

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 424 441**

51 Int. Cl.:

B22F 9/00 (2006.01)

C22C 33/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2008 E 08774962 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2013 EP 2176019**

54 Título: **Combinación de polvo a base de hierro y procedimiento para producirla**

30 Prioridad:

17.07.2007 DK 200701057
20.07.2007 US 935004 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.10.2013

73 Titular/es:

HÖGANÄS AB (PUBL) (100.0%)
Bruksgatan 35
263 83 Höganäs, SE

72 Inventor/es:

LARSSON, MATS

ES 2 424 441 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

Combinación de polvo a base de hierro y procedimiento para producirla

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a combinaciones metalúrgicas de polvo a base de hierro y a métodos para preparar componentes pulvimetalúrgicos sinterizados a partir de las mismas. La invención se refiere a la producción de componentes sinterizados incluyendo níquel y níquel junto con cobre usando estas combinaciones.

Antecedentes de la invención

Dentro del campo de la pulvimetalurgia, se han usado desde hace mucho cobre y níquel como elementos de aleación en la producción de componentes sinterizados de alta resistencia.

10 Pueden producirse componentes a base de hierro sinterizados mezclando elementos de aleación con polvos a base de hierro. Sin embargo, esto puede provocar problemas con polvo fino y segregación que pueden conducir a variaciones en el tamaño y las propiedades mecánicas del componente sinterizado. En cuanto al polvo de níquel usado en la pulvimetalurgia, la ausencia de "formación de polvo fino" es de la mayor importancia ya que el polvo fino de níquel es peligroso y crea un problema en el entorno de trabajo. Con el fin de evitar la segregación los elementos de aleación pueden alearse previamente o alearse por difusión con el polvo de hierro. En un método el polvo de hierro se alea por difusión con
15 cobre y níquel para la producción de componentes sinterizados a partir de composiciones de polvo a base de hierro que contienen níquel y cobre.

El documento WO 2006/083206 se refiere a una combinación pulvimetalúrgica que comprende un polvo A a base de hierro que consiste esencialmente en partículas de núcleo de hierro previamente aleado con Mo y que tiene el 6-15% en peso de cobre aleado por difusión a las partículas de núcleo, un polvo B a base de hierro que consiste esencialmente en partículas de hierro previamente aleado con Mo y que tiene el 4,5-8% en peso de Ni aleado por difusión a las partículas de núcleo, y un polvo C a base de hierro que consiste esencialmente en partículas de hierro previamente aleado con Mo. La invención de este documento no se refiere a polvos que no comprenden Mo o mezclas de polvo que contienen polvo de hierro puro.

25 La solicitud de patente británica GB 2 431 166 se refiere a la fabricación de un elemento resistente al desgaste compactando una mezcla de polvo que contiene un polvo formador de matriz y un polvo formador de fase dura. El polvo formador de matriz contiene el 90% en masa o más de partículas que tienen un diámetro máximo de 46 µm, y el polvo formador de fase dura es del 40 al 70% en masa con respecto a la mezcla de polvo; y se compacta el polvo de una mezcla de los dos polvos y se sinteriza. El polvo formador de fase dura puede consistir en el 20-60% en peso de Mo, el 3-12% en peso de Cr, el 1-12% en peso de Si y el resto de Co e impurezas inevitables. El polvo formador de matriz puede obtenerse usando uno de los polvos A-E (página 19-20). Ninguno de los polvos A-E comprende un hierro puro.

El documento US 2001/0028859 proporciona una composición de polvo a base de hierro para pulvimetalurgia que tiene excelente fluidez a temperatura ambiente y una temperatura de compactación caliente, que tiene una capacidad de compactación mejorada que permite reducir la fuerza de expulsión en la compactación. La composición de polvo a base
35 de hierro comprende un polvo a base de hierro, un lubricante y un polvo de aleación. Ninguna de las realizaciones ilustra el uso de polvo de hierro puro combinado con un polvo a base de hierro aleado por difusión.

Sin embargo, resulta obvio que, cuando se produce un componente a base de hierro sinterizado a partir de un polvo en el que cobre y níquel están aleados por difusión, el contenido de los elementos de aleación en el componente a base de hierro sinterizado será sustancialmente idéntico al contenido de elementos de aleación en el polvo aleado por difusión usado, y que con el fin de alcanzar diferentes contenidos de los elementos de aleación en el componente sinterizado proporcionando diferentes propiedades, tienen que usarse polvos a base de hierro que tienen diferentes contenidos de los elementos de aleación.

Un problema es, entre otras cosas, que se requiere un polvo específico para cada composición química deseada de un componente a base de hierro sinterizado que tiene elementos de aleación a partir, por ejemplo, de níquel, o níquel en combinación con cobre. Otro problema es garantizar las propiedades mecánicas apropiadas de un componente a base de hierro sinterizado de este tipo que tiene elementos de aleación a partir de níquel, o níquel en combinación con componente de cobre y en combinación con polvo de hierro puro.

Sumario de la invención

50 Un objeto de la presente invención es, entre otras cosas, solucionar el problema técnico mencionado anteriormente de la técnica anterior mediante el producto según la reivindicación 1 y mediante el método según la reivindicación 3.

Se ha encontrado sorprendentemente que el contenido de níquel unido por difusión al polvo de hierro, tanto cuando se usa polvo aleado por difusión que contiene níquel en combinación con polvo de hierro esencialmente puro, como tam-

bién cuando se usa polvo a base de hierro aleado con níquel en combinación con polvo de hierro que tiene cobre unido por difusión a la superficie y polvo de hierro puro, es de la mayor importancia para propiedades tales como:

- el cambio dimensional entre el componente compactado y sinterizado,

- 5 - propiedades mecánicas del componente sinterizado,
- compresibilidad del polvo que contiene níquel unido por difusión y
- el grado de unión de níquel al polvo de hierro.

Con el fin de obtener suficiente dureza, resistencia a la tracción y límite elástico y un cambio dimensional suficientemente bajo y estable para componentes que contienen hierro, níquel y carbono, en combinación con un alto grado de partículas de níquel unido, se ha encontrado que la cantidad de níquel unido por difusión a la superficie del polvo aleado por difusión que contiene níquel debe ser de entre el 4-6% en peso, preferiblemente el 4,5- 6% en peso.

La presente invención proporciona un método tal como se define en la reivindicación 3 para eliminar la necesidad de producir un polvo específico para cada composición química deseada del componente a base de hierro sinterizado que tiene elementos de aleación a partir de níquel, o níquel en combinación con cobre. La invención también ofrece la ventaja de proporcionar una combinación tal como se define en la reivindicación 1 de polvo de hierro, polvo de hierro aleado por difusión con cobre y polvo de hierro aleado por difusión con níquel, en la que se minimiza la segregación de elementos de aleación y por tanto la variación de propiedades mecánicas de componentes producidos a partir de dicha combinación.

En resumen, la invención se refiere a una combinación pulvimetalúrgica tal como se define en la reivindicación 1 de un polvo a base de hierro aleado con níquel mezclado con polvo de hierro puro. El polvo a base de hierro aleado con níquel está compuesto por partículas de núcleo de hierro, que se alean por difusión con níquel.

Adicionalmente, el polvo pulvimetalúrgico puede comprender además partículas de polvo de hierro puro aleadas por difusión adicionalmente con cobre.

La invención también se refiere al polvo a base de hierro que comprende partículas de núcleo de hierro, que se alean por difusión con níquel.

La invención también se refiere a un método tal como se define en la reivindicación 3 que comprende las etapas de combinar polvo de hierro puro con polvo de hierro que tiene níquel unido por difusión a la superficie del polvo de hierro o combinar polvo de hierro esencialmente puro con polvo de hierro que tiene níquel unido por difusión a la superficie del polvo de hierro y polvo de hierro que tiene cobre unido por difusión a la superficie del polvo de hierro, mezclar los polvos a base de hierro en cantidades predeterminadas, posiblemente mezclar la combinación con grafito y/u opcionalmente otros aditivos, compactar la mezcla y sinterizar los cuerpos en verde obtenidos para dar cuerpos sinterizados que tienen una variación despreciable de elementos de aleación y variación de propiedades mecánicas.

Descripción detallada de la invención

Específicamente la composición metalúrgica de polvo a base de hierro según la invención se define por la reivindicación 1.

En particular el polvo de hierro esencialmente puro no se alea previamente con ningún otro metal.

Opcionalmente, la combinación pulvimetalúrgica puede comprender un polvo a base de hierro, C, que consiste en partículas de núcleo de hierro que tienen cobre aleado por difusión a las partículas de núcleo.

Los polvos adecuados pueden ser Distaloy Cu y Distaloy ACu disponibles de Höganäs AB, Suecia, que tienen aproximadamente el 10% en peso de cobre aleado por difusión al polvo de hierro, o Distaloy MH, disponible de Höganäs AB, Suecia, que tiene aproximadamente el 25% en peso de cobre aleado por difusión al polvo de hierro.

Pueden estar presentes otros elementos en forma de impurezas, tales como níquel, cobre, cromo, silicio, fósforo y manganeso previamente aleados al polvo de base de polvo A, B y C.

Con el fin de producir un componente sinterizado a partir de la combinación de polvo según la presente invención, se determinan las cantidades respectivas de polvo A y B o polvo A, B y C y se mezclan con grafito en la cantidad requerida con el fin de obtener propiedades mecánicas suficientes, la mezcla obtenida puede mezclarse con otros aditivos antes de la compactación y sinterización. La cantidad de grafito que se mezcla en la combinación de polvo es de hasta el 1%, preferiblemente del 0,2-0,8%.

Otros aditivos pueden seleccionarse del grupo que consiste en lubricantes, aglutinantes, otros elementos de aleación, materiales de fase dura, agentes potenciadores de la maquinabilidad.

La relación entre polvo A, B y C se elige de modo que el contenido de cobre será del 0-4%, preferiblemente del 0,5-3% en peso y el contenido de níquel será del 0,5-6%, preferiblemente del 1-5% en peso del componente sinterizado.

5 Se mezclan los polvos con grafito para obtener el contenido de carbono deseado final. La combinación de polvo se compacta a una presión de compactación de entre 400-1000 MPa y el cuerpo en verde obtenido se sinteriza a 1100-1300°C durante 10-60 minutos en una atmósfera protectora. El cuerpo sinterizado puede someterse a tratamientos posteriores adicionales, tales como tratamiento térmico, densificación de superficie, mecanizado, etc.

10 Según la presente invención pueden producirse componentes sinterizados que contienen diversas cantidades de níquel o cobre y níquel. Esto se logra usando una combinación de dos (A y B) o tres (A y B y C) polvos diferentes, que se mezclan en diferentes proporciones para alcanzar un polvo que tiene la composición química requerida para el componente sinterizado real.

Ejemplo 1

Este ejemplo demuestra la influencia de diferentes contenidos de níquel unido por difusión a la superficie del polvo de hierro.

15 Se produjeron polvos a base de hierro que tenían diferente contenido de níquel unido por difusión a la superficie del polvo de hierro mezclando el 2%, el 4%, el 6%, el 10%, el 15% y el 20% en peso respectivamente, de polvo de Ni, INCO 123 de la empresa INCO Europe Ltd, R.U., según la tabla 1, con el polvo de hierro ASC100.29 de Höganäs AB, Suecia. Entonces se sometieron los polvos mezclados a un tratamiento de unión por difusión recociendo los polvos a 840°C durante 60 minutos en una atmósfera de amoníaco disociado (el 25% de hidrógeno, el 75% de nitrógeno). Se trituró adicionalmente el material obtenido y se tamizó y se obtuvieron polvos que tenían un tamaño de partícula inferior a 212
20 μ m.

Estructuras metalográficas y propiedades mecánicas

25 Se mezclaron adicionalmente los polvos producidos anteriormente con ASC100.29 (excepto por las muestras 2-2 y 4-4), grafito UF4 de Kropfmühl AG, Alemania y, como lubricante, cera de amida de Clariant, Alemania, proporcionando composiciones pulvimetalúrgicas que contenían el 2% o el 4% en peso de níquel, el 0,8% de grafito y el 0,8% de cera de amida, según la tabla 1. Por motivos de comparación, se produjeron composiciones pulvimetalúrgicas que tenían el 2% o el 4% en peso de polvo de níquel añadido, el 0,8% en peso de grafito y el 0,8% en peso de cera de amida (muestras 2-0 y 4-0).

30 Se prensaron las composiciones a 600 MPa para obtener muestras de ensayo de tracción según la norma ISO 2740, se sinterizaron adicionalmente las muestras a 1120°C durante 30 minutos en una atmósfera del 90% de nitrógeno/el 10% de hidrógeno.

Tabla 1

N.º de muestra	Contenido de Ni en la combinación de polvo [% en peso]	Contenido de Ni en el polvo A [% en peso]	Grafito [% en peso]	Cera de amida [% en peso]
2-0	2	-	0,8	0,8
2-2	2	2	0,8	0,8
2-4*	2	4	0,8	0,8
2-6*	2	6	0,8	0,8
2-10	2	10	0,8	0,8
2-15	2	15	0,8	0,8
2-20	2	20	0,8	0,8
4-0	4	-	0,8	0,8
4-4*	4	4	0,8	0,8
4-6*	4	6	0,8	0,8
4-10	4	10	0,8	0,8
4-15	4	15	0,8	0,8

ES 2 424 441 T3

4-20	4	20	0,8	0,8
------	---	----	-----	-----

(*) Combinación de polvo según la invención

Se sometieron a prueba las muestras sinterizadas obtenidas con respecto a la resistencia a la tracción y al límite elástico según la norma EN 10002-1, la dureza según la norma ISO 4498, el cambio dimensional según la norma ISO 4492.

- 5 Se realizaron exámenes metalográficos mediante microscopía óptica. La tabla 2 muestra el resultado del examen metalográfico y la tabla 3 muestra el resultado de los ensayos mecánicos.

Tabla 2

N.º de muestra	Examen metalográfico
2-0	Distribución irregular de níquel, zonas grandes de perlita gruesa
2-2	Distribución uniforme de níquel, zonas de perlita más pequeña y más fina
2-4*	Distribución uniforme de níquel, zonas de perlita tanto más fina como más gruesa.
2-6*	Distribución irregular de níquel, zonas de perlita tanto más fina como más gruesa.
2-10	Distribución irregular de níquel, zonas grandes de perlita gruesa.
2-15	La matriz contiene perlita gruesa y zonas austeníticas grandes debido a un contenido de níquel localmente alto.
2-20	La matriz contiene perlita gruesa y zonas austeníticas grandes debido a un contenido de níquel localmente alto.
4-0	Distribución irregular de níquel, zonas grandes de austenita y perlita gruesa
4-4*	Distribución uniforme de níquel, zonas de perlita más pequeña y más fina
4-6*	Distribución irregular de níquel, zonas de perlita tanto más fina como más gruesa.
4-10	Distribución irregular de níquel, zonas grandes de perlita gruesa.
4-15	La matriz contiene perlita gruesa y zonas austeníticas grandes debido a un contenido de níquel localmente alto.
4-20	La matriz contiene perlita gruesa y zonas austeníticas grandes debido a un contenido de níquel localmente alto.

(*) Combinación de polvo según la invención

- 10 El resultado presentado en la tabla 2 muestra que cuando se añade polvo de níquel al polvo de hierro la distribución de níquel en la matriz es irregular y se obtienen estructuras metalográficas menos deseables, estas estructuras indeseables comprenden por ejemplo zonas grandes de perlita gruesa o zonas grandes de austenita y perlita gruesa (muestras 2-0 y 4-0). Por otro lado, cuando se une por difusión (alea por difusión) el 10% o más en peso de níquel al polvo de hierro las muestras también contienen estructuras metalográficas menos deseables tales como zonas grandes de perlita gruesa, zonas de austenita grandes y perlita gruesa en combinación con zonas de austenita grandes. Tales estructuras tienen una influencia negativa sobre las propiedades mecánicas, especialmente la resistencia a la fatiga. Cuando se une por difusión el 6% de níquel al polvo de hierro se obtiene una estructura metalográfica que contiene zonas de perlita tanto más fina como más gruesa, aunque la distribución de níquel es irregular, tales estructuras son aceptables con respecto a las propiedades mecánicas.

20 Tabla 3

N.º de muestra	Resistencia a la tracción [MPa]	Límite elástico [MPa]	Cambio dimensional [%]	Dureza [HV10]
2-0	477	285	-0,18	143

2-2	463	283	-0,09	156
2-4*	465	275	-0,10	152
2-6*	463	272	-0,10	151
2-10	460	258	-0,10	151
2-15	457	262	-0,09	153
2-20	450	260	-0,09	154
4-0	538	320	-0,34	181
4-4*	520	319	-0,20	178
4-6*	519	308	-0,21	177
4-10	507	288	-0,20	177
4-15	494	285	-0,18	178
4-20	493	282	-0,17	165

(*) Combinación de polvo según la invención

5 La tabla 3 muestra que cuando se añade polvo de níquel al polvo de hierro el cambio dimensional es sustancialmente superior en comparación con cuando se une por difusión níquel al polvo de hierro. Además, la resistencia a la tracción y el límite elástico se ven negativamente afectados por un aumento de la cantidad de níquel, unido por difusión al polvo de hierro, que al 6% en peso de la unión por difusión es aceptable pero al 10% puede considerarse como no aceptable.

Determinación de la compresibilidad

10 Se sometieron adicionalmente a prueba con respecto a la compresibilidad los polvos unidos por difusión obtenidos que tenían el 2%, el 4%, el 6%, el 10%, el 15% y el 20% en peso de níquel unido por difusión a la superficie del polvo de hierro. Se compactaron las muestras a 600 MPa para obtener muestras de ensayo de densidad en verde según la norma ISO 3927 con una matriz de herramienta lubricada. La tabla 4 muestra el resultado de las mediciones de densidad en verde.

Tabla 4

Contenido de Ni en el polvo A [% en peso]	Densidad en verde [g/cm ³]
2	7,15
4*	7,13
6*	7,12
10	7,09
15	7,07
20	7,05

15 (*) Combinación de polvo según la invención

El resultado de la tabla 4 indica que cuando se une por difusión el 10% o más de polvo de níquel al polvo de hierro se obtiene una influencia negativa inaceptable sobre la compresibilidad.

Determinación del grado de unión

20 Se determinó la cantidad de partículas inferiores a 8,8 µm y a 18 µm respectivamente mediante un método de difracción láser, instrumento Sympatec, según la norma ISO 13320-1, para los polvos unidos por difusión que tenían el 2%, el 4%, el 6%, el 10%, el 15% y el 20% en peso de níquel unido por difusión a la superficie del polvo de hierro. La tabla 5 muestra el resultado de mediciones del grado de unión.

Tabla 5

Contenido de Ni en el polvo A [% en peso]	Cantidad inferior a 8,8 µm [% en peso]	Cantidad inferior a 18 µm [% en peso]	Cantidad estimada de polvo de Ni inferior a 18 µm [% en peso de polvo de Ni total]
2	0	0,6	0
4*	0	0,6	0
6*	0	1,0	7
10	0,1	1,4	10
15	0,3	2,2	13
20	0,3	2,8	11

(*) Combinación de polvo según la invención

5 Dado que sustancialmente todas las partículas del polvo de hierro, usadas para la producción del polvo unido por difusión, son superiores a 8,8 µm y sólo aproximadamente el 0,6% en peso de las partículas del polvo de hierro son inferiores a 18 µm, la cantidad de partículas inferiores a 8,8 µm, y la cantidad de partículas por encima del 0,6% en peso de partículas inferiores a 18 µm son partículas sustancialmente de níquel, puede estimarse la cantidad de polvo de níquel no unido. La tabla 5 muestra que cuando sustancialmente más del 6% de polvo de níquel, en peso del polvo unido por difusión resultante, aproximadamente más del 10% del polvo de níquel estará presente como níquel no unido y también presente como polvo fino respirable, por debajo de 10 µm.

10 Ejemplo 2

Este ejemplo muestra la influencia de la cantidad de polvo de níquel unido por difusión a la superficie del polvo de hierro sobre las propiedades mecánicas de componentes sinterizados, cuando se combinan los polvos que contienen níquel unido por difusión con polvo de hierro que contiene cobre unido por difusión y grafito.

15 Se produjeron polvos a base de hierro que tenían diferentes contenidos de níquel, el 5%, el 6%, el 10%, el 15% y el 20% en peso respectivamente, de polvo de níquel unido por difusión a la superficie del polvo de hierro, según el ejemplo 1.

20 Se mezclaron adicionalmente los polvos unidos por difusión que contenían níquel obtenidos con un polvo de hierro unido por difusión que contenía cobre, Distaloy ACu, disponible de Höganäs AB, Suecia, y que tenía el 10% de cobre unido por difusión a un polvo de hierro de núcleo, grafito, y el 0,8% de cera de amida tal como se describió en el ejemplo 1. La tabla 6 muestra las composiciones obtenidas. Se produjeron muestras y se sometieron a prueba según el ejemplo 1, y la siguiente tabla 7 muestra los resultados.

Tabla 6

N.º de muestra	Contenido de Ni en la combinación de polvo [% en peso]	Contenido de Ni en el polvo A [% en peso]	Contenido de Cu en la combinación de polvo [% en peso]	Contenido de grafito en la combinación de polvo [% en peso]
1Cu08C-4-5*	4	5	1	0,8
1Cu08C-4-6*	4	6	1	0,8
1Cu08C-4-10	4	10	1	0,8
1Cu08C-4-15	4	15	1	0,8
1Cu08C-4-20	4	20	1	0,8
2Cu05C-4-5*	4	5	2	0,5
2Cu05C-4-6*	4	6	2	0,5
2Cu05C-4-10	4	10	2	0,5

ES 2 424 441 T3

2Cu05C-4-15	4	15	2	0,5
2Cu05C-4-20	4	20	2	0,5

(*) Combinación de polvo según la invención

Tabla 7

N.º de muestra	Resistencia a la tracción [MPa]	Límite elástico [MPa]	Dureza [HV10]
1Cu08C-4-5*	580	365	201
1Cu08C-4-6*	569	357	191
1Cu08C-4-10	562	349	193
1Cu08C-4-15	558	337	188
1Cu08C-4-20	538	330	177
2Cu05C-4-5*	587	354	185
2Cu05C-4-6*	581	356	176
2Cu05C-4-10	563	337	162
2Cu05C-4-15	544	329	164
2Cu05C-4-20	532	317	158

(*) Combinación de polvo según la invención

- 5 Los resultados presentados en la tabla 7 muestran que se obtienen resistencia a la tracción, límite elástico y dureza superiores cuando se añade cobre y que las propiedades mecánicas se ven negativamente afectadas por un aumento de la cantidad de níquel, unido por difusión al polvo de hierro, que al 6% en peso de la unión por difusión es aceptable pero al 10% puede considerarse como no aceptable.

REIVINDICACIONES

1. Combinación pulvimetalúrgica que consiste en:
 - un polvo A a base de hierro que consiste en partículas de núcleo de hierro e impurezas inevitables mediante lo cual el 4-6% en peso de polvo A es níquel que se alea por difusión a las partículas de núcleo y
 - un polvo B que consiste en partículas de hierro puro e impurezas inevitables, y
- 5 - opcionalmente un polvo C a base de hierro que consiste en partículas de núcleo de hierro que tienen cobre aleado por difusión a las partículas de núcleo e impurezas inevitables mediante lo cual el 5-30% en peso de polvo C es cobre que se alea por difusión a las partículas de núcleo, y
 - opcionalmente grafito, hasta el 1% en peso, normalmente entre el 0,2-0,8% en peso, y
- 10 - opcionalmente aditivos seleccionados del grupo que consiste en lubricantes, aglutinantes, materiales de fase dura y agentes potenciadores de la maquinabilidad

el contenido de níquel en la combinación pulvimetalúrgica es del 1-5% en peso y el contenido de cobre en la combinación pulvimetalúrgica es del 0-4% en peso.
2. Combinación pulvimetalúrgica según la reivindicación 1, en la que la cantidad de cobre en la combinación pulvimetalúrgica es del $0,5\% < \text{cobre} \leq 3\%$ en peso.
- 15 3. Combinación pulvimetalúrgica según la reivindicación 1 ó 2, en la que la combinación pulvimetalúrgica comprende grafito, hasta el 1% en peso, normalmente entre el 0,2-0,8% en peso.
4. Combinación pulvimetalúrgica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende aditivos seleccionados del grupo que consiste en lubricantes, aglutinantes, materiales de fase dura, agentes potenciadores de la maquinabilidad.
- 20 5. Método de preparación de una combinación pulvimetalúrgica según la reivindicación 1, comprendiendo el método las etapas de
 - mezclar un polvo A a base de hierro que consiste en partículas de núcleo de hierro e impurezas inevitables mediante lo cual el 4-6% en peso de polvo A es níquel que se alea por difusión a las partículas de núcleo y
 - mezclar un polvo B que consiste en partículas de hierro puro e impurezas inevitables, y
- 25 - opcionalmente mezclar un polvo C a base de hierro que consiste en partículas de núcleo de hierro que tienen cobre aleado por difusión a las partículas de núcleo e impurezas inevitables mediante lo cual el 5-30% en peso de polvo C es cobre que se alea por difusión a las partículas de núcleo,

de tal manera que el contenido de níquel en la combinación pulvimetalúrgica es del 1-5% en peso y el contenido de cobre en la combinación pulvimetalúrgica es del 0-4% en peso.
- 30 6. Método según la reivindicación 5, en el que la cantidad de cobre en la combinación pulvimetalúrgica está dentro del intervalo del 0,5-3% en peso.
7. Método según la reivindicación 5 ó 6, comprendiendo el método además mezclar grafito con la combinación pulvimetalúrgica.
- 35 8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, comprendiendo el método además mezclar aditivos seleccionados del grupo que consiste en lubricantes, aglutinantes, otros elementos de aleación, materiales de fase dura, agentes potenciadores de la maquinabilidad, con la combinación pulvimetalúrgica.
9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, comprendiendo el método además compactar la combinación pulvimetalúrgica para formar un cuerpo compactado.
10. Método según la reivindicación 9, comprendiendo el método además sinterizar dicho cuerpo compactado.