



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 280 953**

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

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04723198 .0**

86 Fecha de presentación : **25.03.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1608476**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **28.12.2005**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para producir espuma de dimensiones exactas.**

30 Prioridad: **25.03.2003 DE 103 13 321**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.09.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.09.2007

73 Titular/es: **Alulight International GmbH**
Lach 22
5282 Ranshofen, AT

72 Inventor/es: **Rajner, Walter y**
Simancik, Frantisek

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

ES 2 280 953 T3

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 2 280 953 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para producir espuma de dimensiones exactas.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la producción de espuma de metal de dimensiones exactas, a partir de un semiproducto obtenido por metalurgia de polvo a partir de un metal apto para formar espuma con un punto de fusión $>200^{\circ}\text{C}$, así como a los dispositivos para su ejecución.

10 La producción de espuma del correspondiente material apto para formar espuma es conocida para materiales sintéticos, materiales naturales, vidrios y también para materiales que contengan metales.

15 Procedimientos para la obtención por metalurgia de polvo de espuma de metal en moldes de coeficientes de dilatación bajos se conocen a partir del documento DE 199 54 755 A1. Allí, se espuma por metalurgia de polvo la aleación AlSi12, pero las informaciones que allí se indican sólo son adecuadas para este material, puesto que se mencionan constantemente magnitudes referidas al material. Esto tiene validez tanto para la capa de protección del molde de vidrio de cuarzo por medio de un recubrimiento de Al_2O_3 del vidrio de cuarzo, con un espesor de necesariamente 5-25 nm, así como también para la capa de cobertura aplicada, la cual es necesaria por causa de la reactividad del AlSi12 espumado. Allí, a través de un molde de paredes bien gruesas, con espesores de capa >5 mm, y de una capa de protección aportada, se acopla una radiación, preferentemente en el infrarrojo medio, estando colocados geoméricamente los emisores de infrarrojo de modo que formen depresiones de calor en la pieza prensada. Este conocido procedimiento sólo puede trabajar con piezas prensadas que estén colocadas sobre capas de protección, y se presentan problemas con el calentamiento desigual del molde, por lo cual resultan un aspecto desigual de la espuma y espumas de dimensiones no exactas, lo cual, en especial en el caso de piezas de espuma de mayor tamaño, da lugar a inestabilidades de la espuma y con ello a roturas locales, puntos débiles, etc.

25 Hasta ahora, es extraordinariamente difícil fabricar piezas de esta clase de espuma de metal de dimensiones exactas, en una calidad satisfactoria. Es problemático lograr una distribución homogénea de los poros en piezas constructivas mayores, por ejemplo de gran superficie, como placas de espuma de metal con $0,5\text{ m}^2$ y más de superficie de base. Piezas de este tipo, de espuma de metal, fabricadas según los procedimientos de formación de espuma conocidos, tienen con frecuencia zonas en las cuales los poros están colapsados y, por consiguiente, tienen huecos mayores, que debilitan la resistencia de la pieza constructiva. En el caso de piezas de grosor desigual o en aquéllas con zonas de mayor densidad, que se forman por colocar más semiproducto en lugares predeterminados, se producen defectos con especial frecuencia. Esto se debe especialmente a que los moldes de metal convencionales presentan coeficientes lineales de dilatación altos y una capacidad calorífica elevada. Los coeficientes de dilatación provocan, que al enfriar se produzcan grandes variaciones dimensionales, las cuales influyen negativamente en la exactitud dimensional y en el comportamiento durante el enfriamiento de la espuma de metal. Los moldes o coquillas conocidos necesitan mucha energía para su calentamiento, por lo cual el enfriamiento se prolonga y provoca tiempos de ciclo largo en la fabricación. El enfriamiento puede causar también problemas de material en la espuma de metal, en el caso de tener que espumar composites, y una permanencia excesivamente larga en un estado fluido da lugar a reacciones o a disoluciones, así como a fenómenos de desmezcladura, no deseados. Otro problema es, que en los procesos conocidos de formación de espuma en horno, en virtud de una distribución incontrolada del calor en la coquilla, el material apto para producir espuma forma la espuma de manera incontrolada y proporciona por ello una distribución de poros no satisfactoria.

30 En el caso de otros procedimientos conocidos, el semiproducto se calienta en coquillas de metal en un horno, a una temperatura que se encuentra claramente por encima del punto de fusión de un metal matriz del semiproducto. Para conseguir una productividad suficiente del proceso y, sobre todo, para conseguir una buena calidad de la espuma de metal, el calentamiento tiene que tener lugar muy rápidamente, es decir, en el espacio de unos pocos minutos. Por otra parte, es necesario un calentamiento muy preciso del material apto para formar espuma, puesto que si no, zonas aisladas del semiproducto aún no han formado la espuma, mientras que otras zonas están sobrecalentadas y las celdas de espuma ya se colapsan. Por lo tanto, la coquilla se tiene que calentar de forma controlada -por ejemplo con las menores diferencias posibles de temperatura en el caso de espuma de metal plana, de espesor homogéneo- en muy corto tiempo, lo que es difícil en especial en moldes o coquillas gruesas y en piezas de espuma de metal. En este caso, representa un gran problema la gran capacidad calorífica de las coquillas conocidas, que difícilmente se dejan enfriar rápidamente y a causa de la alta conductividad térmica del metal hacen imposible un calentamiento local diferente.

35 El procedimiento conocido con formación de espuma en moldes metálicos en horno era desventajoso, en cuanto a que era difícil de controlar, con frecuencia debía ser interrumpido, y no se podía trabajar de forma continua. Por último los costes de energía eran elevados.

40 Del documento DE-A-19954755 se conoce la formación de espuma en piezas prensadas, en especial aquellas con chapas de protección, por medio de energía irradiada en un recinto con una pared permeable a la irradiación.

45 Frente a esto, la misión de la invención es presentar un procedimiento, que haga posible la fabricación de piezas de espuma -incluyendo piezas de dimensiones mayores- expandidas de forma homogénea.

50 Conforme a la invención se resuelve la misión por medio de un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Además, se resuelve también por medio del dispositivo conforme a la invención con las características de la reivindicación 10. Otras formas perfeccionadas ventajosas resultan de las reivindicaciones dependientes.

ES 2 280 953 T3

A continuación, por espuma de metal se entiende también aquellos cuerpos que constan esencialmente de espuma de metal, pero que contienen elementos de armadura no espumados tales como alambres, rejillas, chapas, pero también fibras, filamentos, “whisker”, elementos de amarre tales como casquillos roscados, cuerpos huecos tales como tubos no espumados. Estos elementos estructurales se pueden unir e incorporar durante la formación de la espuma de metal, por inclusión en el molde, o también por inclusión en el material; de este modo se evitan posteriores etapas de trabajo de fijación tales como taladrado, mecanización de ranuras u otros procedimientos mecánicos de fijación o pegado, soldadura, estañado o similares.

La invención se refiere en especial a espumas metálicas de metal, composites de metal o similares, espumadas térmicamente por medio de agentes propulsores a altas temperaturas por encima de 200°C, preferentemente por encima de 300°C y también por encima de 500°C.

Las piezas de espuma se utilizan preferentemente como materiales de construcción sólidos, pero ligeros. Esta clase de materiales de construcción ligeros encuentran aplicación en el sector de la construcción, como elementos de revestimiento o elementos de soporte, de bajo peso; en la técnica de vehículos, así como en la construcción de aviones, automóviles y barcos, pero también como placas de amortiguación o placas de protección frente a la acción mecánica o térmica (piezas constructivas inhibidoras del fuego).

En este caso, como “no homogénea” se entiende aquí tanto la distribución momentánea de la radiación en el molde, como también la aplicación en el tiempo de la radiación - es decir, tanto la irradiación del molde con intensidad de radiación diferente, como también los tiempos de irradiación diferentes de determinadas zonas del molde. De este modo, de manera sorprendente, se puede controlar la formación de espuma de metal y evitar la aparición de inclusiones de gas.

Como espuma de metal se entiende aquí un producto espumado, que presenta dimensiones externas definidas.

El procedimiento se puede llevar a cabo de modo muy ventajoso con materiales áptos para formar espuma, con un punto de fusión por encima de 200°C, preferentemente por encima de 300°C y también con puntos de fusión de más de 500°C.

Debido a que ahora se utilizan moldes, por ejemplo coquillas, de bajo coeficiente de dilatación lineal y de baja capacidad térmica, así como una formación controlada de la espuma, se puede obtener una pieza de espuma de metal de dimensiones extremadamente exactas. Materiales adecuados para los moldes son los materiales cerámicos o de tipo vítreo, pero también materiales compuestos tales como composites reforzados por fibras, cerámica reforzada con fibras, vidrio o carbono, los cuales transmiten bien el calor y cumplen las exigencias de un bajo coeficiente de dilatación para una elevada resistencia a la compresión y a la tracción. También es posible enfriar rápidamente los moldes, porque el bajo coeficiente de dilatación evita daños, que en el caso de los moldes convencionales se podrían producir por deformaciones mayores, al enfriar.

En una forma de ejecución ventajosa, que conduce a un producto de espuma de metal en forma de cordón o banda, el procedimiento se puede ejecutar también de modo continuo. En este caso, se utilizan moldes abiertos por los dos lados, introduciendo continuamente en el molde/coquilla el material ápto para formar espuma, el molde/coquilla se irradia controladamente en una zona seleccionada y el material ápto para formar espuma se calienta y se espuma de tal modo que, por el otro lado, en correspondencia con la forma del molde o, por ejemplo, de la forma de la coquilla, vuelve a salir espumada, en forma de cordón, la espuma de metal. En este caso también se puede ayudar al procedimiento por medio de un material de separación, en el caso de que el material a espumar se adhiera al molde con fuerza -por ejemplo dejando correr conjuntamente un material de separación en forma de lámina, como Al_2O_3 o láminas que contengan ZrO_2 o láminas de grafito en el caso de espumas de aluminio, o también cubriendo el material ápto para formar espuma con láminas de material de separación o revistiéndole con una pintura para alta temperatura tal como pintura de sílice- el experto conoce materiales de separación adecuados.

Ventajosamente, el molde es, al menos en parte, diatérmano. Por diatérmano se entiende, en general, el material que es permeable a la radiación térmica, en este caso permeable a la radiación en la banda de aproximadamente 760-5000 nm. Como dispositivos de irradiación son adecuados, por ejemplo, las fuentes de radiación que emiten continuamente en la banda de 760-5000 nm, o bien con sólo determinadas longitudes de onda, tales como varillas incandescentes, varillas Nemst, barras SIC, LEDs, lasers de CO_2 , de CO, de diodos, de Nd/Yag, de semiconductores o de color. Su emisión de energía se puede regular rápidamente y sin problemas, regulando la corriente de alimentación o por medio de filtros.

Preferentemente, la coquilla es de paredes delgadas. Esto es una ventaja, puesto que así se puede evitar un despilfarro de energía calorífica para calentar una coquilla de alta capacidad térmica y su comportamiento al enfriar es más rápido - lo cual evita una desmezcladura de espumas de composite, y hace posibles altos tiempos de los ciclos y una regulación más precisa de la energía calorífica que actúa sobre el material a espumar. Puede presentar un grosor de pared de, por ejemplo, 1-20 mm y, de modo especialmente preferido, un grosor de 2-10 mm. En el caso de que, a causa de la gestión del calor, se usen moldes o coquillas finos, puede ser conveniente reforzar éstos mecánicamente por el exterior, localmente, por armaduras o soportes, para evitar la flexión o la rotura del molde/coquilla en el caso de espumas de metal pesadas o de piezas grandes, y para asegurar la conservación de las dimensiones. Como soportes adecuados se pueden utilizar apoyos, construcciones en forma de enrejado o de colmena, que tengan la menor superficie de apoyo posible y baja conductividad calorífica y bajo coeficiente de dilatación térmica, y absorban poca energía

ES 2 280 953 T3

calorífica, para no distorsionar el perfil de calentamiento. Aquí es especialmente ventajoso que los apoyos se puedan controlar, para compensar desigualdades de la coquilla o la dilatación térmica de los propios apoyos.

5 La coquilla se puede alimentar con un gas adecuado - también bajo sobrepresión. Normalmente, se utiliza un gas inerte a una sobrepresión no excesivamente elevada, en la zona por debajo de aproximadamente 5 bar. De este modo puede tener lugar el espumado de metales no nobles y sus aleaciones o, respectivamente, de composites con los mismos, tales como Zn, Ni, Al, Mg, Ca, Ni, Fe, Sn.

10 Pero mezclas de polvos de metales se pueden realizar también con metales nobles, cobre, berilio, wolframio, titanio, aceros, Si, así como de sus aleaciones y mezclas, eventualmente con aditivos tales como materiales duros, fibras y agentes propulsores para la obtención de las espumas metálicas tales como hidruros o carbonatos de metales, por ejemplo TiH_2 , ZnH_2 , MgH_2 , $CaCO_3$ etc., como es conocido por el experto en el sector de la fabricación de espumas de metal. En especial, se trata en este caso de sustancias que liberan gases a altas temperaturas, en especial aquellas que después de la separación del gas son acogidas en el metal formando aleación. Materiales típicos para formar espuma de metal son los que predominantemente presentan Al, Be, Mg, Si, Cu, Zn, Ti, Sn, Pb, plomo, latón, bronce, etc. Por el procedimiento conforme a la invención también se pueden elaborar aleaciones que no se pueden obtener por metalurgia de fusión. Son típicas las aleaciones de titanio tales como TiAl, TiAlNb, determinadas aleaciones de magnesio o de berilio, conocidas para el experto. También se pueden utilizar composites, así como vidrios. Aleaciones metálicas típicas sensibles a la oxidación, pero en ningún caso limitadas sólo a ellas, son las de Mg, Ca, Al, Zn, Fe, Sn. Es posible espumar bajo atmósfera normal, conduce a poros con paredes más gruesas, a poros más grandes y en general a conseguir menores porosidades que en el caso de atmósfera protectora. La variante con atmósfera normal, más económica debido al ahorro de gases caros, se debería utilizar preferentemente para metales no especialmente sensibles a la oxidación, como es el caso de algunas aleaciones de Al. El material apto para formar espuma puede ser también un material sintético apto para formar espuma o un semiproducto apto para formar espuma, como polvo de metal compactado en frío por metalurgia de polvo, compactado en caliente o en muy caliente, también mezclas extruídas de polvo de metal que lleven agentes propulsores tales como hidruros metálicos, por ejemplo TiH_2 , ZrH_2 , MgH_2 , carbonatos, nitruros, bicarbonatos, mezclas de óxidos con carbono, como son conocidos por el experto. Estos materiales de partida también pueden ir junto con elementos de refuerzo o elementos estructurales, como enganches, manguitos para tornillos o similares, así como piezas de armazón, redes, filamentos e hilos. Pero también hay que colocar láminas de cobertura en el molde o en la coquilla, para obtener un recubrimiento decorativo o también protector de la pieza de espuma de metal o para fijar allí componentes de unión. En este caso, la situación espacial final en el molde de estas piezas de armazón o recubrimientos se puede asegurar por medio de elementos de soporte, preferentemente consumibles. La coquilla, en el caso de que sea cerrada, es preferible que se pueda cerrar herméticamente a los gases y presente una válvula de sobrepresión, así como una entrada y salida de gas.

35 Pero también puede tener sentido, por ejemplo en el caso de que no sea necesario o deseado dar una forma exacta a una superficie, que la coquilla esté abierta al menos por un lado y que se espume en una coquilla abierta por un lado. Las piezas fabricadas de este modo tienen al menos una superficie libremente espumada, geoméricamente interesante, mientras que las otras superficies se conforman a medidas exactas.

40 Puede estar previsto que se pueda ajustar y mantener en la coquilla una atmósfera de gas controlada. La coquilla cerrada debería resistir una presión de gas entre 2 y 5 bar. Ventajosamente, también se puede llevar a cabo una variación de la presión durante la formación de la espuma. En este caso, si se lleva a cabo una disminución brusca de la presión del gas al espumar el material, tiene lugar una fabricación de espuma de metal con poros finos y más uniformes. La atmósfera en la coquilla durante la formación de la espuma se puede ajustar tanto en lo que respecta a su composición como también preferentemente en cuanto a la presión que reine en la coquilla al generar la espuma. Como gas es adecuado el barato aire, cuando la oxidación únicamente juega un papel secundario, pero también se puede utilizar gas inerte tal como un gas noble o cualquier otro gas que no reaccione de forma digna de mención con el material a espumar, por ejemplo nitrógeno o argón. No obstante, en el caso en que sea deseable una reacción del gas con componentes de la espuma de metal -por ejemplo la formación de nitruros en metales- se puede utilizar también un gas que reaccione adecuadamente.

55 En una forma de ejecución preferente, la coquilla es diatérmica, al menos en parte, y el contenido del molde o de la coquilla se puede calentar y espumar localmente de forma predeterminada por irradiación controlada. Para ello es adecuado preferentemente, por ejemplo, un correspondiente láser con emisión en la banda de longitudes de onda de aproximadamente 3000 nm u otras correspondientes fuentes de irradiación térmica con una elevada tasa de radiación en la banda de longitudes de onda entre aproximadamente 760-5000 nm.

60 Es conveniente recubrir el material del molde o de la coquilla con un medio separador adecuado para el material a espumar, esto se hace aplicando capas de láminas tales como esterillas de fibras o láminas de material, así como láminas de metal. El material de separación también se puede colocar directamente en forma de láminas sobre el material apto para formar espuma. El material de separación en láminas evita reacciones entre el material metálico a espumar y la coquilla, genera una estructura de superficie en el caso de coquillas de superficie lisa y puede permitir el movimiento relativo de la espuma de metal respecto al molde.

65 Especialmente ventajoso es que la radiación de calor sea generada por fuentes de radiación regulables, porque así se puede poner en marcha la formación de espuma de modo predeterminado y, por ejemplo, zonas de la coquilla que deban obtener un mayor espesor de espuma de metal, sean abastecidas con una energía calorífica correspondientemente

ES 2 280 953 T3

mayor. Pero también se puede utilizar una única fuente de radiación tal como un láser, con un reparto correspondiente de la radiación. La emisión de radiación de la fuente de radiación es vigilada preferentemente por sensores adecuadamente colocados y, en correspondencia, es controlada por las señales de medida por ellos emitidas. De este modo, se puede ajustar y llevar a cabo un perfil de calentamiento preestablecido para controlar de la forma prevista la distribución de los poros y la formación de espuma. Esto es de especial importancia en la fabricación de productos con espesores o densidades no homogéneas, puesto que hay que conseguir un frente preestablecido de formación de espuma para obtener un producto con la distribución de poros deseada, sin inclusiones no deseadas de gases.

En el caso que tener que realizar el procedimiento de forma continua, es ventajoso que la coquilla esté abierta por los dos lados y que el material ápto para formar espuma se caliente y expanda controladamente por irradiación en la coquilla abierta, mientras el material ápto para formar espuma -preferentemente con una lámina de separación- se introduce continuamente en el molde abierto.

Otros objetivos, características y ventajas se deducen de la consideración de la descripción que se da a continuación y de las reivindicaciones, junto con los dibujos que se acompañan. Para una comprensión total y completa de la naturaleza y de los objetivos de la invención se hace referencia a los dibujos, en los cuales se expone:

Fig. 1 una representación esquemática de las etapas del procedimiento;

Fig. 2 una vista parcial en perspectiva de una disposición aplicable conforme a la invención para la ejecución del procedimiento;

Fig. 3 una vista esquemática de un procedimiento continuo;

Fig. 4 una representación de una formación de espuma en molde abierto;

Fig. 5 una representación de un molde para la fabricación de elementos en ángulo.

A continuación se describen formas de ejecución preferentes de la invención con ayuda de la fabricación de placas de espuma de metal - pero éste no está en modo alguno limitado a los materiales o moldes específicos allí nombrados. Según este procedimiento se pueden espumar igualmente a alta temperatura otros metales aptos para la fusión tales como níquel, estaño, aluminio, magnesio, silicio, titanio, aleaciones de metales como bronce; vidrio o también vidrios, materiales sintéticos fundibles.

Ejemplos de ejecución

Ejemplo 1

Espumación de cinc

Semiproducto de cinc 14 ápto para formar espuma, obtenido por metalurgia de polvo, de una aleación de Zn con 14% en peso de Al, 0,8% en peso de ZrH₂, 84,2% en peso de Zn, preparada por compactación de material en polvo, se coloca en un molde en caja de cierre estanco 10 con válvula de sobrepresión, de cerámica de silicio diatérmica, con un coeficiente de dilatación lineal de 0,5 K⁻¹ -como se representa esquemáticamente en la figura 2- y se cierra herméticamente al gas la tapa del molde en caja. Antes de la introducción del semiproducto de cinc se trata el molde cerámico en caja con un medio de separación.

A continuación, se evacúa el molde, se introduce gas argón y se ajusta en el molde una sobrepresión de 2 bar. Radiación, con una onda máxima de emisión en la banda de 3000-5000 nm, orientada por vía óptica, se dirige -de forma correspondiente a una medición pirométrica del perfil de la radiación realizada previamente- a las superficies diatérmicas del molde en correspondencia con el perfil térmico previamente determinado, produciendo la formación de espuma en el material ápto para formar espuma. Transcurrido un tiempo previamente determinado, se desconecta la radiación de calor y se enfría rápidamente el molde por circulación de aire por medio de un ventilador. La placa de espuma de cinc acabada de espumar se desmoldea. La placa así obtenida mostró una gran fidelidad de formas con el molde y una calidad homogénea de la espuma.

Ejemplo 2

Espumación de aluminio

Piezas de material 14, compactado en frío o en caliente o, respectivamente, en estado muy caliente, ápto para formar espuma, obtenido por metalurgia de polvo a partir de AlMg_{0,6}Si_{0,4} con 0,4% de TiH₂, se colocan en una coquilla diatérmica 10 que se puede cerrar, de cerámica de Y₂O₃, de sección plana cuadrada, con un grosor de pared de 1 cm y una superficie de 1 m x 1 m y se cierra ésta. La superficie inferior del molde o coquilla está apuntalada en su cara inferior homogéneamente en plano por traviesas en forma de varillas 18, para evitar una deformación de la misma al introducir el pesado metal. Ahora, controlada homogéneamente por un campo de medida, se dirige a la superficie superior e inferior del molde o coquilla una radiación térmica procedente de los quemadores 16, con un máximo de emisión en la banda superior a 3000 nm, por lo cual el material ápto para formar espuma se calienta, forma

ES 2 280 953 T3

5 espuma y llena la coquilla. La temperatura del material al formar la espuma asciende aproximadamente a 600°C. Aquí, el material del molde o coquilla se protege con una lámina que contiene grafito, la cual se coloca sobre las superficies del molde o coquilla antes de introducir el semiproducto. La formación de espuma tiene lugar en este caso sin gas protector. Después, se abre la coquilla y se extrae la placa de espuma de aluminio ya espumada. La placa poseía una elevada exactitud de medidas y una distribución homogénea de los poros.

Ejemplo 3

Espumación de aluminio

10 El procedimiento se llevó a cabo como en el ejemplo 2, en este caso el molde 10 se mantuvo durante la formación de espuma a una sobrepresión de N₂ de 2,5 bar. La pieza de moldeo así obtenida poseía poros más pequeños y espesores más finos de la pared de los poros. Se encontró que, por medio de la presión interna del molde, así como de la clase de gases presentes al formar la espuma, se puede controlar el tamaño de los poros y el grosor de pared de la espuma de metal formada.

Ejemplo 4

Fabricación de una pieza en forma de ángulo

20 Un molde en ángulo, que al menos en parte se compone de un material cerámico diatérmico (véase la representación esquemática en la fig. 4), se recubre con carbono 12 y acto seguido se introduce material 14 apto para formar espuma. La formación ulterior de la espuma se realiza tal como se describe en el ejemplo 2.

Ejemplo 5

Espumación en molde abierto

30 Un molde en forma de caja, como se representa en la fig. 4, con una superficie del fondo de cerámica diatérmica, se calienta homogéneamente por medio de irradiadores controlados 16, colocados en plano, con un máximo de longitud de onda de emisión a 3050 nm. Se introdujeron piezas 14 compactadas en frío de AlSi10Mg1 con 0,4% de TiH₂ sobre una lámina de cobre 12. Se forma una pieza de espuma con superficies de fondo y superficies laterales exactas que presentan cobre, mientras que la superficie espumada presenta una forma de aleación de aluminio, espumada libremente de modo geoméricamente agradable a la vista. Esta clase de piezas son adecuadas, por ejemplo, cuando no molesta o es deseada una superficie de la pieza acabada, espumada libremente, y se puede evitar el coste del cerramiento del molde.

Ejemplo 6

Procedimiento continuo

40 Una coquilla de cerámica abierta por dos lados, con un coeficiente de dilatación de 0,5 K⁻¹ es alimentada continuamente por un lado con material 14 apto para formar espuma, de una aleación de aluminio con TiH₂ como agente propulsor, cubierto de láminas de un medio de separación. En una superficie predeterminada de la coquilla 10 se aporta de forma controlada radiación térmica no homogénea y se inicia y concluye así el proceso de formación de espuma. El metal en vías de espumación llena ahora de espuma el espacio entre la tapa del molde o de la coquilla y el fondo del molde o de la coquilla, estando cubierta constantemente la superficie de la espuma de metal por la lámina de separación para proteger el molde de la adherencia de la espuma de metal, se enfría durante el transporte, y abandona la coquilla por el otro lado. Acto seguido, en el lado de salida, el producto espumado que sale continuamente con lámina de separación se puede continuar tratando de manera deseada, por ejemplo con chorro de agua, láser, o similar, y se puede cortar en los largos deseados. El molde o coquilla, incluso también junto con el material a espumar, se puede hacer pasar por un correspondiente campo de irradiación.

Ejemplo 7

Espuma de Mg

55 Una mezcla de polvo de Mg con 9% de Al, 1% de Zn + 1% de TiH₂ se compactó isostáticamente en frío y luego se extruyó a 400°C en perfiles alargados de 20x5 mm. El semiproducto espumable, así fabricado, se colocó en una coquilla de grafito que se puede cerrar, de dos piezas, y se calentó hasta 650°C en un horno de infrarrojos refrigerado por agua. La cámara interior del horno de infrarrojos, así como la coquilla se barrieron durante el calentamiento con gas argón. La temperatura de la coquilla se midió y controló. La irradiación con IR condujo a altas velocidades de calentamiento (hasta aproximadamente 15°K/s) no sobrepasando la temperatura de formación de espuma de 650°C. Después de la desconexión de la calefacción por IR tuvo lugar un enfriamiento rápido. La espuma de Mg acabada posee excelente precisión dimensional y una estructura homogénea de finos poros.

65 Por supuesto, la invención no está limitada a la exacta construcción o composición de los ejemplos de ejecución citados o descritos, sino que para el experto son evidentes las distintas variaciones sin desviarse del alcance de la esencia y protección de la invención.

ES 2 280 953 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la producción de espuma de metal de dimensiones exactas a partir de un semiproducto metálico apto para formar espuma, preparado por metalurgia de polvo, con un punto de fusión $>200^{\circ}\text{C}$, que comprende las etapas siguientes:
- 10 - preparación de una coquilla resistente al calor hasta el punto de fusión del material apto para formar espuma, con al menos una pared permeable a la radiación con un coeficiente de dilatación $<3\text{K}^{-1}$, protegida con un material en forma de lámina de separación;
 - 15 - introducción del material apto para formar espuma a $T>200^{\circ}\text{C}$ en esta coquilla en contacto con el material de la lámina de separación;
 - 20 - calentamiento controlado del material apto para formar espuma en la coquilla, con formación de espuma y moldeo en dimensiones exactas de las superficies de la espuma, llenando en esencia el molde, utilizando fuentes de radiación de emisión de energía controlada que se aplican sobre, o a través de, la pared de la coquilla permeable a la radiación; y
 - desmoldeo de la espuma producida de este modo.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la coquilla es, al menos en parte, diatérmica.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes **caracterizado** porque la coquilla después del calentamiento se enfría de manera controlada.
- 25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la generación de espuma se lleva a cabo bajo atmósfera de gas controlada, a una presión de hasta 5 bar.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la coquilla está abierta al menos por un lado.
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-5, **caracterizado** porque la coquilla está abierta por los dos lados, introduciéndose en la coquilla el material apto para formar espuma por un lado, calentándose controladamente una zona seleccionada del material en la coquilla y espumándose así, de manera que esta espuma salga de nuevo por el otro lado en forma de cordón espumado, en correspondencia con la forma de la coquilla.
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la emisión de radiación de las fuentes de radiación se vigila por medio de sensores y se controla en correspondencia con la señal de vigilancia.
- 40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la coquilla es de paredes delgadas, presentando al menos una de estas paredes preferentemente un espesor de 2-20 mm, con especial preferencia un espesor de 1-10 mm y, de manera especialmente preferente, de 2-4 mm.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque al menos una pared de la coquilla está soportada por el exterior por soportes.
- 45 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque los soportes son controlables y soportan la coquilla de manera controlada en relación a una placa de base a temperatura más baja.
11. Dispositivo para la fabricación de piezas de espuma de metal de dimensiones exactas producidas térmicamente, **caracterizado** por:
- 50 una coquilla de paredes delgadas, estable a la temperatura de fusión de la espuma de metal, con un coeficiente de dilatación de $<3\text{K}^{-1}$, protegida por un material en forma de lámina de separación;
- 55 - un dispositivo de radiación controlable, y
 - un mando, que controla el dispositivo de radiación en base a la medición de un dispositivo de medición de radiación.
- 60 12. Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado** porque, además, la coquilla de paredes delgadas, estable a la temperatura de fusión de la espuma de metal, es diatérmica.
13. Dispositivo según las reivindicaciones 11-12, **caracterizado** porque la coquilla se puede cerrar de manera estanca al gas y presenta al menos una entrada y una salida de gas.
- 65 14. Dispositivo según las reivindicaciones 12-13, **caracterizado** porque la coquilla está abierta por dos lados.
15. Dispositivo según las reivindicaciones 12-14, **caracterizado** porque la coquilla es de grafito.

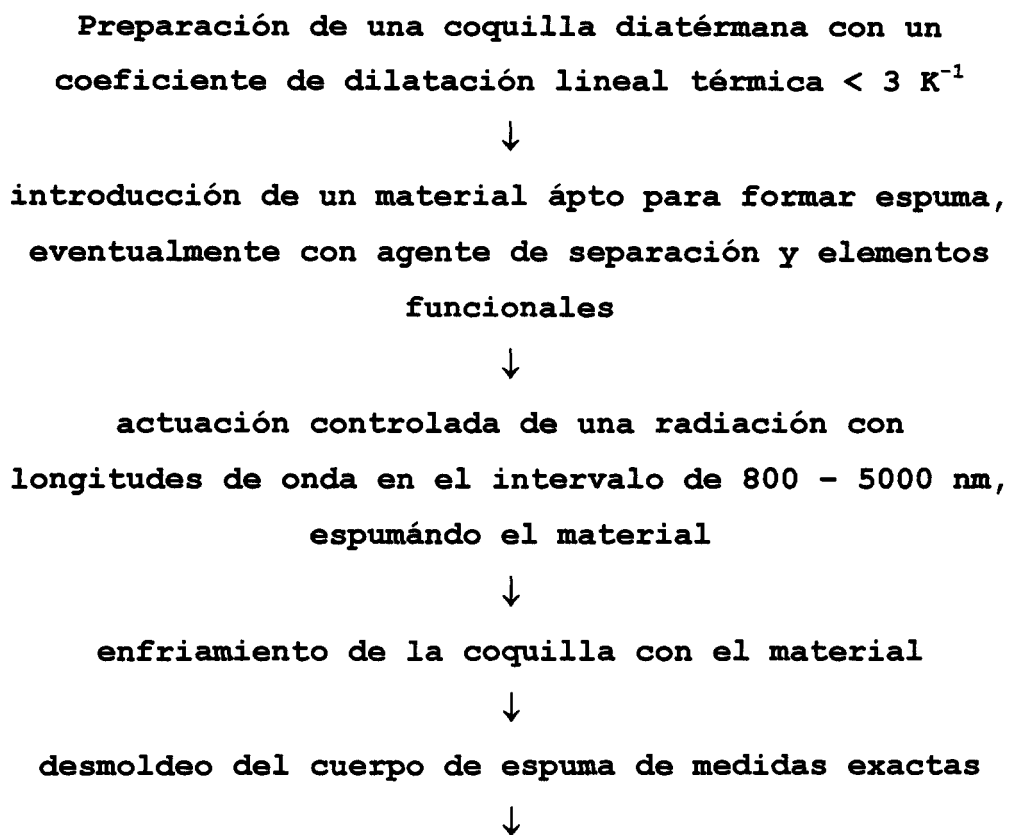


Fig. 1

FIG. 2

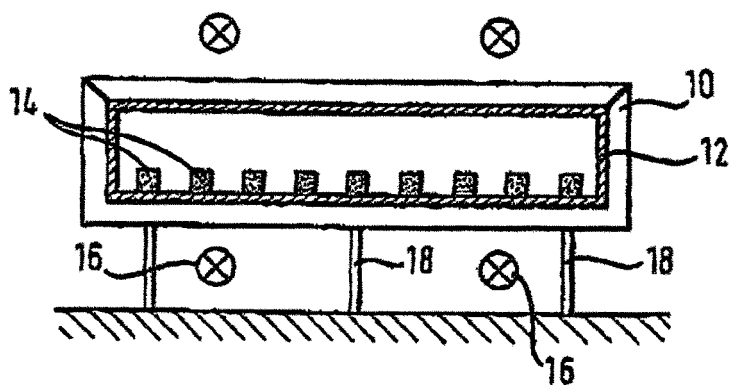


FIG. 3

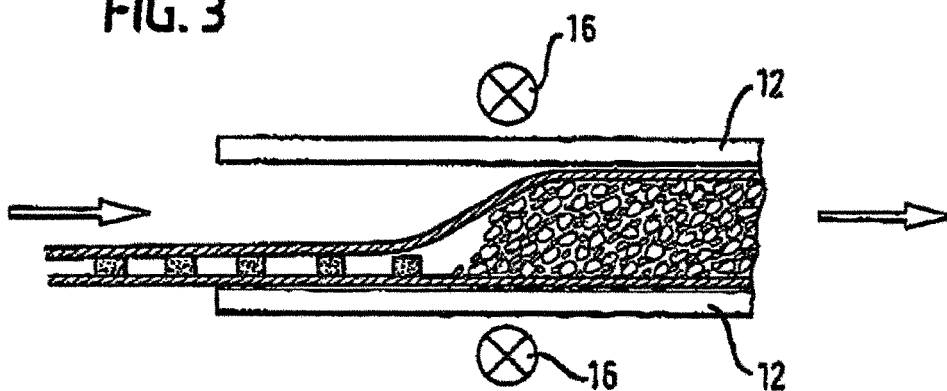


FIG. 4

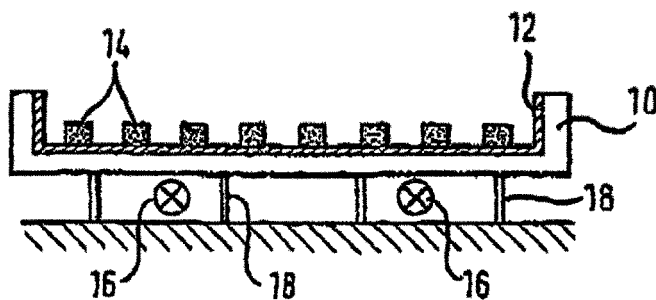


FIG. 5

