

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 986 891**

51 Int. Cl.:

**B22F 1/00** (2012.01)

**C22C 33/02** (2006.01)

**B22F 1/10** (2012.01)

**B22F 1/105** (2012.01)

**B22F 1/12** (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.03.2017 PCT/EP2017/055810**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.09.2017 WO17157835**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2017 E 17710724 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2024 EP 3429781**

54 Título: **Composición metálica en polvo para un mecanizado fácil**

30 Prioridad:

**18.03.2016 EP 16161116**

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

**13.11.2024**

73 Titular/es:

**HÖGANÄS AB (PUBL) (100.0%)**

**Bruksgatan 35**

**263 83 Höganäs, SE**

72 Inventor/es:

**HU, BO**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 986 891 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 metálica en polvo para un mecanizado fácil

Campo técnico de la invención

5 La invención se refiere a una composición de polvo metálico para la producción de partes de polvo metálico, así como a un método para producir partes de polvo metálico, que tiene un mecanizado mejorado.

Antecedentes de la invención

10 Una de las principales ventajas de la fabricación pulvimetalúrgica es que es posible, mediante compactación y sinterización, producir componentes en su forma final o muy cercana a la final. Sin embargo, hay casos en los que es necesario un mecanizado posterior. Por ejemplo, esto puede ser necesario debido a exigencias de alta tolerancia o porque el componente final tiene una forma tal que no se puede presionar directamente. Más concretamente, geometrías tales como agujeros transversales a la dirección de compactación, socavados y roscas requieren un mecanizado posterior.

15 Gracias al desarrollo continuo de nuevos aceros sinterizados con mayor resistencia y mayor dureza, el mecanizado se ha convertido en un desafío en la fabricación pulvimetalúrgica de componentes. A menudo es un factor limitante a la hora de evaluar si la fabricación pulvimetalúrgica es el método más rentable para fabricar un componente.

20 Hoy en día se conocen varias sustancias que se añaden a mezclas de polvos a base de hierro para facilitar el mecanizado de componentes después de la sinterización. El aditivo en polvo más común es el MnS (sulfuro de manganeso), que se menciona, por ejemplo, en el documento EP 0 183 666, que describe cómo se mejora la maquinabilidad de un acero sinterizado mediante la mezcla de dicho polvo.

La Patente de EE. UU. No. 4.927.461 describe la adición de 0.01 % y 0.5 % en peso de BN hexagonal (nitruro de boro) a mezclas de polvo a base de hierro para mejorar la maquinabilidad después de la sinterización.

25 La Patente estadounidense No. 5.631.431 se refiere a un aditivo para mejorar la maquinabilidad de composiciones en polvo a base de hierro. De acuerdo con esta patente, el aditivo contiene partículas de fluoruro de calcio que se incluyen en una cantidad del 0.1 % al 0.6 % en peso de la composición en polvo.

La Solicitud de patente japonesa 08-095649 describe un agente potenciador de la maquinabilidad. El agente comprende  $Al_2O_3-SiO_2-CaO$  y tiene una estructura cristalina de anortita o gehlenita. La anortita es un tectosilicato, perteneciente al grupo de los feldespatos, que tiene una dureza de Mohs de 6 a 6.5 y la gehlenita es un sorosilicato que tiene una dureza de Mohs de 5-6.

30 La Patente estadounidense 7.300.490 describe una mezcla de polvos para la producción de partes prensadas y sinterizadas que consiste en una combinación de polvo de sulfuro de manganeso (MnS) y polvo de fosfato cálcico o polvo de hidroxiapatita.

La Publicación WO 2005/102567 divulga una combinación de polvos de nitruro de boro hexagonal y fluoruro de calcio utilizados como agente de mejora del mecanizado.

35 Los polvos que contienen boro, tal como óxido de boro, ácido bórico o borato de amonio, en combinación con azufre, se describen en Estados Unidos 5.938.814.

Otras combinaciones de polvos para usar como aditivos de mecanizado se describen en el documento EP 1985393A1, conteniendo la combinación al menos uno seleccionado entre talco y esteatita y un ácido graso.

El talco como agente potenciador del mecanizado se menciona en el documento JP1-255604.

40 La solicitud EP1002883 describe mezclas de metales en polvo para fabricar partes metálicas, especialmente insertos de asientos de válvulas. Las mezclas descritas contienen entre un 0.5 y un 5 % de lubricantes sólidos para proporcionar una baja fricción y evitar el desgaste por deslizamiento, además de proporcionar una mejora en la maquinabilidad. En una de las formas de realización se menciona mica como un lubricante sólido. Estos tipos de mezclas de polvo, utilizadas para la producción de componentes resistentes al desgaste y estables a  
45 altas temperaturas, siempre contienen altas cantidades de elementos de aleación, normalmente por encima del 10 % en peso y fases duras, normalmente carburos.

El documento US 4.274.875 enseña un proceso para la producción de artículos, similar a lo que se describe en EP1002883, mediante pulvimetalurgia, que incluye la etapa de agregar mica pulverizada al polvo metálico antes de la compactación y sinterización en cantidades entre 0.5 % a 2 % en peso. Específicamente, se divulga  
50 que se puede utilizar cualquier tipo de mica.

Además, la solicitud de patente japonesa JP10317002, describe un polvo y un compacto sinterizado que tiene un coeficiente de fricción reducido. El polvo tiene una composición química de 1-10 % en peso de azufre, 3-25 % en peso de molibdeno y el resto de hierro. Además se añaden un lubricante sólido y materiales de fase dura. El documento WO2010/074627 divulga una composición en polvo a base de hierro que comprende, además de un polvo a base de hierro, una cantidad menor de un aditivo que mejora la maquinabilidad, dicho aditivo comprende al menos un silicato del grupo de los filosilicatos. Ejemplos específicos del aditivo son moscovita, bentonita y caolinita.

En el documento WO 2013/159558 A1 se divulga un material compuesto magnético (SMC) de rango suave formado a partir de partículas ferromagnéticas atomizadas recubiertas con al menos una capa de un material de relleno inorgánico de tamaño nanométrico eléctricamente aislante que comprende haloisita recubierta con SDS.

En el documento AU-B-28526/92 se describen hierros y ladrillos formados a partir de moldeo a presión y sinterización a 1250 °C de hierros sin moler y que comprenden 4 % en peso de haloisita.

El mecanizado de componentes prensados y sinterizados es muy complejo y está influenciado por parámetros tales como el tipo de sistema de aleación del componente, la cantidad de elementos de aleación, las condiciones de sinterización tales como la temperatura, la atmósfera y la velocidad de enfriamiento, la densidad sinterizada del componente, el tamaño y la forma del componente. Obviamente, también se ve afectado por el tipo de operación de mecanizado y los parámetros de mecanizado que tienen una gran importancia para el resultado de la operación de mecanizado. La diversidad de agentes potenciadores del mecanizado propuestos para añadir a las composiciones pulvimetalúrgicas refleja la naturaleza compleja de la tecnología de mecanizado PM.

#### Resumen de la invención

Los términos "contiene" y "que contiene" en este contexto significan que pueden estar presentes otras sustancias o especies distintas de las mencionadas explícitamente.

Los términos "consiste" o "que consiste en" en este contexto significan que no están presentes otras sustancias o especies además de las mencionadas explícitamente.

La presente invención divulga un aditivo específico, en una cantidad y distribución de tamaño como se define en la reivindicación 1, para mejorar la maquinabilidad de aceros sinterizados. En concreto, este aditivo facilita operaciones de mecanizado tales como el taladrado de aceros sinterizados, en particular el taladrado de componentes sinterizados que contienen hierro, cobre y carbono, como bielas, tapas de cojinetes principales y componentes de sincronización variable de válvulas (VVT). Otras operaciones de mecanizado, tales como torneado, fresado y roscado, también se ven facilitadas por el nuevo aditivo que mejora la maquinabilidad. Además, este aditivo se puede utilizar en componentes que se mecanizarán con varios tipos de materiales de herramientas, tales como acero de alta velocidad, carburos de tungsteno, cermets, cerámicas y nitruro de boro cúbico, y la herramienta también se puede recubrir.

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un aditivo para una composición de polvo metálico para mejorar la maquinabilidad.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar dicho aditivo para su uso en diversas operaciones de mecanizado para diferentes tipos de aceros sinterizados.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un aditivo que mejore la maquinabilidad y que tenga un impacto nulo o insignificante sobre las propiedades mecánicas del componente prensado y sinterizado.

Un objeto adicional de la invención es proporcionar una composición pulvimetalúrgica que contenga este aditivo que mejora la maquinabilidad, así como un método para preparar una pieza compactada a partir de esta composición.

Otro objeto de la invención es proporcionar un componente sinterizado que tenga un mecanizado mejorado, en particular un componente sinterizado que contenga hierro-cobre-carbono. Sin embargo, la invención no se limita al sistema de carbono hierro-cobre. Los componentes fabricados a partir de polvos de acero inoxidable sinterizados, polvos unidos por difusión, polvos de baja aleación que tienen diversos tipos de elementos de aleación tales como Mo, Ni, Cu, Cr, Mn, Si, etc., también pueden beneficiarse del nuevo aditivo que mejora la maquinabilidad.

Ahora se ha encontrado que al incluir un aditivo que mejora la maquinabilidad que contiene un compuesto definido de haloisita en forma de polvo en la composición en polvo a base de hierro, se logra una mejora sorprendentemente grande en la maquinabilidad de los componentes sinterizados, hechos a partir de la composición en polvo a base de hierro. Además, el efecto positivo sobre la maquinabilidad se obtiene incluso

con cantidades añadidas muy bajas, por lo que se prevé que se minimice un impacto negativo sobre la compresibilidad mediante la adición de sustancias no metálicas adicionales.

5 De acuerdo con la presente invención, al menos uno de los objetivos anteriores, así como otros objetivos evidentes a partir de la discusión siguiente, se logra mediante los diferentes aspectos de la presente invención, tal como se define en las reivindicaciones.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, existe una composición en polvo a base de hierro que comprende un polvo a base de hierro, una pequeña cantidad de un aditivo que mejora la maquinabilidad en forma de polvo, conteniendo dicho aditivo haloisita.

10 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, existe un método para preparar una composición en polvo a base de hierro, que comprende: proporcionar un polvo a base de hierro; y mezclar la mezcla de polvo a base de hierro con un aditivo que mejora la maquinabilidad en forma de polvo, el aditivo que mejora la maquinabilidad contiene haloisita.

15 De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, existe un método para producir un componente sinterizado a base de hierro que tiene maquinabilidad mejorada, que comprende; preparar una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con el aspecto anterior; compactar la composición en polvo a base de hierro a una presión de compactación de 400-1200 MPa; sinterizar la parte compactada a una temperatura de 700-1350 °C; y opcionalmente tratar térmicamente el componente sinterizado.

20 De acuerdo con un cuarto aspecto de la presente invención, existe un componente sinterizado que contiene el nuevo aditivo que mejora la maquinabilidad. En una realización, el componente sinterizado contiene hierro, cobre y carbono. En otra realización, el componente sinterizado se elige del grupo de bielas, tapas de cojinetes principales y componentes de sincronización variable de válvulas (VVT).

#### Descripción detallada del invento

25 La haloisita es un mineral de silicato natural y tiene una composición similar a la caolinita, excepto que contiene moléculas de agua adicionales entre las capas y, más comúnmente, tiene una morfología tubular en comparación con las formas laminares que normalmente se observan en la caolinita. Como resultado, la haloisita hidratada tiene un espaciamiento basal mayor que el de la caolinita. En su forma totalmente hidratada la fórmula es  $Al_2Si_2O_5H(OH)_4 \cdot 2H_2O$ . Cuando la haloisita pierde su capa intermedia de agua, a menudo se observa en un estado parcialmente deshidratado. En este caso, la haloisita se puede identificar o distinguir de la caolinita mediante solvatación con etilenglicol seguida de un análisis de difracción de rayos X en polvo (XRPD). Los dos minerales parecen formarse de forma independiente porque no se encuentran fases de transición (entre haloisita y caolinita) a medida que avanza el envejecimiento. Además, la haloisita es un precursor metaestable de formación rápida de la caolinita, por lo que el tamaño de las partículas de grano de haloisita es más pequeño que el de la caolinita y el área de superficie específica (SSA) de las haloisitas suele ser mayor que la de la caolinita.

#### 35 Aditivo que mejora la maquinabilidad

40 El aditivo que mejora la maquinabilidad contiene haloisita que tiene un área de superficie específica (SSA, medida con el método BET) de al menos 15 m<sup>2</sup>/g, preferiblemente al menos 20 m<sup>2</sup>/g, y más preferiblemente al menos 25 m<sup>2</sup>/g y también puede incluir o mezclarse con otras sustancias conocidas que mejoran el mecanizado tales como sulfuro de manganeso, nitruro de boro hexagonal, otras sustancias que contienen boro, fluoruro de calcio, mica tal como moscovita, talco, enstatita, bentonita, caolinita, titanato, anortita, gelehnita, sulfuro de calcio, sulfato de calcio, etc. Las sustancias preferidas son sulfuro de manganeso, nitruro de boro hexagonal, fluoruro de calcio, mica tal como moscovita, bentonita, caolinita, titanato. Cuando el aditivo mejorador de la maquinabilidad de acuerdo con la invención contiene otras sustancias mejoradoras de la maquinabilidad además de haloisita, el contenido de haloisita en el aditivo mejorador de la maquinabilidad es al menos 50 % en peso. El aditivo que mejora la maquinabilidad de acuerdo con la presente invención puede contener haloisita únicamente.

50 El tamaño de partícula, X90, medido de acuerdo con SS-ISO 13320-1, de la haloisita comprendida en el aditivo mejorador de la maquinabilidad es inferior a 30 µm, más preferiblemente inferior a 20 µm, tal como inferior a 15 µm o inferior a 10 µm. Además, el tamaño medio de partícula, X50, es inferior a 15 µm, más preferiblemente inferior a 10 µm, tal como inferior a 8 µm o inferior a 5 µm. Sin embargo, el tamaño de partícula es superior a 0.1 µm, preferiblemente superior a 0.5 µm, o más preferiblemente superior a 1 µm, es decir, al menos el 90 % en peso de las partículas puede tener más de 0.5 µm o más de 1 µm. Si el tamaño de partícula es inferior a 0.5 µm, puede resultar difícil mezclar el aditivo con otras composiciones en polvo a base de hierro para obtener una mezcla en polvo homogénea. Un tamaño de partícula demasiado fino también influirá negativamente en las propiedades sinterizadas, tales como la resistencia mecánica y los cambios dimensionales. Un tamaño de partícula superior a 50 µm también puede influir negativamente en la maquinabilidad, mejorando el rendimiento y las propiedades mecánicas.

## ES 2 986 891 T3

Por lo tanto, ejemplos de distribuciones de tamaño de partículas preferidas de la haloisita contenida en el aditivo que mejora la maquinabilidad son:

X90 por debajo de 30  $\mu\text{m}$ , X50 por debajo de 15  $\mu\text{m}$  y al menos el 90 % en peso por encima de 0.1  $\mu\text{m}$ , o,

X90 por debajo de 20  $\mu\text{m}$ , X50 por debajo de 10  $\mu\text{m}$  y al menos el 90 % en peso por encima de 0.5  $\mu\text{m}$ , o.

5 X90 por debajo de 10  $\mu\text{m}$ , X50 por debajo de 5  $\mu\text{m}$  y al menos el 90 % en peso por encima de 0.5  $\mu\text{m}$ .

Otros ejemplos de distribuciones de tamaño de partículas preferidas son:

X90 por debajo de 30  $\mu\text{m}$ , X50 por debajo de 15  $\mu\text{m}$  y al menos el 90 % en peso por encima de 0.5  $\mu\text{m}$ , o,

X90 por debajo de 20  $\mu\text{m}$ , X50 por debajo de 10  $\mu\text{m}$  y al menos el 90 % en peso por encima de 1  $\mu\text{m}$ , o.

X90 por debajo de 10  $\mu\text{m}$ , X50 por debajo de 5  $\mu\text{m}$  y al menos el 90 % en peso por encima de 1  $\mu\text{m}$ .

10 Composición en polvo a base de hierro.

La cantidad de aditivo mejorador de la maquinabilidad en la composición en polvo a base de hierro está entre 0.01 % y 1.0 % en peso, preferiblemente entre 0.01 % y 0.5 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.4 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.3 % y más preferiblemente entre 0.05 % y 0.3 % en peso. Es posible que cantidades más bajas no produzcan el efecto deseado sobre la maquinabilidad y cantidades más altas pueden tener una influencia negativa sobre las propiedades mecánicas.

15

El aditivo potenciador de la maquinabilidad de acuerdo con la invención se puede usar esencialmente en cualquier composición de polvo ferroso. Así, el polvo a base de hierro, comprendido en la composición de polvo a base de hierro, puede ser un polvo de hierro puro tal como polvo de hierro atomizado, polvo de hierro reducido y similares. También se pueden usar polvos prealeados tales como polvo de acero de baja aleación y polvo de acero inoxidable que incluyen elementos de aleación tales como Ni, Mo, Cr, Si, V, Co, Mn, Cu, así como polvo de acero parcialmente aleado donde los elementos la aleación se unen por difusión a la superficie del polvo a base de hierro. La composición en polvo a base de hierro también puede contener elementos de aleación en forma de polvo, es decir, un polvo o polvos que contienen elementos de aleación están presentes en la composición en polvo a base de hierro como partículas discretas.

20

El aditivo que mejora la maquinabilidad está presente en la composición en forma de polvo. Las partículas de polvo del aditivo que mejoran la maquinabilidad se pueden mezclar con la composición de polvo a base de hierro como partículas de polvo libres o unirse a las partículas de polvo a base de hierro, por ejemplo, mediante un agente aglutinante.

25

Para no influir negativamente en las propiedades mecánicas de una pieza compactada y sinterizada hecha a partir de la composición en polvo a base de hierro de acuerdo con la presente invención, la cantidad de aditivo que mejora la maquinabilidad debe ser lo suficientemente baja como para no obstruir notablemente la sinterización entre las partículas metálicas. Esto significa que en caso de que las partículas de polvo del aditivo que mejora la maquinabilidad estén unidas a las superficies de las partículas de polvo de hierro o a base de hierro, el aditivo que mejora la maquinabilidad estará presente como partículas discretas individuales y no como un recubrimiento coherente sobre las partículas de hierro o a base de hierro.

30

35

El contenido máximo del aditivo que mejora la maquinabilidad es por lo tanto del 1 % en peso, preferiblemente del 0.5 % en peso, preferiblemente del 0.4 % en peso, preferiblemente del 0.3 % en peso de la composición en polvo a base de hierro.

La composición en polvo a base de hierro de acuerdo con la invención también puede incluir otros aditivos tales como grafito, aglutinantes y lubricantes y otros aditivos convencionales que mejoran la maquinabilidad. Se puede añadir lubricante a 0.05 a 2 % en peso, preferiblemente de 0.1 a 1 % en peso. Se puede añadir grafito en una cantidad de 0.05 a 2 % en peso, preferiblemente de 0.1 a 1 % en peso.

40

En una realización del segundo aspecto, la composición en polvo a base de hierro contiene o consiste en un polvo de hierro simple con un contenido de al menos el 90 % en peso de la composición en polvo a base de hierro, el polvo de hierro simple tiene un contenido de hierro de al menos 99 % en peso, el grafito con un contenido de 0.1-1 % en peso, un lubricante con un contenido de 0.1-1 % en peso, opcionalmente de 0.2 % a 5 % en peso de polvo de cobre, opcionalmente de 0.2 % a 4 % de polvo de níquel por peso, y el aditivo mejorador de la maquinabilidad de acuerdo con el primer aspecto en un contenido de 0.01 % y 1.0 % en peso, preferiblemente entre 0.01 % y 0.5 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.4 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.3 % y más preferiblemente entre 0.1 % y 0.3 % en peso de composición en polvo a base de hierro.

45

50

En otra realización del segundo aspecto, la composición en polvo a base de hierro contiene o consiste en polvo de hierro simple con un contenido de al menos el 92 % en peso de la composición en polvo a base de hierro, el polvo de hierro simple tiene un contenido de hierro de al menos 99 % en peso, grafito con un contenido de 0.1-1 % en peso, un lubricante con un contenido de 0.1-1 % en peso, polvo de cobre con un contenido de entre

0.2 y 5 % en peso y el aditivo mejorador de la maquinabilidad de acuerdo con el primero aspecto a un contenido de 0.01 % y 1.0 % en peso, preferiblemente entre 0.01 % y 0.5 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.4 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.3 % y más preferiblemente entre 0.1 % y 0.3 % en peso en composición en polvo a base de hierro.

5 En otra realización del segundo aspecto, la composición en polvo a base de hierro contiene o consiste en polvo de hierro simple con un contenido de al menos 93 % en peso de la composición en polvo a base de hierro, el polvo de hierro simple tiene un contenido de hierro de al menos 99 % en peso, grafito con un contenido de 0.1-1 % en peso, un lubricante con un contenido de 0.1-1 % en peso, polvo de níquel con un contenido de entre 0.2 y 4 % en peso y el aditivo mejorador de la maquinabilidad de acuerdo con el primer aspecto a un contenido de 0.01 % y 1.0 % en peso, preferiblemente entre 0.01 % y 0.5 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.4 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.3 % y más preferiblemente entre 0.1 % y 0.3 % en peso de composición en polvo a base de hierro.

15 En otra realización del segundo aspecto, la composición en polvo a base de hierro contiene o consiste en polvo de hierro simple con un contenido de al menos el 90 % en peso de la composición en polvo a base de hierro, el polvo de hierro simple tiene un contenido de hierro de al menos 99 % en peso, polvo de ferrofósforo con un contenido correspondiente a 0.1-2 % de fósforo en peso, preferiblemente 0.1-1 % de fósforo en peso de la composición en polvo a base de hierro, opcionalmente grafito con un contenido de hasta 1 % en peso, un lubricante a un contenido de 0.1-1 % en peso y el aditivo mejorador de la maquinabilidad de acuerdo con el primer aspecto a un contenido de 0.01 % y 1.0 % en peso, preferiblemente entre 0.01 % y 0.5 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.4 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.3 % y más preferiblemente entre 0.1 % y 0.3 % en peso de composición en polvo a base de hierro.

25 En otra realización del segundo aspecto, la composición en polvo a base de hierro contiene o consiste en un polvo de hierro prealeado o aleado por difusión con un contenido de al menos el 90 % en peso de la composición en polvo a base de hierro, el polvo a base de hierro prealeado o aleado por difusión que tiene un contenido de hierro de al menos 90 % en peso y además contiene elementos de aleación hasta un contenido de 10 % en peso, grafito con un contenido de 0.1-1 % en peso, un lubricante con un contenido de 0.1-1 % en peso y el aditivo mejorador de la maquinabilidad de acuerdo con el primer aspecto en un contenido de 0.01 % y 1.0 % en peso, preferiblemente entre 0.01 % y 0.5 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.4 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.3 % y más preferiblemente entre 0.1 % y 0.3 % en peso de la composición en polvo a base de hierro. Opcionalmente, la composición en polvo a base de hierro también puede contener polvo de cobre hasta un 4 % en peso y/o polvo de níquel hasta un 4 % en peso.

35 En todavía otra realización del segundo aspecto, la composición en polvo a base de hierro contiene o consiste en un polvo de acero inoxidable con un contenido de al menos el 90 % en peso de la composición en polvo a base de hierro, el polvo de acero inoxidable tiene un contenido de hierro de al menos 50 % en peso y contiene además elementos de aleación, incluidos Si y Cr y opcionalmente Ni, Mo y Nb, hasta un contenido total de 45 % en peso, opcionalmente grafito con un contenido de hasta 1 % en peso, un lubricante en un contenido de 0.1-1 % en peso y el aditivo mejorador de la maquinabilidad de acuerdo con el primer aspecto en un contenido de 0.01 % y 1.0 % en peso, preferiblemente entre 0.01 % y 0.5 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.4 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.3 % y más preferiblemente entre 0.1 % y 0.3 % en peso de la composición en polvo a base de hierro.

#### Proceso

45 La fabricación pulvimetalúrgica de componentes de acuerdo con la invención se puede realizar de manera convencional, es decir, mediante el siguiente proceso: se puede mezclar polvo a base de hierro, por ejemplo polvo de hierro o acero, con cualquier elemento de aleación deseado, tal como níquel, cobre, molibdeno y opcionalmente carbono, así como el aditivo que mejora la maquinabilidad de acuerdo con la invención. Los elementos de aleación también se pueden añadir como prealeados o aleados por difusión al polvo a base de hierro o como una combinación entre elementos de aleación mezclados, polvo aleado por difusión o polvo prealeado. Esta mezcla en polvo se puede mezclar con un lubricante convencional, por ejemplo estearato de zinc o cera de amida, antes de la compactación. Las partículas más finas de la mezcla se pueden unir al polvo a base de hierro mediante una sustancia aglutinante para minimizar la segregación y mejorar la fluidez de la mezcla de polvo. A continuación, la mezcla de polvo se puede compactar en una herramienta de prensa produciendo lo que se conoce como un cuerpo verde de geometría cercana a la final. La compactación se realiza generalmente a una presión de 400-1200 MPa. Después de la compactación, el compacto puede sinterizarse a una temperatura de 700-1350 °C y luego enfriarse a una velocidad de 0.01-5 °C/s para lograr su resistencia, dureza, alargamiento, etc. finales. Opcionalmente, la parte sinterizada puede ser tratada térmicamente adicionalmente para lograr las microestructuras deseadas.

#### Componente sinterizado

El componente sinterizado contendrá todas las sustancias presentes en la composición del polvo a base de hierro, excepto los lubricantes orgánicos que se descomponen y desaparecen durante el proceso de

sinterización. Dado que el contenido de lubricantes en la composición en polvo a base de hierro es sólo como máximo del 1 % en peso, se supone aquí que el contenido de elementos de aleación, agentes mejoradores de la maquinabilidad, etc., será prácticamente el mismo en el componente sinterizado que en la composición en polvo a base de hierro. El porcentaje siguiente es en porcentaje en peso del componente sinterizado. Además de los elementos mencionados explícitamente, los componentes sinterizados contienen impurezas inevitables como máximo un 1 % en peso, preferiblemente como máximo un 0.5 % en peso.

En una realización del sexto aspecto, el componente sinterizado contiene o consiste en al menos 90 % de Fe, 0.1-1 % de C, opcionalmente de 0.2 % a 5 % de Cu, opcionalmente de 0.2 % a 4 % de Ni y opcionalmente otros elementos de aleación tales como Mo, Cr, Si, V, Co, Mn y el aditivo mejorador de la maquinabilidad de acuerdo con el primer aspecto con un contenido de 0.01 % a 1.0 %, preferiblemente de 0.01 % a 0.5 %, preferiblemente de 0.05 % a 0.4 %, preferiblemente de 0.05 % a 0.3 %, preferiblemente del 0.1 % al 0.3 % en peso de composición en polvo a base de hierro.

En una realización del sexto aspecto, el componente sinterizado contiene o consiste en al menos 92 % de Fe, 0.1-1 % de C, 0.2 a 5 % de Cu y el aditivo que mejora la maquinabilidad de acuerdo con el primer aspecto con un contenido de 0.01 % a 1.0 %, preferiblemente del 0.01 % al 0.5 %, preferiblemente del 0.05 % al 0.4 %, preferiblemente del 0.05 % al 0.3 %, preferiblemente del 0.1 % al 0.3 % en peso del componente sinterizado.

En una realización del sexto aspecto, el componente sinterizado contiene o consiste en al menos 93 % de Fe, 0.1-1 % de C, 0.2 a 4 % de Ni y el aditivo que mejora la maquinabilidad de acuerdo con el primer aspecto con un contenido de 0.01 % a 1.0 %, preferiblemente del 0.01 % al 0.5 %, preferiblemente del 0.05 % al 0.4 %, preferiblemente del 0.05 % al 0.3 %, preferiblemente del 0.1 % al 0.3 % en peso del componente sinterizado.

En una realización del sexto aspecto, el componente sinterizado contiene o consiste en al menos un 96 % de Fe, opcionalmente carbono hasta un 1 %, fósforo entre un 0.1 % y un 2 %, preferiblemente entre un 0.1 % y un 1 % y el aditivo que mejora la maquinabilidad de acuerdo con el primer aspecto con un contenido de 0.01 % a 1.0 %, preferiblemente de 0.01 % a 0.5 %, preferiblemente de 0.05 % a 0.4 %, preferiblemente de 0.05 % a 0.3 %, preferiblemente de 0.1 % a 0.3 % en peso del componente sinterizado.

En una realización del sexto aspecto, el componente sinterizado contiene o consiste en al menos un 50 % de Fe, opcionalmente hasta un 1 % de C, otros elementos de aleación, incluidos al menos Si y Cr, hasta un 45 % en peso y el aditivo que mejora la maquinabilidad de acuerdo con el primer aspecto con un contenido de 0.01 % a 1.0 %, preferiblemente de 0.01 % a 0.5 %, preferiblemente de 0.05 % a 0.4 %, preferiblemente de 0.05 % a 0.3 %, preferiblemente de 0.1 % a 0.3 % en peso de componente sinterizado.

**Ejemplos**

La presente invención se ilustrará en los siguientes ejemplos no limitantes:

Aditivo que mejora la maquinabilidad

El nuevo aditivo que mejora la maquinabilidad, haloisita, procedente de dos fuentes diferentes, se probó y comparó con minerales de silicato comunes que se conocían como aditivo que mejora la maquinabilidad de acuerdo con la siguiente tabla 1. Las principales composiciones químicas se determinaron mediante análisis de difracción de polvo de rayos X común (XRPD). El SSA (área de superficie específica) se midió mediante un método BET de acuerdo con la norma ISO 9277:2010 y el contenido de humedad se determinó mediante la medición de la pérdida de peso del material después de secar 5 g de polvo a 230 °C durante 30 minutos al aire. El tamaño de las partículas se determinó mediante difracción láser de acuerdo con la norma ISO 13320:1999.

Tabla 1

	Minerales de silicato	SiO <sub>2</sub> , %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	MgO, %	X50, µm	X90, µm	SSA, m <sup>2</sup> /g	Humedad, %
De acuerdo con la invención	Haloisita A	46.3	38.2	<0.1	3.8	10.2	54.3	3.55
De acuerdo con la invención	Haloisita B	49.5	35.5	0.02	3.5	24.6	27.9	2.66
Ejemplo comparativo	Caolinita	45.0	38.5	0.1	3.3	23.9	12.7	0.64
Ejemplo comparativo	Mica	42.9	12.1	28.8	2.9	31.1	4.3	0.40

## ES 2 986 891 T3

Ejemplo comparativo	Talco	61.0	0.2	30.5	4.3	10.8	15.8	0.32
---------------------	-------	------	-----	------	-----	------	------	------

5 Todos los materiales de la tabla 1 presentan un tamaño medio de partícula similar, X50. Para X90 (esto significa que el 90 % de las partículas en peso tienen un tamaño de partícula inferior al valor), la haloisita A es más pequeña que la haloisita B; mientras que el tamaño de partícula de la haloisita B es similar al de la caolinita y la mica; el tamaño de partícula de la haloisita A es similar al del talco. Ambos materiales de haloisita tienen composiciones químicas similares a la caolinita, pero son diferentes de otros minerales de silicato, tales como la mica y el talco, que contienen una gran cantidad de óxido de magnesio (MgO). Como era de esperar, los materiales de haloisita contienen un porcentaje de humedad mucho mayor que todos los demás materiales de silicato. La humedad proviene del agua entre capas presentada en sus composiciones químicas. Para haloisita completamente hidratada, esta contiene 12.2 % H<sub>2</sub>O de acuerdo con un cálculo basado en la fórmula química. Por lo tanto, los materiales de haloisita listados en la tabla 1 estaban parcialmente deshidratados, es decir, aproximadamente un 25 % de H<sub>2</sub>O todavía permanece en la estructura.

15 Se prepararon seis (6) composiciones pulvimetalúrgicas como se muestra en la tabla 2. Cada mezcla contenía el polvo de hierro atomizado puro ASC100.29 disponible en Höganäs AB, Suecia, 2 % en peso de un polvo de cobre Cu165 disponible en ACuPowder, EE.UU., 0.85 % en peso de un polvo de grafito Gr1651 disponible en Asbury Graphite, EE.UU., y 0.75 % en peso de un lubricante, Acrawax C disponible en Lonza, EE.UU. Las mezclas No. 1 y 2 contenían un 0.3 % en peso de un aditivo mejorador de la maquinabilidad de acuerdo con la invención y las mezclas No. 3 a 5 contenían un 0.3 % en peso del aditivo mejorador de la maquinabilidad conocido. Se utilizó la mezcla No. 6 como referencia y no contenía ninguna sustancia que mejorara la maquinabilidad.

Tabla 2

Mezcla No.	Descripción	Mineral de silicato	Adición, %
1	De acuerdo con la invención	Haloisita A	0.3
2	De acuerdo con la invención	Haloisita B	0.3
3	Ejemplo comparativo	Caolinita	0.3
4	Ejemplo comparativo	Mica	0.3
5	Ejemplo comparativo	Talco	0.3
6	Referencia	ninguno	0

25 Las mezclas se compactaron en muestras verdes en forma de anillos, altura = 20 mm, diámetro interior = 35 mm, diámetro exterior = 55 mm, mediante prensado uniaxial hasta una densidad verde de 6.9 g/cm<sup>3</sup> seguido de sinterización a 1120°C en una atmósfera de 90 % nitrógeno/10 % hidrógeno durante un período de tiempo de 30 minutos. Después de enfriar a temperatura ambiente, las muestras se usaron para pruebas de maquinabilidad.

30 También se produjeron muestras de prueba de resistencia a la rotura transversal de acuerdo con ISO 3325 mediante compactación uniaxial de las composiciones pulvimetalúrgicas hasta una densidad verde de 6.9 g/cm<sup>3</sup>, seguido de sinterización a 1120°C en una atmósfera de 90 % nitrógeno/10 % hidrógeno durante un período de tiempo de 30 minutos. Después de enfriar a temperatura ambiente, las muestras se utilizaron para la prueba de resistencia a la rotura transversal (TRS) de acuerdo con la norma ISO 3325.

La maquinabilidad de las muestras sinterizadas se evaluó con operaciones de taladrado y torneado respectivamente.

35 Para el taladrado se utilizaron brocas de acero rápido lisas (sin recubrimiento) de 1/8 de pulgada para taladrar agujeros ciegos con una profundidad de 18 mm en condiciones húmedas, es decir, con refrigerante. La maquinabilidad de los materiales fabricados a partir de cada mezcla se evaluó con respecto al número de agujeros perforados antes de que fallara la broca, por ejemplo desgaste excesivo o rotura en la herramienta de corte. Se realizaron dos pruebas, la prueba de taladrado 1 y la prueba de taladrado 2, respectivamente, con diferentes velocidades de avance de 0.075 mm por revolución y 0.13 mm por revolución. Se taladraron un máximo de 36 agujeros por muestra de anillo.

Para el torneado, se utilizaron insertos de carburo recubiertos de TiCN para cortar el diámetro interior (ID) de las muestras de anillos en estado húmedo, es decir, con refrigerante. Los parámetros de torneado fueron:

## ES 2 986 891 T3

velocidad 275 mm/min, avance 0.1 mm/rev, profundidad 0.5 mm, longitud 20 mm/corte. Se realizaron un máximo de 30 cortes por muestra de anillo. El desgaste de la herramienta se evaluó respectivamente en 90 cortes (torneado 1) y 180 cortes (torneado 2). Se considera desgaste excesivo de la herramienta cuando el desgaste de la herramienta (desgaste de flanco) es superior a 200  $\mu\text{m}$ .

- 5 La siguiente tabla 3 muestra los resultados de las pruebas de maquinabilidad y la prueba TRS.

Tabla 3

Mezcla No.	Descripción	Mineral de silicato	Taladrado (1), número de agujeros	Taladrado (2), número de agujeros	Desgaste de la herramienta en torneado (1), $\mu\text{m}$	Desgaste de la herramienta en torneado (2), $\mu\text{m}$	TRS [MPa]
1	De acuerdo con la invención	Haloisita A	180*	72*	75	103	1007
2	De acuerdo con la invención	Haloisita B	180*	72*	90	117	972
3	Ejemplo comparativo	Caolinita	30	13	136	530	986
4	Ejemplo comparativo	Mica	3	4	75	226	938
5	Ejemplo comparativo	Talco	1	2	100	208	952
6	Referencia	ninguno	3	3	554	>554	1027
*la prueba finalizó sin que se rompiera la herramienta							

Para las pruebas con la mezcla 1 y la mezcla 2 de acuerdo con la invención, el taladrado 1 y el taladrado 2 se detuvieron después de 180 y 72 agujeros respectivamente sin que se notara ningún fallo de perforación.

- 10 Ninguno de los agentes mejoradores de la maquinabilidad conocidos, excepto la caolinita que proporcionó alguna mejora muestra ninguna mejora en el taladrado en comparación con el ejemplo de referencia sin ningún aditivo mejorador de la maquinabilidad añadido.

- 15 Para el taladrado, tanto el aditivo que mejora la maquinabilidad de acuerdo con la invención como las sustancias que mejoran la maquinabilidad conocida reducen considerablemente el desgaste de la herramienta después de 90 cortes (torneado 1) en comparación con el ejemplo de referencia sin aditivo que mejora la maquinabilidad. Sin embargo, se observó un desgaste excesivo de la herramienta con los agentes mejoradores de la maquinabilidad conocidos utilizados en las mezclas 3, 4, 5 después de 180 cortes (torneado 2), mientras que las mezclas con el aditivo mejorador de la maquinabilidad de acuerdo con la invención, mezcla 1 y mezcla 2, todavía presentaban buen rendimiento en la mejora de la maquinabilidad para torneado.

- 20 Las pruebas TRS muestran que la adición de haloisita tiene menos impacto en TRS en comparación con la mica y el talco.

De la tabla 3 se desprende claramente que la haloisita como aditivo que mejora la maquinabilidad presenta excelentes resultados tanto en taladrado como en torneado.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una composición en polvo a base de hierro que comprende entre 0.01 % y 1.0 % en peso, preferiblemente entre 0.01 % y 0.5 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.4 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.3 % y más preferiblemente entre 0.1 % y 0.3 % en peso de un aditivo que mejora la maquinabilidad, dicho aditivo contiene al menos un 50 % en peso de haloisita en forma de polvo y en el que la distribución del tamaño de partícula de la haloisita expresada como X90 está por debajo de 30 µm, X50 está por debajo de 15 µm y al menos un 90 % en peso está por encima de 0.1 µm, medida de acuerdo con SS-ISO 13320-1.
- 10 2. Una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el aditivo que mejora la maquinabilidad consiste en haloisita.
- 10 3. Una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, en la que la distribución del tamaño de partícula de la haloisita expresada como X90 está por debajo de 20 µm, X50 está por debajo de 10 µm y al menos el 90 % en peso está por encima de 1 µm medida de acuerdo con SS-ISO 13320-1.
- 15 4. Una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con la reivindicación 3, en la que la distribución del tamaño de partícula de la haloisita expresada como 90 % en peso está por debajo de 10 µm, 50 % en peso está por debajo de 5 µm y al menos 90 % en peso está por encima de 0.5 µm medida de acuerdo con SS-ISO 13320-1.
- 20 5. Una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el área superficial específica de la haloisita es al menos 15 m<sup>2</sup>/g, preferiblemente al menos 20 m<sup>2</sup>/g, y más preferiblemente al menos 25 m<sup>2</sup>/g medido mediante el método BET de acuerdo con la norma ISO 10 9277:2010.
- 25 6. Método de preparación de una composición en polvo a base de hierro, que comprende las siguientes etapas:
  - proporcionar un polvo a base de hierro; y
  - mezclar el polvo a base de hierro con un aditivo mejorador de la maquinabilidad, el aditivo mejorador de la maquinabilidad contiene al menos 50 % en peso de haloisita y en donde el contenido de aditivo mejorador de la maquinabilidad está entre 0.01 % y 1.0 % en peso, preferiblemente entre 0.01 % y 0.5 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.4 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.3 % y más preferiblemente entre 0.1 % y 0.3 % en peso de la composición en polvo a base de hierro y en donde la distribución del tamaño de partículas de la haloisita expresada como X90 es inferior a 30 µm, X50 está por debajo de 15 µm y al menos el 90 % en peso está por encima de 0.1 µm medido de acuerdo con SS-ISO 13320-1.
- 30 7. Método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el aditivo que mejora la maquinabilidad consiste en haloisita.
- 35 8. Método para producir una pieza sinterizada a base de hierro que tiene maquinabilidad mejorada, que comprende las siguientes etapas:
  - proporcionar una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5;
  - compactar la composición en polvo a base de hierro a una presión de compactación de 400-1200 MPa;
  - sinterizar la parte compactada a una temperatura de 700-1350°C; y
  - opcionalmente tratar térmicamente la parte sinterizada.
- 40 9. Un componente sinterizado que contiene al menos 90 % Fe, 0.1-1 % C, opcionalmente Cu entre 0.2 % y 5 %, opcionalmente Ni hasta 4 %, y opcionalmente otros elementos de aleación tales como Mo, Cr, Si, V, Co, Mn y un aditivo mejorador de la maquinabilidad, que contiene al menos 50 % en peso de haloisita, con un contenido de entre 0.01 % y 1.0 % en peso, preferiblemente entre 0.01 % y 0.5 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.4 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.3 % y más preferiblemente entre 0.1 % y 0.3 % en peso del componente sinterizado.
- 45 10. Un componente sinterizado de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el aditivo que mejora la maquinabilidad consiste en haloisita.
- 50 11. Un componente sinterizado de acuerdo con las reivindicaciones 9 o 10 que contiene de 0.2 a 5 % de Cu en peso del componente sinterizado.
12. Un componente sinterizado de acuerdo con las reivindicaciones 9 a 11, que contiene de 0.2 a 4 % de Ni en peso del componente sinterizado.

5 13. Un componente sinterizado que contiene al menos un 96 % de Fe, fósforo entre un 0.1 % y un 2 %, preferiblemente entre un 0.1 % y un 1 % y un aditivo que mejora la maquinabilidad con un contenido de entre un 0.01 % y un 1.0 % en peso, preferiblemente entre un 0.01 % y un 0.5 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.4 %, preferiblemente entre 0.05 % y 0.3 % y más preferiblemente entre 0.1 % y 0.3 % en peso del componente sinterizado y en el que dicho aditivo mejorador de la maquinabilidad contiene al menos 50 % en peso de haloisita.

10 14. Un componente sinterizado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10-13, en el que dicho componente sinterizado se elige del grupo de bielas, tapas de cojinetes principales y componentes de sincronización variable de válvulas (VVT).