



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 281 521**

51 Int. Cl.:
B22F 3/11 (2006.01)
C22C 1/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02740540 .6**
86 Fecha de presentación : **30.04.2002**
87 Número de publicación de la solicitud: **1397223**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **17.03.2004**

54 Título: **Producción de espumas metálicas.**

30 Prioridad: **19.05.2001 DE 101 24 533**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.10.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.10.2007

73 Titular/es: **Goldschmidt GmbH**
Goldschmidtstrasse 100
45127 Essen, DE

72 Inventor/es: **Knott, Wilfried;**
Weier, Andreas y
Windbiel, Dagmar

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

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).

DESCRIPCIÓN

Producción de espumas metálicas.

5 Son objeto del invento un procedimiento para la producción de espumas metálicas reguladas en cuanto a su estructura, a base de aluminio o respectivamente de una aleación de aluminio, así como los cuerpos metálicos en forma de espumas, que se han obtenido por este método.

10 El estado de la técnica para la producción de espumas metálicas comprende en lo esencial cinco modos principales de proceder:

1. la compactación de polvos de metales con apropiados agentes de espumación y el calentamiento de los cuerpos en bruto, obtenidos de esta manera, a unas temperaturas por encima de la temperatura Liquidus de la matriz metálica y por encima de la temperatura de descomposición del agente de espumación utilizado;
- 15 2. la disolución o respectivamente la insuflación de gases de espumación en masas fundidas metálicas;
3. la introducción con agitación de agentes de espumación en masas fundidas metálicas;
- 20 4. la sinterización de esferas huecas metálicas;
5. la infiltración de masas fundidas metálicas en cuerpos de relleno, que se eliminan después de una solidificación de la masa fundida.

25 Acerca de 1). El documento de solicitud de patente alemana DE 197.44.300 A se ocupa de la producción y de la utilización de piezas porosas de metales ligeros o respectivamente de piezas porosas de aleaciones de metales ligeros, realizándose que los cuerpos prensados a partir de una mezcla de polvos (de una aleación de un metal ligero o respectivamente de Al y de un agente de espumación) se calientan en un recipiente cerrado calentable, con un orificio de entrada y otro de salida, a unas temperaturas situadas por encima de la temperatura de descomposición del agente de espumación y/o de la temperatura de fusión del metal o respectivamente de la aleación.

35 Acerca de 2). El documento de solicitud de patente japonesa JP 03017236 A describe un procedimiento para la producción de artículos metálicos con espacios vacíos, en el que unos gases se disuelven en una masa fundida metálica y luego se inicia el proceso de espumación mediante una repentina disminución de la presión. Un enfriamiento de la masa fundida estabiliza a la espuma obtenida de esta manera.

40 El documento de solicitud de patente internacional WO 92/21457 enseña la producción de una espuma de Al o respectivamente de una espuma de una aleación de Al mediante la insuflación de un gas por debajo de la superficie de un metal fundido, sirviendo como agentes estabilizadores unas sustancias abrasivas, tales como p.ej. SiC, ZrO₂, etc.

45 Acerca de 3). Siguiendo la enseñanza del documento JP 09241780 A, se obtienen espumas metálicas mediando liberación controlada de gases de espumación, siendo fundidos los metales en primer lugar a unas temperaturas situadas por debajo de la temperatura de descomposición del agente de espumación utilizado. Mediante un subsiguiente dispersamiento del agente de espumación en el metal fundido y un calentamiento de la matriz por encima de la temperatura que entonces es necesaria para la puesta en libertad de gases de espumación, se establece una espuma metálica.

50 Acerca de 4). La producción de espumas ultraligeras a base de esferas huecas de Ti-6Al-4V se basa en la sinterización, efectuada a unas temperaturas $\geq 1.000^{\circ}\text{C}$, de esferas huecas de Ti-6Al-4V hidrogenadas a 600°C (Synth./Process. Lightweight Met. Mater. II, Proc. Symp. 2nd (1997), 289-300).

55 Acerca de 5). Un aluminio espumado, después de una infiltración de aluminio fundido en un material de relleno poroso, se obtiene por eliminación del mismo desde el metal solidificado (Zhuzao Bianjibu (1997) (2) 1-4; ZHUZET, ISSN: 1001-4977).

60 Presentan un interés especial, además de esto, piezas componentes con un perfil de espacios vacíos con el fin de reducir el peso y aumentar su rigidez. El documento DE 195.01.508 A se ocupa de una pieza componente para el dispositivo de marcha de un vehículo automóvil, que consiste en una pieza moldeada por colada a presión de aluminio y tiene un perfil de espacios vacíos, en cuyo interior se encuentra un núcleo a base de una espuma de aluminio. El núcleo integrado de la espuma de aluminio es producido previamente por una vía pulvimetalúrgica, luego es fijado a la pared interna de una herramienta de molde por colada, y después de esto es rodeado por colada con un metal según el procedimiento de moldeo por colada a presión.

65 El documento DE-A 23.62.293 divulga un procedimiento para la producción de espumas metálicas, en el que se añaden metales de los grupos IB hasta VIIIB del sistema periódico de los elementos antes de y/o durante la formación de la espuma.

Al reseñar el estado de la técnica se puede comprobar que los procedimientos, que prevén una compactación previa de cuerpos en bruto que contienen agentes de espumación, son complicados y costosos, y no son idóneos para

la producción de mercancías a granel o de producción en masa. Además, es común a estos procedimientos el hecho de que la pretendida diferencia de temperaturas, entre el punto de fusión del metal que se ha de espumar y la temperatura de descomposición del agente de espumación utilizado, debe ser lo más pequeña que sea posible, puesto que en caso contrario ya durante la compactación, o más tarde en la fase de fusión, tiene lugar una perturbadora descomposición del agente de espumación. Esta consideración es válida también para la incorporación de agentes de espumación en masas fundidas metálicas.

A la sinterización de esferas huecas previamente conformadas para dar una espuma metálica le corresponde en todo caso un interés académico, puesto que la producción de esferas huecas ya necesita una costosa técnica de procedimiento.

Bajo este aspecto ha de valorarse también la técnica de infiltración, en la que se debe eliminar penosamente el material de relleno poroso desde la matriz de espuma.

La disolución o respectivamente la insuflación de gases de espumación en masas fundidas metálicas no es apropiada para la fabricación de piezas de trabajo cercanas al contorno final, puesto que un sistema, que se compone de la masa fundida con burbujas ocluidas de gas, no es suficientemente estable en el curso del tiempo, como para poder ser elaborada en herramientas de conformación.

Las propiedades mecánicas de espumas metálicas son determinadas en lo esencial por la estructura -junto con la elección del metal o respectivamente de la aleación que se utiliza-.

Los procesos acoplados, que tienen lugar en el caso de la fabricación de cuerpos metálicos porosos, sin embargo, -en particular en el caso del método que se basa en el aprovechamiento de agentes químicos de espumación- con frecuencia no proporcionan el resultado pretendido de una espuma metálica de forma idéntica, atravesada por celdillas globulares de dimensión comparable. Con esto no está vinculada por ejemplo ninguna isotropía de la densidad aparente, que podría ser deseada para la posterior función de la espuma metálica en numerosas piezas componentes constructivas. En vez de esto, se observan irregularidades en forma de zonas engruesadas en el cuerpo metálico (por ejemplo una pronunciada formación de zonas de pie y/o de borde y/o también espacios vacíos unidos, que se derivan de la asociación de burbujas gaseosas individuales, que se establece por destrucción de la membrana con celdillas). La aparición de tales irregularidades puede ser al mismo tiempo un indicador de un aprovechamiento relativamente ineficaz del agente de espumación.

Por consiguiente, la misión del presente invento se define en encontrar un método técnicamente aprovechable para la regulación deliberada de la estructura en el caso de las espumas metálicas producidas con agentes químicos de espumación. Vinculado con esto, se trata de mejorar el aprovechamiento del agente de espumación empleado (por ejemplo de un hidruro metálico).

La solución del problema planteado por la misión antes mencionada consiste, por lo tanto, en un procedimiento para la producción de una espuma de aluminio o respectivamente de una aleación de aluminio, el cual está caracterizado porque se añaden polvos de metales de los grupos 3 a 12 del sistema periódico de los elementos, antes de y/o durante la formación de la espuma.

De modo sorprendente, se encontró por fin que los metales de los grupos 3 a 12 del sistema periódico de los elementos actúan regulando la morfología, como adición a sistemas cargados con hidruros, en el sentido de la misión arriba mencionada, y aumentan significativamente la eficiencia del agente de espumación. Los metales añadidos de los grupos 3 a 12 del sistema periódico de los elementos se pueden aplicar tanto individualmente como también en forma de una mezcla de varios metales.

El procedimiento conforme al invento prevé, por consiguiente, en una forma preferida de realización, ampliar la matriz, que se compone de aluminio o de una aleación de aluminio y de hidruro de magnesio como agente de espumación, con pequeñas cantidades de titanio, cobre, hierro, vanadio así como sus mezclas. Los aditivos metálicos se emplean en unas proporciones de 0,001% en peso a 1% en peso, de manera especialmente preferida de 0,01% en peso a 0,1% en peso, referidas al metal que se ha de espumar, en particular al metal ligero que se ha de espumar.

Un agente de espumación especialmente apropiado en el sentido del presente invento, es un hidruro de magnesio preparado por vía autocatalítica, cuya preparación es conocida a partir de la bibliografía. Además de esto, este hidruro de magnesio es obtenible en el comercio bajo la denominación Tego Magnan® de la solicitante. Por lo general, la proporción del agente de espumación se puede hacer variar dentro de los límites usuales de 0,1% en peso a 5% en peso, de manera más preferida de 0,25% en peso a 2% en peso.

El aprovechamiento del fenómeno observado garantiza la producción de estructuras muy regulares de espumas y asegura la reproducibilidad, exigida dentro de aspectos técnicos de aplicaciones, de espumas metálicas uniformes morfológicamente. De manera esencial, la aplicación del procedimiento conforme al invento puede ayudar, durante el proceso de espumación, a reprimir el proceso de la destrucción de membranas con celdillas.

Unos criterios de valoración para la evaluación cualitativa de espumas de materiales sintéticos así como de espumas metálicas son, junto a la homogeneidad reconocible visualmente, la expansión conseguida y acompañando a ésta la densidad final del cuerpo metálico poroso.

- 5 Mediando aprovechamiento de la ruta pulvimetalúrgica (mezcladura de polvos de metales ligeros con un agente de espumación del tipo de hidruros y eventualmente con aditivos, compactación previa y/o prensado de la matriz para dar cuerpos en bruto, calentamiento de los cuerpos en bruto a unas temperaturas situadas por encima del punto de fusión del metal que se ha de espumar) se debe justificar aquí el principio generalizable del presente invento. La carga, efectuada conforme al invento, de un sistema de un metal y un hidruro con los aditivos aquí reivindicados, no
10 está limitada evidentemente al método pulvimetalúrgico, sino que abarca también sistemas que se han de incluir en la metalurgia de masas fundidas.

Ejemplos de realización

15 Ejemplo 1

- 500 g de polvo de aluminio con una pureza de 99,5% se cargaron y mezclaron, mediando agitación, con 1% en peso de Tego Magnan® (hidruro de magnesio, contenido de hidruro 95%), referido a la cantidad de polvo de aluminio, así como con 0,1% en peso de polvo de titanio, referido a la cantidad de polvo de aluminio, y 0,01% en peso de polvo de cobre, referido a la cantidad de polvo de aluminio. A partir de esta mezcla se produjeron piezas prensadas con forma cilíndrica mediante un prensado isostático en frío. El grado de compactación de las piezas prensadas, obtenidas de esta manera, estaba situado en un 94 a 97% de la densidad que teóricamente se puede conseguir.

- 25 En un horno de inducción con una potencia de salida de HF (alta frecuencia) de 1,5 kW, las piezas prensadas se dejaron espumar libremente en un crisol de grafito con una velocidad de calentamiento de 300°C/min. A los 30 segundos después del comienzo del proceso de espumación, los cuerpos espumados se enfriaron rápidamente.

- 30 Después de haber cortado las muestras con una sierra, se reconocieron en la Figura 1 unas celdillas globulares distribuidas homogéneamente, con un diámetro medio de 3 mm, hasta llegar a las zonas de borde. La densidad conseguida estaba situada en 0,5 g/cm³.

Ejemplo 2

- 35 De una manera análoga a la del Ejemplo 1, se mezclaron 500 g de polvo de aluminio con 1% en peso de Tego Magnan® (hidruro de magnesio), referido a la cantidad de polvo de aluminio, 0,1% en peso de polvo de titanio, referido a la cantidad de polvo de aluminio, y 0,01% en peso de polvo de vanadio, referido a la cantidad de polvo de aluminio. Esta mezcla fue compactada tal como arriba se ha descrito. El grado de compactación de las piezas prensadas cilíndricas, obtenidas de esta manera, estaba situado en un 94 a 96%.

- 40 Después de la espumación y del corte con una sierra, era visible una estructura homogénea y fina de celdillas, que tenían un tamaño medio de 1,5 a 2 mm, con una densidad de 0,6 g/cm³.

- 45 La resultante estructura de espuma es documentada mediante la Figura 2.

Ejemplo 3

- 50 De una manera análoga a la del Ejemplo 1, se mezclaron 500 g de polvo de aluminio, 1% en peso de Tego Magnan® (hidruro de magnesio), referido a la cantidad de polvo de aluminio, 0,1% en peso de polvo de titanio, referido a la cantidad de polvo de aluminio, y 0,01% en peso de polvo de hierro, referido a la cantidad de polvo de aluminio, se compactaron, y los cuerpos en bruto obtenidos se espumaron. Después del corte con una sierra, era visible una estructura homogénea con un tamaño medio de celdillas de 5 mm. La densidad medida estaba situada en 0,7 g/cm³.

- 55 La resultante estructura de espuma es documentada mediante la Figura 3.

Ejemplo 4

- 60 De una manera análoga a la del Ejemplo 1, se mezclaron 500 g de polvo de aluminio, 1% en peso de Tego Magnan® (hidruro de magnesio), referido a la cantidad de polvo de aluminio, y 0,1% en peso de polvo de titanio, referido a la cantidad de polvo de aluminio, y se compactaron. El grado de compactación estaba situado entre un 95 y un 97% de la densidad que se podía conseguir teóricamente. Los cuerpos en bruto, obtenidos de esta manera, fueron espumados y después del corte con una sierra era reconocible una estructura homogénea con un tamaño medio de celdillas de 3,5
65 a 4 mm. La densidad medida estaba situada en 0,3 g/cm³.

La resultante estructura de espuma es documentada mediante la Figura 4.

ES 2 281 521 T3

Ejemplo de referencia 1

De una manera análoga a la del Ejemplo 1, se mezclaron 500 g de polvo de aluminio, 0,1% en peso de hidruro de titanio, referido a la cantidad de polvo de aluminio, y 0,1% en peso de polvo de titanio, referido a la cantidad de polvo de aluminio, se compactaron y se espumaron libremente. Después del corte con una sierra, era visible una estructura de espuma gruesa, muy heterogénea, con un tamaño medio de celdillas de 8 mm. Algunas de las membranas porosas estaban rotas y desgarradas. La densidad determinada fue de 0,7 g/cm³.

La resultante estructura de espuma es documentada mediante la Figura 5.

Ejemplo de referencia 2

De una manera análoga a la del Ejemplo comparativo 1, se mezclaron 500 g de polvo de aluminio, 0,1% en peso de hidruro de titanio, referido a la cantidad de polvo de aluminio, y 0,1% en peso de polvo de cobre, referido a la cantidad de polvo de aluminio, y se compactaron. Después de la espumación y del corte con una sierra, se mostró una estructura heterogénea rota y desgarrada con un tamaño medio de poros de 5,5 mm y con una manifiesta formación de zócalos. La densidad conseguida estaba situada en 0,5 g/cm³.

La resultante estructura de espuma es documentada mediante la Figura 6.

Se mostró de una manera clara que mediante la adición conforme al invento de pequeñas cantidades de metales de transición y/o de sus mezclas, se influía manifiestamente sobre la morfología y la densidad final de los cuerpos metálicos espumados.

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para la producción de una espuma de aluminio o respectivamente de una espuma de una aleación de aluminio, regulada en cuanto a su estructura, por calentamiento de aluminio o respectivamente de aleaciones de aluminio con hidruro de magnesio como agente de espumación, **caracterizado** porque antes de o durante la espumación se añade de 0,001 a 1% en peso, referido al aluminio o a las aleaciones de aluminio, de uno o varios polvos de metales de los grupos 3 a 12 del sistema periódico.

10 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque como polvo metálico se añade titanio, cobre, hierro o vanadio.

3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque la adición del polvo metálico asciende a 0,01 a 0,1% en peso.

15 4. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 3, **caracterizado** porque el hidruro de magnesio se emplea en unas proporciones de 0,1 a 5% en peso, referidas al aluminio o a las aleaciones de aluminio.

20 5. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 4, **caracterizado** porque el hidruro de magnesio se prepara por vía autocatalítica.

25 6. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 5, **caracterizado** porque la formación de la espuma se consigue mediante compactación de la matriz a base de aluminio o de un polvo de aleación de aluminio y de MgH_2 , y por calentamiento de los cuerpos en bruto, obtenidos de esta manera, a unas temperaturas situadas por encima de las temperaturas Líquidus de la matriz metálica y por encima de las temperaturas de descomposición del agente de espumación

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

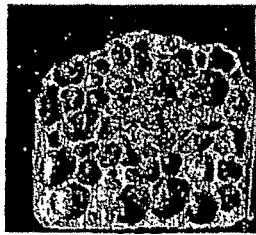


Fig. 4

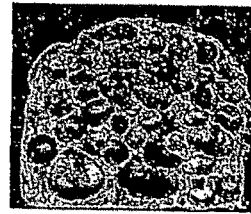


Fig. 2

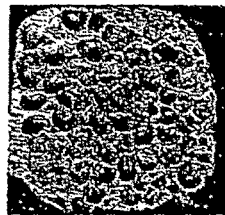


Fig. 5



Fig. 3

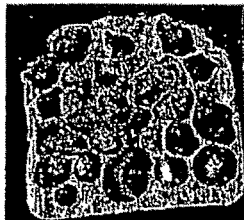


Fig. 6

