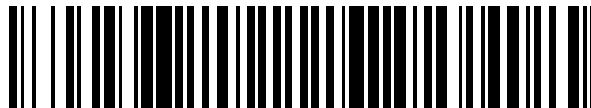


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 005**

51 Int. Cl.:

B22F 9/08 (2006.01)

C22C 33/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.05.2011 PCT/US2011/036774**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.11.2011 WO11146454**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.05.2011 E 11721942 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 2571649**

54 Título: **Composiciones para un mejor control dimensional en aplicaciones de metalurgia de polvo ferroso**

30 Prioridad:

19.05.2010 US 346259 P

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

13.02.2017

73 Titular/es:

**HOEGANAES CORPORATION (100.0%)
1001 Taylors Lane
Cinnaminson, New Jersey 08077, US**

72 Inventor/es:

LINDSLEY, BRUCE

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 601 005 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

Composiciones para un mejor control dimensional en aplicaciones de metalurgia de polvo ferroso

5 Campo técnico

[0001] La presente invención se refiere a composiciones de metalurgia de polvos ferrosos que comprenden cobre elemental y aleaciones previas de hierro y cobre, que permiten la sinterización con una mejor precisión dimensional.

10

Antecedentes

[0002] En la metalurgia de polvos (MP) a menudo se añade polvo de cobre elemental a polvos de hierro, junto con polvo de grafito, para mejorar de forma rentable las propiedades mecánicas de los materiales compactos de MP de acero sinterizado. Normalmente, se añade aproximadamente del 1,5 a aproximadamente el 2,5 % en peso de cobre a la mezcla para lograr estos beneficios mecánicos.

15

[0003] A pesar de las ventajas del cobre, tiende a causar un crecimiento tridimensional no deseable en el compactado sinterizado. La variación de tamaño entre piezas compactadas da lugar a residuos y el aumento de los costes. El grado de esta distorsión depende de la cantidad de cobre elemental en la composición y el nivel de segregación de cobre en la mezcla de MP. Del mismo modo, la adición de grafito, aunque añade resistencia a la pieza compactada, también suele tener un efecto significativo sobre las propiedades dimensionales de la pieza aglomerada sinterizada. Dada la variabilidad dimensional a la que son susceptibles las aleaciones de hierro y cobre-grafito, con el uso de una mezcla de ese tipo es difícil producir piezas sinterizadas que tengan un alto grado de precisión dimensional.

20

25

[0004] La Figura 1 representa el cambio dimensional de las aleaciones a base de hierro que incluyen del 0 a aproximadamente el 2 % en peso de cobre, en base al peso de la aleación, y del 0,6 a aproximadamente el 1 % en peso de grafito, en base al peso de la aleación. Como se puede entender a partir de la FIG. 1, las aleaciones a base de hierro que comprenden aproximadamente el 1 % en peso de cobre mantienen un buen control dimensional con respecto a variaciones en el contenido de grafito. Desafortunadamente, las aleaciones que comprenden el 1 % en peso de cobre no son suficientes para la mayoría de las aplicaciones con MP y no se utilizan de forma generalizada. Más bien, en la industria de forma generalizada se utilizan aleaciones que incluyen de aproximadamente el 1,5 a aproximadamente el 2,5 % en peso, preferentemente el 2 % en peso de cobre. Desafortunadamente, como se puede ver a partir de la FIG. 1, las aleaciones que comprenden aproximadamente del 1,5 a aproximadamente el 2 % en peso de cobre no tienen un buen control dimensional con respecto a variaciones en el contenido de grafito.

30

35

[0005] Como tales, son necesarios materiales de MP que incluyan cobre y grafito, mientras reducen al mínimo los cambios dimensionales.

40

[0006] El documento WO 2004/038054 desvela un método para controlar el cambio dimensional a un valor predeterminado incluyendo las etapas de proporcionar un primer polvo (A) que consiste en un polvo a base de hierro (1) y cobre en forma de cobre elemental (2), o cobre unido por difusión a dicho polvo a base de hierro (3); proporcionar un segundo polvo (B) que consiste en dicho polvo a base de hierro (1) y un polvo de hierro y cobre prealeado (4); mezclar dichas primera y segunda mezclas de polvo (A) y (B) en proporciones que resultan en el cambio dimensional deseado añadiendo grafito y lubricante y opcionalmente materiales de fase dura y otros elementos de aleación a la mezcla obtenida; compactar la mezcla obtenida; y sinterizar el cuerpo compactado.

45

Resumen

50

[0007] La presente invención se refiere a composiciones metalúrgicas en polvo que comprenden al menos el 30 por ciento en peso, en base al peso total de la composición, de un polvo metalúrgico a base de hierro que es, al menos, el 80 en peso de hierro; una aleación previa de hierro y cobre, en la que la cantidad de cobre en la aleación previa de hierro y cobre se encuentra entre el 1 y el 10 por ciento en peso, en base al peso de la aleación previa de hierro y cobre; del 0,5 al 2 por ciento en peso de polvo de cobre elemental en base al peso de la composición; y del 0,1 al 2 por ciento en peso de grafito.

55

Breve descripción de los dibujos

[0008]

La FIG. 1 representa el efecto del contenido de cobre elemental y de grafito en los cambios dimensionales de aleaciones de Fe-Cu-C.

5 La FIG. 2 representa el cambio dimensional observado con un contenido variable de grafito para tres mezclas diferentes de hierro y cobre (1,8 % en peso)-grafito.

La FIG. 3 representa el cambio dimensional observado con un contenido variable de grafito para tres mezclas diferentes de hierro y cobre (2 % en peso)-grafito.

10 La FIG. 4 representa la presión de compactación frente a la densidad de sinterización de los polvos 7A, 8A y 9A.

Descripción detallada de las realizaciones ilustrativas

15 **[0009]** Hasta ahora se ha descubierto que las composiciones de MP que comprenden polvo de cobre, preferentemente polvo de cobre elemental, y una aleación previa de hierro y cobre como fuentes de cobre en la composición MP, presentan un buen control dimensional. Por otra parte, se mantiene un buen control dimensional con un contenido variable de grafito en la composición.

20 **[0010]** La presente invención se refiere a composiciones metalúrgicas en polvo que comprenden al menos el 30 por ciento en peso, en base al peso total de la composición, de un polvo metalúrgico a base de hierro que es, al menos, el 80 por ciento en peso de hierro; una aleación previa de hierro y cobre, en la que la cantidad de cobre en la aleación previa de hierro y cobre se encuentra entre el 1 y el 10 por ciento en peso (% en peso), en base al peso de la aleación previa de hierro y cobre; del 0,5 al 2,0 por ciento en peso de polvo de cobre elemental en base al peso de la composición; y del 0,1 al 2 por ciento en peso de grafito.

25 **[0011]** También están dentro del alcance de la invención polvos de hierro que tienen al menos el 85 % en peso, el 90 % en peso, el 95 % en peso de hierro y el 99 % en peso de hierro, en peso del polvo metalúrgico a base de hierro.

30 **[0012]** Polvos de hierro esencialmente puro que se pueden usar en la invención son polvos de hierro que contienen no más de aproximadamente el 1,0 % en peso, preferentemente no más de aproximadamente el 0,5 % en peso, de impurezas normales. Ejemplos de dichos polvos de hierro de calidad metalúrgica altamente compresibles son la serie ANCORSTEEL 1000 de polvos de hierro puro, por ejemplo, 1000, 1000B y 1000C, disponibles en Hoeganaes Corporation, Riverton, Nueva Jersey. Por ejemplo, el polvo de hierro ANCORSTEEL 1000, tiene un perfil
35 de tamiz típico de aproximadamente el 22 % en peso de las partículas por debajo de un tamiz del n.º 325 (series EE.UU.) y aproximadamente el 10 % en peso de partículas mayores que un tamiz del n.º 100, con el resto entre estos dos tamaños (cantidades traza mayores que el tamiz del n.º 60). El polvo ANCORSTEEL 1000 tiene una densidad aparente de aproximadamente el 2,85 a 3,00 g/cm³, normalmente de 2,94 g/cm³. Otros polvos de hierro que se utilizan en la invención son polvos de esponja de hierro típicos, tales como polvo ANCOR MH-100 y
40 ANCORSTEEL AMH de Hoeganaes, que es un polvo de hierro de baja densidad aparente atomizado. Se prefiere que los polvos de hierro para su uso en la invención no incluyan nada de cobre; sin embargo, puede haber presente algo de cobre. Por ejemplo, los polvos de hierro usados en la invención pueden incluir hasta aproximadamente el 0,25 por ciento en peso de cobre, en base al peso del polvo de hierro. Algunos polvos de hierro pueden incluir hasta el 0,1 por ciento en peso de cobre, en base al peso del polvo de hierro. La cantidad traza de cobre que puede estar
45 presente en el polvo a base de hierro no se considera, dentro del alcance de la invención, que sea una fuente de "aleación previa de hierro y cobre" o "polvo de cobre", tal como se utilizan estos términos en el presente documento.

[0013] Un ejemplo adicional de polvos a base de hierro para su uso en la invención son polvos a base de hierro unido por difusión que son partículas de hierro esencialmente puro que tienen una capa o revestimiento de
50 uno o más de otros elementos o metales de aleación, tales como elementos productores de acero, difundidos en sus superficies exteriores. Un proceso típico para la fabricación de dichos polvos es atomizar una masa fundida de hierro y luego combinar este polvo atomizado con los polvos de aleación y recocer esta mezcla en polvo en un horno. Dichos polvos disponibles en el mercado incluyen el polvo unido por difusión DISTALOY 4600A de Hoeganaes Corporation, que contiene aproximadamente el 1,8 % de níquel, aproximadamente el 0,55 % de molibdeno, y
55 aproximadamente el 1,6 % de cobre, y el polvo unido por difusión DISTALOY 4800A de Hoeganaes Corporation, que contiene aproximadamente el 4,05 % de níquel, aproximadamente el 0,55 % de molibdeno, y aproximadamente el 1,6 % de cobre. En esas realizaciones que emplean un polvo a base de hierro unido por difusión que incluye cobre, dentro del alcance de la invención está que al menos una porción del cobre presente en el polvo de hierro unido por difusión se considere que es una fuente de "polvo de cobre", tal como se utiliza ese término en el presente

documento.

- [0014]** Las partículas del polvo metalúrgico a base de hierro pueden tener un diámetro promedio de partículas de tan solo 5 µm o hasta aproximadamente 850 a 1000 µm, pero generalmente las partículas tendrán un diámetro promedio en el intervalo de aproximadamente 10 a 500 µm o de aproximadamente 5 a aproximadamente 400 µm, o de aproximadamente 5 a aproximadamente 200 µm. La medición del diámetro promedio de partícula se puede realizar utilizando técnicas de difracción láser conocidas en la materia.
- [0015]** En formas de realización preferidas de la invención, la combinación de aleación previa de hierro y cobre y polvo de cobre se traducirá en una composición metalúrgica en polvo que incluye preferentemente del 1,5 al 2,5 % en peso de cobre, en base al peso de la composición. En otras realizaciones, la combinación de aleación previa de hierro y cobre y polvo de cobre se traducirá en una composición metalúrgica en polvo, que incluye del 1 al 2,0 % en peso de cobre, preferentemente el 1 % en peso de cobre, en base al peso de la composición. En otras realizaciones más, la combinación de aleación previa de hierro y cobre y polvo de cobre se traducirá en una composición metalúrgica en polvo que incluye del 1,5 al 2,0 % en peso de cobre, en base al peso de la composición. Se prefiere que la combinación de aleación previa de hierro y cobre y polvo de cobre se traduzca en una composición metalúrgica en polvo, que incluye del 2 al 2,5 % en peso de cobre, en base al peso de la composición.
- [0016]** Como se usa en este documento, una "aleación previa de hierro y cobre" es una composición preparada mediante la aleación de cobre con hierro en estado fundido, en la que la aleación fundida se transforma entonces en polvo, por ejemplo por atomización de agua y recocido para producir un polvo.
- [0017]** Las aleaciones previas de la invención incluirán del 1 al 10 % en peso de cobre, en base al peso de la aleación previa. En otras realizaciones más, las aleaciones previas de la invención incluirán del 1 al 8 % en peso de cobre, en base al peso de la aleación previa. En todavía otras realizaciones, las aleaciones previas de la invención incluirán aproximadamente del 1 a aproximadamente el 5 % en peso de cobre, en base al peso de la aleación previa.
- [0018]** Es preferible que la aleación previa de hierro y cobre tenga una distribución de tamaño de partícula similar al polvo de hierro. Por ejemplo, si las partículas del polvo metalúrgico a base de hierro tienen un diámetro promedio de partícula de 5 a 200 µm, las partículas de la aleación previa de hierro y cobre también tendrán un diámetro promedio de partícula de 5 a 200 µm. La medición del diámetro promedio de la partícula se puede realizar utilizando técnicas de difracción láser conocidas en la materia.
- [0019]** Como se usa en este documento, "polvo de cobre" se refiere a polvo de cobre elemental que es conocido en la materia y está disponible de fuentes comerciales. El polvo de cobre de la invención se mezcla en las composiciones metalúrgicas en polvo de la invención y no se pretende que abarque cualquier cobre que pueda estar presente inherentemente en los polvos a base de hierro usados en la invención. Los polvos de cobre usados en la invención son polvos de cobre esencialmente puros que comprenden al menos el 99 % de cobre, en peso de polvo de cobre.
- [0020]** Las composiciones metalúrgicas en polvo comprenden del 0,5 al 2,0 % en peso de polvo de cobre, en base al peso de la composición. En otras realizaciones, las composiciones metalúrgicas en polvo de la invención comprenden del 0,5 al 1,5 % en peso de polvo de cobre, en base al peso de la composición. En todavía otras formas de realización, las composiciones metalúrgicas en polvo de la invención comprenden del 0,5 al 1 % en peso de polvo de cobre, en base al peso de la composición. Particularmente, las realizaciones preferidas comprenderán aproximadamente el 1 % en peso de polvo de cobre, en base al peso de la composición.
- [0021]** Los polvos de cobre preferidos de la invención tendrán un diámetro promedio de partícula de menos de aproximadamente 200 µm. También se prefieren polvos de cobre que tienen un diámetro promedio de partícula de menos de aproximadamente 20 µm. Los más preferidos son aquellos polvos de cobre que tienen un diámetro promedio de partícula de menos de aproximadamente 100 µm. La medición del diámetro promedio de partícula se puede realizar utilizando técnicas de difracción láser conocidas en la materia.
- [0022]** Será fácilmente evidente para el experto en la materia que una vez que se determina que hay presente una cantidad objetivo de cobre total en la composición metalúrgica en polvo, dentro del alcance de la invención está cualquier combinación de polvo de cobre y aleación previa de hierro y cobre que logre esa cantidad objetivo de cobre total.

[0023] Composiciones metalúrgicas en polvo de la invención también incluyen grafito (es decir, carbono), en una cantidad de hasta aproximadamente el 2 % en peso de grafito, en base al peso de la composición metalúrgica en polvo. Las composiciones preferidas incluyen grafito en una cantidad de hasta aproximadamente el 1,5 % en peso de grafito, en base al peso de la composición metalúrgica en polvo. Otras composiciones dentro del alcance de la invención incluirán grafito en una cantidad de hasta aproximadamente el 1 % en peso de grafito, en base al peso de la composición metalúrgica en polvo. Aún otras composiciones dentro del alcance de la invención incluirán grafito en una cantidad de hasta aproximadamente el 0,5 % en peso de grafito, en base al peso de la composición metalúrgica en polvo. Las composiciones típicas dentro del alcance de la invención comprenderán de aproximadamente el 0,1 % a aproximadamente el 1 % en peso de grafito, en base al peso de la composición metalúrgica en polvo.

[0024] La lubricación previa de la pared de la matriz y/o la mezcla de lubricantes en el polvo metalúrgico facilita la expulsión de piezas compactadas de una matriz y también facilita el proceso de re-empaquetado al lubricar las partículas del polvo. Los lubricantes preferidos adecuados para su uso en MP son bien conocidos por los expertos en la materia e incluyen, por ejemplo, etilen-bis-estearamida (EBS) (por ejemplo, ACRAWAX C, Lonza, Chagrin Falls, Ohio), y estearato de zinc. Los ejemplos de lubricantes que se pueden utilizar en la invención incluyen otros compuestos de estearato, tales como estearatos de litio, manganeso, y calcio, otras ceras tales como cera de polietileno, y poliolefinas, y mezclas de estos tipos de lubricantes. Otros lubricantes incluyen los que contienen un compuesto de poliéter como se describe en la patente de Estados Unidos 5.498.276 de Luk, y los que son útiles a temperaturas de compactación más altas descritas en la patente de Estados Unidos n.º 5.368.630 de Luk, además de los descritos en la patente de Estados Unidos n.º 5.330.792 de Johnson et al., cada una de las cuales se incorpora en su totalidad en este documento por referencia.

[0025] En las composiciones de la invención también se pueden incluir aglutinantes, incluyendo, por ejemplo, óxido de polietileno (por ejemplo, ANCORBOND II, Hoeganaes Corp, Riverton, NJ) y polietilenglicol, por ejemplo, polietilenglicol que tiene una masa molar media de aproximadamente 3000 a aproximadamente 35.000 g/mol. Otros aglutinantes adecuados para su uso en aplicaciones metalúrgicas en polvo son conocidos en la materia.

[0026] Las piezas compactadas y sinterizadas se pueden preparar a partir de las composiciones descritas en este documento utilizando técnicas convencionales conocidas en la materia. Por ejemplo, las composiciones de la invención se pueden compactar en un molde. Las presiones de compactación típicas son de al menos aproximadamente 25 tsi y pueden ser de hasta aproximadamente 200 tsi, siendo más habitual utilizar aproximadamente 40-60 tsi. El compacto de prensado resultante se puede sinterizar a aproximadamente 2050 °F (1120 °C). En las técnicas de compactación de doble prensa, después de una compactación inicial, el compacto de prensado resultante se recuece de aproximadamente 1355 °F (735 °C) a aproximadamente 1670 °F (910 °C), seguido de una segunda compactación. Después de la segunda compactación, el compacto se sinteriza. El recocido y la sinterización se pueden llevar a cabo en atmósferas convencionales, por ejemplo, atmósferas de nitrógeno-hidrógeno.

[0027] La invención se describe adicionalmente por referencia a los siguientes ejemplos. Estos ejemplos pretenden ser ilustrativos, y no se pretende que sean limitantes de la invención.

EJEMPLOS

45 *Materiales*

[0028] Se usó ANCORSTEEL 1000B, 1000BMn, y 1000C (Hoeganaes Corp, Riverton, NJ) en los Ejemplos 1, 2 y 3, respectivamente. Se adquirió polvo de cobre ACUPOWDER 8081 de Acupolvo Int'l, LLC, Union, Nueva Jersey. Se adquirió polvo de grafito de Asbury Carbons, Asbury, NJ.

50 *Ejemplo 1 (comparación)*

[0029] En este ejemplo, se prepararon composiciones de polvo a base de hierro que comprenden de aproximadamente el 2 % en peso de cobre a aproximadamente el 0,7 % de grafito, en peso de la composición de polvo. El polvo 1 incorpora el cobre a través de una aleación por difusión de hierro y cobre. Como se usa en este documento, una "aleación por difusión" de hierro y cobre es una aleación fabricada uniendo metalúrgicamente cobre en el exterior de las partículas de hierro. Normalmente, dichas aleaciones por difusión incluirán aproximadamente del 10 % a aproximadamente el 20 % en peso de cobre, en base al peso de la aleación. El polvo 2 incorpora el cobre a través de una aleación previa de hierro y cobre. También se preparó como control un tercer polvo que comprende

hierro y grafito, sin cobre. Las tres mezclas de polvos se compactaron a una densidad de prensado de 6,9 g/cm³ y se sinterizaron a 1120 °C en atmósfera de hidrógeno al 90 %-nitrógeno al 10 %. Las propiedades de sinterización de estos tres polvos se exponen en la Tabla 1.

5 Polvo 1: pre-mezcla de hierro, 10 % de adición de la aleación por difusión de hierro y cobre (20 % en peso de cobre, en base al peso de la aleación por difusión), 0,7 % de grafito, 0,75 % de lubricante EBS. Composición final: hierro, aproximadamente el 2 % de cobre, aproximadamente el 0,7 % de grafito.

Polvo 2: pre-mezcla de hierro, 10 % de adición de aleación previa de hierro y cobre (20 % en peso de cobre, en base al peso de la aleación previa), 0,7 % de grafito, 0,75 % de lubricante EBS. Composición final: hierro, aproximadamente el 2 % de cobre, aproximadamente el 0,7 % de grafito.

10 Polvo 3: pre-mezcla de hierro y 0,7 % de grafito, 0,75 % de lubricante EBS.

Tabla 1. Propiedades de sinterización de compactos obtenidos de los polvos 1-3

| 6,9 g/cm ³ | Propiedades de sinterización | | | | |
|-----------------------|------------------------------|---------------------------|-------|------|--------|
| | Presión de compactación | Densidad de sinterización | TRS | CD | Dureza |
| | (TSI) | (g/cm ³) | (ksi) | (%) | (HRA) |
| Polvo # 1 | 32,4 | 6,80 | 132 | 0,45 | 43 |
| Polvo # 2 | 32,4 | 6,85 | 112 | 0,23 | 42 |
| Polvo # 3 | 32,2 | 6,85 | 87 | 0,24 | 31 |

15 **[0030]** Como puede verse en la Tabla 1, el uso de la aleación previa de hierro y cobre (polvo # 2) reduce en gran medida el cambio dimensional (CD) de la composición en comparación con el polvo que incluye la aleación por difusión de hierro y cobre (polvo # 1). El cambio dimensional presentado utilizando la aleación previa de hierro y cobre se acercó al cambio dimensional observado con la composición que no incluye cobre (polvo # 3). La densidad final utilizando la aleación previa de hierro y cobre es mayor que la observada con la aleación por difusión, con poco efecto sobre la compresibilidad.

Ejemplo 2

25 **[0031]** Se prepararon grupos de composiciones de polvos a base de hierro que comprenden cada una aproximadamente el 1,8 % en peso de cobre. Un grupo de composiciones en polvo (polvos # 4A, 4B, 4C) incluía solo el cobre como polvo de cobre, por lo que son composiciones que quedan fuera del alcance de la invención. Otro grupo de composiciones en polvo (polvos # 5A, 5B, 5C) incluía cobre como combinación de polvo de cobre y aleación previa de hierro y cobre. El grupo final de la composición en polvo (polvos # 6A, 6B, 6C) incluía el cobre solo como aleación previa de hierro y cobre, por lo que son composiciones que quedan fuera del alcance de la invención. El contenido de grafito se varió dentro de cada grupo de polvos. Todas las mezclas de MP contenían aproximadamente el 0,7 % en peso de EBS como lubricante.

35 **[0032]** Barras de resistencia a la rotura transversal se comprimieron a una densidad de prensado de 6,9 g/cm³ y se sinterizaron a 1120 °C en un horno de cinta utilizando una atmósfera del 90 % de nitrógeno y el 10 % de hidrógeno. El cambio dimensional se mide comparando la longitud sinterizada de la barra con la longitud de la matriz utilizada para compactar las barras. Los resultados de los ensayos se representan en la FIG. 2.

Grupo de polvos # 4 (comparación)

40 **[0033]**

Polvo 4A: preparado mezclando hierro con cobre en polvo (1,8 %) + 0,8 % de grafito y 0,7 % de lubricante EBS.

Polvo 4B: preparado mezclando hierro con cobre en polvo (1,8 %) + 0,9 % de grafito y 0,7 % de lubricante EBS.

Polvo 4C: preparado mezclando hierro con cobre en polvo (1,8 %) + 0,7 % de grafito y 0,7 % de lubricante EBS.

45

Grupo de polvos #5

[0034]

50 Polvo 5A: preparado usando una combinación de hierro mezclado con aleación previa de hierro y cobre y polvo de cobre + 0,8 % de grafito y 0,7 % de lubricante EBS.

Polvo 5B: preparado usando una combinación de hierro mezclado con aleación previa de hierro y cobre y polvo de

cobre + 0,9 % de grafito y 0,7 % de lubricante EBS

Polvo 5C: preparado usando una combinación de hierro mezclado con aleación previa de hierro y cobre y polvo de cobre + 0,7 % de grafito y 0,7 % de lubricante EBS

5 Grupo de polvos # 6 (comparación)

[0035]

10 Polvo 6A: hierro mezclado con polvo de aleación previa de hierro y cobre (3 % en peso de Cu) + 0,8 % de grafito y 0,7 % de lubricante EBS.

Polvo 6B: hierro mezclado con polvo de aleación previa de hierro y cobre (3 % en peso de Cu) + 0,9 % de grafito y 0,7 % de lubricante EBS.

Polvo 6C: hierro mezclado con polvo de aleación previa de hierro y cobre (3 % en peso de Cu) + 0,7 % de grafito y 0,7 % de lubricante EBS.

15

[0036] Los materiales en los que el cobre se incluye a través de una combinación de aleación previa de hierro y cobre y polvo de cobre (Polvo # 5), produjeron una muy buena consistencia dimensional con respecto a variaciones en el contenido de grafito. El cambio dimensional es esencialmente constante a medida que el contenido de grafito cambia en el polvo # 5. Esto está en contraste con los materiales en los que el cobre se incluye únicamente como polvo de cobre (Polvo # 4) en los que se observaron variaciones dimensionales significativas con cantidades variables de contenido de grafito.

[0037] Las propiedades mecánicas para los polvos 4A, 5A, y 6A (todos que tienen aproximadamente el 0,8 % en peso de grafito) se representan en la Tabla 2. La dureza de cada uno de los compactos se mantiene con el uso de la aleación previa de hierro y cobre.

25

[0038] Tabla 2. Propiedades de sinterización de compactos obtenidos con los polvos 4-6.

| 6,9 g/cm ³ | Propiedades de sinterización | | | | |
|-----------------------|----------------------------------|---|--------------|-----------|-----------------|
| | Presión de compactación (TSI) | Densidad de sinterización (g/cm ³) | TRS (ksi) | CD (%) | Dureza (HRA) |
| Polvo # 4 | 32,4 | 6,80 | 135 | 0,37 | 47 |
| Polvo # 5 | 35,6 | 6,81 | 128 | 0,32 | 48 |
| Polvo # 6 | 38,6 | 6,83 | 117 | 0,24 | 47 |

30 **Ejemplo 3**

[0039] Se prepararon grupos de composiciones de polvos a base de hierro que comprenden cada uno aproximadamente el 2 % en peso de cobre. Un grupo de composiciones en polvo (polveros # 7A, 7B, 7C) incluía el cobre solo como polvo de cobre, con las composiciones que por tanto quedan fuera del alcance de la invención. Otro grupo de composiciones en polvo (polveros # 8A, 8B, 8C) incluía el cobre como una combinación de polvo de cobre y aleación previa de hierro y cobre. El grupo final de composición en polvo (polveros # 9A, 9B, 9C) incluía el cobre solo como aleación previa de hierro y cobre, con las composiciones que por tanto quedan fuera del alcance de la invención. El contenido de grafito se varió dentro de cada grupo de polvos. Todas las mezclas de MP contenían aproximadamente el 0,75 % en peso de EBS como lubricante.

40

[0040] Barras de resistencia a la rotura transversal se comprimieron a una densidad de prensado de 6,9 g/cm³ y se sinterizaron a 1120 °C en un horno de cinta utilizando una atmósfera del 90 % de nitrógeno y el 10 % de hidrógeno. El cambio dimensional se mide comparando la longitud sinterizada de la barra con la longitud de la matriz utilizada para compactar las barras. Los resultados de los ensayos se representan en la FIG. 3.

45

Grupo de polvos # 7 (comparación)

[0041]

50 Polvo 7A: preparado mezclando hierro con cobre en polvo (2 %) + 0,6 % de grafito y 0,75 % de lubricante EBS.

Polvo 7B: preparado mezclando hierro con cobre en polvo (2 %) + 0,7 % de grafito y 0,75 % de lubricante EBS.

Polvo 7C: preparado mezclando hierro con cobre en polvo (2 %) + 0,5 % de grafito y 0,75 % de lubricante EBS.

Grupo de polvos #8

[0042]

- 5 Polvo 8A: preparado usando una combinación de hierro mezclado con aleación previa de hierro y cobre y polvo de cobre + 0,6 % de grafito y 0,75 % de lubricante EBS.
 Polvo 8B: preparado usando una combinación de hierro mezclado con aleación previa de hierro y cobre y polvo de cobre + 0,7 % de grafito y 0,75 % de lubricante EBS
 10 Polvo 8C: preparado usando una combinación de hierro mezclado con aleación previa de hierro y cobre y polvo de cobre + 0,5 % de grafito y 0,75 % de lubricante EBS

Grupo de polvos # 9 (comparación)

15 **[0043]**

- Polvo 9A: hierro mezclado con polvo de aleación previa de hierro y cobre (3 % en peso de Cu) + 0,6 % de grafito y 0,75 % de lubricante EBS.
 Polvo 9B: hierro mezclado con polvo de aleación previa de hierro y cobre (3 % en peso de Cu) + 0,7 % de grafito y 0,75 % de lubricante EBS.
 20 Polvo 9C: hierro mezclado con polvo de aleación previa de hierro y cobre (3 % en peso de Cu) + 0,5 % de grafito y 0,75 % de lubricante EBS.

[0044] Los materiales en los que el cobre se incluye a través de una combinación de aleación previa de hierro y cobre y polvo de cobre (Polvo # 8), produjeron una muy buena consistencia dimensional con respecto a variaciones en el contenido de grafito. El cambio dimensional es esencialmente constante a medida que el contenido de grafito cambia en el polvo # 8. Esto está en contraste con los materiales en los que el cobre se incluye únicamente como polvo de cobre (Polvo # 7) en los que se observaron variaciones dimensionales significativas con cantidades variables de contenido de grafito.

30 **[0045]** Las propiedades mecánicas para los polvos 7A, 8A, y 9A (todos que tienen aproximadamente el 0,6 % en peso de grafito) se representan en la Tabla 3. La dureza de cada uno de los compactos se mantiene con el uso de la aleación previa de hierro y cobre.

35 Tabla 3. Propiedades de sinterización de compactos obtenidos de los polvos 7-9.

| 7,0 g/cm ³ | Propiedades de sinterización | | | | |
|-----------------------|----------------------------------|---|--------------|-----------|-----------------|
| | Presión de compactación (TSI) | Densidad de sinterización (g/cm ³) | TRS (ksi) | CD (%) | Dureza (HRA) |
| Polvo # 7 | 32,8 | 6,85 | 132 | 0,53 | 45 |
| Polvo # 8 | 38,4 | 6,91 | 122 | 0,38 | 46 |
| Polvo # 9 | 43,8 | 6,96 | 113 | 0,21 | 45 |

[0046] La presión de compactación requerida para lograr una densidad de prensado de 7,0 g/cm³ aumenta con la cantidad de aleación previa de hierro y cobre, aunque la densidad de sinterización también aumenta a medida que se produce un menor crecimiento durante la sinterización. La diferencia en la presión de compactación requerida para conseguir una densidad de sinterización dada se representa en la FIG. 4. Como se muestra en la FIG. 4, el polvo 8A muestra significativamente menos pérdida de densidad a una presión de compactación dada, en comparación con el polvo 9A. Sorprendentemente, la presión de compactación requerida para lograr una densidad de sinterización de 7,1 g/cm³ es similar para los polvos 7A y 8A.

45

REIVINDICACIONES

1. Una composición metalúrgica en polvo que comprende:
 - 5 (i) al menos el 30 por ciento en peso, en base al peso total de la composición, de un polvo metalúrgico a base de hierro que es, al menos, el 80 por ciento en peso de hierro;
 - (ii) una aleación previa de hierro y cobre, en la que la cantidad de cobre en la aleación previa de hierro y cobre se encuentra entre el 1 y el 10 por ciento en peso, en base al peso de la aleación previa de hierro y cobre;
 - (iii) del 0,5 al 2 por ciento en peso de polvo de cobre elemental, en base al peso de la composición; y
 - 10 (iv) del 0,1 al 2 por ciento en peso de grafito.
2. Una composición metalúrgica en polvo de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la composición comprende al menos el 40 por ciento en peso del polvo metalúrgico a base de hierro, en base al peso total de la composición metalúrgica en polvo.
- 15 3. Una composición metalúrgica en polvo de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende del 0,5 al 1,5 por ciento en peso de polvo de cobre elemental, en base al peso de la composición.
4. Una composición metalúrgica en polvo de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende del 0,5 al 1
- 20 por ciento en peso de polvo de cobre elemental, en base al peso de la composición.
5. Una composición metalúrgica en polvo de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende aproximadamente el 1 por ciento en peso de polvo de cobre elemental, en base al peso de la composición.
- 25 6. Una composición metalúrgica en polvo de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la aleación previa de hierro y cobre y el polvo de cobre elemental proporcionan del 1,5 al 2,5 por ciento en peso de cobre total de la composición.
7. Una composición metalúrgica en polvo de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la aleación previa
- 30 de hierro y cobre y el polvo de cobre elemental proporcionan el 2 por ciento en peso de cobre total de la composición.
8. Una composición metalúrgica en polvo de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende un lubricante.
- 35 9. Una composición metalúrgica en polvo de acuerdo con la reivindicación 8, en la que el lubricante es etilen-bis-estearato.
10. Una composición metalúrgica en polvo de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el diámetro
- 40 promedio de las partículas de la aleación previa es el mismo que el diámetro promedio de las partículas del polvo de hierro.
11. Una pieza metalúrgica en polvo sinterizado preparada usando la composición de la reivindicación 1.

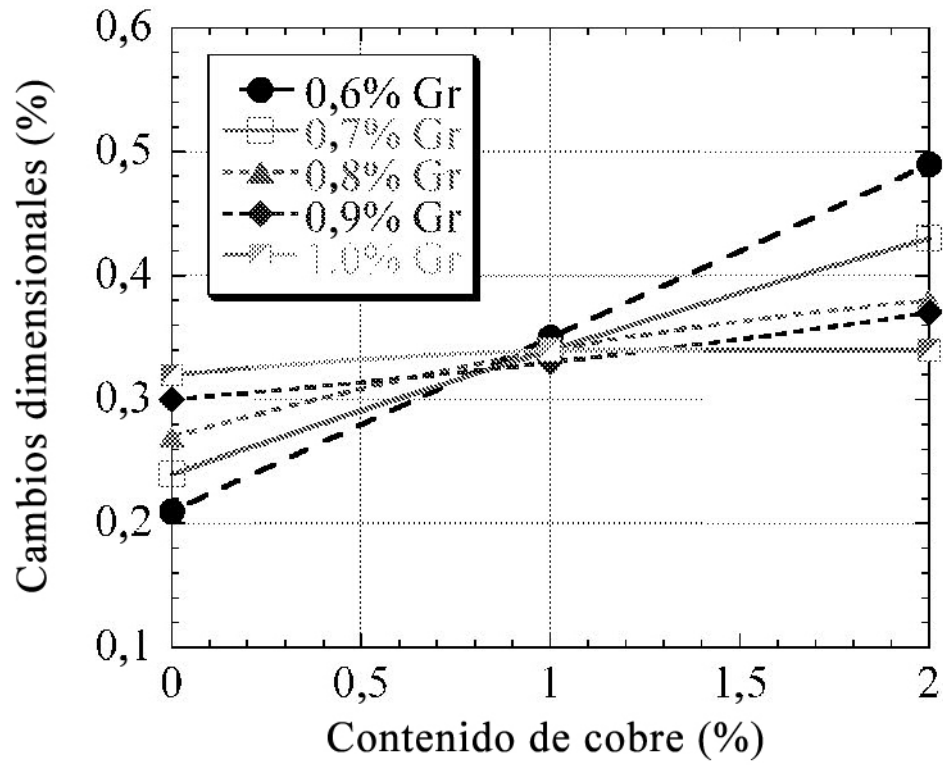


FIGURA 1

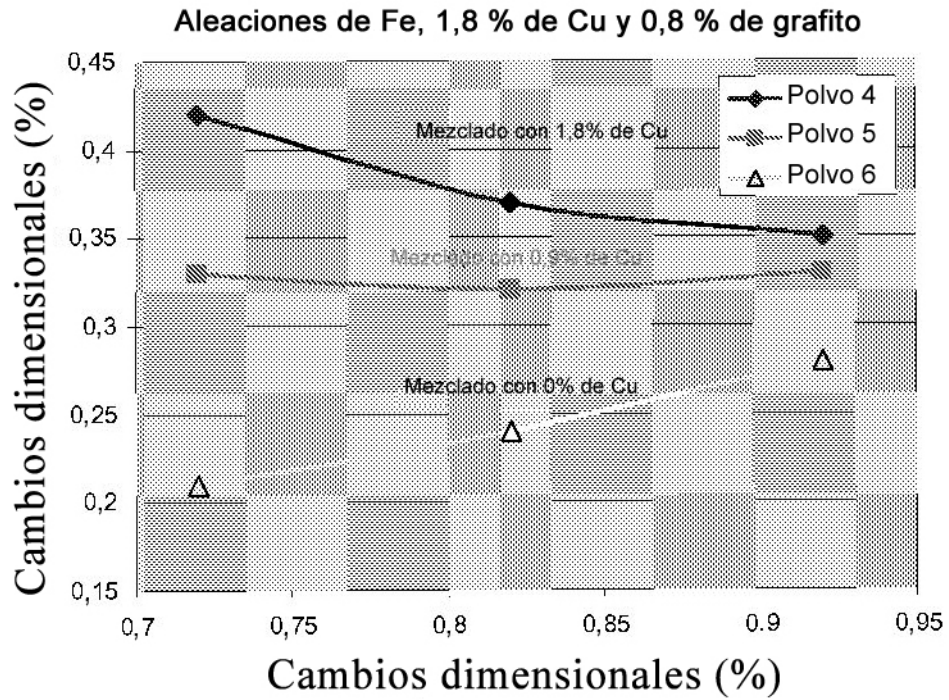


FIGURA 2

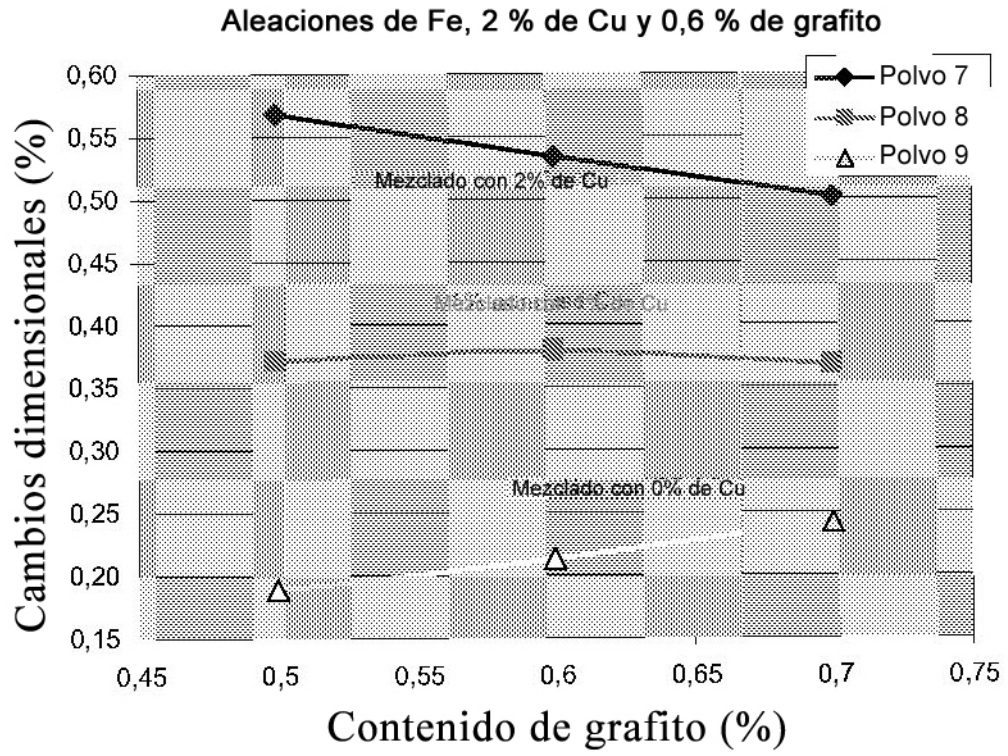


FIGURA 3

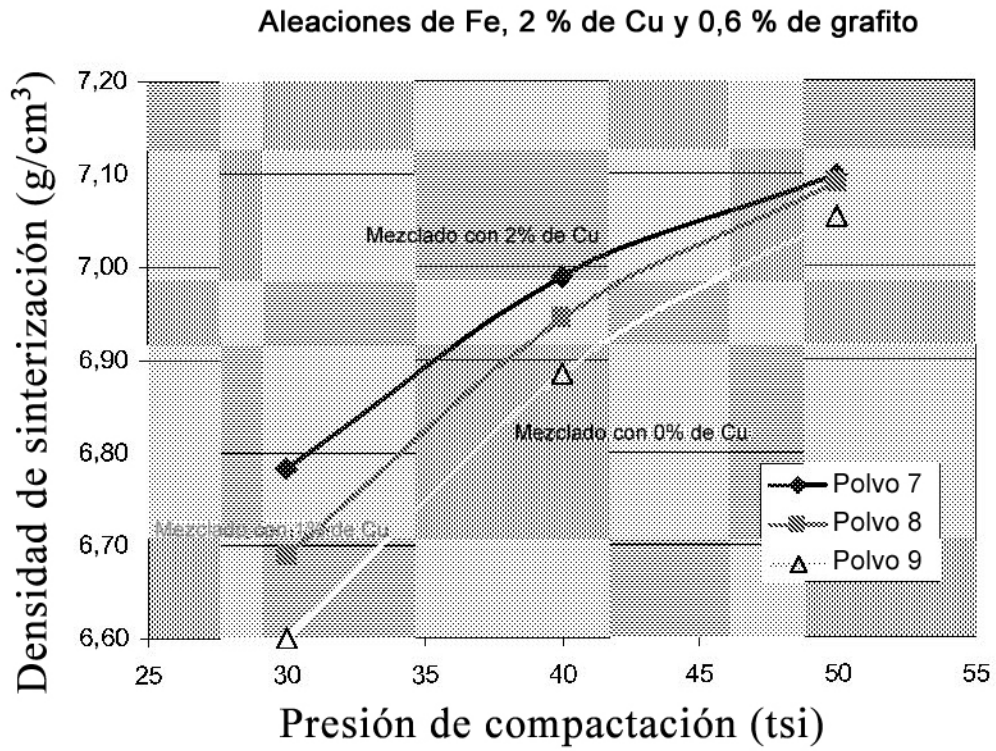


FIGURA 4