

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 506 490**

21 Número de solicitud: 201300343

51 Int. Cl.:

B22F 3/11 (2006.01)

C22C 1/08 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

12.04.2013

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.10.2014

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE SEVILLA (100.0%)
OTRI-Pabellón de Brasil, Paseo de las Delicias s/n
41013 Sevilla ES

72 Inventor/es:

MONTES MARTOS, Juan Manuel ;
GALLARDO FUENTES, José María y
PÉREZ SORIANO, Eva María

54 Título: **Procedimiento de fabricación de material metálico de alta porosidad en condiciones de imponderabilidad**

57 Resumen:

Esta invención propone un nuevo procedimiento de fabricación de material metálico de alta porosidad, partiendo de una masa de polvos en condiciones de imponderabilidad. La consolidación de la estructura particular se realiza preferentemente de manera cuasi-instantánea. Entre las ventajas del método, destacan la amplia variedad de materiales que pueden tratarse, el amplio rango de porosidades que pueden alcanzarse, su bajo consumo de energía, y, en el caso de sinterización por descarga eléctrica, la funcionalización por alineamiento de la porosidad.

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de fabricación de material metálico de alta porosidad en condiciones de imponderabilidad

5 Objeto de la invención

La presente invención tiene por objeto un nuevo método de fabricación de materiales metálicos de muy alta porosidad. Se trata de la consolidación de polvos mientras flotan en condiciones de imponderabilidad, alcanzándose mayor grado de porosidad y de una forma prácticamente instantánea. Entre sus ventajas destaca,
10 su bajo consumo de energía al no alcanzarse temperaturas de fusión. La invención corresponde al área de transformados metálicos y puede aplicarse en la industria química y farmacéutica para el almacenamiento, distribución, control y filtrado de fluidos y en las industrias de la energía y aeroespacial para sistemas de intercambio de calor.

15

Estado de la técnica

Se definen las espumas metálicas como aquellas estructuras celulares constituidas por un metal sólido con porosidades por encima del 40%. La primera que se logró fabricar fue en 1948; para ello, se generó la evaporación de mercurio
20 en el seno de un líquido durante la solidificación del mismo. Para evitar la toxicidad del mercurio, en 1956 se desarrollaron agentes espumantes que generaban gas por descomposición térmica, y así el gas provocaba la porosidad en el metal. A partir de entonces, se han desarrollado numerosos métodos de fabricación, tanto a nivel de investigación como a nivel industrial, algunos de los cuales parten de
25 polvos metálicos [1-3].

Uno de éstos métodos se basa en producir una sinterización muy somera de los polvos metálicos, de manera que el cuerpo resultante muestre una cierta porosidad residual. La máxima porosidad que puede obtenerse por el procedimiento convencional corresponde a la existente en la masa de polvos
30 suelta. [4-8]. Una variación de este proceso parte de partículas o aglomerados de polvo metálico, precalentadas a la temperatura de sinterización en condiciones de imponderabilidad, que son obligadas a depositarse sobre un sustrato, generalmente mediante una corriente de gas portador [9].

Un segundo proceso incorpora al proceso anterior espaciadores, sustancias como cera, otras de origen polimérico o de carácter inorgánico, en forma de polvo, que por su naturaleza no se consolidan con los polvos metálicos y que pueden ser eliminadas al final del proceso de fabricación. Dicha eliminación puede ser bien por incineración, lixiviación, etc. [10]

Un tercer proceso parte de metal fundido, en cuyo seno se insuflan gases. En un caso, gas inerte a alta presión queda formando porosidad que se mantiene al solidificar, o bien, en otro caso, mediante la disolución de gas en el metal líquido a presión, permitiendo su liberación controlada durante el proceso de solidificación.

10

Un cuarto tipo de procesos usa agentes espumantes. Mediante la adición de los mismos en una aleación fundida, controlando de forma muy precisa la presión durante el enfriamiento, o bien mediante la consolidación de un metal en polvo con el agente espumante, seguido de un calentamiento, que permita al agente espumante liberar un gas y así expandir el material durante la sinterización. [11]

En quinto y último lugar, debe mencionarse el uso de precursores. Se puede proceder mediante la electrodeposición o deposición en fase vapor de un metal sobre un precursor polimérico en forma de espuma, seguido de nuevo de una incineración y completa eliminación de dicho precursor en una etapa posterior. También existe un método de fabricación basado en la pulverización de metal fundido por aspersión sobre una base con la porosidad controlada o mediante el control de las condiciones de co-pulverización de un segundo material, que luego se pueda quitar [12]

Existe una gran variedad de productos metálicos porosos en el mercado (Alulight, Duocel, espumas de níquel, acero inoxidable, cobre, zinc, estaño...) obtenidos con alguno de los procedimientos anteriores, pero en esta invención se propone un nuevo método de fabricación que aporta una mayor versatilidad en las variables de trabajo, a la vez que logra una simplificación en el proceso.

El principal inconveniente que se encuentra con metales porosos fabricados mediante espaciadores, es la dificultad de poder eliminar completamente los agentes espaciadores añadidos para formar la espuma, así como tener que realizar una etapa extra en el proceso para realizar esa lixiviación o eliminación de los separadores. [13-14]

Hay aplicaciones que exigen una porosidad abierta [15-16]. En el caso de adición de agentes espumantes, por ejemplo, ocurre que en la mayoría de casos se obtienen espumas metálicas de celdillas cerradas, es decir, los poros no presentan cierta o ninguna conectividad; son poros individuales que encierran en su interior el gas inerte descompuesto en el proceso.

Ocurre también que cada método sólo se puede utilizar en un pequeño subconjunto de los metales, que además tendrán también una gama muy reducida y limitada de tamaños de poro y densidades relativas finales obtenidas. Así, por ejemplo, para espumas de aluminio de celdillas abiertas utilizando bolas cerámicas suaves como agentes espaciadores se obtiene un grado de porosidad de hasta el 90%, con un tamaño de celdillas entre 3 y 5mm. Para espumas de acero conseguidas mediante la adición de agentes espumantes, el grado de porosidad alcanzado es menor, entre 36% y el 62%, aunque también se ve reducido el tamaño de las celdillas, quedando ahora en 1mm aproximadamente, pero cerradas.

Con el método de fabricación de la invención se aporta no sólo una mayor versatilidad en el tipo de metal a usar, sino que también se logra ampliar el rango de porosidades finales obtenibles simplemente variando tanto las condiciones iniciales del proceso como las de ejecución.

Se aprovecha la ruta pulvimetalúrgica sin necesidad de espaciadores que tengan que ser eliminados posteriormente.

Además, la sinterización realizada mediante descarga eléctrica provoca también un cierto alineamiento de los poros debido al paso de corriente, abriendo camino al desarrollo de nuevas aplicaciones que aprovechan esa direccionalidad.

Y cabe destacar, por último, que se reduce de forma importante el consumo de energía porque no hay que alcanzar temperaturas de fusión y la consolidación se produce de manera prácticamente instantánea.

Referencias:

[1] Varios autores. *Porous Metal Design Guidebook*. Metal Powder Industries Federation Publishers, 1980.

[2] Nakajima H. *Fabrication, properties and application of porous metals with directional pores*. Progress in Materials Science, 52(7) 2007, pp. 1091-1173.

- [3] Srivastava VC, Sahoo KL. Processing, stabilization and applications of metallic foams. *Art of science. Materials Science-Poland*, Vol. 25, Núm. 3 (2007), pp. 733-753.
- [4] Montes JM, Rodríguez JA, Gallardo JM, Herrera EJ. *Sinterización Por Resistencia Eléctrica: una Prometedora Alternativa al Procesado Pulvimetalúrgico Convencional*. *Deformación Metálica*, Vol. 28, Núm. 266 (2002), pp. 76-81.
- [5] Huang X, Franchi G. *Design and fabrication of hybrid bi-modal wick structure for heat pipe application*. *J Porous Mater* 15 (2008), pp. 635-642.
- [6] Huang X, Franchi G, Cai F. *Characterization of porous bi-modal Ni structures*. *J Porous Mater* 16 (2009), pp. 165-173.
- [7] Grasso S, Sakka Y, Maizza G. *Electric current activated/assisted sintering (ECAS): a review of patents 1906-2008*. *Science and Technology of Advanced Materials*, 10 (2009).
- [8] Bender SD, El Wakil SD, Chalivendra VB. *Fabrication and characterization of powder metallurgy parts having porosity gradient*. *Powder Metallurgy* Vol. 54, Núm. 5 (2011), pp. 599-603.
- [9] UK Patent Application BG 2 243 841 A: *Method for manufacturing components or component coatings using weightless conditions*. 1991.
- [10] Chou KS, Song MA. *A novel method for making open-cell aluminum foams with soft ceramic balls*. *Scripta Materialia*, 46 (2002), pp. 379-382.
- [11] Park C, Nutt SR. *PM synthesis and properties of steel foams*. *Materials Science and Engineering A* 288 (2000) pp. 111-118.
- [12] Fernández P, Cruz LJ, Coletto J. *Procesos de fabricación de metales celulares. Parte II: Vía sólida, deposición de metales, otros procesos*. *Revista de Metalurgia*, 45 (2) 2009, pp. 124-142.
- [13] Bakan HI. *A novel water leaching and sintering process for manufacturing highly porous stainless steel*. *Scripta Materialia*, 55 (2006), pp. 203-206.
- [14] Esen Z, Bor Ş. *Processing of Titanium foams using spacer particles*. *Scripta Materialia* 56 (2007), pp. 341-344.
- [15] Gonçalves E, Celso M, Bazzo E, Pereira FM. *Manufacturing and microstructural characterization of sintered nickel wicks for capillary pumps*. *Materials Research*, Vol. 2, Núm. 3 (1999), pp. 225-229.

[16] Gonçalves E, Bazzo E, Seabra LH, Cislacui H, Binder C, Rene JL. *Manufacturing of metallic porous structures to be used in capillary pumping system*. Materials Research, Vol. 6, Núm. 4 (2003), pp. 481-486.

Descripción de las figuras

5 Figura 1 - Esquema del circuito eléctrico.

Descripción de la invención

Los procesos de fabricación de metales de alta porosidad requieren de un número elevado de etapas y/o producen materiales con un rango limitado de porosidades
10 en un número limitado de materiales.

En el proceso de invención propuesto, las partículas de polvo, confinadas dentro de un contenedor inerte, en condiciones de imponderabilidad, son consolidadas de manera cuasi-instantánea.

El estado de imponderabilidad puede lograrse en condiciones de ingravidez o
15 micro-gravedad, pero también puede obtenerse excitando la masa de polvo en un intenso campo sonoro o, para partículas ferromagnéticas, en un campo magnético alterno. Se obtiene así un material particulado en estado de flotación (e imponderabilidad) que asegura una buena homogeneidad en el producto final obtenido, a la vez que permite graduar la porosidad final a obtener, incrementando
20 simultáneamente el rango de porosidades que se pueden conseguir. El proceso también permite procesar una mayor variedad de metales, ya que es posible obtener la situación de imponderabilidad de forma prácticamente independiente al metal procesado.

La novedad de la invención reside principalmente en aprovechar la conveniente
25 distribución inter-particular que se puede conseguir en estado de imponderabilidad para, por procedimientos a tal fin que serán especificados más adelante, fijar unas partículas a otras consolidando la estructura espacial del material particulado.

Dicha coalescencia puede lograrse mediante diferentes métodos. Por ejemplo, podría aplicarse una sinterización cuasi-instantánea de la masa de polvos por
30 descarga eléctrica; o bien, la coalescencia podría lograrse mediante el uso de un aglutinante, como la cera, y aplicando un calentamiento por microondas para fundir puntualmente la cera, que debería ser eliminada en una etapa posterior.

En el caso de la sinterización por descarga eléctrica, se producirá también un cierto alineamiento de los poros debido al paso de corriente, abriendo camino al desarrollo de nuevas aplicaciones debido a esa direccionalidad.

5 El método que se describe a continuación consiste en fijar o congelar la estructura de un material particulado de porosidad elevada y, en su caso, funcional, para producir un cuerpo sólido poroso.

En una primera etapa debe producirse una situación de imponderabilidad de partículas de polvo metálicas. Para ello se usará de un vial o contenedor en el que se introducirán los polvos. En una de las variantes de la invención, el vial
10 dispondrá de unos electrodos de contacto para realizar la consolidación. El grado de llenado del espacio útil del contenedor puede variar desde el valor máximo, de 1 centímetro cúbico de polvo sin compactar por cada centímetro cúbico de espacio útil de contenedor (lo que produciría un producto de baja porosidad), hasta un valor mínimo de alrededor del 0,05 centímetros cúbicos de polvo sin compactar
15 por cada centímetro cúbico de espacio útil de contenedor (lo que daría lugar a un producto con una porosidad del 0,95). A su vez los tamaños de las partículas de polvo que se usen pueden tener una distribución unimodal (lo que producirá poros de tamaños homogéneos) o de distribución polimodal, o unimodal con elevada dispersión (lo que producirá poros de tamaños diversos). Por su parte, la
20 morfología de las partículas de polvo podrá ser esférica (lo que producirá polvos geoméricamente equiaxiales), planas o aciculares (lo que producirá porosidad funcionalizada). La forma del contenedor puede ser de geometría tan simple como un cilindro, o puede hacerse más complicada, sin más que disponer de electrodos auxiliares en distintos puntos del contenedor. Incluso pueden conseguirse cuerpos
25 de simetrías especiales, donde los electrodos se sitúen en el núcleo de la pieza y en su periferia.

El contenedor así preparado se somete a condiciones en que la masa de polvos adquiera la condición de imponderabilidad. En una variante de la invención esto puede lograrse en condiciones de baja gravedad, aceleraciones absolutas en
30 cualquier dirección inferiores a 0,2g. Estas condiciones de ingravidez podrían conseguirse mediante vuelos parabólicos, caídas libres que permitieran condiciones de pseudo-imponderabilidad durante el tiempo suficiente, o bien mediante cualquier otro modo. Para ayudar en este cometido, o exclusivamente para producir las condiciones de imponderabilidad, se puede usar de ondas

acústicas o elásticas, o bien de campos magnéticos o eléctricos alternos multidireccionales con frecuencias y orientación convenientemente reguladas.

El rango de los campos sonoros sería de frecuencias entre 20Hz y 20kHz, con una presión sonora superior a $5 \cdot 10^{-1} \text{ N/m}^2$ (potencia superior a $5 \cdot 10^{-4} \text{ W/m}^2$). Para el caso de aplicación de campos magnéticos, sería una frecuencia menor que 120Hz y una intensidad de campo entre 2 y 5 kA/m. Para aplicación de campo eléctrico, frecuencia también menor que 120Hz y la intensidad de campo menor que 100kV/m.

Alcanzadas las condiciones anteriores, en una modalidad de la invención, se procede a hacer pasar una corriente eléctrica de elevada intensidad a través de la masa de polvos. La corriente eléctrica se obtiene mediante la descarga de una batería de condensadores u otra fuente de corriente eléctrica continua de intensidad suficiente para que la consolidación ocurra en muy bajo espacio de tiempo, típicamente pero no exclusivamente, del orden o inferior a 0,1 segundos.

El que la consolidación se realice de forma prácticamente instantánea es una grandísima ventaja frente a otros muchos procesos. El paso de corriente a través de la masa de polvos en estado de imponderabilidad exige la presencia de caminos continuos de material pulverulento entre los dos electrodos. Esta condición viene favorecida por la propia aplicación del campo eléctrico continuo que genera el paso de corriente. En las condiciones de procesado anteriores se produce cierto ordenamiento de las partículas de polvo en estado de imponderabilidad para formar fibrillas que conecten los electrodos, generando al mismo tiempo una porosidad que muestra cierta orientación entre los referidos electrodos. En función de la resistividad del propio metal, tipo de corriente aplicada, intensidad de dicha corriente y tiempo de aplicación, forma del vial, longitud entre electrodos y coeficiente de llenado del espacio de confinación de la muestra, que viene a su vez determinado por el tamaño del vial, la distancia entre los electrodos de cierre y el volumen de polvo pesado, se puede llegar a diferentes condiciones de sinterización que no serían viables por otros métodos.

Una variante alternativa de consolidación del material particulado en estado de imponderabilidad se propone en esta invención con la ayuda de aglutinantes. En primer lugar, se procede a mezclar los polvos con el aglutinante, generalmente una cera. En segundo lugar, una vez introducidos los polvos premezclados en un contenedor inerte, se somete el mismo a condiciones en que la masa de polvos adquiera la condición de imponderabilidad, según se ha descrito más arriba. En

- tercer lugar, con una fuente de microondas, se produce la fusión del aglutinante quedando los contactos entre partículas soldados, al menos con suficiente resistencia en verde como para poder proceder a continuación a una sinterización tradicional en horno. En esta variante, habría que asegurarse de la correcta
- 5 eliminación posterior del aglutinante, durante la etapa de sinterización o previamente a la misma. Por ejemplo, al disponer la pieza tratada con microondas (pieza en verde) de una configuración de poros abierta, la extracción del aglutinante se podría llevar a cabo de forma bien sencilla mediante lixiviación, calentamiento, etc.
- 10 Otros métodos de cohesión entre partículas serían igualmente válidos, no limitándose la invención a los dos métodos descritos con mayor detenimiento. Tan sólo habría que asegurar la rápida cohesión entre partículas para mantener la distribución inter-particular lograda con los procedimientos previamente descritos.
- Considerando la rapidez de la consolidación realizada podrán obtenerse cuerpos
- 15 porosos con estructuras metálicas vítreas, lo que constituye otra modalidad de esta invención.
- Esta invención se diferencia de otros procedimientos para producir espumas metálicas en el principio que utiliza, así como en los resultados que produce. Respecto al principio que utiliza, se caracteriza en la fijación o congelación cuasi-
- 20 instantánea de la estructura inter-particular de un material particulado en condiciones de imponderabilidad, sin necesidad de calentar a temperaturas cercanas a la fusión. En cuanto a los resultados que produce, se diferencia en que no queda limitada a un pequeño subconjunto de metales, y permite obtener una amplia gama de tamaños de poro y densidades relativas finales. Además, dicha
- 25 porosidad puede tener un valor controlable y ser, en su caso, funcionalizada.

Modo de realización de la invención

- Se va a proceder a explicar un ejemplo de realización de la invención utilizando condiciones de microgravedad para obtener el estado de imponderabilidad y
- 30 sinterización eléctrica como método de cohesión.
- Se pesaron 0,85g de polvo de hierro y se introdujeron en un vial no conductor de cristal de cuarzo de 4mm de diámetro y 13,8mm de longitud. Se cerró el vial por los extremos con electrodos de cobre de diámetro adecuado, asegurando la hermeticidad sellando los tapones con un poco de silicona: quedó en el vial un
- 35 espacio libre del 37'7%. La resistividad de la muestra varía según la resistividad

del propio metal, la sección transversal del tubo de cuarzo, la longitud entre electrodos y el coeficiente de llenado del espacio de confinación de la muestra, que viene a su vez determinado por la sección del tubo, la distancia entre los electrodos de cierre y el volumen de polvo pesado.

- 5 El vial junto al equipo de sinterización fue embarcado en un vuelo parabólico en que se disponían de 90 segundos de microgravedad, durante los cuales se realizó la consolidación.

- Aprovechando esas condiciones de microgravedad, se diseñó un circuito que cumpliera con las especificaciones necesarias para la muestra. Ésta se colocó en
10 un dispositivo para su conexión rápida al sistema de condensadores. El circuito de alimentación de corriente, por su parte, se construyó con un banco de 44 condensadores con una capacidad total de 1,1 mF cargados a 800 V durante los periodos de hipergravedad entre parábolas. Para ayudar a la separación de las partículas durante el periodo de microgravedad, junto a la posición de sinterización
15 se situó un altavoz que se alimenta con una estática, lo que produce suficiente vibración en los polvos como para desagregar las partículas en microgravedad. El disparo del interruptor se realizó, aproximadamente, a mitad de parábola.

- Más tarde en el laboratorio, se extrajo la muestra del tubo con la mayor precaución para preservar la estructura sinterizada, procediendo a estimar el grado de
20 sinterización mediante pesada separada de la parte pulverulenta y la parte o partes que aparecen formando un conjunto consolidado con una integridad suficiente como para soportar la manipulación de extracción del tubo y posterior separación de la parte pulverulenta. El peso de polvo sinterizado conseguido fue de 0,63g.

25

30

35

Reivindicaciones

1. Procedimiento de fabricación de material metálico de alta porosidad caracterizado por las siguientes etapas:
 - 5 a) Suspensión de las partículas del polvo metálico a tratar en condiciones de imponderabilidad. Para ello se confina la masa de polvo a procesar en un contenedor inerte. Posteriormente, el contenedor se somete a una o varias de las operaciones siguientes:
 - 10 a.1.- Vuelo parabólico y/o caída libre y/o otros procedimientos que produzcan una aceleración absoluta máxima de la masa de polvos de 0.2 g en cualquier dirección del espacio.
 - a.2.- Aplicación de un campo sonoro con una frecuencia entre 20Hz y 20kHz, presión sonora mayor de $5 \cdot 10^{-1} \text{ N/m}^2$.
 - 15 a.3.- Aplicación de un campo eléctrico alterno con una frecuencia menor de 120Hz, y una intensidad de campo menor de 100kV/m.
 - a.4.- Aplicación de campos magnéticos multidireccionales de frecuencias controladas, menores de 120Hz, y una intensidad de campo entre 2 y 5 kA/m.
 - 20 b) Una vez alcanzada y mantenida la condición de imponderabilidad, se realiza la consolidación de la masa de polvo, preferentemente pero no exclusivamente, por el procedimiento siguiente:
 - 25 b.1.- Haciendo pasar a través de la masa de polvos una corriente eléctrica de elevada intensidad, preferentemente pero no exclusivamente, mediante la descarga de una batería de condensadores precargados a 800V.
2. Procedimiento de fabricación de material metálico de alta porosidad según reivindicación anterior, caracterizado porque el polvo metálico puede ser cualquier metal y la cantidad de polvo en el contenedor oscila entre un
 - 30 máximo de 1 centímetro cúbico de polvo sin compactar por centímetro de contenedor, y un valor mínimo de 0,05 centímetros cúbicos de polvo sin compactar por cada centímetro cúbico de contenedor.
3. Procedimiento de fabricación de material metálico de alta porosidad según
 - 35 reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el polvo metálico pueda ser un vidrio metálico y la cantidad de polvo en el contenedor oscila entre

un máximo de 1 centímetro cúbico de polvo sin compactar por centímetro de contenedor, y un valor mínimo de 0,05 centímetros cúbicos de polvo sin compactar por cada centímetro cúbico de contenedor.

- 5 4. Procedimiento de fabricación de material metálico de alta porosidad según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el contenedor inerte, y por tanto, la pieza final, pueden ser de geometrías simples como un cilindro, o hacerse más complicada, incluso formas huecas.
- 10 5. Procedimiento de fabricación de material metálico de alta porosidad según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el procedimiento descrito, incluyendo todas las etapas, tiene lugar en un corto espacio de tiempo, preferentemente menor a 5 segundos.
- 15 6. Procedimiento de fabricación de material metálico de alta porosidad según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la consolidación del material puede realizarse mediante la mezcla previa del polvo metálico con aglutinantes, que luego son fundidos mediante la aplicación de microondas. Los aglutinantes deben ser posteriormente eliminados en una
20 etapa de sinterización convencional. A esta variante del proceso, no es de aplicación la reivindicación 3 anterior.

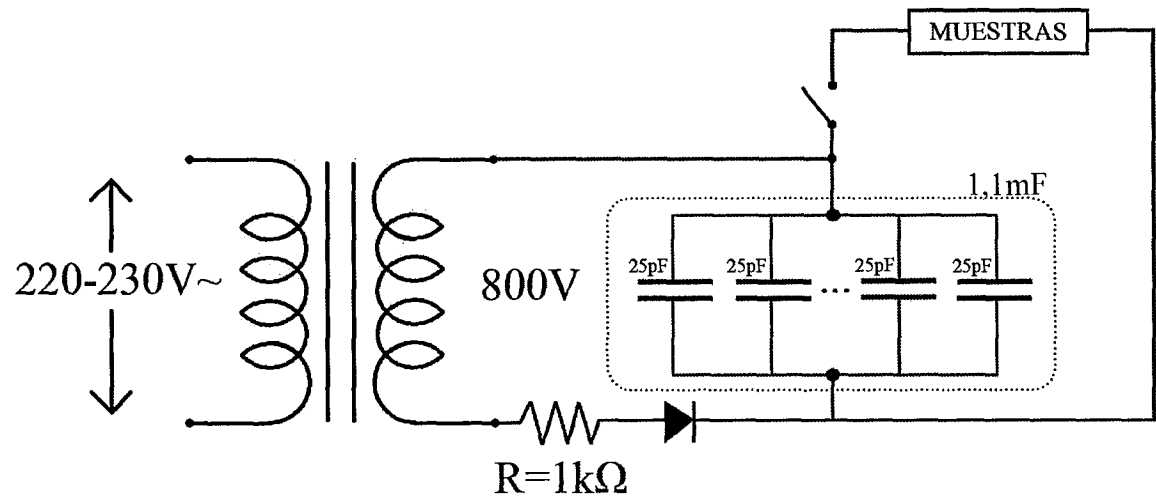


Figura 1



- ②① N.º solicitud: 201300343
②② Fecha de presentación de la solicitud: 12.04.2013
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **B22F3/11** (2006.01)
C22C1/08 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	GARCÍA-MORENO et al. Experiments on metallic foams under gravity and microgravity. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, 2009, Vol. 344, páginas 101-106.	1-6
A	SRIVASTAVA et al. Processing, stabilization and applications of metallic foams. Art of science. Materials Science-Poland, 2007, Vol. 25, páginas 733-752.	1-6
A	WÜBBEN et al. Stability of metallic foams studied under microgravity. J. Phys.: Condens. Matter, 2003, Vol. 15, páginas 427-433.	1-6
A	WÜBBEN et al. PROduction of Metallic Foam under Low Gravity Conditions during Parabolic Flights. Microgravity sci. technol., 2002, Vol. XIII/3, páginas 36-42.	1-6
A	ANDERSSON et al. Foam Research in Microgravity. Proceedings of Third International Symposium on Physical Science in Space, 2008. J. Jpn. Soc. Microgravity Appl., 2008, Vol. 25, No. 3, metal foams.	1-6
A	US 3592628 A (WUENSCHER) 13.07.1971, columna 3, líneas 5-50; columna 5, línea 60 – columna 6, línea 7.	1-6
A	MONTES et al. Consolidación de polvo de hierro mediante sinterización por resistencia eléctrica. Rev. METal.Madrid, 2003, Vol.39, páginas 99-106.	1-6

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
26.05.2014

Examinador
A. Rúa Aguete

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B22F, C22C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, XPESP, CAPLUS

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 26.05.2014

Declaración**Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**

Reivindicaciones 1-6
Reivindicaciones

SI
NO

Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)

Reivindicaciones 1-6
Reivindicaciones

SI
NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	GARCÍA-MORENO et al. Experiments on metallic foams under gravity and microgravity. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects Vol. 344, páginas 101-106.	2009
D02	SRIVASTAVA et al. Processing, stabilization and applications of metallic foams. Art of science. Materials Science-Poland, Vol. 25, páginas 733-752.	2007
D03	WÜBBEN et al. Stability of metallic foams studied under microgravity. J. Phys.: Condens. Matter, Vol. 15, páginas 427-433.	2003

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El objeto de la invención es un procedimiento para la fabricación de un material metálico de alta porosidad mediante la etapa de suspensión de las partículas del polvo metálico a tratar en condiciones de imponderabilidad y posterior consolidación de la masa de polvo. Se puede utilizar para todo tipo de metales y permite obtener una amplia gama de tamaños de poros y densidades relativas finales.

El documento D1 divulga un método para la obtención de espumas metálicas mediante la espumación de polvos metálicos por calentamiento de un precursor sólido en condiciones de microgravedad y consolidación de la masa de polvo. (Ver apartados 2.1 y 3.2)

El documento D2 divulga diferentes métodos conocidos para la fabricación de una espuma metálica utilizando un agente liberador de gases o sinterización con esferas huecas para la espumación de partículas metálicas en condiciones de microgravedad. (Ver pág. 746).

El documento D3 divulga un procedimiento de fabricación de espumas metálicas mediante la mezcla polvo metálico con un agente liberador de gases y posterior espumación de la mezcla mediante fusión en condiciones de ingravidez durante la realización de vuelos parabólicos. (Ver resumen).

Ninguno de los documentos D1 a D3 anteriores o cualquier combinación relevante de los mismos revela un procedimiento de obtención de una espuma metálica mediante las etapas de suspensión de las partículas metálicas en condiciones de imponderabilidad y posterior consolidación de la masa de polvo sin la necesidad de utilizar precursores, agentes liberadores de gases o agentes espumantes y no siendo tampoco necesario el calentamiento a temperaturas cercanas a la de fusión de las partículas metálicas.

Por lo tanto, la invención tal y como se recoge en las reivindicaciones 1 a 6 de la solicitud es nueva e implica actividad inventiva. (Art. 6 y 8 LP).