

# Espumas metálicas y sus aplicaciones

Gabriel Ángel Lara Ignacio A. Figueroa Vargas,  
Omar Novelo Peralta, Instituto de Investigaciones  
en Materiales - UNAM

[laragab@unam.mx](mailto:laragab@unam.mx)

Las espumas metálicas representan una nueva clase de materiales que pueden ser utilizados en una gran cantidad de nuevas aplicaciones debido al conjunto de propiedades interesantes que poseen, tanto estructurales, térmicas y acústicas. Algunos ejemplos de estas aplicaciones son desarrolladas en la industria automotriz y aeronáutica, donde las propiedades estructurales de las espumas metálicas tales como su capacidad de absorción de energía, colapso plástico a esfuerzo constante y su resistencia mecánica, las convierte en materiales candidatos para la fabricación de diversos componentes estructurales ultraligeros aprovechando sus propiedades de amortiguamiento mecánico. Lo anterior, permitirá construir vehículos más ligeros, obteniendo, entre otros beneficios, la reducción de consumo de combustible y emisiones contaminantes [1,2].

En los últimos años en el Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM, se han realizado diversas investigaciones, que se han enfocado en el diseño de

nuevos procesos de producción para las espumas metálicas, principalmente de aluminio y magnesio [3-5], mismos que permitan obtener características definidas de las celdas mediante el control del proceso, de manera que se puedan producir en serie espumas con una estructura homogénea y uniforme; disminuyendo su costo de producción.

## 1. Definición de espuma metálica.

Un sólido celular es aquel que está compuesto por una red interconectada de brazos o platos, que forman bordes y caras de lo que será definido como celda, la cual es el espacio volumétrico acotado por los elementos mencionados. Un arreglo celular puede ser bidimensional o tridimensional, figura 1. Este último caso, es definido como espuma [1].

El material sólido que constituye a un material celular tridimensional o espuma puede ser de varios tipos: polimérico, de un material metálico o cerámico. Por lo tanto, su descripción y nomenclatura también dependerá del tipo de material con el que sea fabricada la espuma [1].

Es entonces, que las espumas metálicas son ma-



Figura 1 (a). Espuma metálica de aluminio

teriales celulares (Figura 2), cuya fracción de sólido está constituida por un metal o aleación. Dada su naturaleza celular, llegan a presentar un conjunto de propiedades totalmente diferentes a las de un sólido convencional, como por ejemplo mayor rigidez, amortiguamiento mecánico, alta transferencia de calor, aislamiento acústico de alta eficiencia, lo an-

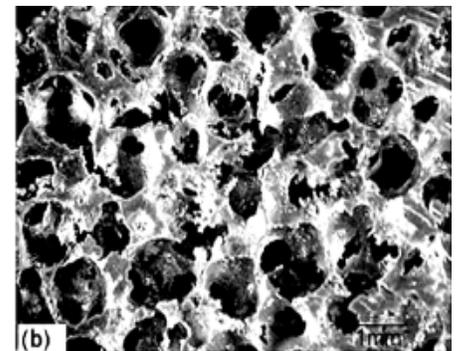


Figura 1 (b) Arreglo celular correspondiente a una espuma tridimensional de celdas (poro) abierto.<sup>3</sup>

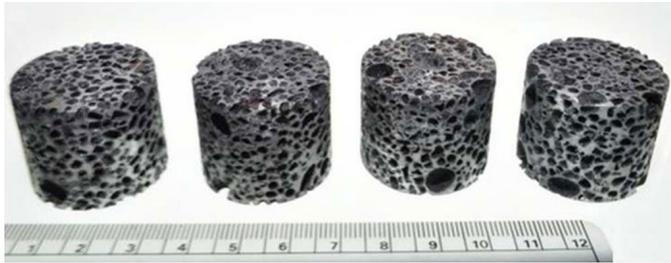


Figura 2. Espumas de aluminio obtenidas por el método de infiltración. <sup>4</sup>

terior presentando una muy baja densidad relativa y, por ende, un bajo peso del componente o artefacto, lo que permite generar todo un nuevo campo de aplicaciones [1,5].

## 2. Métodos de fabricación de las espumas metálicas.

Las espumas metálicas pueden ser obtenidas a partir de un metal puro o de una aleación y formar una estructura de poros abiertos o de poros cerrados. Los métodos de fabricación de las espumas metálicas se pueden clasificar en función del estado físico en el que el metal es procesado. Por ello, se definen en cuatro familias de procesos diferentes como se enuncian a continuación (ver figura. 3):

- A partir de metal líquido.
- A partir de una solución de iones de metal.
- A partir de metal sólido en forma de polvo.
- A partir de vapor de metal o compuestos metálicos gaseosos.

## 3. Campo de aplicación de las espumas metálicas.

Como ya se ha mencionado, las espumas metálicas, por ser materiales de tipo celular, presentan un conjunto de propiedades y características de gran interés para diversas aplicaciones ingenieriles, tales como propiedades

mecánicas, térmicas, eléctricas y acústicas.

Las propiedades de las espumas metálicas dependen en gran medida de su densidad, así como del tamaño, la distribución y la morfología de sus poros. Por lo tanto, el tipo de porosidad (el cual está relacionado directamente con la distribución del material sólido alrededor del mismo e indirectamente con la cantidad de poros, su forma y tamaño) de una espuma es uno de los factores determinantes para su utilidad en una determinada aplicación. En la figura 4, se presenta la relación entre el tipo de porosidad de las

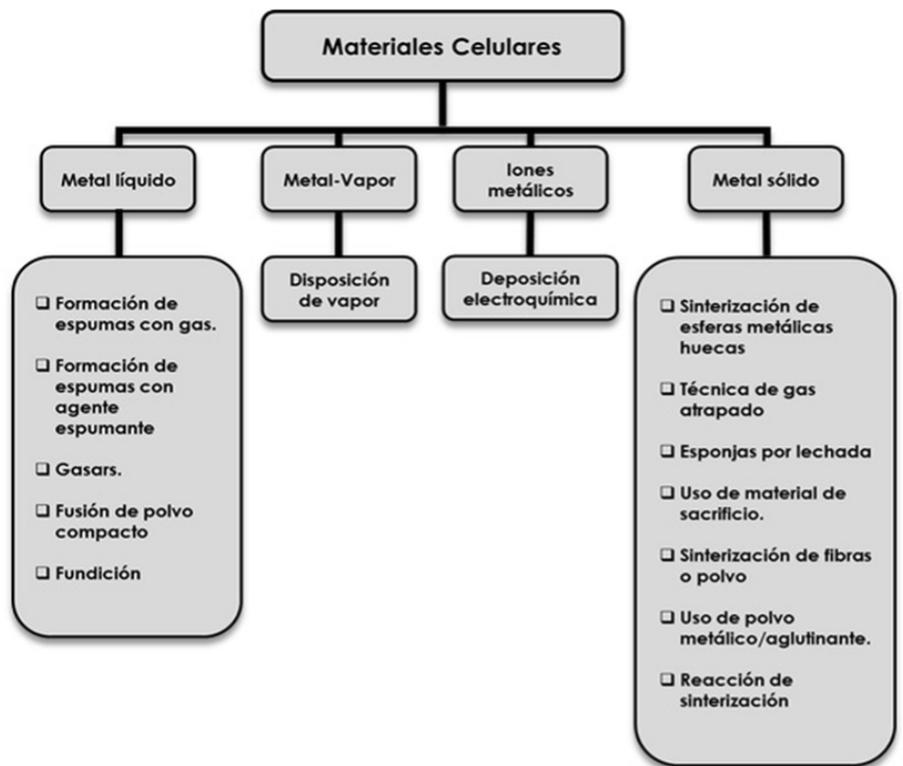


Figura 3. Métodos de fabricación de espumas metálicas.<sup>2</sup>

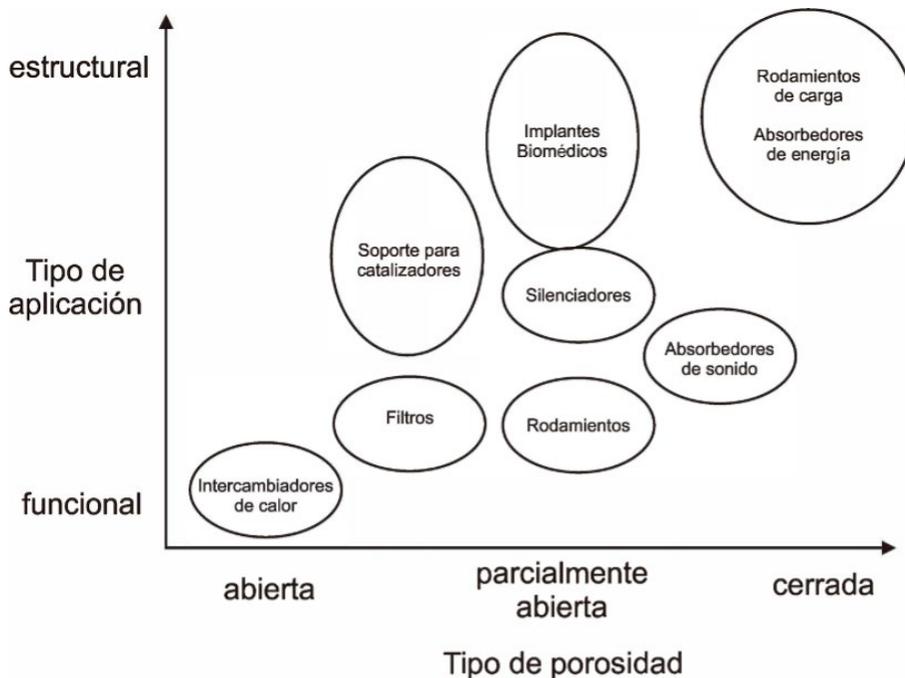


Figura 4. Diagrama de relación entre tipo de porosidad y tipo de aplicación para espumas metálicas. <sup>2</sup>

116

espumas y las aplicaciones correspondientes.

### 3.1 Aplicaciones estructurales.

En la industria automotriz, la aplicación de las espumas metálicas –principalmente de aluminio– se enfoca en los siguientes rubros: Componentes para construcción ligera, absorción de impactos, así como elementos para reducción de ruido y control de calor.

En el primer caso, el factor más crítico es la obtención de una alta rigidez con respecto a la masa del componente; lo cual permite asegurar reducción de peso sin afectar la estruc-

tura del vehículo. Empleando espumas metálicas, esto se consigue por medio de la construcción de paneles compuestos de una estructura porosa central, rodeada por dos paneles sólidos, creando una estructura tipo sándwich (ver figura 5). Para estos componentes, es necesaria la realización de un diseño para definir el espesor de las placas y la densidad de la espuma necesaria para obtener una elevada rigidez manteniendo un bajo peso. Por ejemplo, para un componente poroso con una quinta parte de material sólido respecto al mismo componente, pero fabricado totalmente de material sólido, se predi-

ce presentará una rigidez 5 veces mayor. Naturalmente, conforme mejores sean las espumas y menores los defectos de las celdas, puede esperarse mayor rigidez y módulo elástico. Por este último motivo, el uso de espumas metálicas en paneles estructurales debe competir con estructuras convencionales con distribución de masa optimizada y realizadas por modelamiento 3D. Sin embargo, las espumas resultan una alternativa contundente debido a que son más fáciles de manufacturar [4].

### 3.2 Componentes para absorción de energía.

La absorción de energía es un importante campo de aplicación para las espumas metálicas, debido a que estas pueden alcanzar grandes deformaciones al ser sometidas a un régimen de esfuerzo constante, siendo un aspecto crucial para los componentes mecánicos diseñados para absorber energía mecánica por deformación. Estos componentes deben cumplir con las siguientes características:

- Comportamiento cuasi-rectangular de la curva esfuerzo deformación (largas deformaciones a un

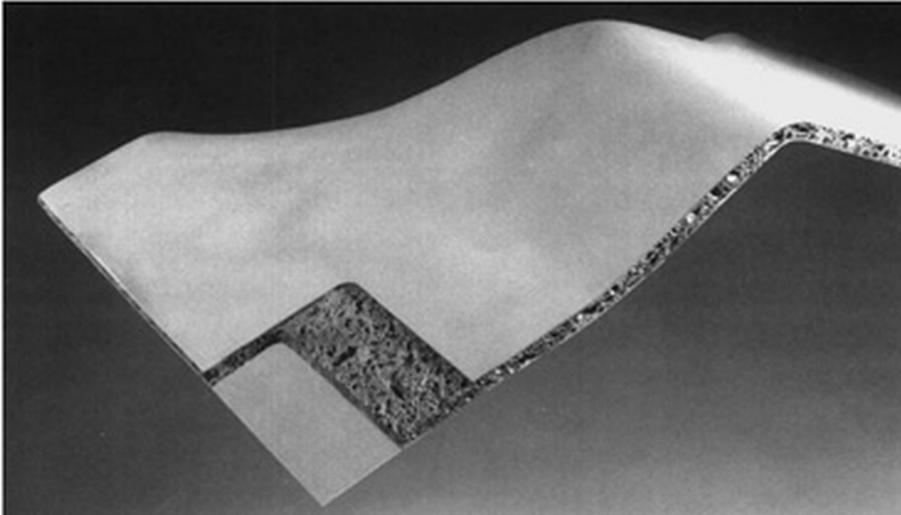


Figura 5. Panel estructural tipo "sándwich" con núcleo constituido por una espuma metálica de aluminio y rodeado por una hoja de aluminio sólido [2].

esfuerzo cuasi constante) presentando fluencia y endurecimiento sólo después de que el esfuerzo permisible haya sido alcanzado.

- Alta capacidad de absorción de energía por volumen o por unidad de masa (Eficiencia de absorción).

- Capacidad de absorción isotrópica, de manera que el componente absorba la misma cantidad de energía sin importar la dirección del impacto.

Dentro de las investigaciones realizadas, se ha encontrado que las espumas homogéneas de aluminio pueden presentar propiedades de absorción adecuadas, ya que suelen presentar elevadas deformaciones sin incremento del esfuerzo (régimen de deformación a esfuerzo cuasi-constante ó "plateau" largo); aun-

que llegan a presentar un incremento residual de la pendiente de la curva esfuerzo-deformación. Su comportamiento es por lo general isotrópico, a menos de que el método de fabricación genere anisotropía.

La mayoría de estas aplicaciones, emplea el uso de paneles densos para rodear

el núcleo de tipo celular, ya que además de mejorar la resistencia a la corrosión, estos aumentan la capacidad de absorción energía. Estos componentes pueden emplearse en estructuras que se someten a cargas axiales [1].

En el campo aeronáutico, las aplicaciones estructurales son muy similares a las ya mostradas para la industria automotriz, donde el objetivo principal es la sustitución de costosas estructuras tipo panel (honeycomb, figura 6) por paneles de espumas de aluminio, manteniendo el desempeño de la estructura y disminuyendo su costo. Otra ventaja de los paneles de espumas de aluminio es que permiten dar soporte para la construcción de materia-

117

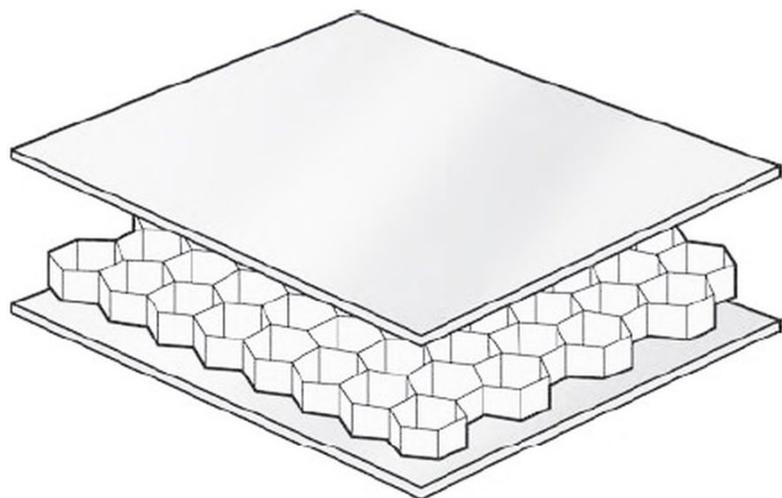


Figura 6. Estructura tipo panel (honeycomb).

les compuestos (composites), sin tener que recurrir a aglutinantes para su formación. Además, estos paneles pueden ser construidos en complejas formas 3D, a diferencia de las estructuras tipo panel, las cuales están disponibles solo de formas planas. Estas estructuras con espumas metálicas, además de aluminio, pueden estar constituidas por otras aleaciones base titanio o base magnesio. Otras aplicaciones potenciales, son la construcción de componentes estructurales para turbinas (para mejorar rigidez y amortiguamiento de vibraciones) [2].

### 3.3 Control de ruido.

A pesar de que este campo se centra en las espumas poliméricas, existe un gran potencial para el uso de las espumas metálicas para el control de ruido. Esto debido a que su capacidad para absorber vibraciones, lo cual amortigua la transmisión de ondas de sonido. A su vez, dado su menor módulo elástico con respecto a un sólido, la frecuencia de resonancia, de la estructura o el cuerpo, se mueve hacia valores bajos; además la superficie de la espuma (sobre todo espumas interconectadas por pequeños cana-

les) tiende a provocar una interferencia destructiva.

### 3.4 Aislamiento acústico y térmico.

El aislamiento acústico y térmico es un gran campo de aplicación en la industria automotriz, ya que los componentes utilizados para estos fines deben ser resistentes al calor y soportarse a sí mismos. En este rubro, las espumas metálicas de aluminio no son consideradas como aislantes acústicos altamente eficientes, sin embargo, ofrecen un desempeño suficiente, además de que son resistentes al calor de la aplicación (“paredes de fuego” en el compartimiento del motor de un automóvil) y se soportan a sí mismas sin la ayuda de un sujetador.

Por lo tanto, el control de la porosidad durante la fabricación de una espuma es un aspecto fundamental, ya que el proceso empleado deberá garantizar, principalmente, la homogeneidad de la estructura porosa, de manera que las propiedades tengan un comportamiento altamente isotrópico.

Además de las aplicaciones mencionadas en el área mecánica, las espumas metálicas tienen una amplia

gama de aplicaciones en función del tipo de metal con que se fabrican, el tipo de poro abierto o cerrado, y el tipo de proceso de fabricación, abriendo así un gran campo de aplicaciones en diferentes áreas de la ingeniería, algunos ejemplos que se pueden mencionar son los siguientes: filtros para captura de CO<sub>2</sub>, soportes de catalizadores, intercambiadores de calor, silenciadores, etc., las cuales que se basan en la gran interface de área superficial de las espumas de celda abierta.

### Conclusiones.

Debido a que en el país existe un gran número industrias que trabajan con aluminio y magnesio, resulta atractiva la inversión en el rubro de las espumas metálicas por parte del sector empresarial. A nivel académico, se está despertando el interés en la investigación de estos materiales. Con base a lo anterior, en la presente publicación se abordó en forma muy general los aspectos más importantes en la producción de espumas metálicas. Dentro de los temas más importantes que se mencionan en esta obra fueron; los métodos de fabricación de estos materiales, y las principales aplicaciones.

Cabe mencionar que existen otros puntos a considerar dentro de esta área del conocimiento, como son: las propiedades mecánicas, térmicas, acústicas, químicas, etc., sin embargo, estos temas serán tratados en una próxima publicación.

## Agradecimientos.

Los autores agradecen a Adriana Tejada, Gerardo Aramburo, Sergio García, Alberto López V., Juan Manuel García, y Carlos Flores por el apoyo técnico para el desarrollo de las investigaciones. El presente trabajo fue realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGA-PA-PAPIME: PE103416.

## Bibliografía

- 1 M. Ashby, L. Gibson. Cellular solids structure and properties. Cambridge solid state science series, 2nd edition. Inglaterra, 1997.
- 2 J. Banhart. Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams. Progress in Materials Science. Vol. 46, (2001); 559-632.
- 3 J.O. Osorio-Hernández, M.A. Suarez, R. Goodall, G.A. Lara-Rodríguez, I. Alfonso, I.A. Figueroa. Manufacturing of open-cell Mg foams by replication process and mechanical properties. Materials and Design. Vol:64, (2014); 136-141
- 4 Oscar David Molina Ramírez. Caracterización microestructural y mecánica de espumas metálicas de aluminio fabricadas por un nuevo proceso de infiltración. Abril 2015.

Grado maestría. Instituto de Investigaciones en Materiales UNAM.

- 5 J. H. Cadena, I. A. Figueroa, M. A. Suarez, O. Novelo-Peralta, G. González, G.A. Lara-Rodríguez, I. Alfonso. Production of Al foams using the SDP method: Processing parameters and introduction of a new sintering device. J. Min. Metall. Sect. B-Metall. Vol. 52. (2016); 47 - 52.



Miguel Reina, Collage, grabado. N° 19 MA