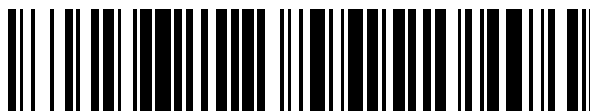


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 840**

51 Int. Cl.:

C22C 1/08 (2006.01)

B22D 25/00 (2006.01)

B22F 3/11 (2006.01)

B22F 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09007574 .8**

96 Fecha de presentación: **09.06.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2143809**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.01.2010**

54 Título: **ESPUMAS METÁLICAS DE UNA ALEACIÓN DE ALUMINIO, SU UTILIZACIÓN Y PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN.**

30 Prioridad:
11.06.2008 DE 102008027798

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.04.2012

73 Titular/es:
**Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und
Energie GmbH
Hahn-Meitner-Platz 1
14109 Berlin, DE**

72 Inventor/es:
**Banhart, John;
Helwig, Hans-Martin y
Wolfgang Seeliger**

74 Agente/Representante:
Curell Aguilá, Mireia

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 378 840 T3

DESCRIPCIÓN

Espumas metálicas de una aleación de aluminio, su utilización y procedimiento de fabricación.

- 5 La presente invención se refiere a una espuma metálica, a un producto procedente de la misma y a un procedimiento para su fabricación.

En general, es conocida según el estado de la técnica la fabricación de espumas metálicas de la forma como se hace en la metalurgia de polvos, gracias a que una mezcla de polvo metálico y un agente expansivo es, en primer lugar, compactada y es fundida entonces, parcialmente o por completo, y es enfriada de nuevo, una vez ha tenido lugar la formación de poros. En el estado fundido, el gas liberado por el agente expansivo forma poros en la masa fundida.

- 15 Un procedimiento de este tipo se describe, por ejemplo, en el documento DE 101 15 230 A1. A título de ejemplo, se explica la fabricación de una espuma metálica de la aleación AA6060 (AlMgSi).

En la página principal del Instituto Fraunhofer de máquinas herramienta y técnica de conformación (<http://www.iwu.fraunhofer.de/schaumzentrum/produkte.htm>) se indican otras aleaciones de aluminio como, por ejemplo, AlSi10 y también una aleación de aluminio 6000, es decir AlMg1 Si0,5.

20 Las aleaciones de AlMgSi de 6000 conocidas hasta ahora por el estado de la técnica y analizadas científicamente, las cuales contienen en cantidades pequeñas (de hasta aproximadamente un 2 %) Si y Mg, no daban resultados satisfactorios para la fabricación de espumas metálicas, con vistas a la obtención de una estructura de poros fina con una capacidad de expansión elevada, buenas propiedades mecánicas y una buena resistencia a la corrosión.

25 Otras aleaciones de aluminio técnicas utilizadas en la actualidad para espumas metálicas son la aleación de fundición AlSi7 o la aleación AlSi6Cu6 (ver la página principal de la empresa alm GmbH el 03.06.08: <http://www.almgmbh.de/html/produkte.html>).

- 30 Se llevaron a cabo otros esfuerzos para la consecución de las propiedades deseadas de espumas de aluminio mediante la variación del contenido en Si y/o en Cu.

A pesar de que se han implantado las aleaciones de fundición mencionadas en último lugar AlSi (por ejemplo, Al Si6) y AlSiCu (parcialmente con contenido de Cu modificado), hasta el momento no se han obtenido con estas aleaciones las propiedades deseadas y mencionadas más arriba. En este caso, se sospecha que las aleaciones de fundición mencionadas tienen contenidos de Mg y Si demasiado pequeños para conseguir una cantidad de masa fundida suficiente al inicio del proceso de fusión. Además, la formación de pequeñas cantidades de masa fundida al principio del proceso está relacionada con el riesgo de la formación de canales en el producto semielaborado y con la pérdida de gas propulsor al inicio de la fusión.

40 Según el estado de la técnica, se conocen en general sándwiches de espuma metálica en los cuales entre dos capas de cobertura que cierran hacia fuera está dispuesto un núcleo de espuma metálica.

45 Las estructuras sándwich de este tipo se pueden fabricar mediante pegado de la capa de cobertura con la capa de espuma de núcleo, aunque también gracias a que el material del núcleo no espumado es conectado metálicamente con las capas de cobertura mediante la acción de la presión en una etapa del procedimiento (ver, por ejemplo el documento EP 0 997 215 A2) y es espumado únicamente a continuación mediante el medio de propulsión que se puede activar térmicamente.

50 Para el procedimiento mencionado en último lugar destinado a la fabricación de sándwiches de espuma metálica es especialmente importante la elección de los materiales para el núcleo de espuma metálica y para las capas de cobertura, dado que el proceso de espumado exige relaciones de temperatura especiales. En el documento DE 101 36 370 A1, se conforma la pieza en bruto de material compuesto para dar un producto semielaborado y mediante calentamiento hasta una temperatura, la cual está simultáneamente por encima de la temperatura de gas de escape del polvo de agente expansor y dentro del intervalo solidus-liquidus del polvo metálico, para dar un componente espumado. Se menciona que para el caso en que tanto para la capa del núcleo como también para las capas de cobertura se utilice el mismo material, por ejemplo, aluminio, se pueden ajustar temperaturas de fusión diferentes mediante aditivos de fusión diferentes en los materiales de capa de polvo y de cobertura.

60 En general, hay que determinar que el inicio del intervalo de temperatura de fusión de las aleaciones de espuma metálica conocidas por el estado de la técnica está claramente por encima de la temperatura de descomposición del agente expansor TiH₂ utilizado usualmente.

65 La invención se plantea el problema de proponer una espuma metálica a base de una aleación de aluminio del tipo AlMgSi y una utilización de esta aleación, debiendo presentar la espuma metálica una estructura de poro fina con una capacidad de expansión alta, buenas propiedades mecánicas y una buena resistencia a la corrosión. Este

problema consiste además en proponer un procedimiento para la fabricación de un producto que presente la espuma metálica.

5 El problema se resuelve según la invención mediante una espuma metálica a base de una aleación de aluminio, que esta aleación sea $\text{AlMg}_4(\pm 1)\text{Si}_8(\pm 1)$, la indicación tiene lugar en % en peso, y que la espuma metálica presente Al, Mg, Si e impurezas condicionadas por la fabricación o Al, Mg, Si así como los componentes metálicos de un agente expansor e impurezas condicionadas por la fabricación.

10 Se ha demostrado que la aleación AlMg_4Si_8 hasta ahora tecnológicamente irrelevante presenta, dentro de la tolerancia de ± 1 % técnicamente realizable mediante la mezcla de polvo propiedades de espuma sobresaliente y que la espuma metálica que se forma presenta una estructura de poro claramente más fina en comparación con el estado de la técnica.

15 Esto se puede deber a efectos positivos del Mg contenido, tales como la reducción de la tensión superficial de la masa fundida y su fuerte tendencia a la oxidación, ya que una rápida formación de óxido estabiliza las paredes de células de los poros que se forman y al aumento de la viscosidad de fusión, a que el drenaje se reduce y contribuye asimismo a la estabilidad de la estructura de poro en la zona líquida.

20 Las propiedades mejoradas se pueden atribuir a un comportamiento de fusión especial de la aleación según la invención, el cual está caracterizado por la función de la proporción de volumen de líquido dependiendo de la temperatura de la masa fundida. La aleación genera, durante el proceso de espumado a 560°C de forma isoterma, una proporción de aproximadamente el 50 % de masa fundida ternaria eutéctica y tiene una temperatura de liquidus de aproximadamente 600°C , con lo cual es posible un ajuste preciso de una viscosidad de la masa fundida óptima para la expansión de espuma.

25 Con respecto a las aleaciones que contienen Cu mencionadas más arriba en el estado de la técnica existe además la ventaja de proporcionar una mayor ductilidad y una mejor resistencia a la corrosión del producto acabado,

30 Según la invención, se utiliza la aleación reivindicada como material del núcleo espumado en sándwiches de espuma de aluminio.

35 En el procedimiento para la fabricación de la espuma metálica a partir de la aleación reivindicada se elabora, en primer lugar, una mezcla de polvo metálico para la aleación $\text{AlMg}_4(\pm 1)\text{Si}_8(\pm 1)$ y se compacta para dar un producto semielaborado que se puede espumar y, a continuación, este producto semielaborado es espumado con medios conocidos.

40 En un procedimiento según la invención para la fabricación de un material del núcleo a partir de la aleación reivindicada se elabora, en primer lugar, una mezcla de polvo metálico para la aleación $\text{AlMg}_4(\pm 1)\text{Si}_8(\pm 1)$ y se compacta para dar una capa del núcleo que se puede espumar, después esta capa del núcleo se dispone entre dos chapas de recubrimiento de una aleación 6000 y esta disposición se transforma en un compuesto metálico sólido, a continuación este compuesto es calentado hasta una temperatura, la cual es ligeramente inferior a la temperatura de solidus de la aleación 6000, y al alcanzarse el espesor deseado del material del núcleo espumado el proceso de espumado es detenido mediante enfriamiento por debajo de la temperatura de solidus del material del núcleo.

45 Las mezclas de polvo metálico suponen, en relación con la invención, mezclas de polvos de aleación, es decir polvos de dichos materiales, de los cuales consta la aleación propuesta, y en proporciones en peso tales de los componentes individuales que conducen a esta aleación. Al mismo tiempo, carece de importancia si los polvos de los tres componentes de la aleación se utilizan de manera individual o por ejemplo también polvos que contienen ya dos componentes de aleación, a los que se mezclan los componentes que faltan.

50 En formas de realización de la invención, está previsto por ello de manera ventajosa a título de ejemplo que como mezcla de polvo metálico para la aleación $\text{AlMg}_4(\pm 1)\text{Si}_8(\pm 1)$ se utilice una mezcla de polvo metálico de los componentes de aleación individuales, en especial con una composición del 50 % en peso de AlMg_8 , el 8 % en peso de Si y el 41 % en peso de Al o, en composición elemental del 88 % en peso de Al, el 4 % en peso de Mg y el 8 % en peso de Si. Otra forma de realización prevé una mezcla de polvos metálicos de un 8 % en peso del polvo de aleación de dos componentes AlMg_{50} , un 8 % en peso de Si y un 84 % en peso de Al.

55 La utilización de una mezcla de polvos de aleación tiene la ventaja de que se evita la pérdida por combustión indeseada de la proporción de Mg en el proceso de fabricación y de espumado de la aleación según la invención.

60 También la exclusión o retirada prevista opcionalmente de gases extraños (p. ej. oxígeno) y de sus compuestos con los polvos metálicos durante la fabricación del producto semielaborado que se puede espumar o de la capa del núcleo que se puede espumar, impide una pérdida por combustión no deseada de la proporción de Mg.

65 Se determinó que el proceso de espumado para la aleación según la invención se desarrolla con éxito tanto con o sin agente expansor.

Si se utiliza un agente expansor, como en otra forma de realización, entonces está previsto ajustar la temperatura de descomposición del agente expansor y la temperatura de fusión de la mezcla de polvo metálico lo más próximas entre sí, es decir unos pocos grados por debajo de la temperatura de descomposición, para que esté disponible una cantidad de masa fundida lo más grande posible a la temperatura de descomposición. La utilización de un agente expansor tiene la ventaja de que el proceso de espumado se puede controlar bien, en especial a través de la temperatura, y con ello discurre de forma muy limpia.

La invención se ilustra en los siguientes ejemplos de formas de realización.

En las figuras:

las Figs. 1 a 3 muestran la distribución de tamaños de poro de las aleaciones conocidas AlMg6Si6 y AlSi6 en comparación con la aleación según la invención AlMg4Si8 correspondiente;

la Fig. 4 muestra la expansión medida para diferentes potencias de calefacción para la aleación según la invención y las aleaciones conocidas AlMg6Si6 y AlSi6;

la Fig. 5 muestra la calidad de espuma de la aleación AlMg4Si8 dependiendo de la concentración de los elementos de aleación magnesio y silicio.

1. Ejemplo

Para la fabricación de un componente cilíndrico de espuma de aluminio de la aleación según la invención se elabora en primer lugar una mezcla de polvo con un 1 % en peso de TiH₂, un 8 % en peso de Si, un 4 % en peso de Mg y un 87 % en peso de Al. Ésta es comprimida entonces, a una temperatura de 400 °C, a una presión de 195 MPa y durante un tiempo de compresión de 300 s, de forma uniaxial, para dar un producto semielaborado en forma de pastilla, que es calentado a continuación en un molde de chapa de acero cilíndrico hasta que la mezcla de polvo metálico está completamente fundida. Durante este proceso, se forma a partir de los polvos metálicos individuales la aleación AlMg4Si8. El proceso de espumado tiene lugar de manera conocida mediante la descomposición del agente expansor TiH₂, con lo cual se forman burbujas de gas en el producto semielaborado. Si la espuma ha llenado el molde de chapa de acero es retirada del horno. El proceso de espumado se detiene por enfriamiento del molde por debajo de la temperatura de Solidus de la masa fundida.

El componente cilíndrico de la aleación AlMg4Si8 presenta, además de una densidad pequeña y una estructura de poro homogénea, asimismo una buena resistencia a la corrosión y una elevada ductilidad.

2. Ejemplo

Para la fabricación de un sándwich de espuma de aluminio se elabora en primer lugar una mezcla de polvo metálico a partir de un 50 % en peso de la aleación de aluminio AlMgB, de un 8 % en peso de Si y de un 41 % en peso de aluminio y a continuación se comprime para dar una capa de núcleo. Esta capa de núcleo se transforma, en una etapa siguiente, con chapas de recubrimiento de una aleación de la serie 6000 que se puede endurecer, en un compuesto metálico sólido. Esto puede tener lugar, por ejemplo, mediante plaqueado por laminación u otro procedimiento conocido. Este compuesto es calentado ahora hasta que se ha alcanzado una temperatura mínima, en este caso, de 590 °C, más baja que la temperatura de solidus de las chapas de recubrimiento, la cual es de aproximadamente 600 °C y, gracias a ello se inicia el proceso de espumado. Durante el espumado se forma la aleación de aluminio AlMg4Si8 en la capa de núcleo de espuma.

Al alcanzarse el espesor de capa de espuma deseado, se detiene el proceso de espumado mediante refrigeración por debajo de la temperatura de solidus de la aleación de núcleo de espuma, por ejemplo hasta una temperatura comprendida entre 555°C y 560°C. Ahora puede tener lugar, en caso necesario, en conexión directa o en un instante posterior, un tratamiento térmico del sándwich de espuma de aluminio generado.

Estos sándwiches de espuma de aluminio presentan también un elevado grado de expansión de la capa de núcleo de espuma, así como buenas propiedades mecánicas y una buena resistencia a la corrosión.

La buena calidad de la espuma metálica generada a partir de la aleación según la invención se va a mostrar a continuación, sobre la base de los dos parámetros distribución de tamaño de poro y altura de expansión alcanzada, en comparación con las aleaciones AlSi6 y AlMg6Si6 conocidas.

En las Figuras 1 a 3, están representadas mediante diagramas de barras las distribuciones de tamaños de poro para los materiales AlSi6 y AlMg6Si6 así como para la aleación según la invención AlMg4Si8 como resultado de un análisis digital de la imagen. En comparación con las muestras de espuma que contienen magnesio, la muestra libre de magnesio de la aleación AlSi6 presenta una estructura de poro más basta. Dado que la diferencia se puede evaluar difícilmente a simple vista, se midieron las secciones transversales de poro individuales y se clasificaron en

clases de tamaño de 2 mm^2 . En los diagramas de barras de las Figuras 1 a 3 queda clara la diferencia entre las estructuras de poro. Mientras que las aleaciones de aluminio contienen magnesio permiten reconocer para aproximadamente 20 mm^2 un límite superior para el tamaño de poro con una separación relativamente nítida, la distribución de tamaño de poro de la aleación AlSi6 discurre más bien plana hacia tamaños de poro mayores entorno a 60 mm^2 y no da ningún límite superior nítido.

En los diagramas de barras representados en las Figs. 1 a 3, se puede determinar para la distribución de tamaño de poro que ésta es para AlMg6Si6 sólo ligeramente peor que para AlMg4Si8, si bien diverge mucho para AlSi6.

La expansión representada en la Fig. 4 para una tasa media de calentamiento de 2,6 K/s o de 1,2 K/s es muy similar para AlSi6 y la aleación según la invención, si bien se ha medido una expansión menor para AlMg6Si6.

Como se ha mencionado ya más arriba, se ha determinado que para una buena calidad, es decir una elevada expansión y una estructura de poro fino, de la espuma metálica es ventajoso que se genere una cantidad de masa fundida a temperatura constante para encerrar el gas liberado, dado que la descomposición del agente expansor discurre sin aumento simultáneo de la temperatura de forma muy lenta y, por consiguiente, se evitan pérdidas de gas a través de canales que se forman durante la fusión. Ésta no debe ser, sin embargo, excesivamente grande, dado que los componentes no fundidos restantes de la masa fundida evitan, gracias a la elevada viscosidad en la zona de 2 fases de la aleación, efectos indeseados (drenaje, colapso de la espuma). En la práctica, se ha demostrado que en las aleaciones AlSi binarias la cantidad de masa fundida isoterma que se forma es de aproximadamente el 50 %.

En la aleación según la invención AlMg4Si8 es posible generar esta proporción mediante el eutéctico ternario de la masa fundida $\leftrightarrow \text{Al} + \text{Mg}_2\text{Si} + \text{Si}$, lo que conduce tanto a una estructura de poro más fina como también a una mayor expansión – y con ello a una mejor calidad de la espuma en comparación con el estado de la técnica según aleaciones conocidas.

En la Figura 5, está representada esquemáticamente la calidad de la espuma, la cual resulta de la expansión y de la distribución del tamaño de poro, dependiendo de la concentración de los elementos de aleación magnesio y silicio. En caso de utilización de la aleación AlMg4Si8 la calidad de la espuma presenta un máximo. Ya pequeñas divergencias de la composición de la aleación según la invención conducen a una pérdida notable de calidad de la espuma a causa del descenso de la expansión y/o de hacerse más basta la estructura de poros.

REIVINDICACIONES

1. Espuma metálica, a base de una aleación de aluminio,

5 caracterizada porque

esta aleación de aluminio es $\text{AlMg}_4(\pm 1)\text{Si}_8(\pm 1)$, indicada en % en peso, y la espuma metálica presenta Al, Mg, Si e impurezas condicionadas por la fabricación o Al, Mg, Si así como los componentes metálicos de un agente expansor e impurezas condicionadas por la fabricación.

10 2. Utilización de la aleación según la reivindicación 1 como material del núcleo espumado para la fabricación de un sándwich de espuma de aluminio.

15 3. Procedimiento para la fabricación de una espuma metálica de una aleación según la reivindicación 1, en el que

- se elabora, en primer lugar, una mezcla de polvo metálico para la aleación $\text{AlMg}_4(\pm 1)\text{Si}_8(\pm 1)$ y se compacta para dar un producto semielaborado que se puede espumar, y
- a continuación, es espumado con medios conocidos.

20 4. Procedimiento para la fabricación de un material del núcleo según la reivindicación 1 y 2, en el que

- se elabora, en primer lugar, una mezcla de polvo metálico para la aleación $\text{AlMg}_4(\pm 1)\text{Si}_8(\pm 1)$ y se compacta para dar una capa del núcleo que se puede espumar,
- esta capa del núcleo se dispone entre dos chapas de recubrimiento de una aleación 6000 y esta estructura es transformada en un compuesto metálico sólido,
- después, este compuesto es calentado, para el proceso de espumado, hasta una temperatura ligeramente inferior a la temperatura de solidus de la aleación 6000, y
- al alcanzarse el espesor deseado del material del núcleo espumado, se detiene el proceso de espumado mediante el descenso de la temperatura por debajo de la temperatura de solidus del material del núcleo.

35 5. Procedimiento según la reivindicación 3 ó 4,

caracterizado porque

como mezcla de polvo metálico se utiliza una mezcla de los componentes de aleación.

40 6. Procedimiento según la reivindicación 5,

caracterizado porque

45 la mezcla de polvo metálico presenta los siguientes componentes de aleación: 50 % en peso de AlMg_8 , 8 % en peso de Si y 41 % en peso de Al.

7. Procedimiento según la reivindicación 5,

50 caracterizado porque

la mezcla de polvo metálico presenta los componentes de aleación con la composición elemental de 88 % en peso de Al, 4 % en peso de Mg y 8 % en peso de Si.

55 8. Procedimiento según la reivindicación 5,

caracterizado porque

60 la mezcla de polvo metálico se forma a partir de un 8 % en peso del polvo de aleación de dos componentes AlMg_{50} , un 8 % en peso de Si y un 84 % en peso de Al.

9. Procedimiento según la reivindicación 3,

caracterizado porque

65 los gases extraños y sus compuestos con los polvos metálicos son excluidos o retirados durante la fabricación del

producto semielaborado que se puede espumar o de la capa del núcleo que se puede espumar.

10. Procedimiento según la reivindicación 3 ó 4,

5 caracterizado porque

para el proceso de espumado se utiliza un agente expansor.

11. Procedimiento según la reivindicación 10,

10 caracterizado porque

la temperatura de fusión de la mezcla de polvo metálico está ajustada unos pocos grados por debajo de la temperatura de descomposición del agente expansor.

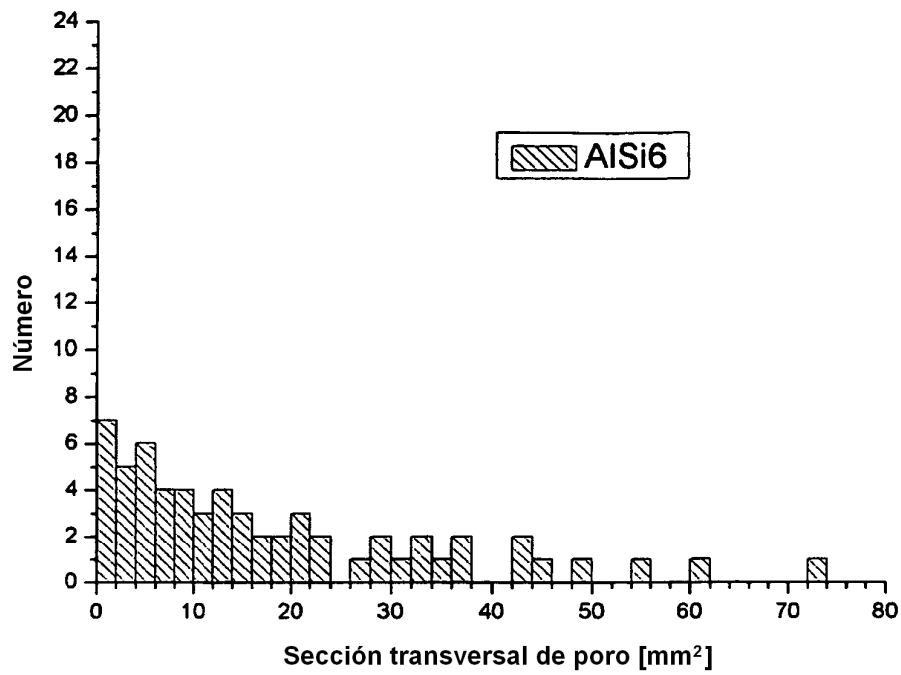


Fig. 1

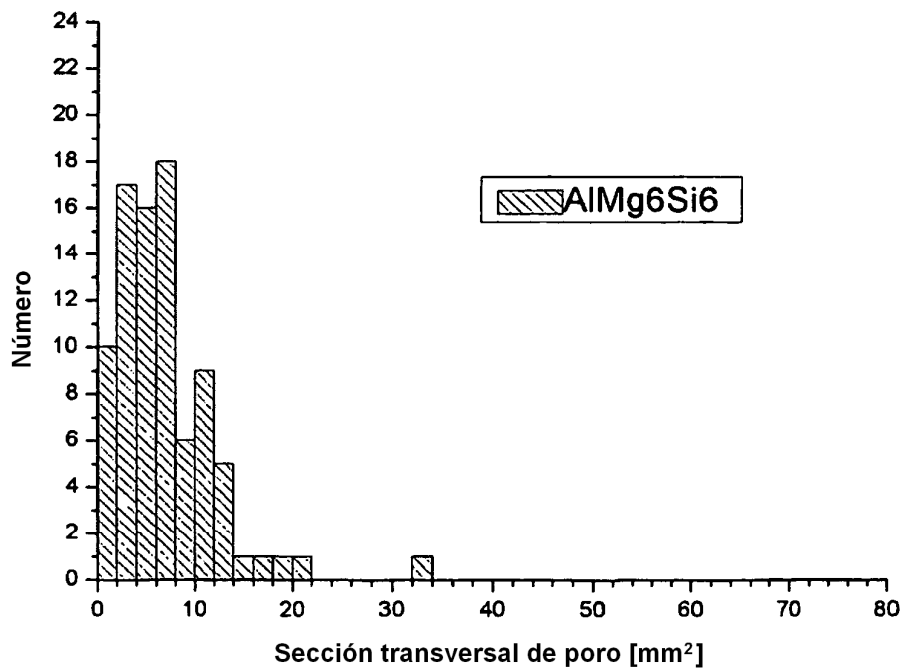


Fig. 2

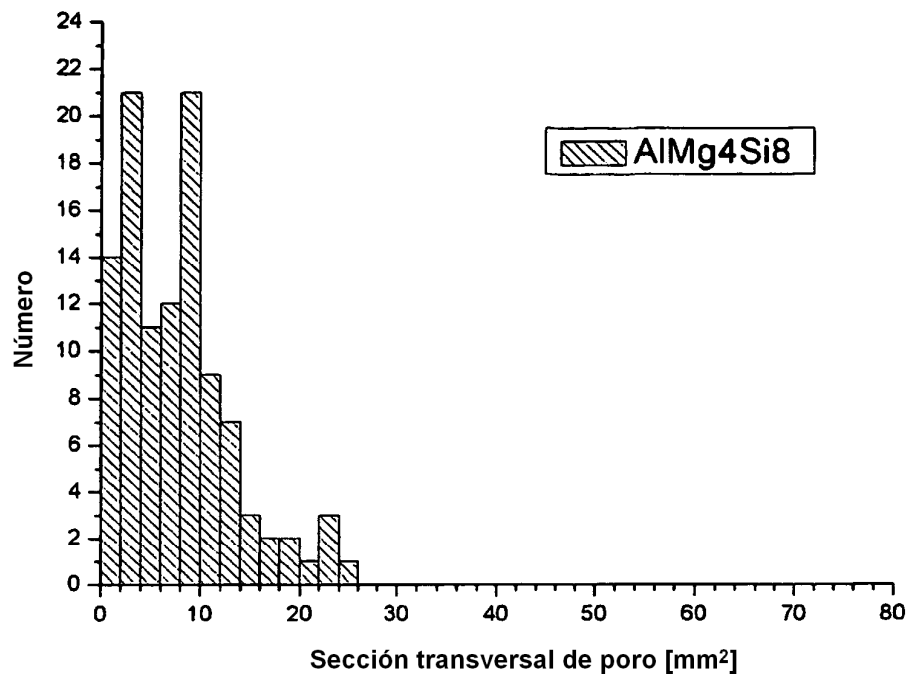


Fig. 3

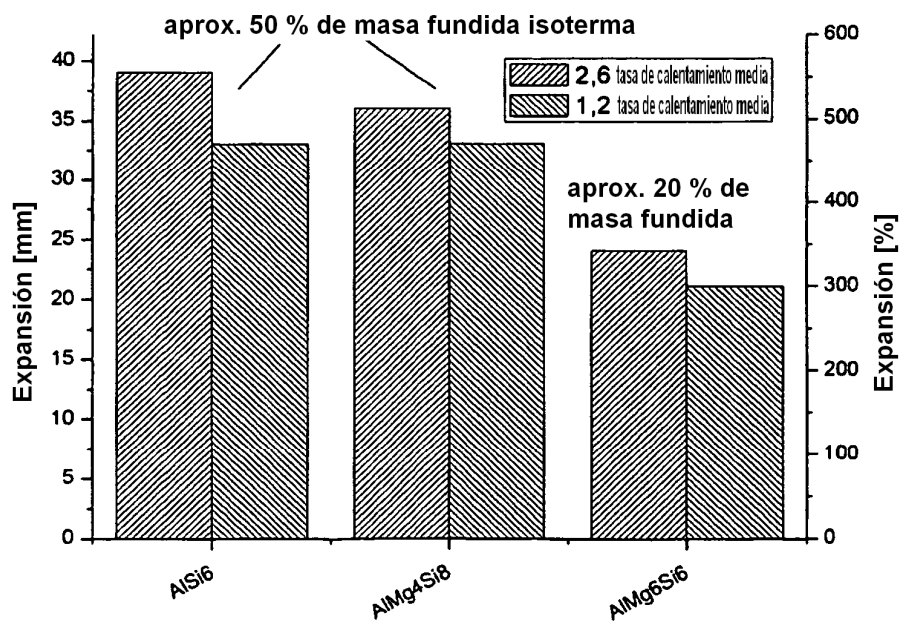


Fig. 4

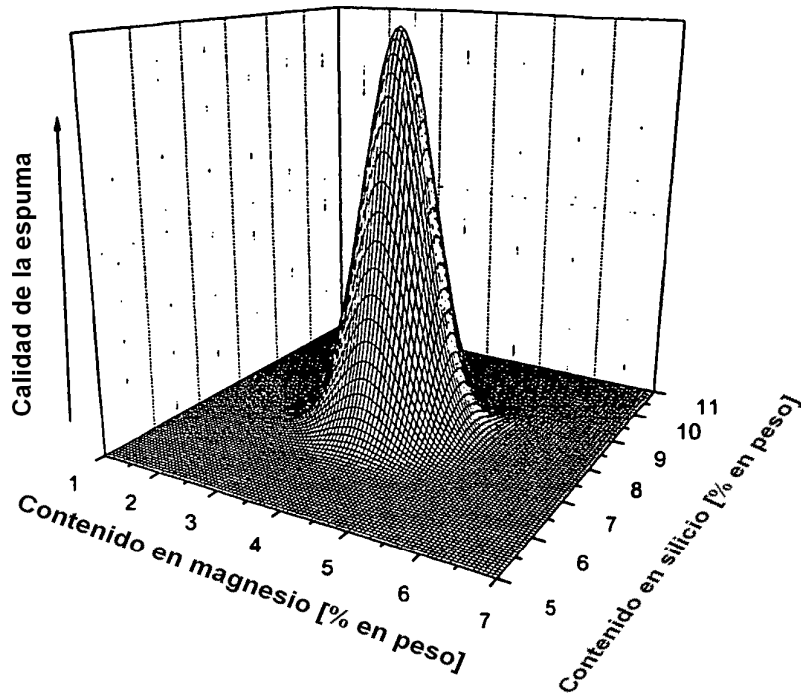


Fig. 5