(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 272 202**

(51) Int. Cl.:
C22C 1/04 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **04802845 .0**
(96) Fecha de presentación : **26.11.2004**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1709209**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **11.10.2006**

(54) Título: **Procedimientos para la sinterización de una aleación de metal ligero.**

(30) Prioridad: **19.01.2004 DE 10 2004 002 714**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.12.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.12.2008

(73) Titular/es: **Schwäbische Hüttenwerke Automotive GmbH & Co. KG.**
Wilhelmstrasse 67
73433 Aalen-Wasseralfingen, DE

(72) Inventor/es: **Pohl, Angelika;**
Stock, Otto;
Bächle, Klaus Edgar y
Eiberger, Anton

(74) Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Procedimientos para la sinterización de una aleación de metal ligero.

El invento se refiere a un procedimiento para la sinterización de una aleación de metal ligero para piezas de un metal ligero, de dimensiones estables, así como a las piezas de metal ligero producidas según éste.

La producción de piezas sinterizadas para piezas ligeras de dimensiones exactas, solicitadas en alto grado, se ha hecho entre tanto usual a causa del procedimiento sencillo y preciso. Mediante el procedimiento de sinterización se pueden evitar costosas etapas de mecanización, tales como las de fresado, etc. Las piezas sinterizadas cumplen todos los necesarios requisitos de resistencia mecánica y de elasticidad, junto con procedimientos de producción más sencillos. Se pueden emplear como materiales de partida tanto mezclas de polvos metálicos que funden homogéneamente como también mezclas de polvos metálicos que no funden homogéneamente. Se pueden emplear polvos, granulados, granzas o similares, con diferentes tamaños de granos. Éstos se prensan usualmente con un agente auxiliar de prensado, que es necesario con el fin de desmoldear desde la herramienta la pieza densificada, y luego se sinterizan, estando la pieza sometida durante la sinterización, por desaparición de los espacios vacíos en la estructura, a una contracción más o menos fuerte. La sinterización de polvos que contienen hierro es conocida, p.ej. a partir del documento de patente europea EP 1.133.374 B1 o sino del documento EP 1.246.950 B1. Las experiencias adquiridas acerca de la sinterización de polvos de acero no son transferibles sin embargo a la sinterización de piezas sinterizadas de metales ligeros, tales como las constituidas a base de aluminio, puesto que el hierro y sus aleaciones no forman ninguna capa de óxido que funda a alta temperatura, que perturbe a una sinterización conjunta posterior de las partículas de polvo. En el caso de aleaciones de acero, los procedimientos de sinterización se pueden llevar a cabo bien a causa de la alta ductilidad del material - en el caso de los metales ligeros, en su mayor parte frágiles, se observaba en estos usuales procedimientos de sinterización una alta contracción irregular situada en torno a ≤ 2-6% en volumen, lo cual conducía a piezas que no eran de dimensiones estables, y a muy altas tasas de desechos. Como consecuencia de esto, la producción de piezas sinterizadas de metales ligeros es hasta ahora problemática.

Se desea emplear piezas sinterizadas de metales ligeros con el fin de ahorrar peso y hacer posible una construcción ligera. Esto es válido muy especialmente para piezas destinadas a la producción de vehículos - de vehículos tanto terrestres como también aéreos, pero es conveniente para todas las aplicaciones, entre otras aquellas donde se debía de ahorrar peso. Las piezas de metales ligeros tienen también la ventaja de una pequeña corrosión, puesto que ellas tienen superficies pasivadas - por lo tanto ellas son frecuentemente superiores en unas aplicaciones donde las piezas de hierro posiblemente se enroñarían - p.ej. en espacios húmedos, en un entorno alcalino, etc. Hasta ahora, las piezas sinterizadas de metales ligeros, p.ej. las piezas sinterizadas de aleaciones de aluminio, se producían con un habitual procedimiento de sinterización, en el cual el polvo que se ha de sinterizar - que puede componerse de un material o de una mezcla de materiales - primeramente era prensado con un agente auxiliar de prensado para formar una pieza en bruto. Ésta, luego, a una temperatura de sinterización situada en el intervalo de un 60 a 90% de la temperatura de liquidus del material a sinterizar, es sinterizada, enfriada bruscamente y calibrada.

Un procedimiento para la sinterización de polvos de aluminio es conocido a partir del documento de patente alemana DE 19950595, en el cual un polvo metálico altamente densificado es sinterizado a unas temperaturas relativamente bajas, con el fin de evitar una fase líquida. Este procedimiento suministraba unas piezas, cuyas propiedades mecánicas eran todavía capaces de mejoramiento.

En comparación con esto, es misión del invento evitar las desventajas de los procedimientos de sinterización del estado de la técnica para piezas sinterizadas de metales ligeros, y presentar un procedimiento que haga posibles unas piezas de dimensiones estables.

El problema planteado por esta misión se resuelve conforme al invento mediante un procedimiento de sinterización con las características de la reivindicación 1 para piezas de metales ligeros de dimensiones estables. Ventajosos perfeccionamientos se establecen a partir de las reivindicaciones dependientes. El invento se refiere también a piezas sinterizadas, de acuerdo con la reivindicación 15.

Por el hecho de que ahora, conforme al invento, después de una sinterización, que ya produce una consolidación de la estructura y una aglutinación parcial del cuerpo sinterizado, sigue un prensado bidimensional con una densificación relativamente alta del cuerpo sinterizado, la estructura de los granos es sorprendentemente modificada de tal manera que la contracción, al sinterizar subsiguientemente a una alta temperatura de sinterización, se hace muy pequeña y se evita la contracción incontrolada, que conducía a las altas tasas de desechos. Mediante la alta densificación en frío de un cuerpo sinterizado que ha sido liberado por sinterización del agente auxiliar de prensado y que fácilmente ya se ha aglutinado algo, la estructura del grano del mismo se modifica de tal manera que se establece una mejor consolidación. Puesto que el agente auxiliar de prensado había sido eliminado en la etapa de sinterización, se puede conseguir un alto grado de densificación.

Los granos de la estructura son en este caso deformados longitudinalmente (de manera oblonga) a causa del prensado bidimensional, permaneciendo conservada esta deformación hasta llegar al producto final. Los granos oblongos proporcionan una muy buena consolidación interna de la pieza - tal como de un modo similar se podía conseguir en todo caso mediante fibras -. A esta alta consolidación le sigue una alta sinterización a unas temperaturas muy altas de sinterización, con lo que se consolida esta estructura. Las tensiones existentes en el cuerpo sinterizado altamente

densificado son descompuestas y se efectúan aglutinaciones ulteriores entre granos contiguos. Como muy altas temperaturas de sinterización se designan en este contexto las que se encuentran en la zona límite más superior de la temperatura de sinterización de la aleación de metal ligero. Usualmente, una sinterización tiene lugar a un 60 hasta 90% de la temperatura de liquidus de la aleación que se ha de sinterizar. Unos polvos y unas mezclas de polvos de múltiples fases se sinterizan por lo general en la proximidad de la temperatura de fusión o de solidus del componente de la mezcla que funde a la más baja temperatura. En conexión con el invento, se entienden como altas temperaturas de sinterización las situadas por encima de un 90% de la temperatura de liquidus y como temperaturas normales de sinterización las que están situadas en torno a un 90% de la temperatura de liquidus. A continuación, la pieza producida de esta manera puede ser calibrada. Las piezas producidas de esta manera son de dimensiones muy estables y a causa de la estructura texturada producida mediante el procedimiento, son provistas de muy favorables propiedades físicas.

Al sinterizar, se ponen en libertad ciertos sitios reactivos del polvo que se ha de sinterizar, lo cual conduce a una aglutinación química de granos que están en contacto unos con otros en los sitios de contacto. Puesto que en el caso de este proceso los sitios reactivos pueden ser ocupados eventualmente también por moléculas gaseosas que se introducen por difusión rápidamente a las altas temperaturas de sinterización, es conveniente llevar a cabo las etapas de sinterización en una atmósfera de un gas protector, con el fin de evitar reacciones con gases del aire, tales como una oxidación, o también una formación de hidróxidos, en el caso de que el aire esté húmedo. En este contexto hay que hacer mención al hecho de que, en el caso de que la aleación metálica para sinterizar sea susceptible a la formación de hidróxidos, se deben emplear unos gases secos, con el fin de evitar una reacción con el agua existente en el gas.

Después de la sinterización es conveniente congelar el estado así conseguido mediante un rápido enfriamiento - enfriamiento brusco -, con el fin de evitar de esta manera una deformación al enfriar. Se ha manifestado como especialmente favorable enfriar bruscamente con un gas protector a las piezas sinterizadas, después de la sinterización, a fin de congelar el estado producido al sinterizar, pero evitar una oxidación / una formación de hidróxidos. Como gases protectores son apropiados todos los gases que no reaccionan con los componentes de la aleación en un grado esencial, tales como nitrógeno, argón, hidrógeno o mezclas de los mismos. La elección de un gas de este tipo resulta habitual para un experto en la especialidad. El procedimiento se puede llevar a cabo también en vacío.

En los casos de algunas piezas sinterizadas - dependiendo del material - puede ser favorable enfriar bruscamente en agua a la pieza sinterizada, en particular en el caso de que la pieza sinterizada no sea esencialmente reactiva, p.ej. susceptible de oxidarse. La elección del medio para el enfriamiento brusco depende en gran manera del material - pero es fácilmente accesible para un experto en la especialidad. En tales casos se pueden emplear medios gaseosos o líquidos para enfriamiento brusco - dependiendo del comportamiento de la pieza recientemente sinterizada frente al medio.

Antes de cualquier densificación de piezas sinterizadas puede ser favorable emplear, después de la sinterización con un subsiguiente enfriamiento brusco, un recocido por disolución, es decir un tratamiento térmico a temperaturas más bajas de aproximadamente un 70% a 95% de la temperatura de liquidus de la aleación de metal ligero, con lo cual la pieza se puede calibrar más fácilmente y los elementos de aleación, distribuidos irregularmente en la estructura, se disuelven y homogeneizan en el cristal mixto.

Finalmente, puede ser favorable, después de la calibración final, almacenar en caliente la pieza calibrada a una temperatura de un 20 a 35% de la temperatura de liquidus de la aleación sinterizada. De esta manera se mejoran las propiedades mecánicas. Al almacenar en caliente se forman unas fases metastables, que son acompañadas por efectos de endurecimiento.

En el caso de algunas geometrías o de algunos materiales sinterizados, puede ser ventajoso llevar a cabo repetidamente las etapas de densificación y de alta sinterización, con el fin de conseguir una pieza densa y sólida.

Típicamente, la aleación de metal ligero se puede seleccionar entre aleaciones de aluminio, aleaciones de Mg, aleaciones de Be, y respectivamente mezclas materiales con partes duras, tales como SiC, carburo de boro, nitruro de boro, carburo de wolframio, SiO_2, Al_2O_3 o también AlN, TiB_2.

Mediante el procedimiento conforme al invento se pueden elaborar también aleaciones que no se pueden producir por metalurgia de fusión. Son típicas unas aleaciones de titanio, tales como las de TiAl, TiAlNb, o también aleaciones de Mg o aleaciones de berilio o aleaciones de litio.

En los casos de las aleaciones de aluminio son preferidas actualmente, entre otras, las de AlSi, AlSiCu y AlSiCuMg. Para muchas aplicaciones se ha manifestado como apropiada una aleación de aluminio a base de aproximadamente 1-4% de Cu, 12-17% de Si, 0-3% de Mg y el resto aluminio, de manera preferida de 2-3% de Cu, 13-16% de Si, 0-3% de Mg, y el resto aluminio - evidentemente se pueden emplear también otras aleaciones de metales ligeros capaces de sinterización, tales como las de magnesio o berilio -.

Son apropiadas también de una manera ventajosa unas aleaciones de aluminio que, aparte de aluminio, contienen también uno o varios metales tales como 0,1-15% de Cu, 0,1-30% de Mg, 0,1-40% de Si; 0,1-15% de Cu, de 0,1 a 15% de Zn, 0,1-15% de Ti, 0,1-9% de Sn, 0,1-2,5% de Mn, 0,1-5% de Ni y/o menos que 1% de As, Sb, Co, Be, Pb ó B.

En este contexto hay que tener en cuenta que p.ej. una pieza sinterizada a base de una aleación de aluminio y silicio se puede producir a partir de polvos de una aleación de aluminio y silicio mezclada con un polvo de aluminio puro - es decir que diferentes componentes se mezclan para dar la composición final. También puede ser muy esencial escoger el tipo del polvo - dependiendo de la producción del polvo, éste puede tener un menor tamaño de granos, lo cual puede ser deseado para la producción de una mezcla íntima - o sino puede tener un grano más granda. Se ha comprobado como especialmente favorable emplear un polvo con un pequeño tamaño de granos, que se densifica muy bien y se mezcla bien. El invento, no obstante, no está limitado de ninguna de las maneras a la utilización de tales polvos. Los polvos típicos tienen un tamaño medio de granos de 50-150 μm.

La mezcla de polvos, con el fin de poder producir piezas en bruto, debe de contener un agente auxiliar de aglutinación y/o de prensado, puesto que el polvo, en el estado frío, solamente con agentes auxiliares de prensado se puede llevar a unas formas definidas relativamente permanentes, que luego se sinterizan. Se prefieren especialmente los agentes auxiliares del prensado, que se pueden expulsar térmicamente con facilidad, tales como unos hidrocarburos de cadena larga o unos materiales, que contienen hidrocarburos de cadena larga - se pueden emplear todos los materiales que son usuales en este sector.

El invento se explica con mayor exactitud seguidamente con ayuda de una preferida aleación de Al-Si resistente al desgaste, a la cual no está sin embargo restringido de ninguna de las maneras.

El invento se refiere también a piezas componentes de metales ligeros de acuerdo con las reivindicaciones 15 y 16. Las piezas sinterizadas conformes al invento tienen una estructura prensada de granos, llamativamente monodimensional, que conduce a una resistencia y a una elasticidad altas y por consiguiente a una alta capacidad de solicitación mecánica con una alta estabilidad dimensional.

Típicas piezas componentes de metales ligeros, que se pueden producir y emplear de esta manera, son rotores, estatores, ruedas tales como ruedas de bombas, ruedas de cadenas, ruedas dentadas y rodillos de cualquier tipo, piezas de válvulas para motores, levas para árboles de levas montados, y otras muchas más.

A continuación, el invento se describe en particular con ayuda de un ejemplo de realización, a saber de un procedimiento para la producción de piezas sinterizadas a partir de una aleación de aluminio y silicio resistente al desgaste, a la que sin embargo no está restringido de ninguna de las maneras.

En los dibujos

La Fig. 1 muestra un esquema de un transcurso típico del procedimiento

La Fig. 2 muestra una sección a través de una pieza en bruto de AlSi14 sinterizada

La Fig. 3 muestra una sección a través de la pieza en bruto de AlSi14 sinterizada y prensada posteriormente en frío de la Fig. 2

La Fig. 4 muestra una sección a través de la pieza sinterizada de AlSi14 que ha sido prensada posteriormente en frío y sinterizada en alto grado, de la Fig. 3; y

La Fig. 5 muestra una sección a través de la pieza componente de metal ligero altamente sinterizada y calibrada de la Fig. 4.

Seguidamente el invento se describe con ayuda de unos ejemplos de realización para la producción de piezas sinterizadas a partir de una aleación de aluminio y silicio resistente al desgaste.

El procedimiento conforme al invento tiene por lo tanto siempre, como se representa gráficamente de nuevo en la Fig. 1, las siguientes etapas:

- producción de una pieza en bruto por prensado de polvos y agentes auxiliares de prensado para dar una forma cercana a la forma final;
- sinterización de la pieza en bruto a un 70-95% de la temperatura de liquidus de la aleación de metal ligero;
- un fuerte prensado posterior en frío bidimensional de la pieza sinterizada por aproximadamente un 10% de su altura o bien a aproximadamente 95% de la densidad teórica;
- sinterización de la pieza sinterizada densificada a unas temperaturas de sinterización de un 90-99% de la temperatura de liquidus;
- calibración de la pieza sinterizada en alto grado.

Ejemplo 1

Una mezcla de polvos de aluminio a base de aluminio y de AlSi14Mg con una composición final de aproximadamente 2% de cobre, aproximadamente 14% de silicio, 0,5% de magnesio, y el resto aluminio - la aleación experimenta variaciones condicionadas por la mezcladura, puesto que se mezclan entre sí diferentes aleaciones de partida - con ≤ 2% de una cera, se prensa de una manera usual para dar un disco de pieza en bruto con un diámetro de 10 cm y una altura de 1 cm, que tiene una resistencia en crudo de > 8,0 N/mm^2 para dar una densidad de 90% de la densidad teórica.

Esta pieza en bruto se sinteriza en un horno con una atmósfera seca de nitrógeno a 500-530ºC, con lo que se contrae en aproximadamente 1% en volumen.

La pieza se enfría bruscamente mediante un gas protector y el estado así obtenido se congela. Una sección a través de esta pieza sinterizada se representa en la Fig. 2. Se pueden reconocer manifiestamente todavía algunos sitios vacíos - aquí reproducidos de oscuro - y diferentes granos relativamente redondos, siendo de silicio los granos oscuros y de la aleación de aluminio los granos más claros. El borde de la pieza sinterizada, que se muestra a la izquierda, está todavía muy abierto y es áspero.

A continuación esta pieza se densifica posteriormente en frío bidimensionalmente en una prensa por un 10% de su altura hasta una densidad de aproximadamente 95% de la densidad teórica. El resultado de esta fuerte densificación bajo alta presión se representa en la Fig. 3. Se observa manifiestamente la deformación de los granos claros de aluminio de la estructura, que ahora - comparados con la pieza en bruto sinterizada de la Fig. 2 - tienen una forma oblonga y producen una mejor resistencia mecánica de la pieza.

El disco sinterizado previamente y densificado posteriormente se transfiere luego a un horno de sinterización con una atmósfera de N_2 y se sinteriza durante aproximadamente 1 hora a 560-570ºC. Después de esto la pieza se enfría bruscamente tras de un recocido por disolución. Una sección a través de la pieza después de este tratamiento se representa en la Fig. 4. La estructura es ahora todavía más densa - es decir que se encuentran menos sitios oscuros en la estructura - y muchos límites entre granos están borrosos. Manifiestamente llama la atención la estructura densificada, en particular también en la superficie densa.

En los casos de todas las etapas de sinterización es por lo demás extraordinariamente importante una regulación exacta de las temperaturas del horno, puesto que ya unas pequeñas fluctuaciones de temperatura conducen a unas piezas sinterizadas deformadas.

Durante esta etapa de sinterización y de recocido por disolución, el material experimenta solamente una pequeña densificación de por debajo de 1% - prácticamente no aparece ninguna deformación -.

La pieza sinterizada así tratada se densifica seguidamente en una prensa de calibración por aproximadamente otro 1-2% de su altura y adopta su forma definitiva. A esta etapa le puede seguir un renovado almacenamiento en caliente para la supresión de tensiones en la estructura.

La pieza tiene las siguientes propiedades

Dureza: HB 2,5/62,5 90-100

Densidad: 2,61 g/cm^3 (96% de la densidad teórica)

Precisión de tolerancia: IT7

Ejemplo 2

Una mezcla de polvos de Al con una composición final de aproximadamente 2% de Cu, aproximadamente 14% de Si, 0,5% de magnesio, y el resto aluminio - la aleación experimenta variaciones condicionadas por la mezcladura, puesto que se mezclan entre sí diferentes aleaciones de partida - con 2% de una cera de estearamida para dar una pieza en bruto para rodillo con una resistencia en crudo de > 8,0 N/mm^2.

La pieza en bruto así producida se sinteriza previamente a 500ºC, con lo que ella experimenta una contracción de aproximadamente 1% en volumen, y la pieza sinterizada se enfría bruscamente.

La pieza sinterizada se densifica en frío en una prensa por aproximadamente 5% de su altura.

Esta pieza sinterizada previamente y densificada posteriormente en frío se transfiere seguidamente a un horno de sinterización y se sinteriza durante aproximadamente 1 hora a 565-570ºC bajo N_2 u otro gas protector. Después de esto tienen lugar un recocido por disolución y un enfriamiento brusco en nitrógeno o agua.

Durante esta etapa de sinterización y de recocido por disolución, el material experimenta solamente una pequeña densificación de por debajo de 1%.

La pieza sinterizada tratada de esta manera, se densifica en frío seguidamente en otra prensa, de nuevo por 5% de su altura y adopta entonces en lo esencial su forma definitiva. Ella se transfiere luego a un horno de sinterización y se sinteriza durante aproximadamente 1 hora a 565-570ºC bajo argón u otro gas protector. Después de esto tienen lugar un recocido por disolución y un enfriamiento brusco en nitrógeno o agua.

Durante la última etapa de sinterización y de recocido por disolución, el material experimenta solamente una pequeña densificación de por debajo de 1%.

A continuación, la pieza sinterizada doblemente densificada es prensada en una prensa de calibración nuevamente por aproximadamente 1% de su altura. También aquí, a esta etapa le puede seguir un almacenamiento en caliente.

Ejemplo 3

Una mezcla de polvos de aluminio con una composición final de aproximadamente 5% de cobre, aproximadamente 0,5% de silicio, aproximadamente 0,5% de magnesio, y el resto aluminio - la aleación experimenta variaciones condicionadas por la mezcladura, puesto que se mezclan entre sí diferentes aleaciones de partida - con ≤ 2% de un cera, se prensa de un modo usual para dar una barra en bruto con una resistencia en crudo de >8,0 N/mm^2 hasta una densidad de 90% de la densidad teórica.

Esta pieza en bruto se sinteriza en un horno con una atmósfera seca de nitrógeno a 520-560ºC, con lo que se contrae en aproximadamente 1% en volumen.

Esta pieza se densifica posteriormente luego de manera bidimensional en una prensa por 12% de su altura hasta una densidad de aproximadamente 95% de la densidad teórica.

El disco sinterizado previamente y densificado posteriormente se transfiere luego a un horno de sinterización con una atmósfera de N_2 y se sinteriza durante aproximadamente 1 hora a 580-610ºC. Después de esto la pieza se enfría bruscamente después de un recocido por disolución. La estructura es ahora todavía más densa.

En los casos de todas las etapas de sinterización es extraordinariamente importante por lo demás una regulación exacta de las temperaturas del horno, puesto que ya unas pequeñas fluctuaciones de la temperatura conducen a unas piezas sinterizadas deformadas.

Durante esta etapa de sinterización y de recocido por disolución, el material experimenta solamente una pequeña densificación de por debajo de 1% - prácticamente no aparece ninguna deformación -.

La pieza sinterizada tratada de esta manera se densifica seguidamente en una prensa de calibración por aproximadamente otro 1-2% de su altura y adopta su forma definitiva. A esta etapa le puede seguir de nuevo un almacenamiento en caliente para el mejoramiento de las propiedades mecánicas.

Aunque el invento se describió con ayuda de una aplicación preferida en el caso de la aleación de aluminio y silicio, para un experto en la especialidad son evidentes otras formas de realización y otros perfeccionamientos situados dentro del marco del alcance de protección de las reivindicaciones, y el alcance de protección no está limitado de ninguna de las maneras a las formas de realización expuestas aquí a modo de ejemplo, que solamente deben servir para la explicación.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de sinterización para piezas de un metal ligero, de dimensiones estables, con las siguientes etapas:

prensado de una mezcla de polvos para sinterización de un metal ligero con un agente auxiliar de prensado, mediando obtención de una pieza en bruto;

sinterización de la pieza en bruto a una temperatura de sinterización de un 80-95% de la temperatura de liquidus de la aleación de metal ligero, mediando eliminación del agente auxiliar de prensado,

prensado posterior en frío bidimensional de la pieza previamente sinterizada por aproximadamente un 10-12% de su altura, mediando deformación longitudinal de los granos de la estructura;

sinterización de la pieza posteriormente densificada a unas altas temperaturas de sinterización, de un 90-99% de la temperatura de liquidus de la aleación de metal ligero;

calibración de la pieza sinterizada en alto grado con una densificación adicional por un 1-2% de su altura.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque por lo menos una de las etapas de sinterización tiene lugar en una atmósfera de un gas protector.

3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado** porque la pieza sinterizada es enfriada bruscamente después de la sinterización.

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado** porque el enfriamiento brusco se lleva a cabo con un gas o un líquido.

5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-3, **caracterizado** porque después de por lo menos una etapa de sinterización se emplea un recocido por disolución.

6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-3, **caracterizado** porque la pieza calibrada se envejece en caliente a una temperatura de un 20 a 35% de la temperatura de liquidus de la aleación para sinterizar.

7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque las etapas de la densificación y de la sinterización en alto grado se llevan a cabo de una manera repetida.

8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la aleación de metal ligero se escoge entre aleaciones de aluminio, aleaciones de magnesio, aleaciones de berilio, aleaciones de litio, aleaciones de titanio, tales como TiAl, y respectivamente mezclas materiales de las mismas con partes duras, tales como SiC, carburo de boro, nitruro de boro, carburo de wolframio, SiO_2 o también AlN, TiB_2, Al_2O_3.

9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado** porque la aleación es una aleación de Al-Si resistente al desgaste.

10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado** porque la aleación de aluminio es una aleación de AlSi, AlSiCu o AlSiCuMg.

11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado** porque la aleación de aluminio se compone de 1-4% de Cu, 12-17% de Si, 0-3% de Mg, y el resto aluminio.

12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado** porque la aleación de aluminio se compone de 2-3% de Cu, 13-16% de Si, 0-3% de Mg, y el resto aluminio.

13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado** porque la aleación es una aleación de aluminio termoestable.

14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado** porque la aleación de aluminio, aparte de aluminio, contiene 0,1-15% de Cu, 0,1-30% de Mg, 0,1-40% de Si; 0,1-15% de Cu, 0,1-15% de Zn, 0,1-15% de Ti, 0,1-9% de Sn, 0,1-2,5% de Mn, 0,1-5% de Ni y/o menos que 1% de As, Sb, Co, Be, Pb ó B.

15. Pieza componente de metal ligero seleccionada entre el conjunto que se compone de aleaciones de aluminio, aleaciones de magnesio, aleaciones de berilio, aleaciones de litio, y respectivamente mezclas materiales de los mismos con partes duras, producida de acuerdo con un procedimiento conforme a una de las reivindicaciones 1-7 ó 9-14 precedentes, que tiene granos deformados de manera oblonga de la estructura.

16. Pieza componente de metal ligero de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizada** porque es una rueda, una rueda de bomba, una rueda de cadena, una rueda dentada, un rodillo, una pieza de válvula, levas para árboles de levas montados, un rotor o un estator.

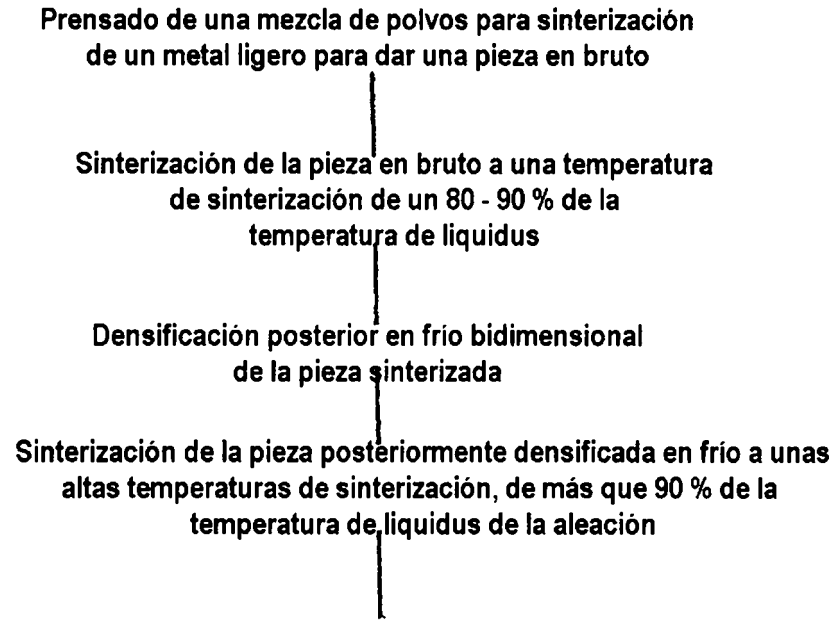
Prensado de una mezcla de polvos para sinterización de un metal ligero para dar una pieza en bruto
Sinterización de la pieza en bruto a una temperatura de sinterización de un 80 - 90 % de la temperatura de liquidus
Densificación posterior en frío bidimensional de la pieza sinterizada
Sinterización de la pieza posteriormente densificada en frío a unas altas temperaturas de sinterización, de más que 90 % de la temperatura de liquidus de la aleación
Calibración de la pieza sinterizada en alto grado con una densificación adicional en aproximadamente un 2 % de su altura

Fig. 1

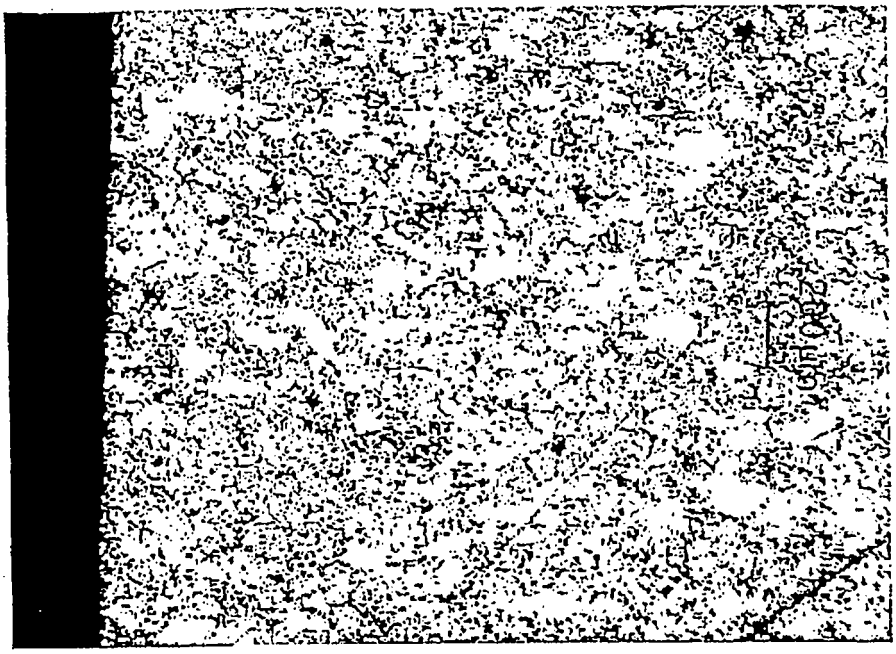

Fig. 2

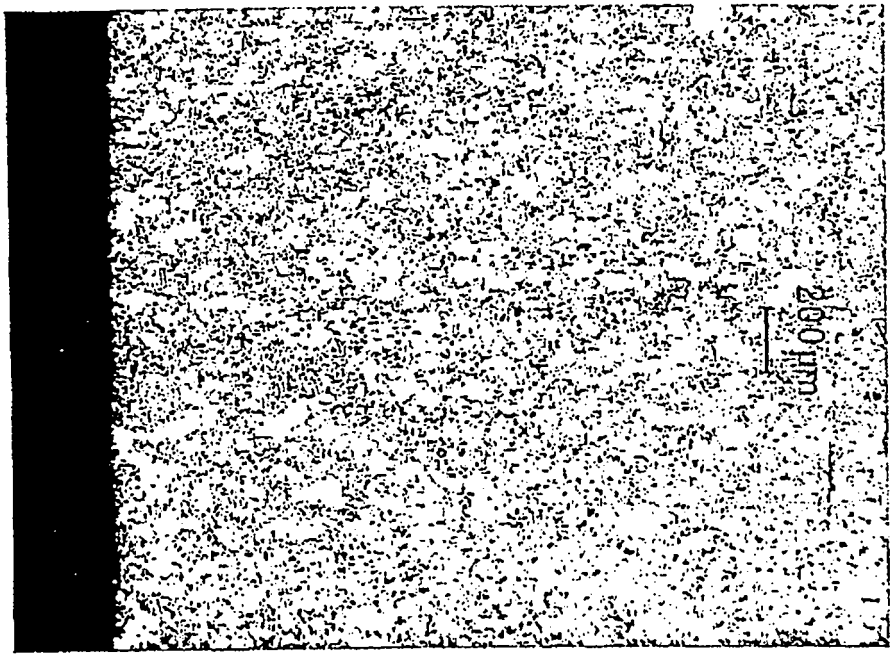

Fig. 3

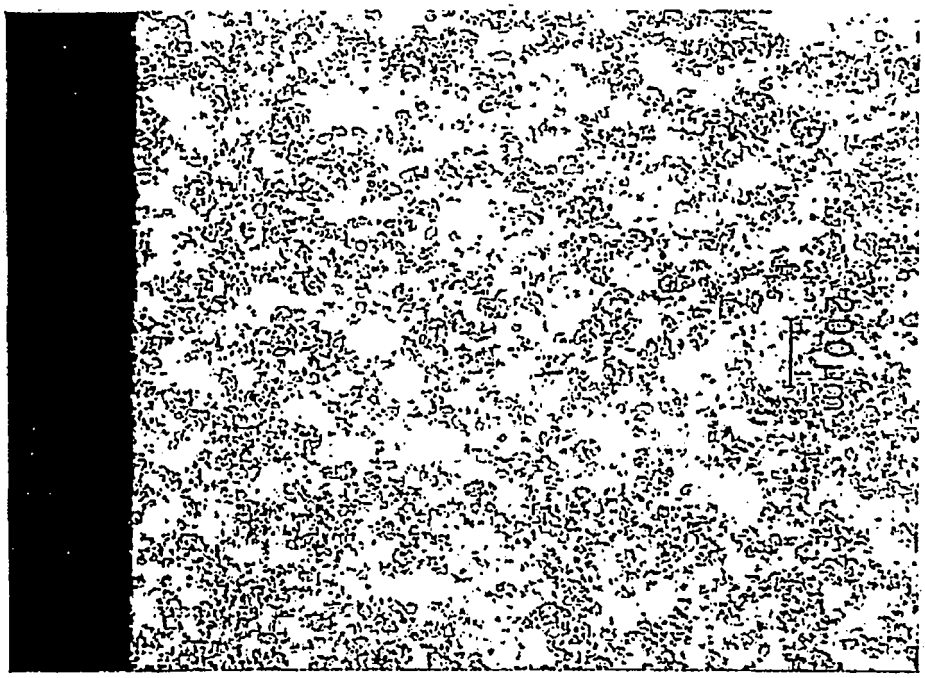

Fig. 4

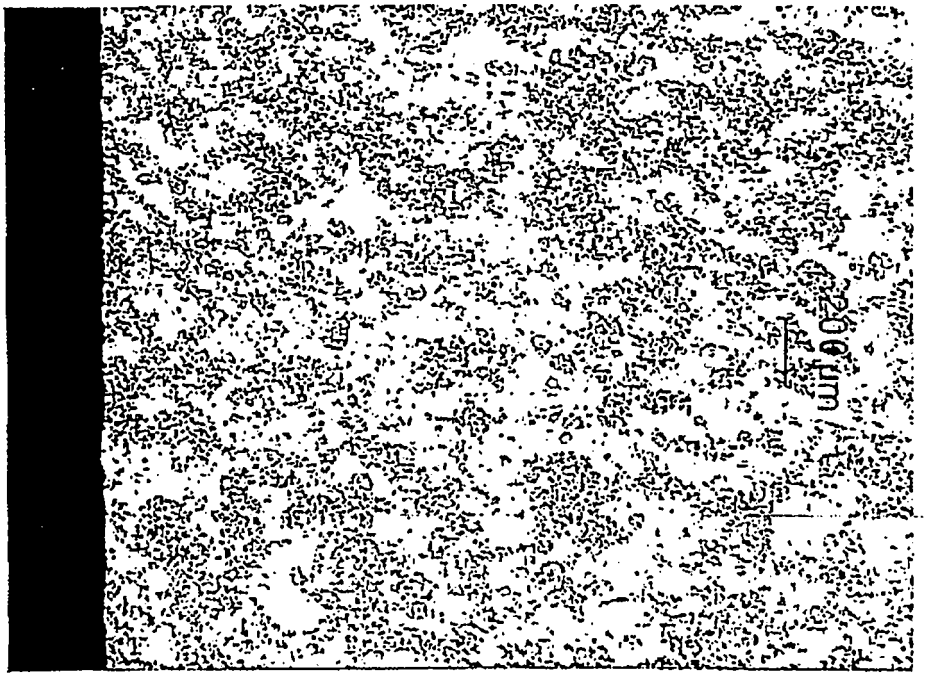

Fig. 5