

INFILTRACIÓN DE PREFORMAS SOLUBLES PARA LA OBTENCIÓN DE ESPONJAS METÁLICAS

P. Fernández M. ⁽¹⁾, J.C. Ortega ⁽²⁾ y L.J. Cruz ⁽²⁾

(1) GINUMA, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana, COLOMBIA.

(2) GINUMA, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana, COLOMBIA.

E-mail (autor de contacto): patricia.fernandez@upb.edu.co

RESUMEN

Los metales celulares, tanto espumas como esponjas, se han constituido en un tipo de material con un gran potencial innovador, dadas sus especiales características que combinan su extremada baja densidad con, propiedades mecánicas y físicas únicas. Desde hace algo más de una década, se ha indagado acerca de varios procesos para la obtención de metales celulares, incluso logrando el desarrollo comercial de algunos de ellos. En este sentido, los diferentes procesos reportados hasta ahora pueden clasificarse en tres categorías básicas: i) pulvimetalurgia, ii) electrodeposición y iii) fundición. A pesar de existir un buen número de técnicas de procesamiento, la mayoría de los procesos reportados son costosos, pues requieren de equipos especiales y de materiales de alto costo, lo cual finalmente se traduce en un metal celular oneroso para su comercialización. En el presente trabajo, se ha implementado un proceso de producción de esponjas metálicas mediante un proceso de fundición, el cual se denominó Infiltración de Preformas Solubles – IPS. Es un proceso sencillo que es llevado a cabo en tres etapas, donde para lograr la infiltración de la preformas se hace uso de presión de vacío. Los resultados obtenidos fueron bastante satisfactorios, dado que se obtuvieron esponjas de aluminio con morfologías homogéneas, con poro similares a las de los cristales de sal utilizados en las preformas, densidades promedio de $0,89 \text{ gcm}^{-3}$ y, en tres tamaños de poro: 2.0mm, 1.0mm y 0.5mm. Una vez caracterizadas, las esponjas presentaron comportamientos mecánicos uniformes y aquí cabe anotar, que los resultados estuvieron acordes con los presentados por otros autores que han producido este tipo de esponjas mediante otras metodologías análogas.

Tópico 2: Materiales Metálicos

Palabras clave: Metales celulares, esponjas metálicas, proceso de infiltración, preformas solubles

1. INTRODUCCIÓN

A nivel histórico, los materiales celulares siempre han estado presentes en la humanidad, no obstante los metales celulares solo aparecen hasta hace solo un par de décadas. Cabe anotar entonces, que la mayoría de las publicaciones que se han generado en los últimos años, han tenido básicamente un enfoque hacia la innovación y mejora de los procesos de fabricación que dan lugar a tales estructuras, tanto de poro cerrado, denominadas espumas metálicas, como de estructuras de poro abierto, en cuyo caso se habla de esponjas metálicas [1-3]. Así mismo, la caracterización de dichas estructuras resulta fundamental a la hora de potenciar su aplicabilidad, y en dicho caso, el comportamiento mecánico es una propiedad fundamental [2, 4-5]. En ese sentido, la extremada baja densidad de las esponjas aunada a sus buenas propiedades físicas y mecánicas, permiten que estos materiales compitan con ventaja sobre los metales utilizados de manera convencional (sólidos) [6].

Hasta ahora, los diferentes procesos reportados pueden clasificarse en tres categorías básicas: i) pulvimetalurgia, ii) electrodeposición y iii) fundición [7-8]. A pesar de existir un buen número de técnicas de procesamiento, la mayoría de los procesos reportados son costosos y, debido a que los avances en este campo vienen siendo desarrollados en países de Europa, Oriente y Norteamérica, mediante el presente trabajo se pretende aportar un mayor conocimiento acerca de esta clase de materiales a nivel latinoamericano. Para ello, se estableció una

metodología en la que se eligió el tipo de proceso que se abordaría (IPS), la selección y caracterización de la materia prima (teniendo en cuenta aspectos ambientales y económicos), el diseño e implementación de un equipo para el proceso IPS con las respectivas variables de procesamiento y, la fabricación y posterior caracterización de las esponjas de aleación de aluminio obtenidas. A continuación se muestra entonces el desarrollo del proceso implementado y los resultados obtenidos.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1. Proceso IPS

La técnica de fabricación de las esponjas metálicas mediante la infiltración de preformas solubles [9-10], consistió de las siguientes etapas (ver figura 1):

- Obtención de la preforma soluble, para lo cual se utilizó sal comercial (NaCl), cuyas partículas fueron sometidas a un análisis granulométrico a fin de obtener tres tipos de tamaño de grano: 2.0mm, 1.0mm y 0.5mm.
- Fusión del aluminio, específicamente una aleación del tipo AlSiMg. Para lograr que el metal fundido penetre la preforma, se hace uso de presión en vacío.
- Una vez enfriado el material compuesto Aluminio/Sal obtenido, se procede a maquinarse las muestras requeridas y a la disolución de la sal, dejando de esta forma libre la estructura porosa.

Para el proceso IPS realizado, se probaron temperaturas de infiltración de 650°C, 700°C y 750°C y una presión de vacío entre 5 y 50 KPa. Por otra parte, la disolución de la sal se realizó con agua destilada, realizando un adecuado control de la conductividad del agua de disolución hasta alcanzar valores del agua destilada de referencia. Para asegurar la extracción total de la sal durante la disolución, en la última etapa se realiza un lavado en un baño ultrasonido en modo *degas* durante 15, 30 y 45 minutos.

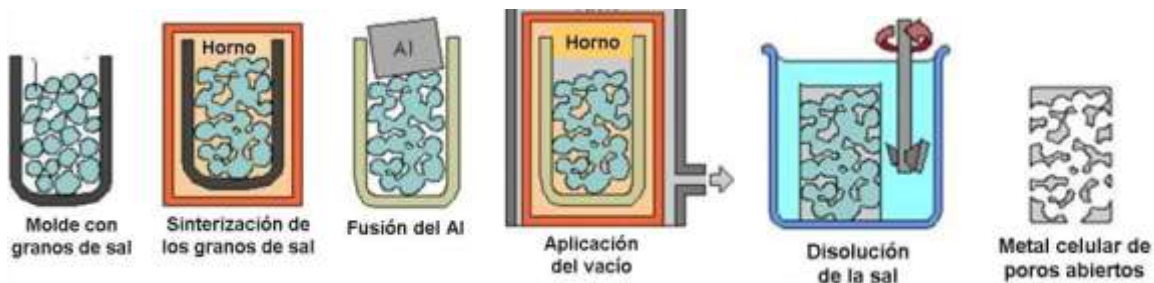


Figura 1. Esquema del proceso IPS

2.2. Caracterización del NaCl

Las partículas de sal fueron caracterizadas mediante microscopía SEM en un equipo JEOL JMS-6490LV, obteniendo de éste modo: la composición, la morfología de los granos tamizados y el tamaño (2.0mm, 1.0mm y 0.5mm).

2.3. Caracterización de las esponjas metálicas

La estructura porosa de las esponjas de aluminio fue caracterizada mediante estéreo-microscopía y microscopía SEM. Así mismo, se determinó la densidad de las esponjas mediante la toma directa del peso y el volumen de las muestras cilíndricas para uso en el ensayo de compresión.

Para determinar el comportamiento mecánico y la capacidad de absorción de energía de deformación de las esponjas obtenidas, fueron realizados ensayos de compresión en una máquina universal Instron 5582 utilizando una velocidad de ensayo de 0.5mm^s⁻¹. Para cada tamaño de poro, se elaboraron 3 probetas de las muestras de esponjas metálicas con geometría cilíndrica de 20mm de diámetro y 20mm de altura.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Proceso IPS

Los parámetros de procesamiento son muy importantes, dado que de estos depende el llenado completo de la estructura. De las tres temperaturas probadas, fue posible establecer que a 650°C, la aleación de aluminio todavía se encuentra en un estado cuasi-pastoso, de ahí que su infiltración presente mayor dificultad a medida que se disminuye el tamaño de las partículas de sal. Por el contrario, la temperatura de 750°C se observó que daba lugar a una posible cuasi-fusión de la sal, cuyo punto de fusión es de 801°C. De ahí que los mejores resultados fueron obtenidos a temperaturas de infiltración de 700°C. Con respecto a la presión, se realizaron pruebas con presión de vacío en un intervalo de 5 a 50 KPa, utilizando incrementos de 5KPa. Se obtuvo entonces que con presiones de alrededor 40 a 45 KPa en combinación con la temperatura de 700°C seleccionada, era suficiente para lograr una infiltración completa de las preformas.

3.2. Análisis estructural de la esponja

En primer lugar, es importante anotar la correspondencia directa obtenida entre el tamaño y la morfología de las partículas de sal, con el tamaño y la morfología de los poros obtenidos en las esponjas, tal como se muestra en las figuras 2 y 3. Además, la estructura de las esponjas estaba constituida por porosidad interconectada y uniformemente distribuida a través de toda la matriz de aleación de aluminio. El intervalo de densidad promedio de las esponjas estuvo entre 0.8 – 1.0 gcm⁻³, lo cual significa que un promedio de densidad relativa del 33% y una porosidad de alrededor del 67%.

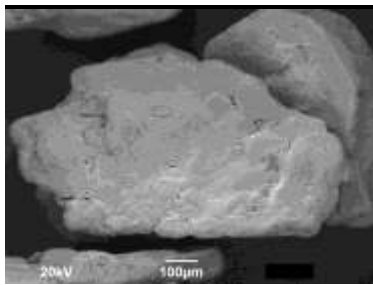


Figura 2. Morfología de los cristales de sal

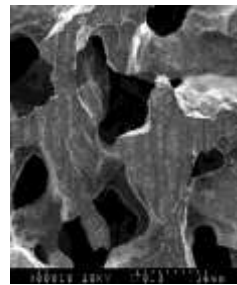


Figura 3. Morfología de los poros

3.3. Comportamiento mecánico

Los ensayos de compresión arrojaron datos de resistencia a la compresión con una baja desviación estándar, lo que aduce una alta uniformidad en las estructuras porosas de las esponjas. Los valores obtenidos de resistencia a la compresión de las muestras se muestran en la tabla 1.

Esfuerzo [MPa]	Probetas poro 0.5mm	Probetas poro 1.0mm	Probetas poro 2.0mm
Probeta # 1	62.784	62.020	65.464
Probeta # 2	62.855	74.325	67.915
Probeta # 3	66.836	68.401	70.012
Media	64.158	62.249	67.797

Tabla 1. Resistencia a compresión de las esponjas de Al obtenidas

Una vez caracterizadas, las esponjas presentaron comportamientos mecánicos uniformes y aquí cabe anotar, que los resultados estuvieron acordes con los presentados por otros autores que han producido este tipo de esponjas mediante otros procesos o metodologías análogas.

4. CONCLUSIONES

No obstante a la existencia de un apreciable número de métodos de fabricación de metales celulares de porosidad abierta, el proceso de IPS resultó ser una técnica sencilla y económica, que brinda la posibilidad de obtener esponjas metálicas con excelentes características tales como porosidad uniformemente interconectada, con tamaños y morfología de poros que pueden ser controlados a partir de la preforma utilizada. La resistencia a compresión de las esponjas obtenidas, utilizada como variable respuesta, demostró así mismo que las estructuras porosas poseen una relativa alta uniformidad, dado que los resultados presentaron una alta homogeneidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Colciencias por la financiación del proyecto Código 1210-452-21201, que hicieron posible la realización del estudio presentado en este artículo.

REFERENCIAS

1. L.J. Gibson Y M.F. Ashby, "Cellular solids: structure and properties"; 1997, Cambridge University Press.
2. M.F. Ashby et al., "Metal foams: a design guide"; 2000, Butterworth-Heinemann.
3. A. G. Evans, J. W. Hutchinson and M. F. Ashby, "Cellular metals", Current Opinion in Solid State and Materials Science, Vol. 3, 1998, p. 288-303.
4. J. Banhart, "Manufacture, Characterisation and Application of Cellular Metals and Metal Foams"; Progress in Materials Science 46, 2001, p. 559-632.
5. G. J. Davies and S. Zhen, "Review Metallic Foams: their production, properties and applications", Journal of Materials Science, Vol. 18, 1983, p. 1899-1911.
6. J. Banhart, J. Baumeister and M. Weber, "Metal foams near commercialization", Metal Powder Report, 1997, p. 38-41.
7. P. Fernández, L. J. Cruz; J. Coletto. "Procesos de Fabricación de Metales Celulares: Parte I, Procesos Por Vía Líquida"; Revista de Metalurgia de Madrid, Vol. 44, 2008, p. 540-555.
8. P. Fernández, L. J. Cruz; J. Coletto, "Procesos de Fabricación de Metales Celulares: Parte II, Vía Sólida, Deposición De Metales, Otros Procesos", Revista de Metalurgia de Madrid, Vol 45, 2009, p. 124-142.
9. P. Fernández M., G. Torres V., J. Cruz, S. Gaviria G. y E. Ochoa; "Fabricación de Metales Celulares base Aluminio"; Revista Scientia et Technica. Vol. 8, 2007, p. 1-6.
10. P. Fernández, M. Daza, E. Oviedo, C. Ortega, J. Cruz. "Estudio Comparativo con Base en el Ensayo de Compresión de Esponjas de Aluminio Obtenidas Mediante Infiltración de Preformas Solubles"; Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, S1 (3): 2009, p. 1269-1274.