

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 267**

51 Int. Cl.:

C22C 33/02 (2006.01)

C22C 38/10 (2006.01)

C22C 38/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.10.2007 PCT/FR2007/001622**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.04.2008 WO08040885**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2007 E 07848318 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 2082072**

54 Título: **Polvo de metal prealeado, proceso para obtenerlo, y herramientas de corte producidas con el mismo**

30 Prioridad:

04.10.2006 FR 0608709

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

11.04.2018

73 Titular/es:

**EUROTUNGSTENE POUDES (100.0%)
9 rue André Sibellas
38100 Grenoble , FR**

72 Inventor/es:

**MOLTENI, MARIO;
MARCON, SOPHIE;
SENILLOU, HERVÉ y
MARETTO, BARTOLOMEO**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 663 267 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

Polvo de metal prealeado, proceso para obtenerlo, y herramientas de corte producidas con el mismo

5 La invención se refiere al campo de los polvos de metal prealeados, a partir de los cuales se fabrican herramientas de corte de diamante tales como segmentos para sierras y perlas para la producción de alambres para cortar materiales duros tales como el granito.

10 Los polvos de metal utilizados para producir perlas de diamante usualmente se preparan a partir de gránulos que contienen aproximadamente 20 % de carburo de tungsteno y aproximadamente 80 % de cobalto. Estos gránulos se mezclan con diamantes y se comprimen en formas de anillo, y las piezas no sinterizadas se sinterizan de una de dos maneras.

15 En un primer caso, los moldes de grafito se llenan con las piezas no sinterizadas dotada cada una de una cubierta de acero, y a continuación se realiza la sinterización bajo presión en prensas calientes clásicas. Sin embargo, debido a la forma particular de las perlas de diamante:

- los moldes de grafito tienen una forma compleja y son caros, aún más al tener que ser reemplazados periódicamente;
- 20 - como es difícil realizar el llenado de los moldes con las piezas no sinterizadas y los anillos, se debe realizar de forma manual, dando lugar a altos costes de manejo;
- para producir perlas de diamante sinterizadas homogéneas, el número de perlas sinterizadas en cada molde se limita a unas cuantas decenas de piezas, lo que supone una baja productividad.

25 En un segundo caso, se realiza la sinterización natural, también llamada “sinterización libre”, (sin un molde) de las piezas no sinterizadas con sus cubiertas de acero, en un horno estático o en continuo. Pero después de esta sinterización, las perlas basadas en cobalto y carburo de tungsteno no están suficientemente densificadas. Es indispensable realizar un segundo tratamiento térmico; debe llevarse a cabo con un horno funcionando a una alta presión de entre 150 y 200 MPa (entre .500 y 2000 bares), para hacer una compresión isostática en caliente de las perlas. Este horno es caro de adquirir y mantener.

30 Estos procesos son por lo tanto muy caros en cualquier caso, tanto en términos de materias primas como del proceso de producción. El artículo AMARAL P M ET AL: “Evaluation of metallic binder systems used in diamond tools for Stone cutting” POWDER METALLURGY WORLD CONGRESS & EXHIBITION (PM2004) EUROPEAN POWDER
 35 METALLURGY ASSOC SHREWSBURY, Reino Unido, 2004, describe polvos de metal para la producción de herramientas de corte que comprenden una mezcla de hierro prealeado y polvo de cobalto con un polvo de cobre. El objetivo de la invención es sobre todo proporcionar polvos de metal prealeados cuyo coste sería relativamente asequible, y que serían compatibles con los procesos de producción de perlas de diamante notablemente menos caros que los procesos existentes, especialmente porque la sinterización natural, realizada sin molde, produciría no obstante
 40 productos suficientemente eficaces, especialmente para cortar granito. Además, estos polvos deben ser compatibles con la producción de otros tipos de herramientas de corte previstas para aplicaciones menos exigentes.

45 Para este fin, la invención se refiere a un polvo de metal prealeado, en particular para la producción de herramientas de corte mediante sinterización, caracterizado por que su composición en porcentaje en peso es:

- *Fe = 48 - 52 %
- *Co = 14 - 19 %
- *Cu = 32 - 37 %
- *O ≤ 1,2 %

50 siendo el resto impurezas procedentes de su producción.

Preferentemente, el diámetro de Fisher de sus partículas es de 1 a 3 µm.

55 Está preferiblemente constituido por una mezcla de dicho polvo y al menos un aditivo coadyuvante de la sinterización en una relación de 80 a 90 % en peso de polvo y de 10 a 20 % en peso de aditivo.

60 El aditivo coadyuvante de la sinterización es preferiblemente un fosfuro de hierro, níquel, cobre o cobalto, o una mezcla de al menos dos de estos fosfuros, o un fosfuro mixto de al menos dos de estos metales.

El polvo se obtiene preferiblemente mezclando un primer polvo y un segundo polvo, y un aditivo de sinterización opcional, en donde dichos polvos primero y segundo tienen las características respectivas:

- para el primer polvo

65 *Fe = 27 - 32 %

*Co = 24 - 28 %

*Cu = 42 - 47 %

*O ≤ 1 %

5 siendo el resto impurezas procedentes de su producción.
- para el segundo polvo

*Fe = 75 - 80 %

* Co ≤ 5 %

10 *Cu = 17 - 22 %

*O ≤ 1 %

siendo el resto impurezas procedentes de su producción.

15 Preferiblemente, el diámetro de Fisher de las partículas del primer polvo es de 0,8 a 1,5 µm, el diámetro de Fisher de las partículas del segundo polvo es de 3,0 a 4,0 µm, y el diámetro de Fisher del polvo obtenido después del mezclado es de 1 a 3 µm.

20 La invención también se refiere a un proceso para la producción de una herramienta de corte de diamante, que comprende una etapa en la que se mezclan un polvo de metal prealeado y diamantes, una etapa en la que la mezcla se prensa en frío, y una etapa en la que dicha mezcla comprimida es sinterizada, caracterizado por que dicho polvo de metal es del tipo anterior.

25 La sinterización es preferiblemente sinterización natural.

Dicha herramienta puede ser un segmento de corte para una sierra de diamante.

Dicha herramienta puede ser una perla de diamante para un alambre de corte.

30 Dicho polvo puede ser del tipo anteriormente citado.

La invención también se refiere a una sierra de diamante del tipo que incluye segmentos de corte unidos a la periferia de un disco de metal, caracterizada por que dichos segmentos fueron obtenidos mediante el proceso anterior.

35 La invención también se refiere a un alambre de corte del tipo que incluye perlas de diamante roscadas sobre un cable, caracterizado por que dichas perlas se han obtenido mediante el proceso anterior.

40 Como se entenderá, la invención se fundamenta en el uso de un polvo prealeado de composición precisa, basado en hierro, cobalto y cobre. Este polvo, que no utiliza elementos muy caros en altas proporciones, produce herramientas de corte (sierras y perlas) de diamante excelentes mediante sinterización natural simple, mediante un proceso, por tanto, barato que puede ejecutarse con alta productividad.

45 También se propone un proceso de obtención del polvo, con el que se producen, a partir del polvo, productos sinterizados con características especialmente altas.

La invención se comprenderá mejor al leer la siguiente descripción.

El polvo prealeado según la invención debe cumplir en particular las siguientes exigencias.

50 La densidad relativa de las piezas no sinterizadas obtenidas con el mismo debe ser de al menos 60 % para una presión máxima en frío de 700 MPa.

55 Preferiblemente, debe ser granulable fácilmente en la fracción de tamaño de partículas comprendida de 63 a 450 µm, que es la más adecuada para llenar moldes de prensado de acero en frío, prevista para la producción de perlas para hilos diamantados.

60 Después de la sinterización libre a 850-1.100 °C en un horno en continuo (para la producción en continuo) o en un horno estático (para la producción en discontinuo), la densidad relativa de la pieza obtenida debe poder ser preferiblemente al menos 97 %.

El polvo debe poder ser utilizado para producir piezas cuya dureza después de la sinterización sería de al menos 220HB, de modo que se puedan utilizar para cortar granito.

65 Se ha comprobado que estos objetivos, y los descritos anteriormente, se alcanzan, según la invención, con el uso de un polvo prealeado que tiene las siguientes características.

Su composición es (en porcentajes en peso):

- Fe = 48 - 52 %
- Co = 14 - 19 %
- 5 - Cu = 32 - 37 %
- O ≤ 1,2 %

siendo el resto impurezas procedentes de su producción.

10 El diámetro de Fisher promedio de las partículas (medido según la norma 150 10070 mediante determinación de la superficie específica de la envoltura a partir de la medición de la permeabilidad al aire de un lecho de polvo en condiciones de flujo permanente) es preferiblemente de 1 a 3 μm.

15 Su densidad teórica es preferiblemente de 8.400 kg/m³ (8,4 g/cm³)

La relación entre el contenido de hierro y el de cobalto se ajusta deliberadamente para evitar la formación de una fase dura y frágil α', que se forma cuando la relación de masa Fe/(Fe + Co) está comprendida entre 30 y 70 %. Según la invención, esta relación es de entre 72 y 78 %, y por tanto se evita la fase α'.

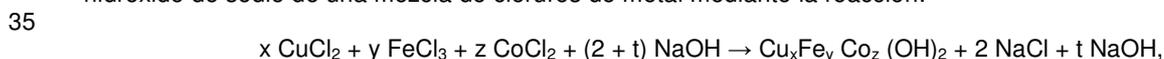
20 La cantidad de cobre añadido es la suficiente para proporcionar una buena sinterización.

25 El contenido de oxígeno se mantiene a un máximo de 1,2 % para evitar la presencia de óxidos que no serían completamente reducidos por el hidrógeno durante la sinterización natural. Dichos óxidos no reducidos reducirían la capacidad de sinterización de las piezas no sinterizadas, produciría heterogeneidades en las estructuras de las piezas sinterizadas, aumentaría la dureza y por tanto la fragilidad de las piezas, y reaccionaría con los diamantes destruyéndolos, al menos en la superficie. Por tanto, se reduciría la eficacia de corte de las herramientas.

Este polvo puede obtenerse especialmente de dos modos diferentes.

30 De acuerdo con un primer método, se prepara un polvo que tiene la composición y características de morfología deseadas directamente por la ruta clásica de hidrometalurgia.

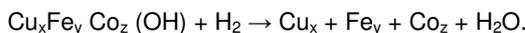
Esta ruta de hidrometalurgia consiste en preparar en primer lugar hidróxidos de metal por precipitación con hidróxido de sodio de una mezcla de cloruros de metal mediante la reacción:



donde $x + y + z = 1$, y t es el contenido de NaOH en exceso estequiométrico; x , y , z están en relaciones correspondientes a relaciones atómicas que los inventores quieren ver en el polvo final entre los contenidos respectivos de Cu, Fe y Co.

40 A continuación se realiza la separación sólido-líquido, seguido del lavado de la torta de hidróxido con agua desmineralizada para eliminar el NaCl. A continuación la torta se pasa a una secadora para producir un polvo de hidróxidos coprecipitados con un contenido en agua residual de unas pocas unidades de %.

45 A continuación se reduce el polvo de hidróxido, para transformarlo en polvo de metal prealeado. Esta reducción se realiza preferiblemente en un horno en continuo y bajo atmósfera de H₂ según:



50 Tras la reducción, el polvo prealeado se tritura en gas inerte en un triturador y después se tamiza a 90 μm.

Según un segundo método, el polvo de la invención se prepara mezclando dos polvos de composiciones diferentes, obtenidos también por separado mediante procedimientos de hidrometalurgia. La tabla 1 muestra las composiciones de los dos polvos a utilizar:

55 Tabla 1: Características de los polvos I y II utilizados.

Elemento	Polvo I	Polvo II
Hierro (%)	27-32	75-80
Cobalto (%)	24-28	≤ 5
Cobre (%)	42 - 47	17-22
Oxígeno (%)	≤ 1	≤ 1
ØFis (μm) preferido	0,8 - 1,5	3,0 - 4,0
ØFis (μm) preferido para la mezcla	1 - 3	

De manera sorprendente, como se observará, durante la sinterización se obtienen mejores resultados desde varios puntos de vista cuando el polvo de la invención se prepara mezclando estos dos polvos I y II, en proporciones tales que se obtiene en general un polvo que tiene las características especificadas, que cuando se utiliza un polvo obtenido directamente por un proceso hidrometalúrgico según el primer modo de producción descrito.

Generalmente, una mezcla de polvos I y II en las proporciones relativas de aproximadamente 60 - 40 % en peso produce el polvo de la invención.

Después de obtener el polvo de la invención, puede utilizarse directamente, o se le puede conferir forma de gránulos mediante un proceso clásico que se describirá a continuación. Estos gránulos pueden servir a continuación para producir herramientas de diamante específicas, tales como hilos diamantados y segmentos de diamante de bajo espesor.

El polvo prealeado a granular se mezcla con un polvo aglutinante orgánico con 2 a 3 % en peso de la cantidad de polvo a granular y con un disolvente orgánico, en un granulador de alta cizalla. Después de la etapa de granulación, se elimina el solvente por evaporación.

Finalmente, los gránulos se tamizan continuamente sobre tamices vibratorios que incluyen dos telas superpuestas, con aberturas de malla diferentes (450 μm para el primer ejemplo, 63 μm para el segundo). De este modo, se selecciona la fracción de diámetro comprendida entre 63 μm y 450 μm . Los gránulos más pequeños y más grandes se hacen recircular a la siguiente operación de granulación.

También se aconseja añadir, al polvo, uno o más aditivos que aumentan la dureza de las piezas sinterizadas. Los aditivos clásicos conocidos para este fin, tales como carburo de tungsteno, no sirven en el ámbito de la invención, debido a que reducen la densificación durante la sinterización y por tanto la dureza de las piezas, resultado opuesto al deseado. El carburo de tungsteno es insoluble en el polvo de la invención y por tanto no se une metalúrgicamente a la matriz de metal. Sin embargo, el fosforo de hierro produce resultados notables de este punto de vista; los fosfuros de níquel, cobre y cobalto son también interesantes.

Se realizaron pruebas de sinterización natural con los polvos de la invención, que demostraron la superioridad de los polvos obtenidos a partir de una mezcla de polvos I y II descrita anteriormente sobre los polvos obtenidos directamente mediante un tratamiento hidrometalúrgico simple.

El polvo obtenido directamente ("polvo directo") se preparó mediante el proceso hidrometalúrgico descrito anteriormente, es decir, mediante la adición de NaOH a una mezcla de cloruros de Co y Fe, secando el hidróxido resultante en una secadora micronizadora, reducción a 660 °C y trituración en una trituradora de chorro de nitrógeno. Su composición era Fe=48,8 %; Co=16,0 %; Cu=34,4 %; O=0,8 %. Su diámetro de Fisher era de 1,3 μm .

El polvo obtenido mediante el mezclado ("polvo de mezcla") se mezcló en un mezclador primero en atmósfera de CO₂, de 60 % de polvo I y 40 % de polvo II, donde estos polvos se han preparado previamente por separado mediante procedimientos de hidrometalurgia. Las operaciones de mezclado duraron 50 minutos. El polvo resultante tenía la siguiente composición: Fe=49,1 %; Co=16,0 %; Cu=34,4 %; O=0,6 %. Su diámetro de Fisher era de 1,74 μm .

Los polvos "directo" y "de mezcla" se comprimieron a 200 MPa, para realizar piezas de tipo PS 21, cuya densidad en estado no sinterizado se calculó a partir de sus puntuaciones y pesos. El polvo directo tenía una densidad de 58,0 % de la densidad teórica; el polvo de mezcla tenía una densidad de 55,2 % de su densidad teórica.

A modo de recordatorio se indica que, convencionalmente, las piezas PS21 son piezas con forma de paralelepípedo obtenidas mediante prensado en frío a 200 MPa de 6 g de polvo en una matriz de acero con unas dimensiones de 24,48 x 7,97 mm. La altura de la pieza no sinterizada obtenida depende de la capacidad de prensado del polvo y es, generalmente, del orden de 5 a 6 mm.

A continuación, tuvo lugar la sinterización en un horno de laboratorio estático en atmósfera de H₂ a temperaturas comprendidas de aproximadamente 850 a 1.000 °C. En todos los casos, la velocidad de aumento de la temperatura fue de 150 °C/h, la meseta de la temperatura de sinterización fue 1 h y el enfriamiento fue natural y duró aproximadamente una noche. Se midió la densidad de las piezas sinterizadas como un % del valor teórico (8,350 kg/m³ (8,35 g/cm³)), la dureza HB y la dureza HRB. Los resultados se resumen en la tabla 2.

Tabla 2: Resultados de la sinterización de polvos directos y mezclas.

Temperatura de sinterización (°C)	% Densidad teórica		Dureza HB		Dureza HRB	
	Polvo directo	Polvo de mezcla	Polvo directo	Polvo de mezcla	Polvo directo	Polvo de mezcla
842	95,2	98,0	146	164	82,7	92,6
907	96,9	98,2	152	187	79,7	88,8

ES 2 663 267 T3

958	97,4	98,1	144	179	81,4	87,0
1007	98,4	98,3	153	170	83,2	88,0

Los resultados de la prueba muestran que el polvo directo tiene una mejor capacidad de prensado en frío que el polvo de mezcla. Será por lo tanto el más fácil de sinterizar de los dos.

5 Sin embargo, el polvo de mezcla presenta una mejor densificación tras la sinterización y mejor dureza después de la sinterización.

10 Se llevaron a cabo pruebas similares con polvos directos y de mezcla a los cuales se añadió, antes de la sinterización, fosforo de hierro con 10 % en masa de P suministrado por BASF. El mezclado tuvo lugar en un mezclador Gericke en atmósfera de CO₂ durante 50 min, con 85 % de polvo y 15 % de FeP (% en masa).

15 Las pruebas de prensado en frío se llevaron a cabo en condiciones idénticas a las anteriores. Se halló que el polvo directo con FeP añadido tenía una densidad de 59,1 % de la densidad teórica; el polvo de mezcla tenía una densidad de 53,1 % de su densidad teórica.

A continuación, estos polvos se sinterizaron, en condiciones idénticas a las anteriores, y se midieron las densidades y las durezas HB y HRB de las piezas obtenidas. Los resultados se resumen en la Tabla 3.

20 Tabla 3: resultados de la sinterización de polvos directos y mezclas con FeP añadido.

Temperatura de sinterización (°C)	% Densidad teórica		Dureza HB		Dureza HRB	
	Polvo directo + FeP	Polvo de mezcla + FeP	Polvo directo + FeP	Polvo de mezcla + FeP	Polvo directo + FeP	Polvo de mezcla + FeP
860	96,7	98,3	204	225	94,8	97,4
907	97,1	98,4	213	224	97,5	98,9
957	97,8	98,5	213	225	96,6	98,9
1007	98,0	98,7	205	224	95,4	98,4

La clasificación de la eficacia de los polvos directo y de mezcla con FeP añadido es la misma que para los polvos puros (sin aditivos). El polvo de mezcla presenta los mejores resultados después de la sinterización.

25 La adición de aditivos produce piezas sinterizadas con una dureza perceptiblemente superior a la de las piezas obtenidas en las mismas condiciones a partir de polvos sin aditivos, como se puede ver comparando los resultados de las tablas 2 y 3.

30 A modo de indicación, un polvo de la invención al que se añadiría FeP con 85 % de polvo y 15 % de FeP tendría aproximadamente las siguientes características:

- densidad teórica típica 8,210 kg/m³ (8,21 g/cm³)
- Fe = 54 - 58 %
- Co = 12-16 %
- 35 - Cu = 27 - 31 %
- P = 1-2 %
- O ≤ 1,5 %
- Fisher Ø = 2-5 µm.

40 Las pruebas de sinterización también se realizaron para un polvo de mezcla con fosforo de Ni añadido que contenía 8,8 % en masa de P, con 85 % de polvo de mezcla y 15 % de NiP. Los resultados se resumen en la tabla 4.

Tabla 4: Resultados de la sinterización de la mezcla de polvo con NiP añadido.

Temperatura de sinterización (°C)	% Densidad teórica	Dureza HB	Dureza HRB
856	96,7	258	102,4
907	97,8	280	104,9
954	98,1	300	106
1002	98,1	305	106,2

45 La adición de NiP en las condiciones descritas por lo tanto produce resultados notables en términos de densidad y dureza de las piezas sinterizadas.

ES 2 663 267 T3

A modo de indicación, un polvo de la invención al cual se añadiría NiP con 85 % de polvo y 15 % de NiP tendría aproximadamente las siguientes características:

- 5 - densidad teórica típica 8,370 kg/m³ (8,37 g/cm³)
- Fe = 40 - 44 %
- Co = 11 - 17 %
- Cu = 27 - 31 %
- Ni = 13- 15 %
- P = 1-2 %
- 10 - O ≤ 1,5 %
- Fisher Ø 1 - 4 µm.

La adición de aditivos también se puede llevar a cabo utilizando fosfuro de cobre o cobalto, así como una mezcla de al menos dos de los fosfuros de hierro, níquel, cobre y cobalto, o un fosfuro mixto de al menos dos de estos metales.

Las pruebas de corte de granito realizadas con piezas hechas utilizando los polvos de la invención y un polvo de referencia han dado los siguientes resultados.

Se realizaron pruebas de corte de granito con sierras de diamante con un diámetro de 500 mm cuyos segmentos de corte se fabricaron mediante sinterización natural, utilizando para producir los segmentos:

- un polvo de referencia conocido en la técnica anterior (Cobalite® CNF) de composición (porcentajes en masa): Co=0 %; Cu=26 %; Fe=68,4 %; Ni = 0 %; Sn = 3 %; W = 2 %; Y₂O₃ = 0,6 %
- el polvo de la invención con adición de FeP (85 % - 15 %) como se ha descrito anteriormente.

Ambos polvos se utilizaron para producir segmentos de diamante de formación de dientes de sierra. Estos segmentos eran del tipo “emparedado de segmentos”, es decir tienen una mayor concentración de diamante alrededor de su periferia (1,1 quilates/cm³ del segmento) que en su centro (0,8 quilates/cm³ del segmento). Se utilizaron diamantes estándar y diamantes recubiertos con titanio. Este tipo de segmento se escogió porque son particularmente complejos y caros de fabricar mediante el proceso clásico de prensado en caliente en moldes de grafito.

Los segmentos preparados con el polvo de referencia y con el polvo de la invención se sinterizaron mediante sinterización natural en un horno en continuo a 940 °C en el caso del polvo de la invención y 980 °C en el caso del polvo de referencia y se soldaron a continuación sobre discos de acero de 500 mm de diámetro para fabricar las sierras. A continuación, se cortaron diferentes categorías de granitos con las sierras. Para cada tipo de polvo, se probaron tres tipos de mezclas de diamante, fabricadas a partir de diamantes de ELEMENT SIX, cuyas referencias se indicarán.

Después de cada prueba de corte, se calculó la velocidad de corte (en cm² de corte de granito por minuto) y la vida útil de la sierra (en m² de corte de granito por mm de altura del segmento). Cuanto mayores son estos valores, mejor es la calidad de la sierra.

Utilizando una mezcla de diamantes SDB VB de 0,400 a 0,297 mm (de 40 a 50 mesh) (30 %) y SDB LBW de 0,297 a 0,250 mm (de 50 a 60 mesh) (70 %), los resultados fueron los siguientes:

La sierra de referencia tenía una vida útil de 4,4 m²/mm y una velocidad de corte de 520 cm²/min.

La sierra de la invención tenía una vida útil de 4,8 m²/mm y una velocidad de corte de 620 cm²/min.

Utilizando una mezcla de diamantes SDB VB de 0,595 a 0,400 mm (de 30 a 40 mesh) (10 %) y SDB LBW de 0,400 a 0,297 mm (de 40 a 50 mesh) (40 %), y SDB LBW de 0,297 a 0,250 mm (de 50 a 60 mesh) (50 %), los resultados fueron los siguientes:

Con la sierra de referencia no se podía cortar el granito.

La sierra de la invención tenía una vida útil de 3 m²/mm y una velocidad de corte de 620 cm²/min.

Utilizando una mezcla de diamantes SDB VB de 0,595 a 0,400 mm (de 30 a 40 mesh) (10 %) y SDB TMF de 0,400 a 0,297 mm (de 40 a 50 mesh) (40 %) y SDB TMF de 0,297 a 0,250 mm (de 50 a 60 mesh) (50 %), los resultados fueron los siguientes (los diamantes TMF están recubiertos con titanio).

La sierra de referencia tenía una vida útil de 4,1 m²/mm y una velocidad de corte de 600 cm²/min.

La sierra de la invención tenía una vida útil de 6,7 m²/mm y una velocidad de corte de 900 cm²/min.

Los resultados de la prueba de las sierras de la invención son por tanto excelentes en términos absolutos, y sistemáticamente mejores desde todos los puntos de vista que los de las sierras de referencia. El proceso de

producción para segmentos de sierras de la invención, conjugando una sinterización natural de los segmentos con una composición precisa del polvo prealeado utilizado, por lo tanto, proporciona resultados satisfactorios por un precio muy moderado en relación con los procesos conocidos en los que se utilizan moldes.

5 También se verificó que el polvo de la invención podía utilizarse para la producción de perlas de diamante que se pueden utilizar para producir alambres de corte para cortar granito, que son la aplicación preferida contemplada para la invención.

Estas perlas tenían diámetros exteriores de 7,2 mm (perlas previstas para máquinas de alambres múltiples) y 11 mm (perlas previstas para máquinas de un solo alambre) y se produjeron mediante el siguiente proceso:

- 10
- la producción de gránulos mediante el proceso anteriormente descrito, a partir de un polvo de la invención con FeP añadido (85 % / 15 %);
 - mezcla de gránulos con diamantes estándar o con recubrimiento de titanio según la prueba;
 - prensado en frío de la mezcla de gránulos/diamante, proporcionando una densidad de piezas no sinterizadas de aproximadamente 65 % de la densidad teórica;
 - 15 - eliminación del aglutinante de granulación a 590 °C;
 - sinterización a 900 °C;
 - soldadura a 900 °C utilizando una soldadura que contiene 72 % de Ag y 28 % de Cu para garantizar un agarre suficiente sobre la cubierta de acero que sirve de soporte.

20 Las operaciones de desligado, sinterización y soldadura se llevaron a cabo en un horno en continuo en atmósfera de H₂.

Las perlas obtenidas se roscaron sobre cables de acero con una relación de 37 perlas/metro lineal y a continuación el conjunto se plastificó para reforzarlo.

25 Los alambres se sometieron a ensayo en máquinas diferentes para cortar diferentes granitos. Los resultados se resumen en la tabla 5.

30 **Tabla 5:** resultados de pruebas realizadas en alambres de corte (perlas obtenidas a partir de polvo según la invención con FeP añadido).

	Diamantes estándar o diamantes recubiertos con titanio	Diamantes estándar	Diamantes recubiertos con titanio
Ø exterior inicial	7,2 mm	11 mm	11 mm
Ø exterior final	5,3 mm	8,6 mm	8,4 mm
Ø exterior soporte de acero	5,0 mm	8 mm	8 mm
Velocidad de corte	de 0,9 a 1,1 m ² /h	0,8 m ² /h	0,8 m ² /h
Vida útil	10,3 m ² /m lineal	14 m ² /m lineal	36 m ² /m lineal

35 Estos resultados son absolutamente satisfactorios, y muestran que la invención permite producir perlas de diamante excelentes, por un coste considerablemente inferior que mediante los procesos clásicos. A modo de comparación, la vida útil de los alambres usuales, utilizando diamantes recubiertos con titanio, es del orden de 28 m²/m lineal.

40 Generalmente, el polvo de la invención, cuando se utiliza puro, tiene una buena capacidad de prensado en frío y densifica muy bien a partir de 900 °C (97 % de su densidad teórica), especialmente cuando se obtiene mezclando los polvos I y II como se ha definido anteriormente. La dureza obtenida después de la sinterización se puede considerar insuficiente para cortar granito, pero sería suficiente para cortar mármol. Sin embargo, la adición de 15 % de fosforo de hierro o níquel aumenta la densificación y la dureza de las piezas sinterizadas de un modo que las hace perfectamente idóneas para cortar granito.

45 A modo de comparación, para mostrar que la invención requiere el uso de un polvo prealeado o una mezcla de dichos polvos para producir los resultados deseados, se llevaron a cabo las siguientes pruebas.

Se preparó una mezcla denominada "mezcla 1" en atmósfera de CO₂ durante 50 min, a partir de polvos comerciales de Fe, Co y Cu, como se indica en la tabla 6:

50 **Tabla 6:** Características de la mezcla 1

Elemento	Tamaño de partículas de Fisher promedio ØFis (µm)	Porcentajes en peso
Hierro (%)	4	50
Cobalto (%)	1,5	15
Cobre (%)	3	35

Oxígeno (%)	-	0,8
ØFis (µm) de la mezcla 1	-	3,46

Los porcentajes en peso de los metales se expresan sin contenido de oxígeno.

Esta composición está en el centro del intervalo del polvo prealeado de la invención.

5 A 85 % en masa de esta mezcla, se añadió (usando el protocolo anterior) 15 % de fosforo de hierro 10 %FeP de BASF, de la misma calidad que el de las pruebas realizadas previamente. La composición de esta mezcla 2 es entonces (tabla 7):

Tabla 7: Composición de la mezcla 2

Elemento	Porcentajes en peso
Hierro (%)	56
Cobalto (%)	12,75
Cobre (%)	29,75
Fósforo	1,5
Oxígeno (%)	0,95
ØFis (µm) de la mezcla 2	2,99

Los porcentajes en peso de los metales y el fósforo se expresan sin contenido de oxígeno.

Para ambas mezclas, se comprimieron piezas de tipo PS21 a 200 MPa.

15 La densidad promedio en estado no sinterizado de las piezas, calculada a partir de las puntuaciones y del peso, era (tabla 8):

Tabla 8: Porcentajes de densidades teóricas de piezas no sinterizadas

	Mezcla 1	Mezcla 2
% densidad teórica de piezas no sinterizadas	64,4 %	62,1 %

Estas piezas no sinterizadas se sinterizaron a 850, 900, 950 y 1.000 °C. Se midió la densidad es estas piezas como un % de la densidad teórica, la dureza HB, y la dureza HRB, según el protocolo descrito anteriormente para las piezas obtenidas según la invención.

25 Después de la sinterización, se obtuvieron los siguientes resultados (tablas 9 y 10)

Tabla 9: Resultados de la sinterización de la mezcla 1.

Temperatura de sinterización (°C)	% Densidad teórica	Dureza HB	Dureza HRB
850	91,5	99	53,6
900	91,3	117	66,8
950	89,1	96	51,8
1000	88,6	94	51,5

30 Tabla 10: Resultados de la sinterización de la mezcla 2.

Temperatura de sinterización (°C)	% Densidad teórica	Dureza HB	Dureza HRB
850	92,6	136	75,3
900	93,8	177	87,4
950	97,2	202	93,1
1000	98,4	213	95,8

35 Todos los resultados muestran que estas dos mezclas de polvos de metal comerciales, en comparación con los polvos prealeados de la invención de composiciones comparables, tienen:

- un tamaño de partículas muy similar
- mejor capacidad de prensado en frío
- una densificación claramente inferior después de la sinterización y durezas HB y HRB inferiores

- una estructura de piezas sinterizadas cuyo tamaño es de forma clara mucho mayor debido al gran tamaño de partículas inicial de las piezas constituyentes.

En estas condiciones:

- 5
- las herramientas de diamante fabricadas a partir de estas mezclas comerciales de polvos de metal tendrán una retención de diamante menor (es decir, un menor agarre de diamante en la matriz de metal), entre otras cosas debido a su alta porosidad;
 - esto ocasionará una eficacia (velocidad de corte y vida útil) de la herramienta claramente inferior que el
- 10 polvo prealeado (puro o con fosforo de hierro añadido) de la invención, con una composición y tamaño de partículas comparables.

15 El polvo según la invención, especialmente en su versión aditiva, es fácilmente granulable, lo que permite fabricar segmentos de bajo espesor e hilos diamantados mediante procesos económicos. Es fácil de sinterizar en presencia de diamantes, ya sea en un horno estático o un horno en continuo, tanto en estado en polvo como en estado granulado, lo que resuelve bien por tanto los problemas planteados.

20 Por supuesto, el polvo de la invención también podría utilizarse de modo provechoso para producir herramientas de corte mediante procesos diferentes de los descritos.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Polvo de metal prealeado, especialmente para la producción de herramientas de corte mediante sinterización, **caracterizado por que** su composición, en porcentaje en peso, es:
- * Fe = de 48 a 52 %
* Co = de 14 a 19 %
* Cu = de 32 a 37 %
* O ≤ 1,2 %,
- 10 siendo el resto impurezas procedentes de su producción.
- 15 2. Polvo de metal prealeado según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el diámetro de Fisher de sus partículas es de 1 a 3 µm.
3. Polvo de metal prealeado, **caracterizado por que** está constituido por una mezcla de un polvo según la reivindicación 1 o 2 y al menos un aditivo coadyuvante de la sinterización, en una relación de 80 a 90 % en peso de polvo y de 10 a 20 % en peso de aditivo.
- 20 4. Polvo de metal prealeado según la reivindicación 3, **caracterizado por que** el aditivo coadyuvante de la sinterización es un fosforo de hierro, níquel, cobre o cobalto, o una mezcla de al menos dos de estos fosforos, o un fosforo mezclado de al menos dos de estos metales.
- 25 5. Polvo de metal prealeado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** se obtiene mezclando un primer polvo y un segundo polvo, y opcionalmente un aditivo coadyuvante de la sinterización, teniendo dichos polvos primero y segundo las características respectivas:
- para el primer polvo
- 30 style="padding-left: 80px;">* Fe = de 27 a 32 %
* Co = de 24 a 28 %
* Cu = de 42 a 47 %
* O ≤ 1 %,
- 35 style="padding-left: 40px;">siendo el resto impurezas procedentes de su producción,
- para el segundo polvo
- 40 style="padding-left: 80px;">* Fe = de 75 a 80 %
* Co ≤ 5 %
* Cu = de 17 a 22 %
* O ≤ 1 %,
- 45 style="padding-left: 40px;">siendo el resto impurezas procedentes de su producción.
- 50 6. Polvo de metal prealeado según la reivindicación 5, **caracterizado por que** el diámetro de Fisher de las partículas del primer polvo es de 0,8 a 1,5 µm, **por que** el diámetro de Fisher de las partículas del segundo polvo es de 3,0 a 4,0 µm, y **por que** el diámetro de Fisher del polvo obtenido después del mezclado es de 1 a 3 µm.
7. Proceso para la producción de una herramienta de corte de diamante, que comprende una etapa en la que se mezclan un polvo de metal prealeado y diamantes, una etapa en la que la mezcla se prensa en frío, y una etapa en la que dicha mezcla comprimida es sinterizada, **caracterizado por que** dicho polvo de metal es del tipo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
- 55 8. Proceso según la reivindicación 7, **caracterizado por que** la sinterización es sinterización natural.
9. Proceso según la reivindicación 7 u 8, **caracterizado por que** dicha herramienta es un segmento de corte para una sierra de diamante.
- 60 10. Proceso según la reivindicación 7 u 8, **caracterizado por que** dicha herramienta es un perla de diamante para un alambre de corte.
11. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizado por que** dicho polvo es del tipo según la reivindicación 5 o 6.
- 65 12. Sierra de diamante del tipo que comprende segmentos de corte fijados a la periferia de un disco de metal, **caracterizada por que** dichos segmentos se han obtenido mediante el proceso según la reivindicación 9.

13. Alambre de corte del tipo que comprende perlas de diamante roscadas sobre un cable, **caracterizado por que** dichos granos se han obtenido mediante el proceso según la reivindicación 10.