

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 371**

51 Int. Cl.:

B22F 1/00 (2006.01)

B22F 3/10 (2006.01)

C22C 33/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2009 E 11157427 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.11.2014 EP 2524749**

54 Título: **Composición metalúrgica de materiales en forma de partículas, producto sinterizado auto-lubricante y proceso para la obtención de productos sinterizados auto-lubricantes**

30 Prioridad:

12.09.2008 BR PI0803956

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

05.12.2014

73 Titular/es:

WHIRLPOOL S.A. (33.3%)
Avenida das Nações Unidas 12995 32º andar -
Brooklin Novo
04578-000 São Paulo SP, BR;
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
(UFSC) (33.3%) y
LUPATECH S.A. (33.3%)

72 Inventor/es:

BINDER, ROBERTO;
KLEIN, ALOISIO NELMO;
BINDER, CRISTIANO;
HAMMES, GISELE;
PARUCKER, MOISÉS LUIZ y
RISTOW JUNIOR, WALDYR

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 524 371 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

Composición metalúrgica de materiales en forma de partículas, producto sinterizado auto-lubricante y proceso para la obtención de productos sinterizados auto-lubricantes

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere a técnicas específicas para la fabricación de productos terminados (piezas) y productos semi-terminados (artículos varios), conformados a partir de una composición metalúrgica de materiales en forma de partículas (en forma de polvos metálicos y no metálicos) y que se diseñan para ser sinterizados, comprendiendo dichos productos, además de los elementos constitutivos de la matriz estructural metálica del producto objeto de formación durante la etapa de sinterización, un lubricante sólido, en forma de partículas y que se dispersa en la matriz metálica, conduciendo a la formación de la micro-estructura de un producto compuesto auto-lubricante que presenta una matriz metálica continua y que es capaz de impartir, a los productos sinterizados, un bajo coeficiente de fricción unido a una elevada resistencia mecánica y elevada dureza de la pieza o producto sinterizado. La invención se refiere a dicha composición metalúrgica para formar el producto compuesto auto-lubricante (piezas), por medio de sinterización, a partir de dicha composición, así como también técnicas alternativas específicas o procesos para obtener dichas piezas o productos por medio de metalurgia en forma de polvo.

10

15

20

Antecedentes de la invención

En ingeniería mecánica, existe una búsqueda creciente para obtener materiales para aplicaciones que requieren propiedades, tales como elevada resistencia mecánica y elevada resistencia de desgaste unidas a un bajo coeficiente de fricción. Actualmente, los problemas de desgaste y corrosión representan de manera conjunta pérdidas de un 2 % a un 5 % de GDP World; aproximadamente un 35 % de toda la energía mecánica producida en el planeta se pierde debido a la deficiencia de lubricación y se convierte en calor por medio de fricción. Aparte de la pérdida de energía, el calor generado impide el rendimiento del sistema mecánico debido al calentamiento. De este modo, el mantenimiento de un bajo coeficiente de fricción en las piezas mecánicas bajo fricción resulta altamente importante, no solo para el ahorro de energía, sino también para mejorar la durabilidad de dichas piezas y las de los sistemas mecánicos en los cuales operan, además de contribuir a la conservación del medio ambiente.

25

30

La manera usada para reducir el desgaste y la fricción entre las superficies en movimiento relativo consiste en mantener estas superficies separadas, intercalando una capa lubricante entre las mismas. Entre los posibles modos de lubricación, la hidrodinámica (lubricantes fluidos) es la más utilizada. En la lubricación hidrodinámica, se forma una película de aceite que separa completamente las superficies en movimiento relativo. No obstante, debería constatarse que el uso de lubricantes fluidos es normalmente problemático, como en las aplicaciones a temperaturas muy elevadas o muy bajas y aplicaciones en las cuales el lubricante fluido puede reaccionar químicamente y cuando el lubricante fluido puede actuar como contaminante. Además, en situaciones de lubricación límite que resultan de paradas de ciclo, o en situaciones en las cuales es imposible formar una película de aceite lubricante, tiene lugar el contacto entre las piezas, provocando de manera consiguiente el desgaste de éstas.

35

40

La lubricación en seco, es decir, la que usa lubricantes sólidos, es una alternativa a la lubricación tradicional, ya que actúa por medio de la presencia de una capa lubricante, que evita el contacto entre las superficies de los componentes pero sin presentar ruptura de la capa formada.

45

Los lubricantes sólidos se han aceptado bien en las áreas de lubricación problemáticas. Se pueden usar a temperaturas extremas, bajo condiciones de carga elevada y en un entorno químicamente reactivo, donde no se pueden usar lubricantes convencionales. Además, la lubricación en seco (lubricantes sólidos) es una alternativa más limpia desde el punto de vista ambiental.

50

El lubricante sólido se puede aplicar a los componentes de un par tribológico, en forma de películas (o capas) que se depositan o generan sobre la superficie de los componentes o se incorporan al volumen del material de dichos componentes, en forma de partículas de segunda fase. Cuando se aplican películas específicas o capas y en el caso de que experimenten desgaste, tiene lugar el contacto metal-metal y el consiguiente desgaste rápido de las superficies que confrontan desprotegidas y de los componentes relativamente móviles. En estas soluciones donde se aplican las películas o capas, debería considerarse además la dificultad de sustituir el lubricante, así como la oxidación y la degradación de éste último.

55

De este modo, una solución más adecuada que permita aumentar la duración del material, es decir, de los componentes, consiste en incorporar el lubricante sólido al volumen del material constitutivo del componente, para formar la estructura del componente en un material compuesto de bajo coeficiente de fricción. Esto es posible a través de la tecnología de procesamiento de materiales a partir de polvos, es decir, por medio de la conformación de una mezcla en forma de polvo por medio de compactación, incluyendo prensado, laminado, extrusión y otras, o también por medio de moldeo por inyección, seguido de sinterización, con el fin de obtener un material compuesto continuo, normalmente ya con la geometría y dimensiones finales (producto terminado) o con la geometría y dimensiones próximas a las finales (producto semi-terminado).

60

65

Se han usado los componentes mecánicos auto-lubricantes (productos de metalurgia en forma de polvo) que presentan un bajo coeficiente de fricción, tales como cojinetes auto-lubricantes sinterizados, producidos por medio de metalurgia en forma de polvo a partir de materiales compuestos y que comprenden un precursor en forma de partículas que forma la matriz estructural de la pieza, y un lubricante sólido en forma de partículas a incorporar en la matriz estructural de la pieza, en diversas aplicaciones domésticas y equipamiento de pequeño tamaño, tal como: impresoras, maquinillas eléctricas de afeitar, taladradoras, mezcladoras y similares. La mayoría de las soluciones bien conocidas de la técnica anterior para la matriz estructural usan bronce, cobre, plata y hierro puro. Se usan en forma de lubricantes sólidos: disulfuro de molibdeno (MoS_2), plata (Ag), politetrafluoroetileno (PTFE) y diseleniuro de molibdeno (MoSe_2). Este tipo de cojinete auto-lubricante, principalmente con matriz de bronce y cobre que contiene, como partículas de lubricante sólido, grafito en forma de polvo, selenio y disulfuro de molibdeno y metales de bajo punto de fusión, se han producido y usado durante décadas en varias aplicaciones de ingeniería.

No obstante, estas piezas no presentan elevada resistencia mecánica, como función de su elevado contenido volumétrico (de un 25 % a un 40 %) de partículas de lubricante sólido, lo que tiene como resultado un bajo grado de continuidad de la fase de matriz, que es el elemento micro-estructural responsable de la resistencia mecánica de la pieza. Este elevado contenido de lubricante sólido se ha considerado necesario para la obtención de un bajo coeficiente de fricción en una situación donde tanto las propiedades mecánicas de la matriz metálica (resistencia y dureza) como los parámetros micro-estructurales, tales como el tamaño de las partículas de lubricante sólido dispersadas en la matriz y la trayectoria libre media entre estas partículas en el material compuesto formado, no se optimizaron. El elevado porcentaje volumétrico de lubricante sólido, que tiene una baja resistencia intrínseca frente a la cizalladura, no contribuye a la resistencia mecánica de la matriz metálica. Además, la baja dureza de la matriz metálica permite la aparición de una obstrucción gradual de las partículas de lubricante sólido sobre la superficie de contacto del material o producto sinterizado. De este modo, con el fin de mantener un coeficiente de fricción suficientemente bajo, se ha usado tradicionalmente un elevado porcentaje volumétrico de lubricante sólido en la composición de materiales compuestos secos auto-lubricantes.

Un escenario parcialmente diferenciado y más desarrollado, en comparación con el previamente descrito, se divulga en el documento US 6890368A, que propone un material compuesto auto-lubricante para su uso a temperaturas dentro del intervalo entre 300 °C y 600 °C, con una resistencia de tracción suficiente ($\delta_t \geq 400$ MPa) y un coeficiente de fricción menor de 0,3. Este documento presenta una solución para obtener piezas o productos de bajo coeficiente de fricción, sinterizados a partir de una mezcla de material en forma de partículas que forma una matriz estructural mecánica y que incluye, como partículas lubricantes sólidas en su volumen, principalmente nitruro de boro hexagonal, grafito o una de sus mezclas, y afirma que dicho material es adecuado para su uso a temperaturas dentro del intervalo entre 300 °C y 600 °C, con una resistencia de tracción suficiente ($\delta_t \geq 400$ MPa) y un coeficiente de fricción menor de 0,3.

No obstante, las piezas o productos obtenidos a partir de la consolidación de una mezcla en forma de polvo que presenta simultáneamente los polvos de matriz estructural y los polvos lubricantes sólidos, tal como por ejemplo, nitruro de boro hexagonal y grafito, tienen resistencia mecánica baja y fragilidad estructural tras la sinterización.

La deficiencia citada anteriormente procede de la dispersión inapropiada, por medio de cizalladura, de la fase de lubricante sólido entre las partículas en forma de polvo de la matriz estructural, a partir de la condición que se ilustra en la figura 1A de los dibujos adjuntos, hasta la condición ilustrada en la figura 1B, durante las etapas de mezcla y conformación (densificación) de las piezas o productos objeto de producción. El lubricante sólido se dispersa, por medio de cizalladura, entre las partículas de la fase de matriz estructural, y tiende a rodear a dichas partículas durante las etapas de mezcla y conformación, tal como por medio de compactación, prensado de polvo, laminado de polvo, extrusión de polvo, así como moldeo por inyección de polvo, etapas que someten dicho lubricante sólido a tensiones que sobrepasan su tensión de cizalladura baja, como se ilustra esquemáticamente en la figura 1B de los dibujos adjuntos.

Por otra parte, la presencia de una capa de lubricante sólido entre las partículas (del polvo) de la matriz estructural, en el caso de que el lubricante sólido sea soluble en la matriz, no impide la formación de cuellos de sinterización entre las partículas de la matriz estructural mecánica del material compuesto. No obstante, en este caso, el lubricante sólido, que se disuelve durante la sinterización de la pieza, pierde su función lubricante, ya que la fase lubricante sólida desaparece por medio de disolución en la matriz. En el caso de un lubricante sólido que sea insoluble en la matriz estructural, dicho nitruro de boro hexagonal, la capa formada por medio de cizalladura impide la formación de contactos metálicos entre estas partículas que forman la matriz estructural del material compuesto durante la sinterización; esto contribuye a una reducción del grado de continuidad de la fase de la matriz estructural del material compuesto, lo que fragiliza estructuralmente el material y los productos obtenidos.

Debido a las limitaciones mencionadas anteriormente, resulta necesaria una solución tecnológica por un lado para evitar la solubilización de los lubricantes cuando son solubles en la matriz estructural y por otro, para reagrupar el lubricante sólido no dispersado en forma de una capa en las etapas de homogeneización mecánica y conformación (densificación) de la mezcla de material en forma de partículas, en partículas discretas durante la sinterización.

Una situación similar a la descrita anteriormente ocurre tras la mezcla de partículas de lubricante sólido no solubles con las partículas de matriz estructural del material compuesto, presentando el lubricante sólido 20 un tamaño de partícula mucho más pequeño que el de las partículas del material que forman la matriz estructural 10 del material compuesto (véase la figura 2B de los dibujos adjuntos). En este caso, las partículas mucho más finas del lubricante sólido 20 tienden a formar una capa 21 relativamente continua entre las partículas de polvo metálico de la matriz estructural 10, incluso sin tensiones de cizalladura durante las etapas de procesamiento antes de la sinterización. La capa 21 casi continua de material en forma de partículas finas del lubricante sólido 20 impide la sinterización entre las partículas de la matriz 10 estructural mecánica, lo que fragiliza estructuralmente la pieza final. En los casos de fases insolubles, una distribución más apropiada es aquella en la cual las partículas de material en forma de partículas de la matriz compuesta y las partículas del lubricante sólido objeto de dispersión en la matriz presentan un tamaño de partícula con el mismo orden de magnitud (véase al figura 2A).

Debido a que la matriz 10 estructural metálica es el único elemento micro-estructural de la composición que confiere resistencia mecánica al material compuesto objeto de formación, cuanto mayor es el grado de continuidad de la matriz metálica de dicho material compuesto, más elevada es la resistencia mecánica del artículo sinterizado o pieza producida con el material. Con el fin de mantener el elevado grado de continuidad de la matriz estructural metálica de material compuesto sinterizado auto-lubricante seco, es necesario, además de una baja porosidad, un porcentaje volumétrico bajo de la fase de lubricante sólido, ya que dicho lubricante sólido no contribuye a la resistencia mecánica del material y, por consiguiente, no contribuye a la resistencia mecánica de los productos sinterizados. Por lo tanto, existe una necesidad de una solución técnica, por un lado para evitar la solubilización de los lubricantes cuando son solubles en la matriz y por otro, para reagrupar el lubricante sólido que, por medio de cizalladura, durante las etapas de homogeneización mecánica y conformación (densificación) de la mezcla, dan como resultado una distribución en forma de capas 21 en el volumen del material, impidiendo la sinterización y el grado de continuidad de la matriz estructural 10 del material compuesto. El lubricante sólido 20 debería dispersarse en el volumen del material compuesto en forma de partículas discretas uniformemente distribuidas, es decir, con una trayectoria libre media " λ " que es regular, entre las partículas de la matriz 10 estructural metálica (véase la figura 13). Esto permite favorecer una mayor eficacia de lubricación y, al mismo tiempo, un grado elevado de continuidad de la matriz compuesta, garantizando una resistencia mecánica más elevada al material compuesto auto-lubricante formado durante la sinterización, como viene ilustrado en la figura 3.

Las composiciones preparadas para generar los materiales compuestos auto-lubricantes que presentan, como material para formar la matriz, el elemento metálico hierro o aleaciones ferrosas y simultáneamente tienen el grafito como lubricante sólido, dan como resultado un material compuesto sinterizado autolubricante con una matriz que puede ser excesivamente dura y frágil y con un coeficiente de fricción por encima de lo esperado y deseado, debido a la solubilización del carbono por parte de la matriz de hierro.

A temperaturas de sinterización elevadas (superiores a 723 °C), el elemento químico carbono del grafito se solubiliza en la estructura cúbica de caras centradas del hierro (hierro gamma) o de la aleación ferrosa austenítica. De este modo, el uso de un lubricante sólido que contiene grafito provoca una reacción no deseada del carbono con el hierro, durante la sinterización, desde temperaturas por encima de 723 °C, produciendo una pieza con una propiedad auto-lubricante nula o reducida, ya que todo o la mayoría del carbono del grafito deja de operar como lubricante sólido, formando carburo de hierro.

Dicho documento US 6890368 presenta una solución para un material proporcionado para formar una matriz metálica y donde, con el fin de evitar la interacción del lubricante sólido, definido por el grafito, con las partículas de la matriz estructural ferrosa, se proporciona al revestimiento anterior de las partículas de grafito un metal que, durante las elevadas temperaturas de sinterización, minimiza la posibilidad de interacción del grafito revestido con la matriz estructura ferrosa.

Aunque la solución sugerida en el documento US 6890368 soluciona el problema de pérdida de lubricante sólido de grafito durante la sinterización de la pieza por medio de revestimiento del grafito, dicho revestimiento evita que el grafito se disperse para formar una capa sobre la superficie de trabajo de las piezas cuando se encuentran en servicio (cuando se produce la fricción en movimiento relativo), reduciendo el suministro de lubricante sólido y, de este modo, convirtiendo la lubricación en menos eficaz. Además, el revestimiento del grafito solo no soluciona el problema de fragilidad de la matriz metálica cuando el lubricante sólido contiene nitruro de boro hexagonal, que puede, por medio de cizalladura, generar una película entre las partículas de matriz durante las etapas de mezcla mecánica en molinos y conformación (densificación). El problema de fragilidad de la pieza sinterizada, debido a la cizalladura del lubricante sólido del nitruro de boro hexagonal, no se comenta en el documento anterior US, aunque este documento considera la compactación y la pre-sinterización como una de las técnicas posibles para moldear la pieza objeto de sinterización que contiene dicho lubricante sólido de baja tensión de cizalladura.

Aparte de las deficiencias anteriormente mencionadas, dicha disolución de revestimiento de grafito tiene un coste elevado, como función de los materiales empleados y de la necesidad de tratamiento de metalización previo de este lubricante sólido. Además, los tipos de matriz, generalmente usada hasta tiempos recientes para la fabricación de piezas o productos en materiales compuestos auto-lubricantes, no presentan la dureza necesaria para evitar que las partículas de la fase de lubricante sólida queden cubiertas de forma rápida, por la fase de la matriz, debido a la

micro-deformación plástica provocada por las fuerzas mecánicas a las cuales se encuentra sometida la superficie de trabajo de la pieza, impidiendo el mantenimiento de una tribocapa por parte del lubricante sólido que se dispersa sobre la superficie de trabajo de la pieza.

5 Se requiere que la matriz metálica del material sea altamente resistente a la deformación plástica, con el fin de operar no solo como soporte mecánico con la capacidad de carga necesaria, sino también para evitar que las partículas lubricantes sólidas se cubran por medio de deformación plástica de la matriz estructural, tras la operación de las piezas (cuando se someten a fricción en movimiento relativo), evitando que el lubricante sólido se disperse en la interfaz donde tiene lugar el movimiento relativo entre las piezas.

10 Yu Kun, Yang Zhen, Wang Ri-Chu, Tan Ying-Guo, "Preparation of Ni-Cr/BN self-lubricating composites by active sintering process", J. CENT. SOUTH UNIV. (SCIENCE AND TECHNOLOGY). Vol. 39, n°. 3, Junio 2008 (2008-06), páginas 538-542, el documento XP002684752, divulga materiales compuestos de Ni-Cr/BN producidos en un proceso de sinterización activo usando carbonilo de níquel, Cr_2O_3 y polvos de C como materiales originales, y polvo de BN (h-BN) hexagonal como lubricante sólido.

15 El documento FR 1 530 035 A1 divulga un método para producir un material metálico dúctil que contiene un lubricante sólido por medio de metalurgia en forma de polvo, con cobre y/o níquel como metal principal. Además de cobre y/o níquel, los materiales preparados pueden contener fósforo entre un 0,5 y un 2 % en peso y un lubricante sólido, tal como grafito, en una proporción entre un 4 y un 25 % en peso.

20 El documento WO 03/004711 A1 describe un material sinterizado y un método para su producción, donde el material comprende una aleación seleccionada entre uno de los grupos que tiene una composición que comprende un % en peso: bien de Cr 5-30 /Mo 0-15/Ni 0-25/W 0-15/Si 0-5/Fe 0-5/ otros 10 máximo/Co de equilibrio, o Cr 10-20/Mo 0-15/Co 0-20/W 0-5/Fe 0-20/Al 0-5/Ti 0-5/otros 15 max/Ni de equilibrio; teniendo dicha aleación incorporada en la misma de 3-15 % en peso de Sn; y opcionalmente de 1-6 % en peso de un material lubricante sólido.

Sumario de la invención

30 Por tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar una composición metalúrgica de material compuesto formada por una matriz estructural metálica y por un lubricante sólido no metálico que sea apropiada para la fabricación, por medio de operaciones de conformación (densificación) y sinterización, de productos sinterizados (terminados y semi-terminados), que presenta un bajo coeficiente de fricción junto con elevada resistencia mecánica y elevada dureza.

35 De igual forma, un objeto de la presente invención es proporcionar una composición metalúrgica de material compuesto para la fabricación, por medio de operaciones de conformación (densificación) y sinterización, de productos sinterizados, tales como los citados anteriormente y que no requiera el tratamiento previo del lubricante sólido en forma de partículas que contiene carbono, es decir, a partir de grafito, cuando se aplica a una matriz de base sobre hierro o aleación ferrosa, incluso si dicha matriz permite que tenga lugar la disolución del carbono a las temperaturas de sinterización.

40 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar una composición tal como la citada anteriormente y que se pueda obtener de forma sencilla a bajo coste.

45 También un objetivo de la presente invención es proporcionar un producto sinterizado obtenido a partir de conformación, por medio de compactación mediante prensado, laminado, extrusión y otros o por medio de moldeo por inyección, seguido de sinterización, de la composición definida anteriormente, y que presente un elevado grado de continuidad de la matriz estructural metálica, un bajo coeficiente de fricción y una elevada resistencia, por medio del uso de un lubricante sólido que comprende, por ejemplo, grafito, nitruro de boro hexagonal o una mezcla de ambos.

50 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un proceso para obtener productos sinterizados, por medio de conformación (densificación) y sinterización, y que evite la necesidad de preparar con anterioridad las partículas de la composición usada, con el fin de garantizar la continuidad de la matriz estructural y los valores deseados de coeficiente de fricción y resistencia mecánica del producto obtenido.

55 En un primer aspecto de la presente invención, los objetivos citados anteriormente se logran a través de una composición metalúrgica de material compuesto para la fabricación de productos compuestos sinterizados auto-lubricantes, conformados previamente por medio de una de las operaciones de compactación y moldeo por inyección de dicha composición que comprende una mezcla de: un material en forma de partículas que define una matriz estructural metálica; un material en forma de partículas que define un lubricante sólido sometido a cizalladura y a la formación de una capa sobre las partículas del material que forma la matriz estructural metálica, tras homogeneización mecánica de la mezcla de los componentes o tras la conformación (densificación) de la composición del material compuesto; y al menos un material en forma de partículas que define un elemento de aleación en forma de partículas (elemento químico) capaz de formar una fase líquida durante la sinterización,

haciendo reaccionar con la matriz del material compuesto, permitiendo la inversión, durante la sinterización, la distribución adversa del lubricante sólido presente en la forma de una capa.

5 La fase líquida, que se forma por medio de inter-difusión de los componentes de la mezcla en forma de partículas y tras la dispersión sobre las partículas del material de la matriz que están presentes en el material que se forma, penetra entre estas partículas y la capa de lubricante sólido adherido, retirando dicho lubricante sólido y provocando la aglomeración del lubricante sólido en partículas discretas dispersadas en el volumen del material de la matriz, permitiendo la continuidad del material de las partículas de la fase de matriz durante la sinterización.

10 En otro aspecto de la presente invención, se proporciona una composición metalúrgica de material compuesto, para la fabricación de productos sinterizados a partir de un componente que se conforma previamente (densifica) con la composición definida anteriormente y que comprende una mezcla de: un material en forma de partículas que define una matriz estructural metálica (matriz compuesta) y un material en forma de partículas que define un lubricante sólido sujeto a reacción con el material en forma de partículas de la matriz estructural metálica, a las temperaturas de sinterización de dicho material en forma de partículas; y al menos un material en forma de partículas que define un componente de aleación que estabiliza la fase alfa del material de la matriz estructural metálica (matriz compuesta) a dichas temperaturas de sinterización.

20 En otro aspecto de la presente invención, los objetivos anteriores se logran a través de un producto sinterizado que comprende una matriz estructural metálica obtenida por medio de cualquiera de las composiciones anteriores y que presenta dispersión de partículas discretas de lubricante sólido, siendo la matriz estructural metálica continua y presentando una cantidad de lubricante sólido igual a la que contiene dicha composición metalúrgica usada para la formación de producto. En otro aspecto de la presente invención, los objetivos anteriores se logran a través de un proceso para obtener un producto sinterizado a partir de la composición metalúrgica definida anteriormente y que presenta dispersión de las partículas de lubricante sólido, comprendiendo dicho proceso las etapas de: a - mezclar, en cantidades pre-determinadas, los materiales en forma de partículas que definen la composición metalúrgica y llevar a cabo la homogeneización, por ejemplo por vía mecánica y en un molino/mezclador; b - proporcionar la conformación (densificación) de la mezcla obtenida, impartiendo a dicha mezcla la forma del producto (pieza) objeto de sinterización; y c - sinterizar el material pre-compactado.

30 Cuando la conformación de la composición metalúrgica, antes de la sinterización, se lleva a cabo por medio de moldeo por extrusión o inyección, es necesario incluir en dicha composición un aglutinante orgánico para proporcionar fluidez a la composición durante la fase de conformación.

35 El material compuesto auto-lubricante obtenido con la presente invención se puede usar para la fabricación de componentes de elevada resistencia mecánica, es decir, para la fabricación de componentes mecánicos, tales como engranajes, piñones, coronas, horquillas y accionadores, pistones y vástagos de conexión para compresores, etc., y no solo para cojinetes auto-lubricantes en seco.

40 El elevado rendimiento mecánico y tribológico simultáneo es el resultado de la aplicación de una serie de requisitos específicos relacionados con las propiedades mecánicas de la matriz y con los parámetros micro-estructurales diseñados para el material de la composición, que son los siguientes: dureza y resistencia mecánica de la matriz, tamaño y trayectoria libre media entre las partículas de lubricante sólido dispersadas en la matriz; grado de continuidad de la matriz; porcentaje volumétrico de partículas de lubricante sólido dispersadas en la matriz estructural; y estabilidad relativa entre la fase de lubricante sólido y la matriz.

Breve descripción de las figuras

50 A continuación se describe la invención, con referencia a las figuras adjuntas, proporcionadas a modo de ejemplo de las realizaciones de la invención y donde:

La Figura 1A representa esquemáticamente una parte de la micro-estructura de la composición de la técnica anterior del material en forma de partículas, que comprende una matriz estructural y un lubricante sólido que contiene nitruro de boro hexagonal y/o grafito, antes de someterla a las operaciones de homogeneización mecánica de la mezcla de materiales en forma de partículas y de conformación (densificación) de la pieza, antes de la sinterización;

La Figura 1B es similar a la Figura 1A, pero ilustra la micro-estructura de la misma composición de la técnica anterior de material en forma de partículas, después de haberse producido la homogeneización y la conformación, con la formación de una capa de lubricante sólido entre las partículas de la matriz estructural;

60 La Figura 2A representa esquemáticamente una parte de la micro-estructura de la composición o la mezcla del material en forma de partículas de la matriz estructural metálica, presentando el material de lubricante sólido en forma de partículas un tamaño de partícula similar (del mismo orden de magnitud) que el de la matriz estructural metálica, favoreciendo el grado de continuidad de la última;

65 La Figura 2B representa esquemáticamente una parte de la micro-estructura de la composición de material en forma de partículas de la matriz estructural, presentando el lubricante sólido un tamaño de partícula mucho menor que el de la matriz estructural metálica, de modo que existe tendencia a que las partículas mucho más

finas del lubricante sólido formen una capa relativamente continua entre las partículas de la matriz estructural metálica, incluso en ausencia de tensiones de cizalladura durante las etapas de procesado previas a la sinterización;

La Figura 3 muestra esquemáticamente el lubricante sólido en forma de partículas discretas distribuidas de manera uniforme, con una trayectoria libre media regular " λ " entre ellas, en una parte de la micro-estructura de la composición de material en forma de partículas de la presente invención;

La Figura 4 representa un dibujo de la micro-estructura del producto sinterizado auto-lubricante cuya matriz estructural es una aleación ferrosa, lo que evidencia las partículas de nitruro de boro hexagonal y grafito y la provisión de la fase líquida dispersadas en el material en forma de partículas de la matriz estructural durante la sinterización.

La Figura 5 representa esquemáticamente, en un diagrama simplificado, un ejemplo de compactación en la formación de una pieza o producto para su posterior sinterización, estando formada dicha compactación para proporcionar una capa auto-lubricante en dos caras opuestas del producto objeto de sinterización;

Las Figuras 6A, 6B y 6C representan ejemplos de productos cuya conformación se obtiene por medio de la compactación llevada a cabo por medio de extrusión, respectivamente, de una barra en un material compuesto auto-lubricante, de un tubo en un material compuesto auto-lubricante y de una barra con un núcleo en una aleación metálica revestida con una capa externa de material auto-lubricante; y

La Figura 7 representa esquemáticamente, en un diagrama simplificado, un ejemplo de compactación en la formación de una pieza de producto, para su posterior sinterización, estando formada dicha compactación por laminado de un material compuesto auto-lubricante sobre las caras opuestas de una plancha o fleje en la aleación metálica.

Descripción de la invención

Como ya se ha mencionado anteriormente, uno de los objetivos de la invención es proporcionar una composición metalúrgica de materiales en forma de partículas, que se pueden mezclar de manera homogénea y se pueden conformar (densificar) por medio de compactación (prensado, laminado, extrusión) o por medio de moldeo por inyección, de forma que se pueda asumir una geometría definida (pieza) para envío a una operación de sinterización, con el fin de obtener un producto que presente elevada dureza, resistencia mecánica y coeficiente de fricción reducido en relación con los productos obtenidos por medio de las consideraciones de la técnica anterior. La presente composición metalúrgica comprende un material metálico principal en forma de partículas que es preponderante en la formación de la composición, y al menos un elemento de aleación de endurecimiento en forma de partículas, siendo responsables estos componentes de la formación de una matriz estructural 10 en el producto compuesto objeto de sinterización.

De acuerdo con la invención, el material metálico principal en forma de partículas es níquel, que define una matriz estructural basada en níquel.

Debería apreciarse que la invención requiere la provisión de un elemento de endurecimiento de aleación que puede llevar a cabo la función de endurecer la matriz estructural objeto de formación.

Además de los componentes que forman la matriz estructural 10, la presente composición comprende un lubricante 20 sólido en forma de partículas no metálicas que preferentemente, pero de forma exclusiva, viene definido por nitruro de boro hexagonal, grafito o también por una mezcla de ambos en cualquier proporción, representando dicho lubricante 20 sólido en forma de partículas un porcentaje volumétrico menor o igual que aproximadamente un 15 % del volumen del material compuesto objeto de formación, siendo dicho porcentaje mucho menor que el normal de un 25 % a un 40 % de la técnica anterior, contribuyendo de manera relevante a un grado de continuidad más elevado de la matriz estructural 10 y, por consiguiente, a una resistencia mecánica más elevada del producto sinterizado que se obtiene.

Como ya se ha mencionado anteriormente en la discusión de la técnica anterior y como se ilustra en las figuras 1A, 1B, 2A y 2B, debido a la baja tensión de cizalladura del lubricante sólido no metálico en forma de partículas usado en la formación de la composición y, posteriormente, del producto compuesto sinterizado, durante la etapa de mezcla de los materiales en forma de partículas de la composición y la etapa de conformación de la composición, por medio de compactación o por medio de moldeo por inyección, las tensiones aplicadas al lubricante sólido 20 provocan que el último se disperse entre las partículas que forman la fase de la matriz estructural 10, tendiendo a rodearlas en una película o capa 21, impidiendo la formación de cuellos de sinterización entre las partículas que forman la matriz 10 estructural metálica, en el caso de que el lubricante 20 sólido en forma de partículas sea insoluble en el material de la matriz estructural 10, como sucede con el nitruro de boro hexagonal en relación con una matriz 10 estructural ferrosa o de base de níquel.

Con el fin de evitar la deficiencia mencionada anteriormente, la composición de la presente invención comprende además al menos un elemento de aleación en forma de partículas que es capaz de formar, a las temperaturas de sinterización de la composición metalúrgica conformada, una fase líquida entre el material en forma de partículas que forma la matriz estructural 10 y el lubricante 20 sólido en forma de partículas, forzando a este último a aglomerarse en partículas discretas que se dispersan de manera homogénea en el material de la matriz estructural

10, como se ilustra en la figura 3. La formación de la fase líquida y su acción sobre el lubricante 20 sólido en forma de partículas permiten la obtención de un elevado grado de continuidad de la matriz estructural 10 en el producto compuesto sinterizado que se pretende obtener.

- 5 Cuando la composición se conforma por medio de compactación y usa una matriz estructural ferrosa, el material metálico principal en forma de partículas de hierro presenta, preferentemente, un tamaño medio de partícula que se encuentra entre aproximadamente 10 μm y aproximadamente 90 μm . A su vez, el elemento de endurecimiento, con la función de endurecimiento de la matriz estructural 10, y el elemento de aleación en forma de partículas, con la función de formar la fase líquida y aglomerar el lubricante 20 sólido en forma de partículas, durante la sinterización
- 10 de la composición metalúrgica conformada por medio de compactación (densificación), presentan un tamaño medio de partícula menor que aproximadamente 45 μm . Debería entenderse que el tamaño medio de partículas del material metálico principal en forma de partículas de hierro debería preferentemente ser mayor que el tamaño medio de partícula del elemento de endurecimiento y el elemento de aleación.
- 15 La reacción del lubricante 20 sólido en forma de partículas con la matriz estructural 10 provoca que el primero desaparezca de forma parcial o completa en el material del segundo, impidiendo o incluso eliminando la característica auto-lubricante del producto sinterizado que se pretende obtener.

20 Como ya se ha mencionado, la matriz estructural 10 de la composición metalúrgica está basada en níquel y, en este caso, cualquiera de los lubricantes 20 sólidos en forma de partículas, ejemplificados en la presente memoria como grafito, nitruro de boro hexagonal o una de sus mezclas en cualquier proporción, tendrán las características de ser insolubles en la matriz 10 estructural de níquel, a las temperaturas de sinterización de la composición metalúrgica, desde aproximadamente 1125 $^{\circ}\text{C}$ a aproximadamente 1250 $^{\circ}\text{C}$, proporcionando el uso del componente de aleación en forma de partículas que estabiliza la fase alfa de hierro.

25 Cuando la composición metalúrgica de la invención usa una matriz 10 estructural basada en níquel, el material de níquel metálico en forma de partículas presenta, tras la conformación por medio de compactación, un tamaño medio de partícula preferentemente entre aproximadamente 10 μm y aproximadamente 90 μm , el elemento de endurecimiento, con la función de endurecer la matriz estructural 10, y el elemento de aleación en forma de partículas, con la función de formar la fase líquida y aglomerar el lubricante 20 sólido en forma de partículas, durante la sinterización de la composición metalúrgica conformada por medio de compactación (densificación), presentando un tamaño medio de partícula igual o menor de aproximadamente 45 μm . Cuando la conformación de la composición se lleva a cabo por medio de moldeo por inyección, es preferible que el material principal de níquel metálico en forma de partículas y el elemento de endurecimiento, con la función de endurecer la matriz estructural

30 10, y también el elemento de aleación en forma de partículas, con la función de formar la fase líquida, presenten un tamaño de partícula que preferentemente se encuentra entre aproximadamente 1 μm y aproximadamente 45 μm . Considerando la composición metalúrgica con una matriz 10 estructural basada en níquel, el elemento de endurecimiento, con la función de endurecer la matriz de níquel, y el elemento de aleación en forma de partículas, con la función de formar la fase líquida y aglomerar el lubricante 20 sólido en forma de partículas en partículas discretas, se definen por medio de una mezcla que consiste en silicio, fósforo y cromo, en contenidos de aproximadamente un 2 % a aproximadamente un 8 % en peso de la composición metalúrgica.

45 Cuando la conformación de la composición metalúrgica, antes de la sinterización, se lleva a cabo por medio de moldeo por extrusión o inyección, la composición debería comprender además al menos un aglutinante orgánico seleccionado preferentemente entre el grupo que consiste en parafina y otras ceras, EVA, y un polímero de bajo punto de fusión en una proporción que generalmente varía de aproximadamente un 15 % a aproximadamente un 45 % del volumen total de la composición metalúrgica, tras confirmación por medio de extrusión, y de aproximadamente un 40 % a un 45 %, tras la conformación por medio de moldeo por inyección. Se extrae el aglutinante orgánico a partir de la composición tras la etapa de conformación, por ejemplo por medio de evaporación, antes de conducir el producto conformado a la etapa de sinterización.

50 Las composiciones metalúrgicas descritas anteriormente se obtienen por medio de mezcla, en cualquier mezclador(es) apropiado(s), de cantidades pre-determinadas de materiales en forma de partículas seleccionados para la formación de la composición y para la obtención posterior de un producto sinterizado auto-lubricante.

55 La mezcla de los diferentes materiales en forma de partículas se homogeneiza y se somete a una operación de densificación por medio de compactación, es decir, por medio de prensado, laminación o extrusión, o también por medio de moldeo por inyección, de manera que se pueda conformar con una forma deseada para el producto que se obtiene por medio de sinterización.

60 En el caso de conformación por medio de moldeo por inyección, se homogeneiza la mezcla de componentes que contiene el aglutinante orgánico a temperaturas no inferiores a la de la fusión del aglutinante orgánico, granulándose de este modo la mezcla homogeneizada para facilitar su manipulación, almacenamiento y suministro a una máquina de inyección.

65

Tras la conformación de la composición, se somete la pieza conformada a una etapa de extracción del aglutinante orgánico, generalmente por medio de un proceso térmico.

5 La composición metalúrgica homogeneizada y conformada se puede someter posteriormente a una etapa de sinterización, a temperaturas de aproximadamente 1125 °C a aproximadamente 1250 °C. Considerando que la composición metalúrgica con una matriz 10 estructural de base de níquel, comprende al menos un elemento de aleación en forma de partículas con la función de formar la fase líquida, durante la sinterización, se forma dicha fase líquida por medio del elemento de aleación en forma de partículas, y se favorece la aglomeración del lubricante 20 sólido en forma de partículas para dar lugar a partículas discretas dispersadas en el volumen de la matriz estructural 10.

15 Con la composición metalúrgica propuesta en la presente memoria, es posible obtener piezas o productos sinterizados auto-lubricantes, a partir de materiales en forma de partículas que no requieren tratamiento previo para el lubricante sólido en forma de partículas no metálico, presentando dichas piezas o productos: en el caso de usar una matriz 10 estructural basada en níquel, una Dureza HV ≥ 240 , un coeficiente de fricción $\mu \leq 0,20$, una resistencia a la tracción mecánica $\delta t \geq 350$ MPa y también una dispersión de partículas discretas de lubricante sólido 20 con un tamaño medio de partícula entre aproximadamente 10 μm y aproximadamente 60 μm para los productos conformados por medio de compactación y entre aproximadamente 2 μm y aproximadamente 20 μm para los productos conformados por medio de moldeo por inyección. Las Figuras 5, 6A, 6B, 6C y 7 de los dibujos adjuntos 20 tienen la finalidad de ejemplificar diferentes posibilidades de conformación de la presente composición metalúrgica, por medio de compactación de una determinada cantidad pre-determinada de composición metalúrgica con una forma deseada, que puede ser la de la pieza final sinterizada auto-lubricante o producto deseado que se pretende obtener, o una forma próxima a la del deseada final.

25 No obstante, en un número grande de aplicaciones, la característica auto-lubricante únicamente es necesaria en una o más regiones superficiales de un componente mecánico o pieza, que se pretende someter a contacto por fricción con otro elemento relativamente móvil.

30 De este modo, el producto auto-lubricante deseado puede estar formado, como se ilustra en la Figura 5, por un sustrato estructural 30 preferentemente conformado en un material en forma de partículas y que recibe, en una o dos caras opuestas 31, una capa superficial 41 de la composición metalúrgica 40 de la presente invención. En el ejemplo ilustrado, el sustrato estructural 30 y las dos capas superficiales opuestas de la composición metalúrgica 40 se compactan en el interior de cualquier molde apropiado M, por medio de dos troqueles opuestos P, que forman un producto 1 compuesto conformado y compactado, que posteriormente se envía a una etapa de sinterización. En este ejemplo, únicamente las dos caras opuestas 31 del sustrato estructural 30 presentan las propiedades auto-lubricantes deseadas.

40 Las Figuras 6A y 6B ejemplifican productos en forma de una barra 2 y un tubo 3, respectivamente, obtenidos por medio de extrusión de la composición metalúrgica 40, en una matriz de extrusión apropiada (no ilustrada). En este caso, la conformación por medio de compactación de la composición metalúrgica 40 se lleva a cabo en la etapa de extrusión de ésta última. La barra 2 o el tubo 3 se pueden someter posteriormente a una etapa de sinterización, para la formación de una matriz 10 estructural basada en níquel e incorporar las partículas discretas dispersadas del lubricante 20 sólido en forma de partículas, como se representa esquemáticamente en las figuras 3 y 4.

45 La Figura 6C ilustra otro ejemplo de producto formado por medio de una barra compuesta 4, que comprende un núcleo estructural 35, en un material en forma de partículas y que está rodeado, de manera circunferencial y externa, por una capa superficial 41 formada a partir de la composición metalúrgica 40 de la invención. De igual forma en este caso, la conformación y la compactación (densificación) del núcleo estructural 35 y la capa 41 superficial externa de la composición metalúrgica 40 se obtienen por medio de co-extrusión de las dos partes de la barra compuesta 4, que posteriormente se envía a la etapa de sinterización.

50 Cuando la compactación de la composición metalúrgica 20 se lleva a cabo por medio de extrusión, como sucede, por ejemplo, en la formación de las barras 2, 3 y 4 de las figuras 6A, 6B y 6C, dicha composición puede además comprender un aglutinante orgánico que se retira térmicamente de la composición, tras la conformación de la última y antes de la etapa de sinterización, por medio de cualesquiera técnicas conocidas para dicha retirada.

El aglutinante orgánico puede ser, por ejemplo, cualquiera seleccionado entre el grupo que consiste en parafina y otras ceras, EVA y polímero de bajo punto de fusión.

60 La Figura 7 representa, también de manera esquemática, otro modo de obtener un producto compuesto sinterizado, que presenta una o más regiones superficiales que tienen características auto-lubricantes. En este ejemplo, el producto 5 a obtener presenta un sustrato estructural 30 formado en un material en forma de partículas, previamente conformado con forma de fleje, apreciándose que, sobre al menos una de las caras opuestas del sustrato estructural 30, en forma de un fleje continuo, se lamina una capa superficial 41 de la composición metalúrgica 40 de la presente invención. Posteriormente, el producto compuesto 5 se envía a una etapa de sinterización.

5 Aunque se ha presentado la invención en el presente documento por medio de algunos ejemplos de posibles composiciones metalúrgicas y asociaciones con diferentes sustratos estructurales, debería entenderse que dichas composiciones y asociaciones pueden sufrir alteraciones que resultan evidentes para los expertos en la técnica, sin alejarse del concepto de la invención de controlar la distribución del lubricante sólido, en partículas discretas, en la matriz estructural, y cualquier tendencia eventual de dicho lubricante sólido para disolver dicha matriz, durante la etapa de sinterización, como se define en las reivindicaciones adjuntas que acompañan a la presente memoria descriptiva.

REIVINDICACIONES

1. Una composición metalúrgica de materiales en forma de partículas, para formar productos compuestos auto-lubricantes conformados y sinterizados, **caracterizada por que** comprende un material metálico principal en forma de partículas, en forma de elemento químico preponderante, donde el material metálico principal en forma de partículas es níquel, y al menos un elemento de endurecimiento, que forman una matriz estructural (10) en el producto compuesto objeto de sinterización; un lubricante (20) sólido no metálico en forma de partículas, donde el lubricante sólido en forma de partículas está seleccionado entre grafito, nitruro de boro hexagonal o entre una mezcla de ambos en cualquier proporción; y al menos un elemento de aleación en forma de partículas capaz de formar, durante la sinterización de la composición metalúrgica conformada, una fase líquida entre el material en forma de partículas que forma la matriz estructural (10) y el lubricante sólido en forma de partículas (20), aglomerar el último en partículas discretas, donde el elemento de endurecimiento en forma de partículas, con la función de endurecimiento de la matriz de níquel y el elemento de aleación en forma de partículas, con la función de formar la fase líquida y aglomerar el lubricante sólido en partículas discretas se definen por medio de una mezcla que consiste en silicio, fósforo y cromo, con contenidos de un 2 % a un 8 % en peso de la composición metalúrgica.
2. La composición expuesta en la reivindicación 1, conformada por medio de compactación y **caracterizada por que** el material metálico principal en forma de partículas de níquel presenta un tamaño medio de partícula que se encuentra entre aproximadamente 10 μm y aproximadamente 90 μm , el elemento de endurecimiento con la función de endurecer la matriz, y el elemento de aleación en forma de partículas con la función de formar la fase líquida y aglomerar el lubricante sólido en forma de partículas, durante la sinterización de la composición metalúrgica conformada por medio de compactación, que presenta un tamaño medio de partícula igual o menor de aproximadamente 45 μm .
3. La composición expuesta en la reivindicación 1, conformada por medio de moldeo por inyección y **caracterizada por que** además comprende un aglutinante orgánico y **por que** el material principal de níquel metálico en forma de partículas, el elemento de endurecimiento, el elemento de aleación en forma de partículas, que forma la fase líquida, y el lubricante sólido en forma de partículas presentan un tamaño medio de partículas que se encuentra entre aproximadamente 1 μm y aproximadamente 45 μm .
4. La composición expuesta en la reivindicación 3, **caracterizada por que** el aglutinante orgánico está seleccionado entre el grupo que consiste en parafina y otras ceras, EVA y polímeros de bajo punto de fusión, en una proporción que varía de aproximadamente un 40 % a aproximadamente un 45 % del volumen total de la composición metalúrgica.
5. Un proceso para obtener productos sinterizados auto-lubricantes a partir de la composición metalúrgica de materiales en forma de partículas definida en la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** comprende las etapas de:
- mezclar, en cantidades pre-determinadas, los materiales en forma de partículas que definen la composición metalúrgica;
 - homogeneizar la mezcla de materiales en forma de partículas;
 - compactar la mezcla de materiales en forma de partículas, para proporcionar la mezcla con la forma del producto objeto de sinterización;
 - sinterizar la mezcla compactada y conformada, a temperaturas de aproximadamente 1125 °C a aproximadamente 1250 °C, formar, durante la sinterización, una fase líquida con el elemento de aleación en forma de partículas y de este modo favorecer la aglomeración del lubricante sólido en partículas discretas dispersadas en el volumen de la matriz estructural.
6. El proceso expuesto en la reivindicación 5, **caracterizado por que** la etapa de compactación de la mezcla de materiales en forma de partículas, que define la composición metalúrgica (40) comprende uno del proceso de: laminar la última en forma de una plancha o fleje para posteriormente someterla a sinterización; laminar la última sobre la menos una de las caras opuestas de un sustrato estructural (30) en la forma de una plancha o fleje de material en forma de partículas compatible con el material metálico principal en forma de partículas que forma la matriz estructural (10); extrusión en una de las formas definidas por una barra (2) y un tubo (3); y co-extrusión del último en forma de una capa superficial (41) alrededor de un núcleo estructural (35) en forma de una barra de material en forma de partículas compatible con el material metálico principal en forma de partículas que forma la matriz estructural (10), para formar de este modo una barra compuesta (4).

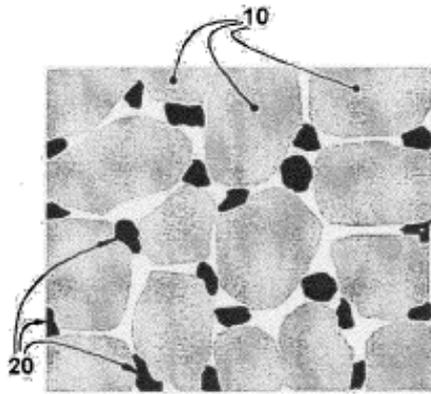


FIG 1A
TÉCNICA ANTERIOR

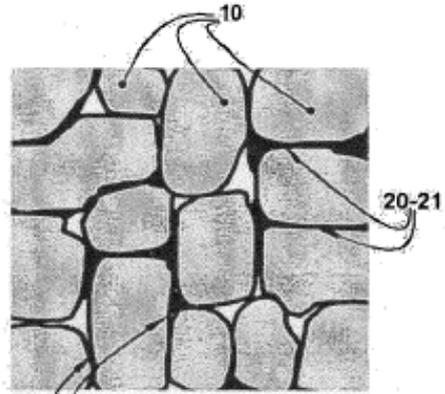


FIG. 1B
TÉCNICA ANTERIOR

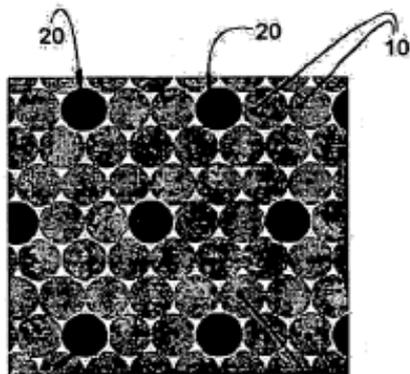


FIG 2A
TÉCNICA ANTERIOR

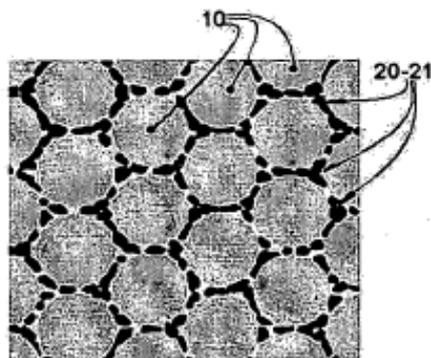


FIG. 2B
TÉCNICA ANTERIOR

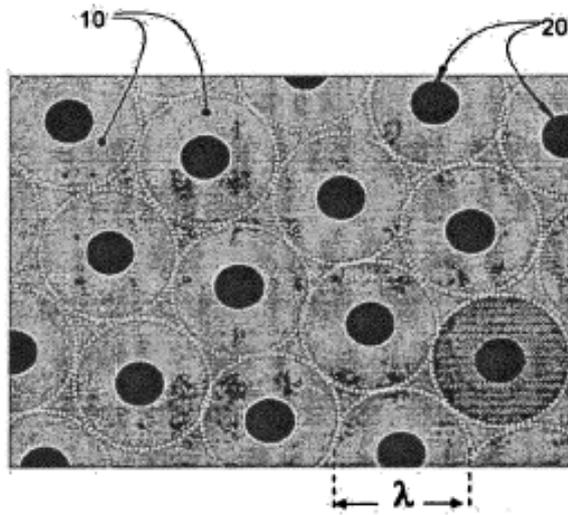


FIG. 3

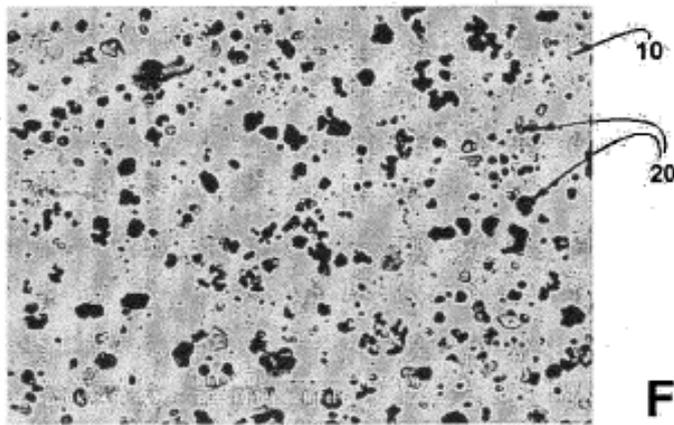


FIG. 4

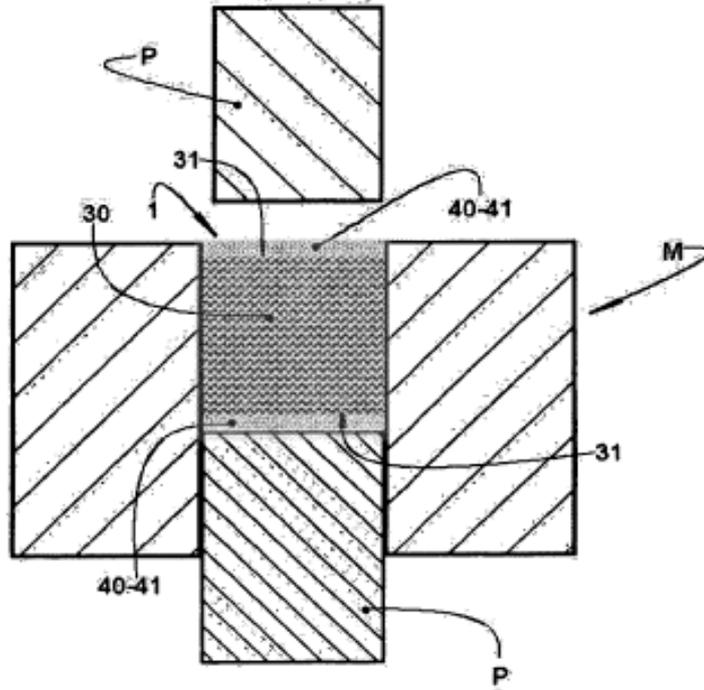


FIG. 5

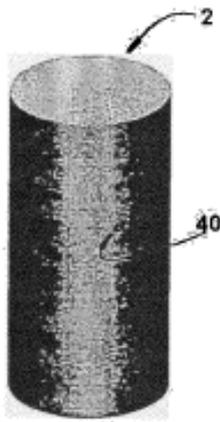


FIG. 6A

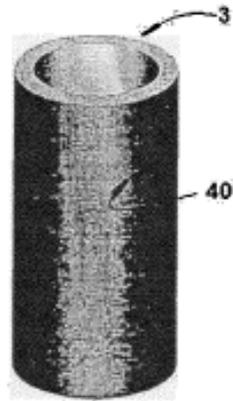


FIG. 6B

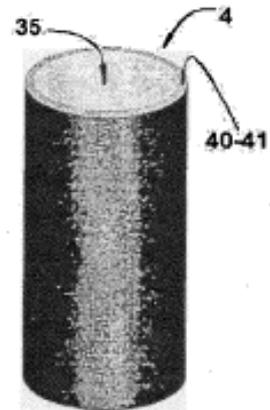


FIG. 6C

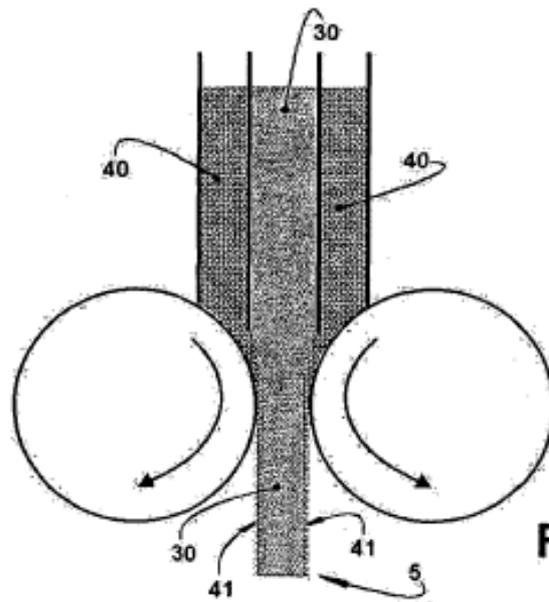


FIG. 7