. Las propiedades de estas espumas dependen fundamentalmente de la naturaleza de su matriz y de su densidad relativa. Alrededor del 80 – 90 % de su volumen está compuesto por gas, por lo que en la mayoría de los casos las densidades relativas son inferiores al 25 %. Se han fabricado espumas metálicas de titanio, cobre, magnesio y acero, no obstante debido a su resistencia a la corrosión, bajo peso específico y bajo punto de fusión la más ampliamente estudiada es la fabricada a partir del aluminio y sus aleaciones.

Aunque dependen de su densidad relativa, las características fundamentales que presentan las espumas de aluminio son su capacidad de deformación frente a una carga constante, su resistencia al fuego y su alto nivel de absorción acústica para el rango de frecuencias comprendido entre 1000 y 5000 Hz. En este trabajo se recogen los primeros resultados sobre las propiedades acústicas de espumas de aluminio fabricadas mediante la espumación por tratamiento térmico de precursores obtenidos mediante la técnica pulvimetarlúrgica [3-4]. Variando la aleación utilizada y las condiciones de fabricación se han obtenido espumas de aluminio de diferente morfología superficial y estructura celular [4]. Se presenta un estudio comparativo del coeficiente de absorción acústica a incidencia normal de estas espumas con las espumas de aluminio comerciales ALPORAS.

2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1 Espumas de aluminio

Las muestras fueron fabricadas en el Departamento de Ingeniería de Materiales de la Escuela Técnica Superior de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid. La aleación de aluminio se mezcla en forma de polvo con el agente espumante (hidruro de titanio (TiH₂) o mármol). La mezcla se compacta isostáticamente en frío y posteriormente es extruida en caliente para obtener el precursor de la espuma en forma de barras cilíndricas, tubos o pletinas. Una vez cortado el precursor, se coloca en un molde hueco cilíndrico de 60 mm de altura y 29 mm de diámetro y el conjunto molde-precursor se calienta en un horno precalentado a 750°C. En estas condiciones, el agente espumante, distribuido de manera homogénea se descompone liberando gas y forzando al aluminio fundido a expandirse, generándose así la estructura celular. El tiempo requerido para la completa expansión del metal en el seno del molde cerrado oscila entre unos pocos segundos y varios minutos.

Espuma de Aluminio	Composición	Densidad ($\times 10^3 \text{ Kg/m}^3$)	Diámetro de poro	Estructura celular
Espuma 1 (E1)	AlSi12+10SiC+Mármol	1.13-1.15	<1mm	Uniforme
Espuma 2 (E2)	AlSi10+TiH ₂	1.12-1.15	>2 mm	Uniforme
Espuma 3 (E3)	AlSi12+TiH ₂	0.93	>5mm	Heterogénea
ALPORAS		≤ 0.2	2-4 mm	Uniforme

Tabla 1. Principales características de las espumas estudiadas.

La densidad de la espuma metálica y el tamaño de poro o cavidad se controlan con la composición de la aleación, el tipo de agente espumante y las condiciones de espumación (velocidades de calentamiento y enfriamiento, atmósfera, ...). La muestra se separa del molde y se corta transversalmente a una distancia de 20 mm de uno de sus extremos obteniéndose dos espumas de igual composición y 20 y 40 mm de altura. En la Tabla I se presentan las principales características de las espumas estudiadas. Se utilizó diferente agente espumante para las espumas E1 y E2 lo que dio como resultado diferente diámetro de poro. En la obtención de la espuma E3 se utilizó el mismo agente espumante que para E2 pero los tubos

huecos de precursor colocados en el molde se rellenaron con virutas de aluminio de menos de 3 mm de diámetro.

En la Foto 1 se muestran fotografías de las espumas de aluminio fabricadas mediante la técnica pulvimetalúrgica y de la comercial ALPORAS empleada como espuma de referencia y cortada por electroerosión a partir de planchas de este material. La densidad media de las espumas E1, E2 y E3 se sitúa alrededor de los 10^3 Kg/m^3 que es superior a la densidad de la comercial ALPORAS. Las imágenes obtenidas por microscopía electrónica de barrido de la Foto 2 muestran la estructura celular de las espumas ALPORAS y E1.



Foto 1. Espumas de AlSi12+SiC+Mármol (E1), AlSi10+TiH₂ (E2), AlSi12+TiH₂ (E3) y ALPORAS.

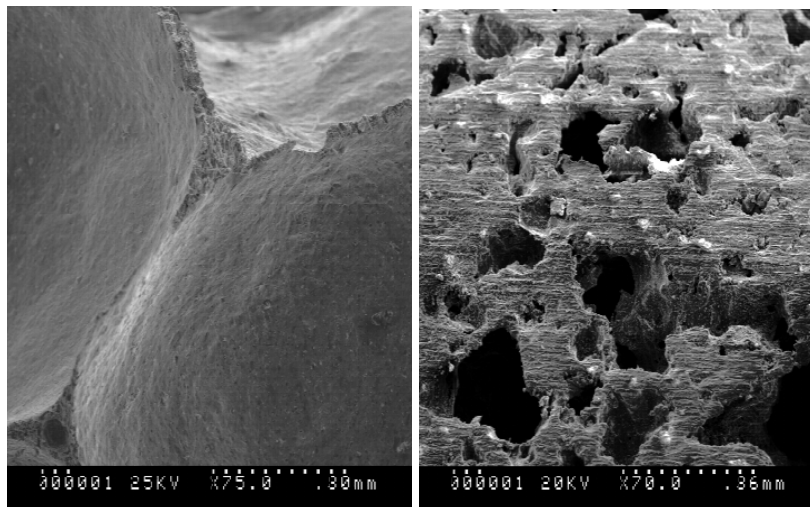


Foto 2. Estructura celular de la espuma comercial ALPORAS y la espuma AlSi12+SiC+Mármol (E1). El mármol son las partículas blancas que se aprecian en la foto.

2.2 Metodología

El coeficiente de absorción acústica a incidencia normal se midió en un tubo de impedancia [4] Tipo 4206 con dos micrófonos Tipo 4186, marca B&K. Se usó un analizador Pulse 3560 C para procesar la señal utilizando la aplicación Material Testing desarrollada por B&K. Para generar la señal en el tubo de impedancia se utilizó el analizador Pulse y un amplificador Pioneer A-305 R: En estos estudios preliminares, dada la mayor dificultad para fabricar muestras de 100 mm de diámetro, nos hemos limitado a estudiar el rango de frecuencias comprendido entre 300 y 6400 Hz.

Para verificar los resultados de las medidas ensayadas y para establecer el estudio comparativo previamente se midió el coeficiente de absorción acústica de las espumas ALPORAS. Los resultados obtenidos están de acuerdo con los mostrados en la literatura [5]. Todos los ensayos se repitieron en dos fechas diferentes para comprobar su reproducibilidad.

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

a) Efecto del tipo de precursor

En la Figura 1 se representan los coeficientes de absorción acústica a incidencia normal medidos para las espumas E1, E2 y ALPORAS de (a) 20 y (b) 40 mm de espesor. Las espumas E1 y E2 no muestran una absorción significativa en la banda de frecuencias estudiada. Tampoco existen diferencias importantes debidas al espesor, lo que es razonable considerando que son espumas de poro cerrado.

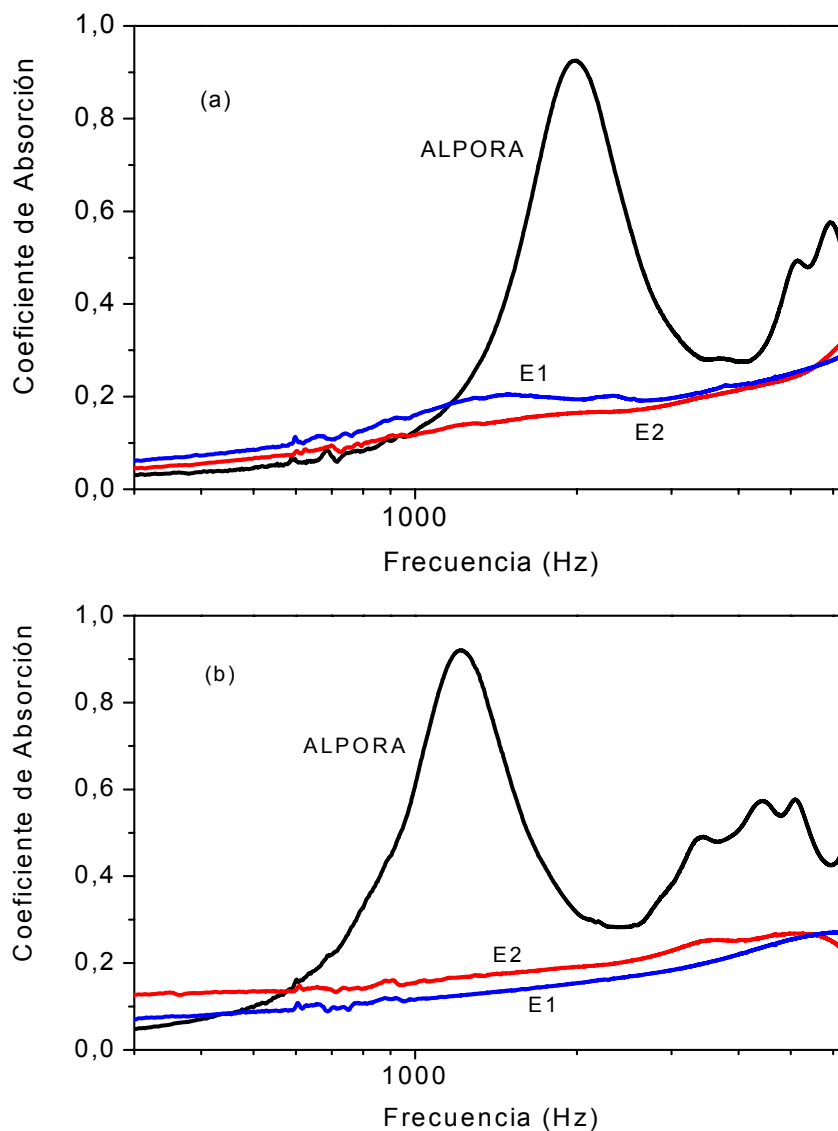


Figura 1. Coeficiente de absorción acústica a incidencia normal de las espumas E1, E2 y ALPORAS de: (a) 20 mm y (b) 40 mm de espesor.

Aunque el diámetro de poro es distinto en las espumas E1 y E2, la disipación de energía acústica por fricción en pequeñas cavidades cerradas es relevante cuando el diámetro del poro es inferior a 0,5 mm [5]. De ahí que los valores del coeficiente de absorción medidos sean muy similares para ambas espumas. Por tanto, no hay diferencias en la absorción acústica si las espumas se fabrican con precursores comerciales de TiH_2 o empleando el mármol como agente espumante. En ambos casos se obtienen espumas de densidades comprendidas entre 1.1 y $1.5 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$ valores muy altos comparados con los valores que presentan las espumas ALPORAS. Para comparar con estas espumas comerciales debemos tender a fabricar mediante la técnica pulvimetalúrgica espumas de menor densidad.

b) Material de relleno

El coeficiente de absorción medido para las espumas E3 de 20 y 40 mm de espesor se ha representado en la Figura 2. Se ha incluido también en el gráfico la medida de la espuma ALPORAS de 20 mm de espesor. Con esta configuración se obtiene una mayor absorción acústica. Las virutas de aluminio que rellenan los tubos del precursor generan una red de canales o poros que da lugar a un coeficiente de absorción selectivo: su valor es inferior a 0,2 hasta aproximadamente los 2000 Hz y aparecen dos picos de absorción centrados en aproximadamente 2800 y 4200 Hz. Este comportamiento es similar al de las espumas ALPORAS aunque los picos de absorción se desplazan a frecuencias mayores. El valor del coeficiente de absorción en estos picos es mayor para la espuma E3 de 20 mm de espesor. No creemos que esta diferencia esté asociada al espesor sino a la distinta profundidad y morfología de las paredes del poro en las espumas estudiadas. El diámetro de los poros o canales y su número es aproximadamente el mismo ya que los dos espesores se obtienen al cortar un molde cilíndrico de 60 mm de altura.

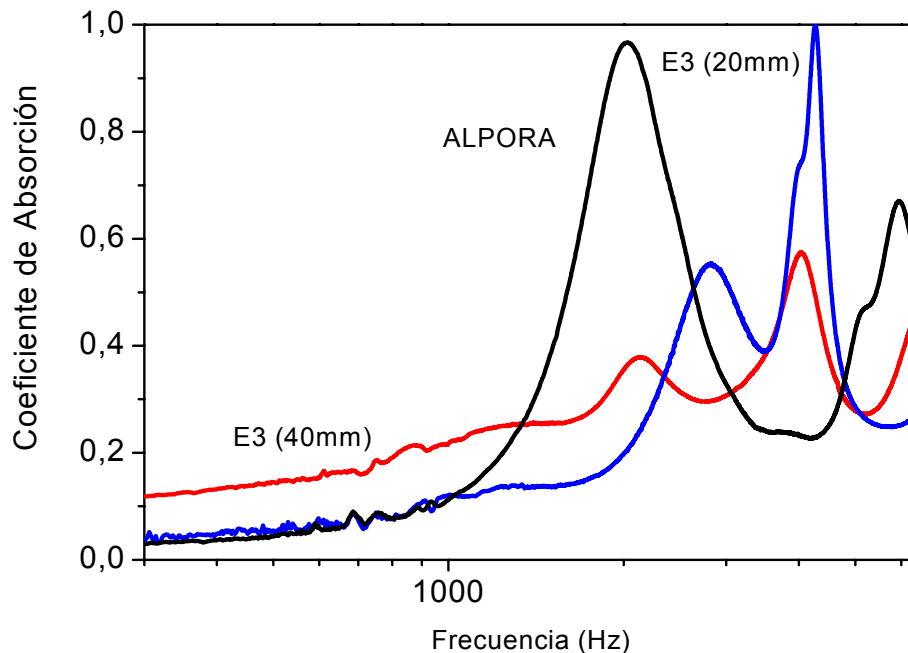


Figura 2. Coeficiente de absorción acústica a incidencia normal de espumas del tipo E3 de 20 y 40 mm de espesor.

Dada la anchura de los picos de absorción medidos, sobre todo en la espuma de menor espesor, puede ser razonable pensar que sean debidos a que los poros o canales cerrados se estén comportando como resonadores de Helmholtz [6]. La presencia de dos picos estaría justificada por la existencia de fundamentalmente dos diámetros de poro debido a la estructura heterogénea de la superficie de la muestra (7 y 5 mm de diámetro aproximadamente).

Suponiendo una cavidad de cuello cilíndrico de longitud L del orden de la profundidad del poro terminado en una base semiesférica de radio a igual al radio de los poros, 2,5 y 3,5 mm, para frecuencias centrales de 2800 y 4200 Hz respectivamente, se obtiene un valor de L de unos 10 ± 3 mm a partir de la expresión de la frecuencia de resonancia del resonador de Helmholtz. El valor de L obtenido es consistente con la profundidad de los poros que se observan en la muestra. No obstante, esto constituye solo un cálculo sencillo indicativo de esta posibilidad y un estudio más detallado se hace necesario para poder explicar la forma de la curva medida para el coeficiente de absorción.

CONCLUSIONES

Se ha presentado un estudio de las propiedades de absorción acústica en incidencia normal de espumas de aluminio fabricadas mediante la técnica pulvimetalúrgica. Se han fabricado espumas variando el agente espumante: TiH_2 o mármol. En ambos casos se obtienen espumas de elevada densidad comparadas con las ALPORAS comerciales y que, independientemente del espesor o el tamaño de poro, no muestran una absorción significativa.

Si muestran un cierto grado de absorción acústica las espumas fabricadas rellenando los tubos huecos de precursor con virutas de aluminio de menos de 3 mm de diámetro. Esta configuración genera una red de poros o canales que da lugar a un coeficiente de absorción selectivo similar al que presentan las espumas ALPORAS pero con los picos de absorción desplazados a frecuencias mayores. En un primer análisis los canales de estas muestras se podrían estar comportando como resonadores de Helmholtz.

REFERENCIAS

- [1] Banhart J., Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams, Progress in Materials Science, 46, 559-632 (2001).
- [2] García Cambroner L. E., Pozas A., Ruiz Román J. M. y Suarez J. C., Efecto del tamaño de partícula del TiH_2 en el comportamiento a compresión de espumas de AA6061+10SiC. XI Congreso Nacional de Materiales, Vigo 20-23 de Junio, 2006. 847-850.
- [3] García Cambroner L. E., Ruiz Román J. M., Cañadas I. y Martínez D., Características de la estructura celular en espumas de Al-7Si con mármol obtenidas mediante energía solar concentrada. XI Congreso Nacional de Materiales, Vigo 20-23 de Junio, 2006.
- [4] ISO 10534-2: 1998, Acoustics determination of sound absorption coefficient and impedance or admittance by the impedance tube. Part II: Transfer function method.
- [5] Lu T. J. Hess A. y Ashby M. F., Sound absorption in metallic foams, Journal of Applied Physics, 85, 7528-7539 (1999).
- [6] Allard J. F., Propagation of sound in porous media, Elsevier Science Publishers, Inglaterra 1993.