

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 168**

51 Int. Cl.:

B22F 1/00 (2006.01)

B22F 3/00 (2006.01)

C22C 33/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2009 PCT/SE2009/000532**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.07.2010 WO10074627**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2009 E 09835341 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.01.2017 EP 2384250**

54 Título: **Composición mejoradora de la maquinabilidad**

30 Prioridad:

22.12.2008 SE 0802656
30.12.2008 US 193841 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.07.2017

73 Titular/es:

HÖGANÄS AB (PUBL) (100.0%)
Bruksgatan 35
263 83 Höganäs, SE

72 Inventor/es:

ANDERSSON, OLOF y
HU, BO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 622 168 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 mejoradora de la maquinabilidad

5 CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

La invención se refiere a una composición de metal en polvo para la producción de piezas metálicas en polvo, así como a un método para producir piezas metálicas en polvo, que tiene maquinabilidad mejorada.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Una de las principales ventajas de la fabricación pulverometalúrgica de componentes es que se hace posible, por compactación y sinterización, producir piezas en bruto de forma final o muy próxima a la forma final. Sin embargo, hay casos en los que se requiere maquinado posterior. Por ejemplo, esto puede ser necesario debido a exigencias de alta tolerancia o porque el componente final tiene tal forma que no puede ser presionado directamente pero requiere maquinado después de la sinterización. Más específicamente, geometrías tales como orificios transversales a la dirección de compactación, cortes inferiores y roscas, requieren un maquinado posterior.

Mediante el desarrollo continuo de nuevos aceros sinterizados de mayor resistencia y por lo tanto también mayor dureza, el maquinado se ha convertido en uno de los principales problemas en la fabricación de componentes de pulverometalúrgica. A menudo es un factor limitante cuando se evalúa si la fabricación pulverometalúrgica es el método más rentable para fabricar un componente.

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

La Patente US No. 4 927 461 describe la adición de 0,01 y 0,5% en peso de BN (nitruro de boro) hexagonal a mezclas de polvo a base de hierro para mejorar la mecanización después de la sinterización.

La Patente de Estados Unidos N° 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 están incluidas en una cantidad de 0,1-0,6% en peso de la composición en polvo.

La solicitud de patente japonesa 08-095649 describe un agente potenciador de maquinabilidad. El agente comprende $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO}$ y tiene una estructura cristalina de anortita o gehlenita. La anortita es un tectosilicato, perteneciente al grupo del feldespato, con una dureza Mohs de 6 a 6,5 y la gehlenita es un sorosilicato que tiene una dureza Mohs de 5-6.

La patente US 7 300 490 describe una mezcla en polvo para producir piezas prensadas y sinterizadas que consisten en una combinación de polvo de sulfuro de manganeso (MnS) y polvo de fosfato de calcio o polvo de hidroxapatita.

La publicación WO 2005/102567 describe una combinación de nitruro de boro hexagonal y polvos de fluoruro de calcio usados como agente potenciador del maquinado.

Los polvos que contienen boro tales como óxido de boro, ácido bórico o borato de amonio, en combinación con azufre se describen en el documento US5938814.

Otras combinaciones de polvo que se utilizan como aditivos de maquinado se describen en el documento EP 1985393A1, conteniendo la combinación al menos uno seleccionado de talco y esteatita y un ácido graso.

El talco como agente potenciador del maquinado se menciona en el documento JP1-255604. El talco pertenece al grupo de filosilicatos que consta de capas tetraédricas de silicio, encerrando una capa octaédrica de hidróxido de magnesio.

La solicitud EP1002883 describe una mezcla de metal en polvo para fabricar piezas metálicas, especialmente insertos de asiento de válvula. Las mezclas descritas contienen 0,5-5% de lubricantes sólidos con el fin de proporcionar un bajo desgaste por fricción y deslizamiento así como una mejora en la mecanización. En una de las realizaciones, la mica se menciona como lubricante sólido. Estos tipos de mezclas en polvo, utilizados para la producción de componentes resistentes al desgaste y de alta temperatura, siempre contienen altas cantidades de elementos de aleación, típicamente por encima del 10% en peso y fases duras, típicamente carburos.

El documento US 4,274,875 enseña un proceso para la producción de artículos, similar a lo descrito en EP1002883, por pulverometalúrgica incluyendo la etapa de añadir mica en polvo al polvo metálico antes de la compactación y sinterización en cantidades entre 0,5 y 2% en peso. Específicamente, se describe que puede usarse cualquier tipo

de mica.

Además, la solicitud de patente japonesa JP10317002, describe un polvo o 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 materiales sólidos de lubricante y de fase dura.

En el documento JP H01255604 se describe polvo ferroso mezclado para pulverometalúrgica preparado a partir de un polvo de MgO-SiO₂ que tiene una relación molar de MgO/SiO₂ en el intervalo de $\geq 0,5$ y $<1,0$ sin agua de cristalización mezclado con polvo de materia prima ferrosa.

El maquinado de componentes prensados y sinterizados es muy complejo y está influenciado por parámetros tales como el tipo de sistema de aleación del componente, la densidad sinterizada del componente y el tamaño y forma del componente. También es obvio que el tipo de operación de maquinado y la velocidad de maquinado son parámetros que tienen una gran importancia en el resultado de la operación de maquinado. La diversidad de los agentes potenciadores de maquinado propuestos que se han de añadir a composiciones metalúrgicas en polvo refleja la naturaleza compleja de la tecnología de maquinado PM.

RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención describe un nuevo aditivo para mejorar la maquinabilidad de aceros sinterizados. Especialmente para aceros sinterizados de baja aleación que tienen un contenido de elementos de aleación inferior al 10% en peso y que están libres de materiales de fase dura. El nuevo aditivo está diseñado para mejorar la maquinabilidad de tales aceros sinterizados sometidos a operaciones de eliminación de virutas tales como taladrado, torneado, fresado y roscado. Además, el nuevo aditivo puede usarse en componentes que se van a mecanizar por varios tipos de materiales de herramienta tales como acero de alta velocidad, carburos de tungsteno, cermets, cerámica y nitruro de boro cúbico y la herramienta también puede ser recubierta.

Un objeto de la presente invención es por lo tanto proporcionar un nuevo aditivo para una composición de metal en polvo para mejorar la maquinabilidad.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar dicho aditivo para ser utilizado en diversas operaciones de maquinado de diferentes tipos de aceros sinterizados.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar una nueva sustancia potenciadora de la maquinabilidad 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 metalúrgica en polvo que contiene el nuevo aditivo potenciador de maquinabilidad, así como un método para preparar una parte compactada a partir de esta composición.

Se ha descubierto ahora que mediante la inclusión de un agente potenciador de la maquinabilidad que comprende un tipo especial definido de silicato en una composición en polvo, se logra una mejora sorprendentemente grande de la maquinabilidad de componentes sinterizados que tienen diversas microestructuras y densidades sinterizadas. Además, se obtiene el efecto positivo sobre la mecanización incluso a cantidades sumamente reducidas, por lo que se minimizará el impacto negativo sobre la compresibilidad mediante la adición de sustancias adicionales. También se ha demostrado que la influencia sobre las propiedades mecánicas del silicato añadido es aceptable.

La invención proporciona así 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, comprendiendo dicho aditivo al menos un silicato del grupo de los filosilicatos. La invención también proporciona el uso de un filosilicato como un agente mejorador de la maquinabilidad en una composición en polvo a base de hierro. La invención proporciona además un método para producir una pieza sinterizada basada en hierro que tiene maquinabilidad mejorada que comprende las etapas de: preparar una composición en polvo a base de hierro como se ha indicado anteriormente, compactar la composición en polvo a base de hierro a una presión de compactación de 400-1200 MPa, sinterizando la parte compactada a una temperatura de 1000-1300°C, y opcionalmente tratamiento térmico de la parte sinterizada.

De acuerdo con la presente invención, se consigue al menos uno de los objetos anteriores, así como otros objetos evidentes a partir de la siguiente discusión, mediante los diferentes aspectos de la presente invención.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona una composición en polvo a base de hierro según la reivindicación 1.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un uso de un silicato comprendido en un aditivo que mejora la maquinabilidad en una composición de polvo a base de hierro de acuerdo con la reivindicación 9.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para preparar un polvo de hierro según la reivindicación 10.

5 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para producir una pieza sinterizada basada en 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 de polvo a base de hierro a una presión de compactación de 400-1200 MPa; sinterizar la parte compactada a una temperatura de 1000-1300°C; y opcionalmente tratar con calor la pieza sinterizada.

10

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra un dibujo esquemático de cómo se mide el desgaste del filo de inserción, es decir, la distancia entre las dos flechas de la figura, para el índice de maquinabilidad de los ejemplos 1, 3, 4, 5, 7 y 8.

15

La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra el efecto del tamaño medio de partícula de los agentes mejoradores de la maquinabilidad moscovita y flogopita, respectivamente, sobre un índice de mejora relativo de la maquinabilidad.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El agente potenciador de la maquinabilidad comprende un silicato definido, clasificado como un filosilicato, que puede caracterizarse por tener una dureza Mohs inferior a 5, preferiblemente inferior a 4. El filosilicato tiene una estructura cristalina en escamas que contiene capas de tetraedros de silicio combinados con capas de estructuras octaédricas de hidróxidos. Preferiblemente, algunos de los átomos de silicio en los tetraedros pueden ser reemplazados por otros átomos tales como átomos de aluminio, siendo así el denotado silicato como aluminato-silicato. Alternativamente, los átomos de aluminio están presentes en las estructuras octaédricas, o los átomos de aluminio estarán presentes en ambas estructuras.

30 Ejemplos de silicatos que pueden incluirse en el nuevo aditivo potenciador de maquinabilidad son:

micas tales como:

35 flogopita $\text{KMg}_3(\text{OH},\text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$,
moscovita $\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$,
biotita $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$, y
margarita $\text{CaAl}_2(\text{OH})_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$;

silicatos pertenecientes al grupo de los cloritos;

40

Minerales de arcilla tales como:

caolinita $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$;

45 minerales arcillosos pertenecientes al grupo esmectita, tales como:

aliettita $\text{Ca}_{0,2}\text{Mg}_6(\text{Si},\text{Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$,
beidellita $(\text{Na},\text{Ca}_{0,5})_{0,3}\text{Al}_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$,
hectorita $\text{Na}_{0,3}(\text{Mg},\text{Li})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$,
50 montmorillonita $(\text{Na},\text{Ca})_{0,33}(\text{Al},\text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$,
nontronita $\text{Na}_{0,3}\text{Fe}_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$,
saponita $\text{Ca}_{0,25}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$,
stevensita $(\text{Ca},\text{Na})_x\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$,
volkonskoita $\text{Ca}_{0,3}(\text{Cr},\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, y
55 yakhontovita $(\text{Ca},\text{Na})_{0,5}(\text{Cu},\text{Mg},\text{Fe})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Normalmente, los minerales de silicato se presentan en la naturaleza como una combinación de minerales definidos, comercialmente existen por lo tanto diferentes combinaciones de silicatos definidos químicamente o sus intermedios, tales como diversos tipos de bentonitas, que contienen montmorillonita. La presente invención no está restringida a silicatos definidos por una única estructura específica, sino que también incluye combinaciones e intermedios de los silicatos descritos anteriormente.

60

La razón por la que los silicatos utilizados de acuerdo con la presente invención pueden tener una dureza inferior a 5, preferiblemente inferior a 4, de acuerdo con la escala de Mohs, y pueden tener una estructura en capas, es que ahora se ha encontrado que dichos silicatos contribuirán a propiedades de maquinado incluso a bajas temperaturas relativas durante el maquinado del cuerpo sinterizado, en comparación con los silicatos más duros. El impacto

65

negativo en la herramienta, causado por el calor desarrollado durante el maquinado, puede ser evitado. Los silicatos que tienen una dureza más alta no pueden contribuir a la lubricación durante la compactación y la expulsión del cuerpo compactado del troquel. Una dureza baja en combinación con una estructura cristalina en capas de los silicatos añadidos es entonces favorable y mejora las propiedades lubricantes, permitiendo así una menor cantidad añadida de lubricantes convencionales, permitiendo alcanzar densidades de verde más altas.

Además, sin estar limitados a ninguna teoría específica, se cree que la presencia de átomos de aluminio en el silicato puede tener un efecto positivo sobre las propiedades de mecanización y contribuye a las buenas propiedades de maquinabilidad independientemente de las estructuras metalográficas de los componentes que van a ser maquinados.

El nuevo aditivo puede incluir o ser mezclado con otros aditivos potenciadores del maquinado conocidos tales como sulfuro de manganeso, nitruro de boro hexagonal, otras sustancias que contienen boro y/o fluoruro de calcio.

La cantidad de aditivo en la composición en polvo a base de hierro puede estar entre 0,05% y 1,0% en peso, preferiblemente entre 0,05% 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. Cantidades inferiores pueden no dar el efecto deseado sobre la maquinabilidad y cantidades más altas pueden tener una influencia negativa sobre las propiedades mecánicas. De este modo, la cantidad de agente mejorador de la maquinabilidad añadida a la composición en polvo a base de hierro puede ser menor que 0,5% en peso, convenientemente 0,49% en peso o menos, preferiblemente 0,45% en peso o menos, más preferiblemente 0,4% en peso o menos, tal como 0,3% en peso o menos, o 0,2% en peso o menos, o 0,15% en peso o menos.

El tamaño de partícula, X_{99} del nuevo aditivo de acuerdo con la invención puede ser inferior a 50 μm , preferiblemente inferior a 30 μm , más preferiblemente inferior a 20 μm , tal como 15 μm o inferior. El tamaño medio de partícula correspondiente, X_{50} , puede ser inferior a 20 μm , preferiblemente inferior a 15 μm , más preferiblemente 10 μm o inferior, tal como 5 μm o menos. El tamaño de partícula, X_{99} , puede ser esencialmente de al menos 1 μm . Si el tamaño de partícula es inferior a 1 μm , puede ser difícil obtener una mezcla en polvo homogénea. Un tamaño de partícula por encima de 50 μm puede influir negativamente en la maquinabilidad y propiedades mecánicas.

El efecto de mejora de la maquinabilidad del aditivo mejorador de maquinabilidad de la presente invención puede ser especialmente pronunciado cuando el componente que se va a mecanizar tiene una estructura martensítica o una estructura heterogénea que comprende una estructura martensítica.

Composición en polvo a base de hierro

Tipos de polvo

Este nuevo polvo de mejora de la maquinabilidad se puede utilizar en esencialmente cualquier composición de polvo ferroso. Así, el polvo a base de hierro puede ser un polvo de hierro puro tal como polvo de hierro atomizado, polvo reducido, y similares. También se pueden usar polvos prealeados que incluyen elementos de aleación tales como Ni, Mo, Cr, V, Co, Mn, Cu, así como polvo de acero parcialmente aleado. Por supuesto, estos polvos pueden usarse en una mezcla.

El aditivo mejorador de la maquinabilidad está presente en la composición en forma de polvo. Las partículas de polvo aditivo pueden por ejemplo mezclarse con el polvo de hierro como partículas de polvo libre o unirse a las partículas de polvo a base de hierro, por ejemplo por medio de un agente aglutinante.

Otros aditivos

La composición en polvo de acuerdo con la invención puede incluir también otros aditivos tales como grafito, aglutinantes y lubricantes y otros agentes convencionales de mejora de la maquinabilidad. Se puede añadir lubricante al 0,05-2% en peso, preferiblemente 0,1-1% en peso. Se puede añadir grafito al 0,05-2% en peso, preferiblemente 0,1-1% en peso.

Proceso

La fabricación pulverometalúrgica de componentes de acuerdo con la invención se puede realizar de una manera convencional, es decir mediante el siguiente proceso: polvo de hierro, por ejemplo el polvo de hierro o de acero, se puede mezclar con cualesquiera elementos de aleación deseados, tales como níquel, cobre, molibdeno y opcionalmente carbono, así como el aditivo mejorador de la maquinabilidad según la invención en forma de polvo. Los elementos de aleación también se pueden añadir como prealeados o aleados por difusión al polvo de hierro o como una combinación entre elementos de aleación mezclados, polvo de aleación difundida o polvo prealeado. Esta mezcla en polvo se puede mezclar con un lubricante convencional, por ejemplo estearato de cinc o cera amida, antes de la compactación. Las partículas más finas en la mezcla pueden unirse al polvo con base en hierro por medio de una sustancia aglutinante. La mezcla en polvo puede después ser compactada en una herramienta de

prensa que produce lo que se conoce como un cuerpo verde próximo a la geometría final. La compactación generalmente tiene lugar a una presión de 400-1200 MPa. Después de la compactación, el comprimido puede sinterizarse a una temperatura de 1000-1300°C y se le confiere su resistencia, dureza, elongación, etc. Opcionalmente, la pieza sinterizada puede ser sometida a tratamiento térmico adicional.

5 Ejemplos

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

10 Agentes mejoradores de la maquinabilidad

Las siguientes sustancias se usaron como ejemplos de agentes potenciadores de la maquinabilidad según la invención: Un polvo que contiene moscovita, que tiene un tamaño de partícula, X_{99} , esencialmente inferior a 20 μm y una composición química expresada como % en peso de óxidos de acuerdo con lo que sigue;

15

SiO ₂	48,0
Al ₂ O ₃	33,3
K ₂ O	10,1
FeO	2,8
MgO	0,3
Pérdida en la ignición	5,5

Un polvo que contiene flogopita, que tiene un tamaño de partícula media, X_{50} , aproximadamente 18 μm y el tamaño de partícula, X_{99} , esencialmente inferior a 45 μm y una composición química expresada como % en peso de óxidos de acuerdo con lo que sigue;

20

SiO ₂	48,0
Al ₂ O ₃	10,3
K ₂ O	12,8
FeO	10,3
MgO	22,7
CaO	0,5
Pérdida en ignición	3,0

Un polvo que contiene minerales pertenecientes al grupo esmectita, que tiene un tamaño de partícula, X_{99} , esencialmente inferior a 20 μm y una composición química expresada como % en peso de óxidos de acuerdo con lo que sigue;

25

SiO ₂	68,2
Al ₂ O ₃	10,9
K ₂ O	0,3
FeO	1,3
MgO	17,0
CaO	1,1
Na ₂ O	1,2

30 Pérdida por ignición (Pérdida por ignición no medida, análisis químico calculado cuando se excluye l.o.i)

Un polvo que contiene bentonita de calcio que tiene un tamaño de partícula, X_{99} , esencialmente inferior a 15 μm y una composición química expresada como % en peso de óxidos de acuerdo con lo que sigue;

35

SiO ₂	55,1
Al ₂ O ₃	23,3
K ₂ O	2,9
FeO	1,6
MgO	2,9
CaO	4,7
Na ₂ O	1,9
Pérdida en ignición	9,5

Ejemplo 1

(Investigación de maquinabilidad, realizada con una operación de torneado, sobre material PM sinterizado)

5 El polvo de bentonita se mezcló con un polvo metálico, un polvo de hierro atomizado con agua AHC100.29 disponible de Höganäs AB, Suecia. El polvo de metal también se mezcló con 2% en peso de polvo de cobre, 0,8% de etilen-bisestearamida como lubricante y grafito, 0,8% en peso.

10 Las mezclas de polvo metálico según la tabla 1 se compactaron en barras TRS estandarizadas de acuerdo con ISO 3325 y anillos con un diámetro exterior de 55 µm, un diámetro interior de 35 µm y una altura de 20 µm, a una densidad en verde de 6,9 g/cm³.

15 Las barras y anillos de TRS se sinterizaron en un horno de cinta de malla de laboratorio a 1120°C durante 20 minutos en una mezcla de 10% de hidrógeno y 90% de nitrógeno. La microestructura obtenida de las muestras fue perlítica. Las barras de TRS sinterizadas se usaron para determinar la resistencia a la rotura transversal según ISO 3325 y los anillos sinterizados se usaron en pruebas de torneado para determinar un índice de maquinabilidad como se puede ver en la Tabla 2.

20 El índice de maquinabilidad se define como el desgaste de flanco en una herramienta de torneado, es decir, el material retirado de un borde de corte de inserto. La Figura 1 describe cómo se mide este desgaste. El torneado se realizó sobre el diámetro exterior de los anillos con un inserto de carburo de tungsteno, con velocidad de husillo constante y alimentación constante sin refrigerante.

25 La Tabla 1 muestra que las propiedades mecánicas de los anillos compactados casi no se ven afectadas por la bentonita añadida. Sin embargo, para los anillos con bentonita añadida se observa una mejora notable en la maquinabilidad, que se muestra en la Tabla 2. El índice de maquinabilidad para anillos que comprenden bentonita se redujo en casi 50% (es decir, el desgaste del filo de inserción se redujo) en comparación con anillos sin este aditivo, para la misma distancia de corte.

30 Tabla 1

Mezcla	Bentonita [%]	DC [%]	HRB	TRA [MPa]
1	-	0,21	77-80	945
2	0,2	0,18	77-78	952

DC es el cambio dimensional de longitud para la barra de resistencia a la rotura transversal durante la sinterización
 HRB es la dureza Rockwell B para la barra de resistencia a la rotura transversal
 TRS es la resistencia a la rotura transversal de la barra de resistencia a la rotura transversal

Tabla 2

Mezcla	Bentonita [%]	Velocidad de husillo [rpm]	Distancia de corte [m]	M. índice [µm]
1	-	1800	168	850
2	0,2	1800	168	450
2	0,2	1800	333	850

La velocidad de husillo es la rotación por minuto en el torno de torneado.
 La distancia de corte es la longitud realizada por el inserto en acoplamiento en el anillo sinterizado.
 El índice M. (índice de mecanización) es el desgaste de los flancos en µm en el borde de corte del inserto después de cubrir la distancia de corte (véase la figura 1).

35 Ejemplo 2

(Investigación de maquinabilidad, realizada con la operación de perforación, sobre material PM sinterizado)

40 Los polvos de moscovita y de flogopita se mezclaron con un polvo de metal Distaloy AE, disponible de Höganäs AB, Suecia, que es hierro puro aleado por difusión con 0,5% de Mo, 4% de Ni y 1,5% de Cu. El polvo de metal también se mezcló con un lubricante, 0,8% en peso de EBS (etilenbisestearamida) y 0,5% en peso de grafito.

45 Las mezclas de material de la Tabla 3 se compactaron en barras de ensayo de tracción estandarizadas de acuerdo con ISO 2740 y en discos con un diámetro de 80 mm y una altura de 12 mm, hasta una densidad en verde de 7,10 g/cm³. Las barras de tracción y los discos se sinterizaron en un horno de cinta de malla de laboratorio a 1120°C durante 30 minutos en una mezcla de 10% de hidrógeno y 90% de nitrógeno. La microestructura obtenida de las muestras fue heterogénea, conteniendo ferrita, austenita rica en níquel, perlita, bainita y martensita.

Los discos se usaron en ensayos de perforación para determinar un índice de maquinabilidad como se puede ver en

la Tabla 4. Este índice se define como el número de agujeros por taladro que se pueden mecanizar antes de que el taladro esté totalmente desgastado, es decir, un taladro total descompuesto. La perforación se realizó con un taladro de aceros de alta velocidad, diámetro 03,5, con velocidad constante y alimentación constante sin refrigerante.

5 La Tabla 3 muestra que cuando se añaden polvos de mica moscovita y flogopita, solo se encuentran desviaciones menores en las propiedades mecánicas. La maquinabilidad es notablemente mejorada con flogopita y aún más extraordinariamente mejorada con moscovita (es decir, se podrían perforar considerablemente más agujeros) como se muestra en la Tabla 4.

10

Tabla 3

Mezcla	Moscovita [%]	Flogopita [%]	DC [%]	HV10	YS [MPa]	TS [MPa]	A [%]
1	-	-	-0,15	211	373	737	2,5
2	0,3	-	-0,13	203	362	693	2,2
3	-	0,3	-0,09	205	371	718	2,4

DC es el cambio dimensional de longitud para la barra de resistencia a la tracción durante la sinterización
 HV10 es la dureza Vickers para la barra de resistencia a la tracción
 YS es el límite elástico para la barra de resistencia a la tracción
 TS es la resistencia a la tracción para la barra de resistencia a la tracción
 A es el alargamiento plástico durante la prueba de resistencia a la tracción

Tabla 4

Mezcla	Moscovita [%]	Flogopita [%]	Velocidad de husillo [rpm]	M. [agujeros perforados]
1	-	-	3820	78
2	0,3	-	3820	415
2	-	0,3	3820	136

La velocidad de husillo es la rotación por minuto en la máquina de perforación
 El índice de M. (Índice de maquinabilidad) es el número promedio de agujeros perforados antes de la descomposición total del taladro.

15 Ejemplo 3

(Investigación de maquinabilidad, realizada con una operación de torneado, sobre material de PM sinterizado, enfriado y templado)

20 El polvo de bentonita se mezcló con un polvo metálico, un polvo de hierro atomizado con agua AHC100.29 disponible de Höganäs AB, Suecia. El polvo metálico también se mezcló con 2% en peso de polvo de cobre, un lubricante, 0,8% en peso de EBS (etilenbisestearamida) y grafito, 0,8% en peso.

25 Las mezclas de material de acuerdo con la tabla 5 se compactaron en anillos con un diámetro exterior de 55 mm, un diámetro interior de 35 mm y una altura de 20 mm, hasta una densidad en verde de 6,9 g/cm³. Los anillos se sinterizaron en un horno de cinta de malla de laboratorio a 1120°C durante 20 minutos en una mezcla de 10% de hidrógeno y 90% de nitrógeno. Después de sinterizar los anillos se trataron térmicamente a 980°C durante 30 minutos y después se enfriaron en aceite. Directamente después del enfriamiento con aceite, los anillos se templaron a 200°C en una hora en aire. La microestructura obtenida era totalmente martensítica.

30 Los anillos se usaron en pruebas de torneado para determinar un índice de maquinabilidad como se puede ver en la Tabla 6. El índice de maquinabilidad se define como el desgaste de flanco en una herramienta de torneado, es decir, el material retirado de un borde de corte de inserto. La Figura 1 describe cómo se mide este desgaste. El torneado se realizó sobre el diámetro exterior del anillo con insertos de cerámica de nitruro de silicio, con velocidad de husillo constante y alimentación constante sin refrigerante.

35 La Tabla 5 muestra que la dureza de los anillos tratados térmicamente no se ve afectada por la bentonita añadida. Sin embargo, la maquinabilidad se mejora notablemente cuando se usa bentonita como se muestra en la Tabla 6. El índice de maquinabilidad para anillos que comprenden bentonita se redujo en más del 50% (es decir, el desgaste del filo de inserción se redujo) comparado con anillos sin este aditivo, para la misma distancia de corte.

40

Tabla 5

Mezcla	Bentonita [%]	HRC
1	-	32-34
2	0,2	32-34

HRC es la dureza Rockwell C para el anillo tratado térmicamente

Tabla 6

Mezcla	Bentonita [%]	Velocidad de husillo [rpm]	Distancia de corte [m]	M. índice [µm]
1	-	1800	168	160
2	0,2	1800	168	90
2	0,2	1800	168	160

La velocidad de husillo es la rotación por minuto en el torno de torneado.
 La distancia de corte es la longitud realizada por el inserto en acoplamiento en el anillo sinterizado.
 El índice M. (índice de mecanización) es el desgaste de los flancos en el borde de corte del inserto después de la distancia de corte cubierta.

5 Ejemplo 4

(Investigación de maquinabilidad, realizada con una operación de torneado, sobre material PM endurecido por sinterización)

10 El polvo de bentonita se mezcló con un polvo de metal, un polvo de acero atomizado con agua Astaloy A, disponible de Höganäs AB, Suecia, que está prealeado con 1,9% de Ni y 0,55% de Mo. El polvo de metal también fue mezclado con 2% en peso de polvo de cobre, un lubricante, 0,8% en peso de EBS (etilenbisestearamida) y grafito, 0,8% en peso.

15 Las mezclas de material de acuerdo con la tabla 7 se compactaron en anillos con un diámetro exterior de 55 mm, un diámetro interior de 35 mm y una altura de 20 mm, hasta una densidad en verde de 6,9 g/cm³. Los anillos se endurecieron por sinterización en un horno de producción a 1120°C durante 20 minutos en una mezcla de 10% de hidrógeno y 90% de nitrógeno con una velocidad de enfriamiento de 2,2°C/s. Después del endurecimiento por sinterización se endurecieron los anillos a 200°C durante 30 minutos en aire. La microestructura obtenida era
 20 totalmente martensítica.

Los anillos se usaron en pruebas de torneado para determinar un índice de maquinabilidad como puede verse en la Tabla 8. El índice de maquinabilidad se define como el desgaste de una cara en una herramienta de torneado, es decir, el material retirado de un borde de corte de inserto. La Figura 1 describe cómo se mide este desgaste. El
 25 torneado se realizó sobre el diámetro exterior del anillo con insertos de cerámica de nitruro de silicio, con velocidad de husillo constante y alimentación constante sin refrigerante.

La Tabla 7 muestra que la dureza de los anillos tratados térmicamente es ligeramente más dura por la cantidad añadida de la bentonita. La maquinabilidad se mejora notablemente cuando se usa bentonita como se muestra en la
 30 Tabla 8. El índice de maquinabilidad para anillos que comprenden bentonita se redujo en aproximadamente 60% (es decir, el desgaste del filo cortante se redujo) comparado con anillos sin este aditivo, para la misma distancia de corte.

Tabla 7

Mezcla	Bentonita [%]	HRC
1	-	33-34
2	0,2	35-38

HRC es la dureza Rockwell C para el anillo tratado térmicamente

35

Tabla 8

Mezcla	Moscovita [%]	Velocidad de husillo [rpm]	Distancia de corte [m]	M. índice [µm]
1	-	1800	168	296
2	0,2	1800	168	100
2	0,2	1800	809	143

La velocidad de husillo es la rotación por minuto en el torno de torneado.
 La distancia de corte es la longitud realizada por el inserto en acoplamiento en el anillo sinterizado.
 El índice M. (índice de mecanización) es el desgaste de los flancos en el borde de corte del inserto después de la distancia de corte cubierta.

40 Ejemplo 5

(Investigación de maquinabilidad, realizada con una operación de torneado, sobre material PM endurecido por sinterización)

El polvo de bentonita se mezcló con un polvo metálico, un polvo de acero atomizado con agua Astaloy CrL, disponible en Höganäs AB, Suecia, un polvo prealeado con 1,5% de Cr y 0,2% de Mo. El polvo metálico también se mezcló con 2% en peso de polvo de cobre, un lubricante, 0,8% en peso de EBS (etilenbisestearamida) y grafito, 0,75% en peso.

Las mezclas según la tabla 9 se compactaron en anillos con un diámetro exterior de 55 mm, un diámetro interior de 35 mm y una altura de 20 mm, hasta una densidad en verde de 6,9 g/cm³. Los anillos se endurecieron por sinterización en un horno de producción a 1120°C durante 20 minutos en una mezcla de 10% de hidrógeno y 90% de nitrógeno con una velocidad de enfriamiento de 2,2°C/s. Después del endurecimiento por sinterización se endurecieron los anillos a 200°C durante 30 minutos en aire. La microestructura obtenida era totalmente martensítica.

Los anillos se usaron en pruebas de torneado para determinar un índice de maquinabilidad como puede verse en la Tabla 10. El índice de maquinabilidad se define como el desgaste de la cara en una herramienta de torneado, es decir, el material retirado de un borde de corte de inserto. La Figura 1 describe cómo se mide este desgaste. El torneado se realizó sobre el diámetro exterior de los anillos con insertos de cerámica de nitruro de silicio, con velocidad de husillo constante y alimentación constante sin refrigerante.

La Tabla 9 muestra que la dureza de los anillos tratados térmicamente es ligeramente más dura por la cantidad añadida de la bentonita. La maquinabilidad es notablemente mejorada cuando se usa bentonita como se muestra en la Tabla 10. El índice de maquinabilidad para anillos que comprenden bentonita se redujo en aproximadamente 75% (es decir, el desgaste del borde de corte de inserto se redujo) comparado con anillos sin este aditivo, para la misma distancia de corte.

Tabla 9

Mezcla	Bentonita [%]	HRC
1	-	33-35
2	0,2	33-36

HRC es la dureza Rockwell C para el anillo tratado térmicamente

Tabla 10

Mezcla	Bentonita [%]	Velocidad de husillo [rpm]	Distancia de corte [m]	M. índice [µm]
1	-	1800	168	210
2	0,2	1800	168	56
2	0,2	1800	809	79

La velocidad de husillo es la rotación por minuto en el torno de torneado.
 La distancia de corte es la longitud realizada por el inserto en acoplamiento en el anillo sinterizado.
 El índice M. (índice de mecanización) es el desgaste de los flancos en el borde de corte del inserto después de la distancia de corte cubierta.

Ejemplo 6

(Investigación de maquinabilidad, realizada con operación de perforación, sobre material PM endurecido por sinterización)

La moscovita, la flogopita y el polvo de esmectita se mezclaron con un polvo de metal, un polvo de acero atomizado con agua Astaloy CrM, disponible de Höganäs AB, Suecia, que está prealeado con 3% de Cr y 0,5 Mo. El polvo de metal se mezcló también con un lubricante, 0,8% en peso de EBS (etilenbisestearamida) y 0,55% en peso de grafito.

Las mezclas de material en la Tabla 11 se compactaron en barras de ensayo de tracción estandarizadas de acuerdo con ISO 2740 y en discos con un diámetro de 80 mm y una altura de 12 mm, hasta una densidad en verde de 7,10 g/cm³. Las barras de tracción y los discos se endurecieron por sinterización en un horno de cinta de malla de laboratorio a 1120°C durante 30 minutos en una mezcla de 10% de hidrógeno y 90% de nitrógeno con una velocidad de enfriamiento de 2,2°C/s. Después del endurecimiento por sinterización, las barras TS y los discos se templaron a 200°C durante 30 minutos en aire. La microestructura obtenida era totalmente martensítica.

Los discos se usaron en ensayos de perforación para determinar un índice de maquinabilidad como se puede ver en la Tabla 12. Este índice se define como una velocidad de corte crítica. Si un taladro pudiera producir la cantidad total de orificios (216) en un disco a una cierta velocidad de corte sin que se rompa el taladro total, se debe realizar un nuevo taladro junto con una velocidad de corte incrementada en la siguiente prueba.

La perforación se realizó con un taladro de carburo sólido, diámetro 03.5, con alimentación constante sin

refrigerante.

La Tabla 11 muestra que cuando se añaden polvos de moscovita, flogopita o esmectita, se encuentran algunas desviaciones menores en las propiedades mecánicas. La maquinabilidad se mejora notablemente con la moscovita, la flogopita o la esmectita, lo que permite aumentar la velocidad del husillo sin falla en el taladro como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 11

Mezcla	Moscovita [%]	Flogopita [%]	Esmectita [%]	HV10	MHV0.05 (Martensita)	TS [MPa]
1	-	-	-	455	698	1055
2	0.3	-	-	389	637	908
3	-	0.3	-	378	714	837
4	-	-	0.3	432	715	992

HV10 es la dureza Vickers para la barra de resistencia a la tracción
 MHV0.05 es la dureza de martensita Micro Vickers para la barra de resistencia a la tracción
 TS es la resistencia a la tracción para la barra de resistencia a la tracción

10

Tabla 12

Mezcla	Moscovita [%]	Flogopita [%]	Esmectita [%]	Velocidad de husillo [rpm]	M. índice [agujeros perforados]
1	-	-	-	3638	30
2	0.3	-	-	3638	216
2	0.3	-	-	4547	216
3	-	0.3	-	3638	216
3	-	0.3	-	4547	216
4	-	-	0.3	3638	216
4	-	-	0.3	4547	216

La velocidad de husillo es la rotación por minuto en la máquina de perforación
 La prueba se interrumpió después de 216 agujeros, no se notó ningún fallo de los taladros.

Ejemplo 7

(Investigación de maquinabilidad, realizada con operación de torneado, sobre material PM endurecido por sinterización)

La moscovita, la flogopita y el polvo de esmectita se mezclaron con un polvo de metal, un polvo de acero atomizado con agua Astaloy CrM como en el ejemplo 6. El polvo metálico también se mezcló con un lubricante, 0,8% en peso de EBS (etilenbisestearamida) y 0,55% en peso de grafito.

Las mezclas de la tabla 13 se compactaron en barras de ensayo de tracción normalizadas de acuerdo con la norma ISO 2740 y en anillos con un diámetro exterior de 64 mm, un diámetro interior de 35 mm y una altura de 25 mm a una densidad verde de 7,10 g/cm³. Las barras de tracción y los anillos se endurecieron por sinterización en un horno de cinta de malla de laboratorio a 1120°C durante 30 minutos en una mezcla de 10% de hidrógeno y 90% de nitrógeno con una velocidad de enfriamiento de 2,2°C/s. La microestructura obtenida era totalmente martensítica.

Después del endurecimiento por sinterización, las barras TS y los anillos se templaron a 200°C durante 30 minutos en aire. Los anillos se usaron en pruebas de torneado para determinar un índice de maquinabilidad como se puede ver en la Tabla 14. El índice de maquinabilidad se define como el desgaste de flanco en una herramienta de torneado, es decir, el material retirado de un borde de corte de inserto. La Figura 1 describe cómo se mide este desgaste. El torneado se realizó en la cara frontal de los anillos con insertos de nitruro de boro cúbico, a velocidad de corte constante y alimentación constante sin refrigerante.

La Tabla 13 muestra que cuando se añaden los polvos de moscovita, flogopita o esmectita, se encuentran algunas desviaciones menores en las propiedades mecánicas.

La maquinabilidad es notablemente mejorada con moscovita, flogopita o esmectita como se muestra en la Tabla 14. El índice de maquinabilidad para los anillos que comprenden los diferentes aditivos se redujo considerablemente (es decir, el desgaste del borde de corte del inserto se redujo) en comparación con los anillos sin estos aditivos, para la misma distancia de corte.

Tabla 13

Mezcla	Moscovita [%]	Flogopita [%]	Esmectita [%]	HV10	MHV0.05 (martensita)	TS [MPa]
1	-	-	-	455	698	1055

Mezcla	Moscovita [%]	Flogopita [%]	Esmectita [%]	HV10	MHV0.05 (martensita)	TS [MPa]
2	0.3	-	-	389	637	908
3	-	0.3	-	378	714	837
4	-	-	0.3	432	715	992

HV10 es la dureza Vickers para la barra de resistencia a la tracción
 MHV0.05 es la dureza de martensita Micro Vickers para la barra de resistencia a la tracción
 TS es la resistencia a la tracción para la barra de resistencia a la tracción

Tabla 14

Mezcla	Moscovita [%]	Flogopita [%]	Esmectita [%]	Velocidad de corte [m/min]	Distancia de corte [m]	Índice M. [µm]
1	-	-	-	150	1015	200
2	0.3	-	-	150	1015	60
2	0.3	-	-	150	9132	100
3	-	0.3	-	150	1015	80
3	-	0.3	-	150	9132	110
4	-	-	0.3	150	1015	80
4	-	-	0.3	150	9132	80

La velocidad de corte es la velocidad del anillo desde el diámetro exterior al interior del anillo expresado en metro por minuto en la máquina de torneado
 La distancia de corte es la longitud realizada por el inserto en acoplamiento en el anillo sinterizado.
 El índice M. (Índice de maquinabilidad) es el desgaste del flanco en el borde de corte del inserto después de la distancia de corte cubierta.

Ejemplo 8

5 (Investigación de maquinabilidad, realizada con una operación de torneado, sobre material PM endurecido por sinterización)

10 El polvo de bentonita se mezcló con un polvo de metal, un polvo de acero atomizado con agua Astaloy CrM como en el ejemplo 6. El polvo metálico también se mezcló con un lubricante, EBS (etilenbisestearamida) al 0,8% en peso y grafito, 0,6%.

15 Las mezclas según la tabla 15 se compactaron en anillos con un diámetro exterior de 55 mm, un diámetro interior de 35 mm y una altura de 20 mm, hasta una densidad en verde de 6,9 g/cm³. Los anillos se endurecieron por sinterización en un horno de producción a 1120°C durante 20 minutos en una mezcla de 10% de hidrógeno y 90% de nitrógeno con una velocidad de enfriamiento de 2,2°C/s. Después del endurecimiento por sinterización se endurecieron los anillos a 200°C durante 30 minutos en aire. La microestructura obtenida era totalmente martensítica.

20 Los anillos se usaron en ensayos de torneado para determinar un índice de maquinabilidad como se puede ver en la Tabla 16. El índice de maquinabilidad se define como el desgaste de flanco en una herramienta de torneado, es decir, el material retirado de un borde de corte de inserto. La Figura 1 describe cómo se mide este desgaste. El torneado se realizó sobre el diámetro exterior del anillo con insertos de cerámica de nitruro de silicio, con velocidad de husillo constante y alimentación constante sin refrigerante.

25 La Tabla 15 muestra que la dureza de los anillos tratados térmicamente es ligeramente más dura por la cantidad añadida de la bentonita. La maquinabilidad se mejora notablemente cuando se usa la bentonita como se muestra en la Tabla 16. El índice de maquinabilidad para anillos que comprenden bentonita se redujo en aproximadamente 70% (es decir, el desgaste del filo de inserción se redujo) comparado con anillos sin este aditivo, para la misma distancia de corte.

Tabla 15

Mezcla	Bentonita [%]	HRC
1	-	33-35
2	0,2	33-36

HRC es la dureza Rockwell C para el anillo tratado térmicamente

Tabla 16

Mezcla	Bentonita [%]	Velocidad de husillo [rpm]	Distancia de corte [m]	Índice M. [µm]
1	-	1800	168	246

ES 2 622 168 T3

2	0,2	1800	168	77
2	0,2	1800	809	177

La velocidad de husillo es la rotación por minuto en el torno de torneado
 La distancia de corte es la longitud realizada por el inserto en acoplamiento en el anillo sinterizado.
 El índice M. (Índice de maquinabilidad) es el desgaste del flanco en el borde de corte del inserto después de la distancia de corte cubierta.

Ejemplo 9

(Investigación de maquinabilidad, realizada con operación de perforación, sobre material PM sinterizado)

Se midieron polvos de moscovita y flogopita con diferente distribución de tamaño de partícula, que se muestran en la Tabla 17, con un equipo de difracción de láser (Sympatec GmbH) según el método Fraunhofer App. ISO13320-1: 1999.

Tabla 17

Material	Abreviación	X50	X ₉₉
Moscovita	M1	31.7	128.4
Moscovita	M2	8.4	39.7
Moscovita	M3	3.4	12.3
Flogopita	P1	7.4	34.6
Flogopita	P2	4.6	13.6

El valor de X50 es el tamaño de partícula [µm] donde 50% en peso de la población tiene un tamaño de partícula inferior al valor.
 El valor de X₉₉ es el tamaño de partícula [µm] donde 99% en peso de la población tiene un tamaño de partícula inferior al valor.

Se mezclaron polvo de moscovita y flogopita con un polvo de metal Distaloy AE, disponible en Höganäs AB, Suecia, que es hierro puro aleado por difusión con 0,5% de Mo, 4% de Ni y 1,5% de Cu. El polvo de metal también se mezcló con un lubricante, 0,8% en peso de EBS (etilenbisestearamida) y 0,5% en peso de grafito.

Las mezclas de material en la Tabla 18 (expresadas como porcentaje en peso) se compactaron en barras de ensayo de tracción normalizadas de acuerdo con ISO 2740 y en discos con un diámetro de 80 mm y una altura de 12 mm, hasta una densidad en verde de 7,10 g/cm³. Las barras de tracción y los discos se sinterizaron en un horno de cinta de malla de laboratorio a 1120°C durante 30 minutos en una mezcla de 10% de hidrógeno y 90% de nitrógeno. La microestructura obtenida de las muestras fue heterogénea, conteniendo ferrita, austenita rica en níquel, perlita, bainita y martensita.

Tabla 18

Mezcla	M1 [%]	M2 [%]	M3 [%]	P1 [%]	P2 [%]
1	-	-	-	-	-
2	0.3	-	-	-	-
3	-	0.3	-	-	-
4	-	-	0.15	-	-
5	-	-	0.30	-	-
6	-	-	-	0.30	-
7	-	-	-	-	0.30

M1 = polvo de moscovita con distribución de tamaño de partícula X50 = 31.7 µm y X₉₉ = 128.4 µm
 M2 = Polvo de moscovita con distribución de tamaño de partícula X50 = 8.4 µm y X₉₉ = 39.7 µm
 M3 = Polvo de moscovita con distribución de tamaño de partícula X50 = 3.4 µm y X₉₉ = 12.3 µm
 P1 = Polvo de Flogopita con distribución de tamaño de partícula X50 = 7.4 µm y X₉₉ = 34.6 µm
 P2 = Polvo de Flogopita con distribución de tamaño de partícula X50 = 4.6 µm y X₉₉ = 13.6 µm

Los discos se usaron en ensayos de perforación para determinar un índice de maquinabilidad como se puede ver en la Tabla 19. Este índice se define como el número de agujeros por taladro que se pueden mecanizar antes de que el taladro esté totalmente desgastado, es decir, un taladro en descomposición total. La perforación se realizó con un taladro de aceros de alta velocidad, diámetro 03,5, con velocidad constante y alimentación constante sin refrigerante.

La maquinabilidad se mejora con la flogopita y se mejora aún más con la moscovita (es decir, se podrían perforar considerablemente más agujeros) como se muestra en la Tabla 19, excepto para la moscovita más gruesa (M1).

Tabla 19

Mezcla	Aditivo [tipo]	Aditivo [% peso]	Velocidad de husillo [rpm]	Índice de maquinabilidad relativa
--------	----------------	------------------	----------------------------	-----------------------------------

Mezcla	Aditivo [tipo]	Aditivo [% peso]	Velocidad de husillo [rpm]	Índice de maquinabilidad relativa
1	-	-	3820	1
2	M1	0.30	3820	1
3	M2	0.30	3820	5.3
4	M3	0.15	3820	5.9
5	M3	0.30	3820	11.1
6	P1	0.30	3820	1.9
7	P2	0.30	3820	2.6

La velocidad de husillo es la rotación por minuto en la máquina de perforación
 El índice de maquinabilidad relativa es la relación entre el número medio de orificios perforados antes de la descomposición total del taladro para cada mezcla 1-7 y el número medio de orificios perforados para la mezcla 1 (es decir, la mezcla sin el aditivo que mejora la maquinabilidad).

5 Al definir un índice de maquinabilidad relativo como la relación entre el número medio de orificios perforados antes de la rotura total del taladro y el número medio de orificios perforados en el material sin aditivo antes de la descomposición total del taladro, se hace evidente una correlación entre la maquinabilidad y la distribución del tamaño de partícula (X_{50}) de la moscovita, como puede verse en la Figura 2.

10 Con un tamaño de partícula decreciente (X_{50}), la influencia sobre la maquinabilidad es significativa con la moscovita con alto efecto de maquinabilidad creciente, mientras que con la flogopita se puede encontrar un efecto menos intensivo.

10 Como es evidente a partir de la figura 2, el tamaño medio de partícula X_{50} , es convenientemente de 20 μm o menos, preferiblemente 15 μm o menos, más preferiblemente 10 μm o menos, especialmente 5 μm o menos.

15 La cantidad de agente de maquinabilidad añadido, como se muestra por ejemplo para la moscovita, tiene una influencia sobre el cambio dimensional, las propiedades mecánicas y la dureza, como puede verse en la Tabla 20.

Tabla 20

Mezcla	Moscovita [% peso]	DC [%]	HV10	YS [MPa]	TS [MPa]	A [%]
1	-	-0.15	211	373	737	2.5
4	0.15	-0.13	209	372	708	2.2
5	0.30	-0.12	188	356	650	2.4

DC es el cambio dimensional de longitud para la barra de resistencia a la tracción durante la sinterización
 HV10 es la dureza Vickers para la barra de resistencia a la tracción
 YS es el límite elástico para la barra de resistencia a la tracción
 TS es la resistencia a la tracción para la barra de resistencia a la tracción
 A es el alargamiento plástico durante la prueba de resistencia a la tracción

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una composición en polvo a base de hierro que comprende, además de un polvo a base de hierro, una cantidad menor de un aditivo mejorador de la maquinabilidad en forma de polvo, comprendiendo dicho aditivo al menos un silicato del grupo que consiste en bentonitas y moscovita, en la que si el silicato es moscovita, el contenido del aditivo mejorador de maquinabilidad es inferior al 0,5% en peso.
- 10 2. La composición en polvo a base de hierro de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el contenido del aditivo mejorador de la maquinabilidad es 0,05-1%, convenientemente 0,05-0,5%, preferiblemente 0,05-0,3%, más preferiblemente 0,05-0,2% en peso de la composición en polvo a base de hierro.
- 15 3. La composición en polvo a base de hierro de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el silicato es moscovita y en el que el contenido del aditivo mejorador de la maquinabilidad es 0,4% en peso o menos, tal como 0,3% en peso o menos, o 0,2% en peso o menos.
- 20 4. La composición en polvo a base de hierro de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el tamaño de partícula, X_{99} , del aditivo mejorador de la maquinabilidad es inferior a 50 μm , preferiblemente inferior a 30 μm y más preferiblemente inferior a 20 μm .
- 25 5. La composición en polvo a base de hierro de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el tamaño medio de partícula X_{50} del aditivo mejorador de la maquinabilidad es inferior a 20 μm , preferiblemente inferior a 15 μm , más preferiblemente inferior a 10 μm y lo más preferiblemente inferior a 5 μm .
6. Una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el silicato tiene una dureza Mohs inferior a 5, preferiblemente inferior a 4.
7. Una composición en polvo a base de hierro según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el silicato contiene aluminio.
- 30 8. Una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el polvo a base de hierro comprende menos del 10% en peso de elementos de aleación.
- 35 9. Uso de un silicato comprendido en un aditivo que mejora la maquinabilidad en una composición de polvo a base de hierro, en el que el aditivo que mejora la maquinabilidad comprende al menos un silicato del grupo que consiste en bentonitas y moscovita, en el que si el silicato es moscovita el contenido de la maquinabilidad que mejora el aditivo es menor que 0,5% en peso.
- 40 10. Método de preparación de una composición en polvo a base de hierro, que comprende:
proporcionar un polvo a base de hierro; y
mezclar el polvo a base de hierro con un aditivo que mejora la maquinabilidad en forma de polvo, comprendiendo el aditivo que mejora la maquinabilidad al menos un silicato del grupo que consiste en bentonitas y moscovita, en el que si el silicato es moscovita el contenido del aditivo mejorador de la maquinabilidad es menor que 0,5% en peso.
- 45 11. Método para producir una pieza sinterizada a base de hierro que tiene maquinabilidad mejorada, que comprende:
preparar una composición en polvo a base de hierro de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8;
50 compactación de la composición de polvo a base de hierro a una presión de compactación de 400-1200 MPa; sinterizar la parte compactada a una temperatura de 1000-1300°C; y
opcionalmente tratar con calor la parte sinterizada.
- 55

