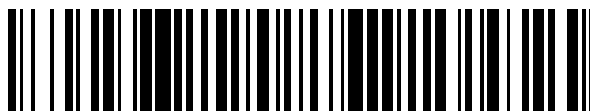


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 725 078**

51 Int. Cl.:

C22C 32/00 (2006.01)

C22C 1/04 (2006.01)

C22C 9/00 (2006.01)

C22C 1/02 (2006.01)

B22F 7/00 (2006.01)

B22D 19/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.08.2006 PCT/ES2006/000493**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.03.2007 WO07026039**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2006 E 06807938 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 1930452**

54 Título: **Material de matriz metálica a base de polvos de aleación con memoria de forma, método de obtención del mismo y uso del mismo**

30 Prioridad:

31.08.2005 ES 200502129

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

19.09.2019

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO-EUSKAL
HERRIKO UNIBERSITATEA (100.0%)
Barrio Sarriena
48940 Leioa, Bizkaia, ES**

72 Inventor/es:

**SAN JUAN NÚÑEZ, JOSÉ MARÍA y
NÓ SÁNCHEZ, MARÍA LUISA**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 725 078 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).

DESCRIPCIÓN

Material de matriz metálica a base de polvos de aleación con memoria de forma, método de obtención del mismo y uso del mismo

5

Campo de la invención

La invención se refiere al área de Ciencia y Tecnología de Materiales en lo que respecta al diseño y la producción de los materiales, así como al área de Tecnología Física con respecto a las propiedades de alto amortiguamiento.

10

Los sectores de actividad industrial en que puede aplicarse la invención son: electrodomésticos y domótica, herramientas de máquinas y maquinaria en general, empaquetamiento electrónico, transporte incluyendo aeronáutica, aeroespacial, construcción.

Estado de la técnica

Los materiales que tradicionalmente presentan el coeficiente de amortiguamiento más alto han sido los polímeros, debido a su comportamiento viscoelástico. Sin embargo, en general, los polímeros tienen un módulo elástico bajo, que es un inconveniente para el diseño de materiales con alto amortiguamiento para aplicaciones estructurales. De hecho, el índice de mérito para el diseño de amortiguamiento estructural es: el producto del módulo elástico (o el módulo de rigidez) E y el coeficiente de la tg de amortiguamiento (Φ), por lo que el objeto es optimizar la relación $tg(\Phi) E$. Por esta razón, se han desarrollado diversos tipos de materiales metálicos de alto amortiguamiento, también conocidos como HIDAMETS (por el inglés High Damping Metals), ya que los metales tienen un módulo elástico muy superior a los polímeros.

25

De entre los materiales metálicos, unos de los que presentan mayor coeficiente de amortiguamiento son las Aleaciones con Memoria de Forma (SMA del inglés "Shape Memory Alloys") [1]. Estas aleaciones experimentan una transformación martensítica termoelástica (reversible) entre su fase de alta temperatura, conocida como beta, y su fase de baja temperatura, conocida como martensita, que puede inducirse mediante enfriamiento o por la aplicación de una tensión mecánica. Las interfases de martensita son móviles tanto durante la transformación, como en fase martensita, y bajo el efecto de una vibración o tensión mecánica externa son susceptibles de someterse a movimiento, absorbiendo energía mecánica y dando lugar al fuerte amortiguamiento que presentan las SMA [2]. Es conocido que las SMA a base de cobre presentan un coeficiente de amortiguamiento más elevado que las de Ti-Ni que son las SMA que se usan comercialmente en prácticamente todas las aplicaciones.

35

No obstante, dado que las SMA masivas no ofrecían todavía un coeficiente de amortiguamiento suficientemente alto, se ha desarrollado un gran número de Materiales de Composite de Matriz Polimérica que contienen varillas, láminas, hilos, etc., de SMA para diversas aplicaciones. En este campo hay innumerables publicaciones científicas y numerosas patentes.

40

En paralelo, a lo largo de la última década, se ha desarrollado la tecnología de producción de polvos de SMA mediante pulvimetalurgia, especialmente en las aleaciones a base de cobre [3,4]. En este campo también hay numerosas publicaciones científicas y patentes, especialmente en Ti-Ni.

45

El avance más reciente en el campo de los materiales con fuerte amortiguamiento ha sido el desarrollo de Materiales de Composite de Matriz Metálica, donde se han considerado diversos conceptos o tipos de materiales, que se describen a continuación:

50

a).- Materiales de Composite formados directamente por diversas láminas o trozos de SMA, ya sea de Ti-Ni o de base de cobre. En este caso, así como múltiples publicaciones, cabe destacar la patente US4808246.

b).- Materiales de Composite con una matriz metálica blanda, responsable del amortiguamiento, y partículas rígidas (W, SiC) en un porcentaje variable, cuyo único objeto es aumentar el módulo E del material [6].

55

c) .- Materiales de Composite con una matriz metálica blanda, responsable del amortiguamiento, y partículas cerámicas (VO_2) en una pequeña proporción (1 %) que contribuyen a un estrecho pico de amortiguamiento (de 0,2 °C de anchura) debido a una anomalía en la rigidez de las partículas cuando experimentan una transformación de fase [7].

60

d).- Materiales de Composite formados por partículas de SMA en una matriz metálica rígida (habitualmente de aluminio o cobre), con el objeto de mejorar las propiedades estructurales u otras de la matriz. En estos, se usa una pequeña proporción de partículas de SMA ya que su objeto es mejorar las propiedades de la matriz. En este campo, además de publicaciones científicas, existen diversas patentes [8-11].

65

e).- Materiales porosos (entre el 5 % y el 40 % de poros) formados por partículas de SMA para amortiguamiento. En este caso cabe destacar la patente US-5687958.

Es de particular relevancia la Patente de EE.UU. N.º 6.346.132. Este documento desvela un material de composite que contiene una segunda fase metálica dispersada en un material de matriz metálica. La segunda fase metálica conforma hasta el 5 al 60 % del material de composite global. El material de matriz es preferentemente una aleación

de aluminio. Sin embargo, esta patente no desvela directa e inambiguamente una matriz metálica que comprende metales de punto de fusión por debajo de 330 °C o aleaciones de dichos metales con un punto de solidificación por debajo de 330 °C.

5 El problema técnico que se plantea y que ha conducido a la presente invención es lograr un material con un elevado coeficiente de tg de amortiguamiento (Φ), cuyo máximo pueda ajustarse a un intervalo particular de temperatura, dependiendo de la aplicación a la que se destine. Además, en la mayoría de las aplicaciones, se requiere que el módulo elástico E sea tan alto como posible, a fin de optimizar la relación $\text{tg}(\Phi) \cdot E$.

10 En vista del análisis presentado sobre el estado de la técnica, los presentes inventores consideran que los materiales que forman el objeto de la presente invención constituyen una auténtica novedad debido a la combinación de diversos aspectos que se indican a continuación:

15 *)- En los materiales de la invención, las partículas de polvo de SMA constituyen el elemento mayoritario con un porcentaje entre el 45 % y el 70 %, siendo responsables del fuerte amortiguamiento del material de composite.

*)- Las partículas de polvo son de SMA a base de cobre y presentan la transformación martensítica apropiada en un intervalo de temperatura ajustable.

*)- El intervalo de temperatura del máximo de amortiguamiento del material compuesto es muy ancho (>50 °C) y puede ajustarse mediante el control de la composición de las partículas de polvo de SMA.

20 *)- La matriz debe ser una matriz metálica de bajo punto de fusión y debe ser dúctil a la temperatura de transformación martensítica de las partículas de SMA.

*)- La matriz contribuye al fondo de amortiguamiento y genera un efecto amplificador del amortiguamiento de las partículas, nunca descrito hasta ahora.

25 *)- Los materiales compuestos así obtenidos pueden presentar una relación $\text{tg}(\Phi) \cdot E$ que puede optimizarse en un amplio intervalo de temperatura, mejor que cualquier otro material actualmente especificado.

Referencias:

[1] Shape Memory Materials. Edit. K. Otsuka, C.M. Wayman. Cambridge University Press, Cambridge (1998).
 30 [2] Damping behaviour during martensitic transformation in Shape memory Alloys. J. San Juan, M.L. No. Journal of Alloys and Compounds 355 (2003) pp 65-71.
 [3] Martensitic transformation in Cu-Al-Ni Shape Memory Alloys processed by Powder Metallurgy. J. San Juan, R.B.Pérez-Saez, V.Recarte, M.L.No, G.Carwana, M.Lieblch, O.Ruano. Journal de Physique IV (1995) pp C8-919.
 35 [4] Advanced Shape Memory Alloys processed by Powder Metallurgy. R.B. Pérez-Saez, V. Recarte, M.L. No, O. Ruano, J. San Juan. Advanced Engineering Materials 2 (2000) pp 49-53.
 [5] Composite material in rod, tube, strip, sheet or plate shape with reversible thermomechanical properties and process for its production. J. Albrech, T. Duerig. BBC Brow Boveri & Cié, Pat. US4808246 (1989).
 [6] Damping and stiffness of particulate SiC-InSn composite. M.N. Ludwigson, R.S. Lakes, C.C. Swan. Journal of Composite Materials 36 (2002) pp 2245-54.
 40 [7] Extreme damping composite materials with negative- stiffness inclusions. R.S. Lakes, T. Lee, A. Bersie, Y.C. Wang. Nature 410 (2001) pp 565-567.
 [8] Metallic composite material having improved strength and vibration-damping property. Y. Furuya, T. Masumoto. Pat. JP6264161 (1994).
 45 [9] Metal matrix composite material enhanced in strength, damping capacity, radiation resistance and corrosion resistance. Y. Furuya, Y. Nishi, T. Masumoto. Pat. JP7048637 (1995).
 [10] Metal matrix composite reinforced with shape memory alloy. D. Barrett. US ARMY, Pat. US5508116 (1996).
 [11] Composite material and its production. J. Ninomiya, T. Suzuki, A. Hiden. FURUKAWA ELECTRIC CO Ltd, Pat. JP10017959 (1998).
 50 [12] Metallic damping body. R. Renz, J. Kraemer. DAIMLER BENZ AG, Pat. US-5687958 (1997).

Descripción de la invención

La presente invención se refiere a un material de composite de matriz metálica caracterizado por que está a base de partículas de polvo de aleación con memoria de forma, teniendo una base de cobre con una concentración entre el 45 % y el 70 % en volumen respecto al volumen total del material, estando soportadas dichas partículas de polvo por una matriz metálica.

De acuerdo con una realización particular de la invención, la base de cobre está presente en el material en una concentración de entre el 50 % y el 60 % en volumen respecto al volumen total del material de composite.

60 El material de la invención presenta una transformación martensítica termoelástica entre -150 °C y +250 °C.

De acuerdo con una realización particular del material, la base de cobre se selecciona de entre Cu-Al-Ni, Cu-Zn-Al y Cu-Al-Mn.

65 Dicha matriz metálica de metales o aleaciones rodea las partículas de polvo y actúa como un aglutinante para el

material de composite.

La matriz metálica comprende:

- 5
- metales de punto de fusión inferior a 330 °C o
 - aleaciones de dichos metales con un punto de solidificación inferior a 330 °C.

10 Dicho metal, o metales, (o sus aleaciones) de bajo punto de fusión, deben ser dúctiles a la temperatura del máximo de amortiguamiento ajustado. Entre los metales de bajo punto de fusión que pueden constituir la matriz metálica pueden seleccionarse, entre otros, In, Sn, Pb, Cd, Tl y sus aleaciones.

15 Además, de acuerdo con realizaciones particulares del material, las partículas de polvo de aleación serán capaces de tener la misma y única concentración de base de cobre, o el material de composite será capaz de incluir partículas de diferentes concentraciones de base de cobre. Por medio de tratamientos térmicos u otros métodos propios del campo de la pulvimetalurgia, tales como el aleado mecánico por ejemplo, podrán incluirse partículas con un gradiente de concentración de base de cobre con el objeto de que la transformación martensítica presente un intervalo de temperatura más amplio y obtener de esta manera un máximo de amortiguamiento que se ensancha en temperatura.

20 En el caso de que las partículas de polvo no tengan todas la misma concentración de base cobre, el porcentaje de partículas con distinta concentración de base cobre puede ser igual o inferior al 15 % respecto al total de material de composite.

25 Se podrá incluir además en el material de composite otro tipo de partículas de distinta composición, siendo capaces de ser rígidas, metálicas o cerámicas, y teniendo el único propósito de aumentar el módulo del material de composite.

Dichas partículas de polvo de distinta composición pueden estar presentes en el material en un porcentaje igual a o inferior al 15 % de material de composite. Además, estas partículas pueden elegirse de entre Renio, Wolframio, Molibdeno, Carburo de Silicio y Carburo de Boro.

30 La presente invención se refiere adicionalmente a un método de obtención de un material de composite de matriz metálica como se ha definido anteriormente, que comprende:

- 35
- preparar las partículas de polvo de aleación con memoria de forma, e
 - infiltrar la matriz metálica.

Las partículas de polvo de la aleación con memoria de forma pueden obtenerse mediante pulverización con gas o por cualquier otro método que permita que se obtengan partículas de polvo que presenten la transformación martensítica termoelástica propia de las aleaciones con memoria de forma.

40 Dicho método puede comprender adicionalmente una fase de ajuste del intervalo de temperatura del máximo de amortiguamiento del material de composite a través de las temperaturas de transformación martensítica directa o inversa de las partículas de polvo, variando la composición de los elementos constituyentes de la aleación con memoria de forma.

45 De acuerdo con realizaciones particulares, dicho método puede comprender la inclusión en el material de composite de partículas de diferente concentración de base de cobre, que pueden incluirse en el material de composite por medio de tratamiento térmico.

50 De acuerdo con realizaciones particulares, dicho método puede comprender la inclusión en el material de composite de partículas con un gradiente de concentración en el material de composite por medio de aleado mecánico.

El método según se reivindica comprende:

- 55
- preparar partículas en polvo de base de cobre,
 - introducir dichas partículas en un molde,
 - desgasificar al vacío, preferentemente a una temperatura de entre 120 °C y 300 °C e
 - inyectar el metal fundido de la matriz por medio de infiltración al vacío.

60 La infiltración se lleva a cabo a una presión que puede lograrse por medio de centrifugación o por medio de la aplicación de una presión de gas sobre el fundido.

65 En un método alternativo (no reivindicado), cuando la matriz metálica comprende uno o más metales con un punto de fusión superior a 330 °C, o aleaciones de esos metales, habrá que preservar las propiedades de la transformación martensítica de las partículas de polvo de aleación con memoria de forma, debido a que dicho procedimiento puede ser un procedimiento de pulvimetalurgia, que comprende:

- mezclar las partículas de polvo de la aleación de memoria de forma con polvos del metal o aleación de la matriz,
- desgasificar al vacío,
- y compactar.

5 En este caso, la compactación puede llevarse a cabo usando sinterización con tensión uniaxial a una temperatura inferior a 300 °C o la compactación puede realizarse también mediante encapsulado previo al vacío y posterior compactado isostático a alta presión a una temperatura inferior a 300°C.

10 Este método también puede usarse posiblemente en el caso de matrices metálicas con punto de fusión más bajo, tales como aquellas mencionadas anteriormente en la realización anteriormente descrita en el método.

En el método alternativo (no reivindicado) en el que la matriz comprende metales con un punto de fusión superior a 330 °C el método puede ser alternativamente un método de infiltración a alta temperatura, que puede comprender:

- 15 - preparar partículas de polvo de base de cobre,
- introducir dichas partículas en un molde,
- desgasificar al vacío,
- calentar por encima de la temperatura del eutectoide de la SMA correspondiente, de tal manera que las partículas se encuentren en la fase de alta temperatura, conocida como beta, propia de estas aleaciones,
- 20 - infiltrar la matriz metálica a alta temperatura y
- templar el material de composite en un medio de enfriamiento rápido. Dicho medio de enfriamiento rápido puede ser agua.

25 La elección de la matriz metálica servirá para optimizar las propiedades aglutinantes del material de composite, así como la relación $\text{tg}(\Phi) \cdot E$, y se elegirá en función del tipo de SMA empleado y del intervalo de temperaturas en que el material de composite vaya a encontrarse en condiciones de servicio en las diversas aplicaciones.

30 Desde el punto de vista técnico, las partículas de polvo de aleación con memoria de forma aportan un alto coeficiente de amortiguamiento al material de composite, debido al movimiento de las interfases de martensita, especialmente en proximidad de la temperatura de transformación martensítica (directa o inversa). La matriz permite absorber la deformación que las partículas experimentan cuando las interfases de martensita se mueven, ya sea en fase martensítica, ya sea cuando experimentan la transformación inducida por temperatura o por tensión. De este modo, la matriz absorbe la deformación de las partículas evitando que el material de composite se degrade. La matriz, además de servir de soporte a las partículas en el material de composite, contribuye también al fondo continuo de

35 amortiguamiento y genera un efecto amplificador del amortiguamiento de las partículas.

Estos materiales incorporan un nuevo concepto que resuelve el problema de obtener un alto coeficiente de amortiguamiento, ajustable en un intervalo específico de temperatura. El intervalo de temperatura del máximo de amortiguamiento puede ajustarse entre -150 °C y +250 °C, a través de las temperaturas de transformación martensítica (directa o inversa) de las partículas de polvo, que a su vez se controla mediante la composición de los elementos constituyentes de la aleación con memoria de forma.

40

Las ventajas del material radican en el hecho de que actualmente no existe ningún material que permita ajustar de forma continua el pico de máximo de amortiguamiento en el intervalo de temperaturas deseado. Estos materiales presentan un coeficiente de amortiguamiento superior a otros materiales metálicos y optimizan la relación $\text{tg}(\Phi) \times E$, que se usa en el diseño de materiales para amortiguamiento, mejor que otros materiales alternativos.

45

La adición opcional de partículas rígidas, metálicas o cerámicas, junto con las partículas de SMA, tendrá por objeto el aumento del módulo elástico del material de composite.

50

La presente invención se refiere también al uso del material de composite definido anteriormente para la absorción de vibraciones. Dichas vibraciones pueden ser acústicas o mecánicas.

Las aplicaciones industriales potenciales de la presente invención pueden ser muy numerosas, y en general todas aquellas en que se requiera alto amortiguamiento de vibraciones. A continuación se dan algunos ejemplos de aplicaciones que podrán tener los materiales de la presente invención:

55

* En el sector de los electrodomésticos para absorción de vibraciones y disminución del ruido ambiental producido por estos (lavadora, centrifugadora, lavavajillas, etc.).

60 * En el sector de Máquina-Herramienta, para amortiguación de las vibraciones de la máquina y poder así mejorar la precisión de mecanizado y aumentar la velocidad de mecanización. Además también contribuirá a disminuir el ruido ambiental (contaminación acústica) del entorno de trabajo.

* En la industria de material opto-electrónico, como material para "empaquetamiento electrónico", a fin de absorber las vibraciones y proteger los circuitos y dispositivos.

65 * En el sector del transporte, para absorber las vibraciones y aumentar el confort del usuario, contribuyendo a un entorno "limpio de ruidos". Además en el caso del sector Aeronáutico, puede contribuir a una mejora de la vida a

fatiga de ciertos elementos estructurales, al disminuir la amplitud de las vibraciones a que se encuentren sometidos.
* En la industria de la construcción, para la fabricación de dispositivos "anti-seísmos", basados en la alta absorción de energía mecánica.

5 La solución contribuida por la presente invención al problema planteado es por lo tanto un nuevo concepto de material compuesto a base de partículas de polvo de aleación con memoria de forma (SMA) con base de cobre, como el elemento principal amortiguante con un porcentaje $\geq 40\%$, embebidas en una matriz metálica dúctil, de bajo punto de fusión.

10 El concepto en sí mismo es innovador, ya que en los materiales de composite tradicionales es la matriz la que actúa como elemento amortiguante y las partículas o fibras se añaden para aumentar el módulo.

El uso de polvos de SMA de base de cobre responde al hecho de que dichas aleaciones presentan un coeficiente de amortiguamiento superior a las SMA de base de Titanio-Níquel. Adicionalmente, a través del control de la composición de estas partículas de polvo, se puede ajustar la temperatura del máximo de amortiguamiento. La matriz metálica de bajo punto de fusión, además de dar soporte a las partículas, genera un efecto amplificador del amortiguamiento, nunca descrito hasta ahora.

20 Ejemplos de realización de la invención

Un ejemplo de realización de los materiales de composite que se han descrito es el siguiente:

Se han usado polvos de aleación de Cu-Al-Ni con una concentración en peso: 13,1 % de Al, 3,1 % de Ni, 83,8 % de Cu.

Los polvos se produjeron mediante pulverización por gas. Y se han usado polvos que se hicieron pasar a través de un tamiz de tamaños comprendidos entre 25 y 50 micrómetros.

Las temperaturas de transformación martensítica de los polvos atomizados, medidas mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC), son: $M_s=65^\circ\text{C}$, $M_f=27^\circ\text{C}$, $A_s=51^\circ\text{C}$, $A_f=95^\circ\text{C}$.

Las temperaturas de transformación de martensita de los polvos pulverizados, medidas por medio de calorimetría diferencial de barrido (DSC) son: $M_s=65^\circ\text{C}$, $M_f=27^\circ\text{C}$, $A_s=51^\circ\text{C}$, $A_f=95^\circ\text{C}$.

30 Como metal de matriz se empleó, en este caso, indio de pureza del 99,99 %.

Los polvos introducidos en un molde de teflón se desgasificaron a 130°C durante 6 horas en un vacío de 10 Pa (0,01 mbar).

35 La infiltración se realizó a 190°C , por medio de la aplicación de una presión de gas helio a 0,3 MPa (3 bares) sobre el fundido.

El material de composite contenía un 60 % en volumen de partículas de Cu-Al-Ni y un 40 % de indio.

40 El coeficiente de amortiguamiento $\text{tg}(\Phi)$ se ha medido en torsión con un equipo de espectroscopia mecánica que permite trabajar a diferentes frecuencias y en función de la temperatura, ya que como es bien sabido el coeficiente de amortiguamiento de un material depende de estos dos parámetros.

45 El material de composite presenta dos máximos de amortiguamiento a 65°C y a 100°C que corresponden a la transformación martensítica directa e inversa respectivamente. A continuación se indican los valores del coeficiente de amortiguamiento para diferentes frecuencias:

- 50 - a la frecuencia de 3 Hz, $\text{tg}(\Phi) > 0,01$ entre -100°C y $+125^\circ\text{C}$, con un máximo de $\text{tg}(\Phi) \geq 0,05$,
- a la frecuencia de 1 Hz, $\text{tg}(\Phi) > 0,01$ entre -100°C y $+125^\circ\text{C}$, con un máximo de $\text{tg}(\Phi) \geq 0,1$,
- a la frecuencia de 0,1 Hz, $\text{tg}(\Phi) > 0,035$ entre -100°C y $+125^\circ\text{C}$, con un máximo de $\text{tg}(\Phi) \geq 0,3$,
- a la frecuencia de 0,03 Hz, $\text{tg}(\Phi) > 0,05$ entre -100°C y $+125^\circ\text{C}$, con un máximo de $\text{tg}(\Phi) \geq 0,4$,
- a la frecuencia de 0,01 Hz, $\text{tg}(\Phi) > 0,09$ entre -100°C y $+125^\circ\text{C}$, con un máximo de $\text{tg}(\Phi) \geq 0,6$.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un material de composite de matriz metálica que comprende partículas de polvo de aleación con memoria de forma que tienen una base de cobre con una concentración de entre el 45 % y el 70 % en volumen respecto al volumen total del material, **caracterizado por que** dichas partículas de polvo están soportadas por una matriz metálica que comprende metales de punto de fusión inferior a 330 °C o aleaciones de dichos metales con un punto de solidificación inferior a 330 °C.
- 10 2. Un material de composite de matriz metálica de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la concentración de las partículas de polvo de aleación con memoria de forma que tienen una base de cobre está entre el 50 % y el 60 % en volumen respecto al volumen total del material de composite.
- 15 3. Un material de composite de matriz metálica de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde las partículas de polvo de aleación con memoria de forma que tienen una base de cobre se seleccionan de un grupo que consiste en entre Cu-Al-Ni, Cu-Zn-Al y Cu-Al-Mn.
- 20 4. Un material de composite de matriz metálica de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la matriz metálica comprende un metal seleccionado del grupo que consiste en In, Sn, Pb, Cd, Tl y sus aleaciones.
- 25 5. Un material de composite de matriz metálica de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las partículas de polvo de aleación con memoria de forma poseen todas la misma concentración de base de cobre.
- 30 6. Un material de composite de matriz metálica de acuerdo con la reivindicación 1, en donde un porcentaje de las partículas de polvo de aleación con memoria de forma tienen diferentes concentraciones de base de cobre.
- 35 7. Un material de composite de matriz metálica de acuerdo con la reivindicación 6, en donde dicho porcentaje de partículas de polvo de aleación con memoria de forma es inferior o igual al 15 % respecto al volumen total de material de composite.
- 40 8. Un material de composite de matriz metálica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** comprende además partículas de diferente composición seleccionadas de un grupo que consiste en partículas rígidas, metálicas y cerámicas.
- 45 9. Un material de composite de matriz metálica de acuerdo con la reivindicación 8, en donde dichas partículas de diferente composición son partículas de polvo seleccionadas de un grupo que consiste en renio, wolframio, molibdeno, carburo de silicio y carburo de boro.
- 50 10. Un material de composite de matriz metálica de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende:
- un 60 % en volumen de partículas de Cu-Al-Ni con respecto al volumen de material, con una concentración en peso del 13,1 % de Al, 3,1 % de Ni, 83,8 % de Cu,
 - un 40 % en volumen de una matriz de indio.
- 55 11. Un método de obtención de un material de composite definido en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** comprende:
- preparar las partículas de polvo de aleación con memoria de forma, e
 - infiltrar la matriz metálica.
- 60 12. Un método de obtención de un material de composite de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** comprende además ajustar un intervalo de temperatura del máximo de amortiguamiento del material de composite a través de las temperaturas de transformación martensítica directa o inversa de las partículas de polvo de aleación con memoria de forma, variando la composición de los elementos constituyentes de la aleación con memoria de forma.
- 65 13. Un método de obtención de un material de composite de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** comprende incluir en el material de composite partículas de diferentes concentraciones de base de cobre.
14. Un método de obtención de un material de composite de acuerdo con la reivindicación 13, en donde las partículas de diferente concentración de base de cobre se incluyen en el material de composite por medio de tratamiento térmico.
15. Un método de obtención de un material de composite de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que** comprende incluir partículas con un gradiente de concentración de base de cobre en el material de composite por medio de aleado mecánico.
16. Un método de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** comprende:

- preparar las partículas de polvo de aleación con memoria de forma que tienen una base de cobre,
- introducir dichas partículas en un molde,
- desgasificar al vacío a una temperatura e
- inyectar el metal fundido de la matriz por medio de infiltración al vacío.

- 5
17. Un método de acuerdo con la reivindicación 16, en donde la infiltración se lleva a cabo a una presión lograda por medio de centrifugación o por medio de la aplicación de una presión de gas sobre el material fundido.
- 10
18. Un método de acuerdo con la reivindicación 16, en donde la desgasificación al vacío se lleva a cabo a una temperatura de entre 120 °C y 300 °C.
19. Uso del material de composite definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, para la absorción de vibraciones.
- 15
20. Uso de acuerdo con la reivindicación 19 en donde las vibraciones se seleccionan de entre vibraciones acústicas y mecánicas.