

ISSN: 2322-7672

II Encuentro de Investigación Formativa Ingeniería Industrial Medellín

Memorias

Diana Rocío Roldán Medina
Beatriz Elena Ángel Álvarez
Compiladoras



Universidad
Pontificia
Bolivariana

© Diana Rocío Roldán Medina (Compiladora)
© Beatriz Elena Ángel Álvarez (Compiladora)
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana

II Encuentro de Investigación Formativa - Memorias

ISSN: 2322-7672

Primera edición, 2012

Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Industrial

Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Mons. Luis Fernando Rodríguez Velásquez

Vicerrector Académico: Pbro. Jorge Iván Ramírez Aguirre

Editor: Juan José García Posada

Coordinación de producción: Ana Milena Gómez C.

Diagramación: Juan Esteban Casas Tejada

Corrector de estilo: César Alejandro Buriticá

Dirección editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2012

Email: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57) (4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1037-16-08-12

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

Análisis del costo de producción de Esponjas de aluminio

Tatiana Quiceno Gomez

Univversidad Pontificia Bolivariana
tatiana.quicenogo@alfa.upb.edu.co

Laura Margarita Guerrero

Univversidad Pontificia Bolivariana
laugue_11@hotmail.com

Patricia Fernández M.

Univversidad Pontificia Bolivariana
patricia.fernandez@upb.edu.co

Abstract

Metal sponges are new materials that offer interesting combinations of very special physical-chemical and mechanical properties. Due to the novelty of these materials it is not yet an essential element in the market, and that is precisely what makes it a topic of high relevance and interest. This article shows an analysis of costs of production through Ashby methodology to establish the viability of the immersion of product in the new marketing, with reference of the comparative costs obtained.

Keywords: new materials, metal sponges, costs analysis

Resumen

Las esponjas metálicas son nuevos materiales que ofrecen interesantes combinaciones de especiales propiedades físico-químicas y mecánicas. Debido a lo reciente de estos materiales, todavía no constituye un elemento fundamental dentro del mercado, y es precisamente esto lo que lo convierte en un tema de investigación con alta importancia e interés. En este artículo se plantea un análisis de costos de producción mediante la metodología de Ashby con el fin de establecer la potencialidad de inmersión del producto para su producción a nivel industrial, con referencia a los costos comparativos obtenidos.

Palabras claves: nuevos materiales, esponjas metálicas, análisis de costos

Introducción

El objetivo del presente trabajo es realizar un primer ejercicio de análisis del costo de fabricación de las esponjas metálicas de aluminio mediante el proceso de infiltración de preformas solubles (IPS) de manera comparativa, y de esta forma establecer un primer acercamiento a la potencial inmersión de la producción industrial de este tipo de materiales.

Las esponjas metálicas cuentan con interesantes propiedades, tales como una densidad baja, contar con diversas características del metal del cual están formadas y tener una estructura abierta de poros interconectados entre sí. Estas esponjas logran reunir muchas características que no se podrían haber encontrado en otro material. Por esta razón tienen un gran potencial para una variedad de aplicaciones, que comprenden: aplicaciones estructurales, absorción de energía de impacto y explosiones, absorbentes de ruidos y vibraciones, intercambiadores de calor, base de catalizadores, entre otras [1]. Esto indica que las esponjas metálicas son aptas para la realización de una gran cantidad de proyectos a nivel mundial. Sin embargo, al ser un material tan reciente, todavía no constituye un elemento fundamental dentro del mercado, y es precisamente esto lo que lo convierte en un tema de investigación con alta importancia e interés.

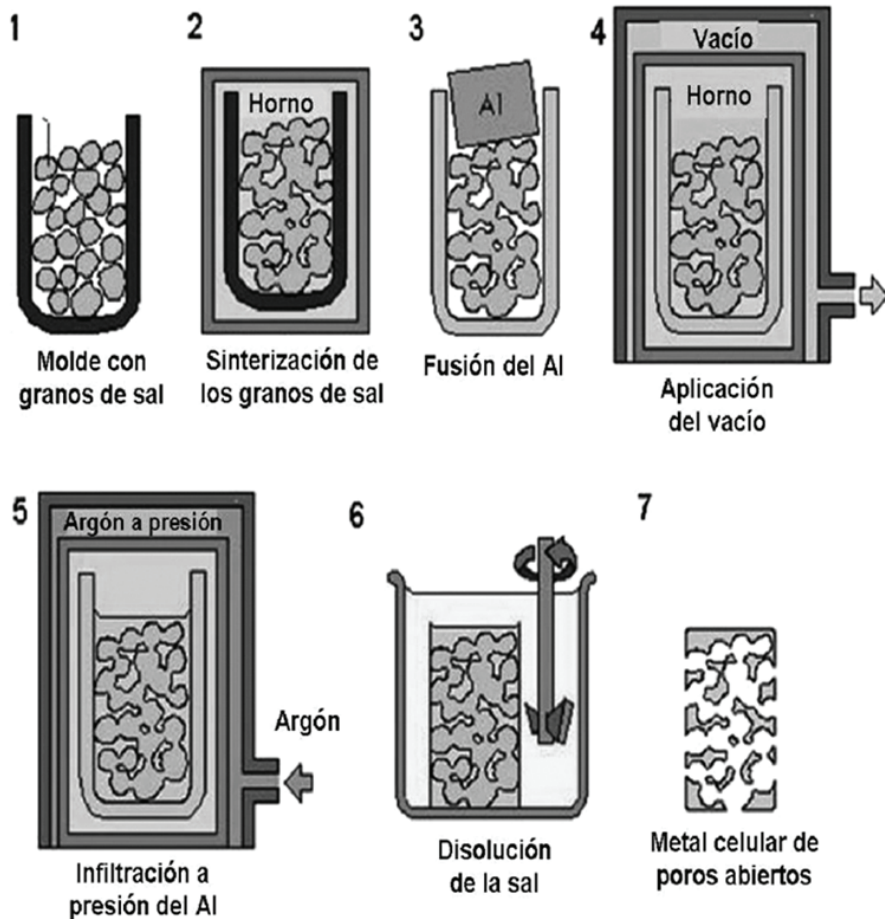
Se plantea entonces hacer un análisis de costos de producción de esponjas de aluminio obtenidas por IPS, de manera comparativa y con base en la metodología propuesta por Ashby [2].

Producción de esponjas de aluminio mediante el método IPS

Las esponjas metálicas pertenecen al grupo de los nuevos materiales, son materiales celulares cuya fase sólida es un metal. Estos metales porosos se clasifican en esponjas (poro abierto), espumas (poro cerrado), y esferas huecas (poros abiertos y cerrados). El interés del presente artículo se centra en las esponjas de poro abierto, las cuales ofrecen una interesante combinación de propiedades físico-químicas y mecánicas, incluyendo las características del metal del cual están formadas. Estas esponjas logran reunir muchas características que no se podrían haber encontrado en otro material, por esta razón son consideradas multifuncionales.

Actualmente las esponjas metálicas se fabrican por un número reducido de empresas ubicadas en países del Oriente, Europa y Norteamérica. Los procesos de producción se presentan de acuerdo al estado en el que se encuentre el metal base: sólido (pulvimetalurgia), en deposición gaseosa o fundido [3-4]. El material desarrollado objeto de este trabajo se encuentra enmarcado dentro de los procesos por fundición, y es denominado Infiltración de Preformas Solubles (IPS). Dicho método consta de la fusión del metal con rellenos removibles de diversa índole (orgánicos o inorgánicos). Para el proceso llevado a cabo en los laboratorios de la UPB, el material removible es el NaCl, el cual, por ser económico y de fácil manipulación, es el más común dentro de los rellenos. Se obtiene un metal celular de poros abiertos, los cuales varían en forma y tamaño de acuerdo al grano de sal empleado. En general, para el proceso IPS mencionado, los pasos son los siguientes:

Figura 1. Esponja metálica obtenida por IPS, Ref. [3].



Costo comparativo de las esponjas metálicas

La fabricación de esponjas metálicas es relativamente costosa, dado que básicamente se obtienen mediante procesos de alto costo, tales como la pulvimetalurgia (el metal se encuentra en estado sólido y se requieren de espumantes), la electrodeposición (el metal se deposita en forma gaseosa sobre una preforma) o algunos procesos por vía líquida que requieren de insumos y equipos especiales de costos relativamente altos.

Las principales propiedades de las esponjas metálicas son: baja densidad, excelente conductividad térmica, alta capacidad de absorción de energías de deformación, alta permeabilidad, estabilidad química, entre otras. La multifuncionalidad de estos nuevos materiales ha hecho que existan variadas aplicaciones potenciales y algunas aplicaciones reales en el gran sector del transporte, automoción y aeronáutico; comprende aplicaciones acústicas, en la amortiguación de pulsos mecánicos, como intercambiadores de calor, estructuras livianas, filtración, electrolisis, dispositivos de calentamiento, entre otras.

Dado a que los metales celulares son de aparición reciente en el campo de los materiales, la industrialización y comercialización de éstos aún se encuentra en estado incipiente a nivel mundial [5]. Adicionalmente, es importante resaltar que ciertamente los metales celulares que se comercializan son en general considerados de alto costo, esto como consecuencia de los métodos de su producción que llegan a ser de alto costo, lo que finalmente se constituye en el principal obstáculo para su industrialización y comercialización. Para una mejor idea de lo que se requiere en cuanto a equipos e insumos para la obtención de metales celulares (base aluminio), en la tabla 1 se listan los principales procesos de producción de uso comercial.

En el presente artículo, se plantea entonces realizar un análisis de los costos de producción de la fabricación de esponjas metálicas mediante el método IPS, teniendo como base fundamental la metodología propuesta por Michael Ashby, de manera que se pueda establecer su viabilidad, con el fin de considerar y evaluar la posibilidad de introducir las esponjas metálicas en el mercado y poder establecer los métodos más adecuados a través de los cuales se ejecutaría dicha inserción. De esta manera, muchas empresas y entidades podrían utilizar las esponjas metálicas en sus proyectos, obteniendo gran cantidad de beneficios a costos razonables.

Método de Ashby

Michael F. Ashby (Británico, nacido en 1935) ingeniero de materiales, profesor de investigación de la Royal Society (Real Sociedad de Londres para el Avance de la Ciencia Natural) en la universidad de Cambridge, y realizó estudios previos en las universidades de Harvard y de Gottingen. Es muy conocido por sus aportes a la ciencia y la selección de materiales..

El profesor Ashby propuso un método para la estimación del costo de producción específicamente para metales celulares. Aunque dicho método tiene como fin último establecer la viabilidad económica, comercial y de aplicación de este tipo de materiales, como primera etapa de este trabajo, para este artículo solo se tomará como base para

establecer los principales factores implicados en el costo de producción de manera cualitativa. De esta manera, se establece el balance existente entre su costo y desempeño.

De lo anterior, se procede a elaborar y analizar tres modelos principales: en primer lugar se encuentra el modelo de costos, el cual brinda la información sobre el presupuesto requerido para el proceso de fabricación del material (costo capital), en este modelo se analizan los costos variables, los cuales dependen de los volúmenes de producción y los costos fijos que como su nombre lo indica permanecen constantes y no se ven influenciados por el factor anteriormente mencionado ni por el mercado en general. En este punto, se proporcionan resultados acerca de la influencia que tienen las variables predominantes en el proceso sobre las tasas de producción, y da cuenta del valor agregado que generan muchas actividades incorporadas a dicho proceso. Por otro lado, se encuentra el modelo de desempeño, el cual se basa en el análisis de todo lo relacionado con el diseño, las propiedades del material nuevo, y las aplicaciones que el material fabricado puede brindar, permitiendo así su comparación con las características de otros materiales, en un rango de aplicaciones potenciales. Finalmente, se elabora un modelo de valor, el cual es una combinación entre el modelo de costos y el de desempeño. Este modelo determina el balance entre el presupuesto requerido para la fabricación del material y los beneficios que posteriormente éste genera en el mercado. Es importante resaltar que un material es viable cuando su valor es mayor al de otros materiales que representan la competencia.

Tabla 1 Requerimientos para diferentes métodos de fabricación de esponjas metálicas

Tipo de procedimiento	Nombre método	Requiere de...
Estado Sólido (Pulvimetalurgia)	Todos	Polvos metálicos de alta pureza, agentes espumantes, mezcladora, extrusora, compactadora, horno
Estado Gaseoso (Electrodeposición)	Todos	Materiales puros en fase vapor, cámara de vacío, preformas de poliuretano, horno.
Estado Líquido	Inyección de gas en el fundido	Partículas cerámicas, gases (aire, nitrógeno, argón), horno, sistema de inyección de gas, sistema de recolección
	Espumado directo en metal fundido	Partículas cerámicas, agente espumante en polvo (hidruro de titanio), hornos, sistemas de recolección
	Fundición de precisión	Preforma de esponja de poliuretano, cerámicos, horno de fundición, horno de tratamiento térmico, sistema de cera perdida.
	Infiltración de Preformas Solubles (IPS)	Aluminio, sal (NaCl), bomba de vacío, horno

Análisis de costos del proceso IPS (con el método Ashby)

A la hora de analizar el costo de producción de las esponjas de aluminio obtenidas por IPS, se deben tener en cuenta principalmente dos variables: el desempeño del material y los costos que se generan durante su proceso de producción. Para esto se crea un modelo del desempeño y un modelo de costos, los cuales luego se balancean en un modelo de valor, a partir del cual será posible establecer qué tan viable resulta la producción del material.

Costos

En primera instancia, se analiza todo lo relacionado con los costos de los procesos de fabricación de las esponjas metálicas. Todos los métodos que parten del metal en estado sólido, es decir, polvos metálicos, requieren procesos de pulvimetalurgia y de un agente espumante, el más común es el hidruro de titanio, además de diversos equipos y maquinaria (ver tabla 1). Los procesos que parten del metal matriz en estado gaseoso se realizan por electrodeposición y los metales utilizados deben tener un alto grado de pureza. Por otro lado, los procesos que hacen uso del metal (Aluminio) en estado líquido, requieren de agentes espumantes como el hidruro de titanio, gases para inyectar o el uso de preformas (generalmente de poliuretano), estas últimas son fabricadas por pocos países dentro de los cuales se encuentran Alemania, China y Brasil. Para el caso específico del método estudiado en este artículo (IPS), los principales materiales que se utilizan son aluminio, el cual puede ser reciclado (bajo condiciones de clasificación) y sal. A continuación, se presenta una tabla con precios aproximados de los materiales y equipos principales utilizados en cada tipo de proceso, a partir de la cual es posible establecer comparaciones y apreciar las diferencias económicas presentadas entre los diversos procesos de fabricación. Es importante tener en cuenta que los precios del material varían de manera proporcional a su calidad.

Desempeño

Por otro lado, se analiza el desempeño del producto. El método Ashby estudia todas las variables que influyen las posibilidades de comercialización que tiene. Las esponjas metálicas reúnen propiedades muy especiales, como las mencionadas antes, que les brinda oportunidades de potencial aplicación tanto a nivel estructural como funcional, con un valor agregado como lo son las bajas densidades de las esponjas, las cuales varían entre 0.4 y 1.0 g/cm³. En este sentido, es evidenciable un amplio rango de aplicaciones para las esponjas metálicas, entre las cuales se destacan:

Para la Industria automotriz: el aumento de la seguridad en los vehículos ha conllevado a un mayor peso de éstos en muchos casos. Tal condición entra en conflicto con el objetivo que se tiene de que el vehículo tenga un consumo mínimo de combustible. Las esponjas metálicas de aluminio disminuyen el peso del vehículo al mismo tiempo que le proporcionan una buena resistencia. Por otro lado, por su capacidad de absorción de energía, se predice una deformación controlada y programada en zonas de colisión de carros y trenes, con una máxima absorción de energía (la esponja metálica es un material con propiedades isotrópicas).

Adicionalmente, en la producción de autos, la absorción de sonido y el aislamiento térmico son factores muy importantes. En la industria aeroespacial, las esponjas metálicas como reemplazo de estructuras con forma de panel, enjambre o paneles en forma de sándwich, esto significa una reducción considerable de los costos. Por otro lado, en la construcción las esponjas de aluminio serían de gran utilidad en la reducción del consumo de energía, pues presentan a pesar de su baja densidad, gran resistencia y capacidad de absorción de energía térmica en intercambiadores de calor, filtros y soportes para catálisis. Adicionalmente, las esponjas de aluminio son aptas en otras aplicaciones especiales como son los adaptadores de impedancia en aplicaciones acústicas.

Tabla 2. Materias primas empleadas en los procesos de fabricación de esponjas metálicas.

Proceso	Material	Precio
Líquido	Aluminio (1 kilo)	\$ 4000
	Sal tratada (1 kilo)	\$ 800
	Sal sin tratar (50 kilos)	\$ 12.000
	Bomba de vacío (2 etapas)	\$ 3.000.000
	Horno mufla (Tmax 1200°C)	\$8.000.000
	Crisol (alúmina, grafito, acero)	\$ 120,000
	Preforma poliuretano	US\$220-290
	Cerámico (alúmina)	US\$ 350-425
	Inyectora de cera	\$3.000.000
	Sistema de recolección	\$2.000.000
Sólido	Hidruro de titanio (TiH ₂)	US\$ 27
	Aluminio (polvo)	US\$ 601-10000
	Prensa uniaxial	15.000.000
	Prensa isostática en frío (CIP)	\$75.000.000
	Prensa isostática en caliente (HIP)	\$220.000.000
	Extrusora	80.000.000
Deposición de vapor	Alúmina (polvo) o carburo de silicio	€74-218
	CVD (sputtering)	N.D
	Cámara de vacío	N.D

Valor (costo vs. desempeño)

En primera instancia, es evidente la cantidad de propiedades y aplicaciones que las esponjas metálicas presentan a escala industrial. Por el lado de su desempeño, se puede afirmar que son productos de gran utilidad y eficiencia. A nivel de costos, se observa que hay gran variación en éstos de acuerdo al proceso utilizado para su fabricación. Con respecto al método del IPS, los costos de la materia prima utilizada no representan grandes costos, y al compararlo con los otros procesos de fabricación existentes, realmente muestra ser un proceso más sencillo, práctico y, sobre todo, económico, comparado con los demás que representan de algún modo competencia.

Conclusiones

A partir del análisis de resultados y de lo realizado se ha logrado evidenciar que las esponjas metálicas son productos con gran potencial en muchos campos a nivel industrial y comercial, son materiales multifuncionales que reúnen propiedades que otros materiales no presentan por sí solos. Además, se pueden obtener esponjas con diversas características, específicamente con tamaño y forma de poros controlables y uniformes, de manera sencilla y práctica.

Por otro lado, el método de fabricación de infiltración de preformas solubles (IPS) investigado ha demostrado ser un proceso realmente viable, ya que el balance entre los costos de producción y el desempeño del producto final establece que las esponjas fabricadas por este medio tienen un valor superior en comparación con las fabricadas por los otros medios. Esto resulta muy beneficioso para aquellos sectores industriales actuales que buscan optimizar sus procesos y mejorar la calidad de sus industrias mediante el uso de materiales nuevos, económicos y eficientes.

Referencias

1. Ashby M.F. et al., "Metal Foams: A Design Guide" Ed.Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.
2. Elicia Maine and Michael F. Ashby, Cost Estimation and the Viability of Metal Foams, Advanced Engineering Materials, Vol. 2 N°4, 2000, p. 205-209.
3. 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, No 6 (2008)

4. 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, No 2 (2009)
5. J.A. Gutiérrez-Vázquez y J. Oñoro, Espumas de aluminio. Fabricación, propiedades y aplicaciones, Revista Metalúrgica, Vol 44, No 4 (2008)