

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 474 159**

51 Int. Cl.:

**B22F 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2004 E 04746349 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.04.2014 EP 1640469**

54 Título: **Aleación sinterizada a base de hierro que muestra alta densificación de superficie y alta dureza de superficie, y método para la producción de la misma**

30 Prioridad:

**27.06.2003 JP 2003183802**  
**27.06.2003 JP 2003183803**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.07.2014**

73 Titular/es:

**DIAMET CORPORATION (100.0%)**  
**1-1, KOGANE-CHO 3-CHOME**  
**HIGASHI-KU NIIGATA-SHI NIIGATAJJP**

72 Inventor/es:

**KAWASE, KINYA y**  
**NAKAI, TAKASHI**

74 Agente/Representante:

**FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás**

**ES 2 474 159 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

Aleación sinterizada a base de hierro que muestra alta densificación de superficie y alta dureza de superficie, y método para la producción de la misma

5

**Antecedentes de la invención**

## 1. Campo técnico

La presente invención se refiere a una aleación sinterizada a base de hierro compuesta por una parte de capa de superficie de la aleación sinterizada a base de hierro (a continuación en el presente documento, denominada "parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro") que tiene un grosor en un intervalo de 1  $\mu\text{m}$  a 2 mm desde la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro; y una parte interior de la aleación sinterizada a base de hierro (a continuación en el presente documento, denominada "parte interior de aleación sinterizada a base de hierro") ubicada dentro de la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro, conteniendo la parte de capa de superficie tanto potasio (K) como sodio (Na), y al método de producción de la misma. La aleación sinterizada a base de hierro está disponible particularmente para piezas mecánicas que requieren dureza de superficie y resistencia al desgaste, por ejemplo, ruedas dentadas, engranajes, rotores, anillos de bolas interiores, anillos de bolas exteriores, etc. Además, puesto que tiene superficies altamente densificadas, la aleación sinterizada a base de hierro de la invención está disponible para piezas mecánicas compuestas por la aleación sinterizada a base de hierro que requieren electrodeposición sobre la superficie.

10

15

20

## 2. Técnica relacionada

En general, se conoce bien que una aleación sinterizada a base de hierro se ha usado para un elemento para diversas piezas mecánicas, y la aleación sinterizada a base de hierro se produce sinterizando un material compacto en polvo, que se fabrica mezclando una sal metálica de un ácido graso superior tal como estearato de zinc, estearato de calcio, estearato de litio, etc., con el polvo de aleación a base de hierro como lubricante y luego llenando con la mezcla una cavidad de una matriz de prensado para conformación en prensa.

25

30

35

Sin embargo, el material compacto en polvo obtenido prensando el polvo mezclado con la sal metálica de un ácido graso superior convencional, con el que se llena la cavidad de la matriz de prensado, contiene una gran cantidad de lubricante, por lo que el material compacto en polvo no puede tener una densidad alta. Además, el lubricante que queda en la aleación sinterizada a base de hierro deteriora la resistencia mecánica de la aleación sinterizada a base de hierro producida sinterizando el material compacto en polvo obtenido mediante el método anterior.

40

Por otra parte, cuando se añade una pequeña cantidad de lubricante al polvo de aleación a base de hierro con el fin de fabricar el material compacto en polvo que contiene una pequeña cantidad de lubricante, y se produce la aleación sinterizada a base de hierro que tiene una resistencia mecánica excelente sinterizando el material compacto en polvo que contiene una pequeña cantidad de lubricante, la escasez de la cantidad de lubricante conduce a la falta de lubricidad, por lo que el material compacto en polvo prensado es difícil de retirar de la matriz de prensado, y el rendimiento disminuye debido al material compacto en polvo inferior.

45

50

55

En este caso, con el fin de disminuir la dificultad en retirar el material compacto en polvo de la matriz de prensado debido a la falta de lubricante, se aplica un lubricante de ácido graso superior que incluye la sal metálica de un ácido graso superior (por ejemplo, estearato de litio, estearato de calcio o estearato de zinc) suspendida en un disolvente a la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado, y la matriz se calienta hasta 100°C o más para formar un recubrimiento del ácido metálico de un ácido graso superior mediante la evaporación del disolvente. Tras esto, se llena la cavidad con el polvo de aleación sinterizada a base de hierro que contiene una cantidad más pequeña del lubricante de lo usual, sobre cuya superficie interior se forma el recubrimiento del ácido metálico de un ácido graso superior, y entonces se prensa a una presión de 600 MPa o más para fabricar el material compacto en polvo. Entonces, se genera el recubrimiento de sal de hierro de un ácido graso superior tal como un recubrimiento monomolecular de estearato de hierro sobre la superficie del material compacto en polvo, por lo que se reduce la fricción entre el material compacto en polvo y la matriz, y disminuye la presión que se requiere para la retirada del material compacto en polvo, por lo que puede retirarse el material compacto en polvo de la matriz fácilmente. Además, puesto que el material compacto en polvo se prensa a alta presión de 600 MPa o más, puede producirse material compacto en polvo que tiene alta densidad (véase la patente n.º 3309970).

60

Se dan a conocer una composición de aleación sinterizada a base de hierro y una ruta de producción similares en los documentos EP-A 1563 986 y DE 1045 437.

65

Según el método anterior, puede obtenerse material compacto en polvo que tiene una pequeña cantidad del lubricante y una alta densidad, y puede disminuirse la fuerza requerida para retirar el material compacto en polvo del molde de prensado puesto que se facilita la retirada del material compacto en polvo. Además, el material compacto en polvo raramente se rompe durante la retirada. Como resultado, puede fabricarse un material compacto en polvo excelente de manera eficaz y puede producirse una aleación sinterizada a base de hierro excelente sinterizando el

material compacto en polvo.

Sin embargo, el recubrimiento de lubricante obtenido aplicando el lubricante de ácido graso superior que incluye la sal metálica sólida de un ácido graso superior en estado sólido tal como estearato de zinc, estearato de calcio, estearato de litio o similares, que son polvos sólidos, suspendida en agua a la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado se forma como un recubrimiento en polvo sólido sobre la superficie interior de la cavidad, por lo que el recubrimiento no puede densificarse sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado y adherirse a la superficie interior de la cavidad suficientemente. Como resultado, existe un problema porque es difícil formar un recubrimiento de lubricante estable.

## Sumario

Por tanto, los presentes inventores han estudiado la manera de formar un recubrimiento de lubricante más denso sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado desde los puntos de vista anteriores y, finalmente, han descubierto lo siguiente;

a) Se obtiene una disolución disolviendo una sal metálica de fosfato de potasio y/o sal metálica de fosfato de sodio soluble en un disolvente. La disolución se adopta como lubricante y se aplica a la superficie interior de la cavidad de una matriz de prensado que se calienta por encima de la temperatura a la que se evapora el disolvente del lubricante. Entonces, puesto que la matriz de prensado se calienta a tal temperatura alta a la que el disolvente puede evaporarse, el disolvente contenido en el lubricante se evapora y la sal de sulfato de potasio y/o sal de sulfato de sodio se cristaliza(n) sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado, de modo que se forma un recubrimiento cristalizado de sal de sulfato de potasio y/o sal de sulfato de sodio sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado. El recubrimiento cristalizado de sal de sulfato de potasio y/o sal de sulfato de sodio formado sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado puede formar un recubrimiento de lubricante extremadamente denso y tiene también una adhesión excelente. Como resultado, el recubrimiento apenas se exfolia durante el funcionamiento.

(b) Se llena con polvo de partida, polvo de aleación sinterizada a base de hierro, la cavidad de la matriz de prensado, sobre cuya superficie interior se forma el recubrimiento cristalizado de sal de sulfato de potasio y/o sal de sulfato de sodio, y se prensa el polvo llenado para formar un material compacto en polvo. Puesto que el recubrimiento cristalizado de sal de sulfato de potasio y/o sal de sulfato de sodio se forma sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado, el material compacto en polvo puede extraerse fácilmente de la matriz de prensado. Además, una superficie del material compacto en polvo obtenido contiene potasio (a continuación en el presente documento, denominado "K") y/o sodio (a continuación en el presente documento, denominado "Na"). Cuando se sinteriza el material compacto en polvo que contiene K y/o Na sobre la superficie del mismo, K y/o Na reduce(n) el recubrimiento de óxido de hierro para activar la superficie del polvo de aleación a base de hierro. De ese modo, se obtiene una aleación sinterizada a base de hierro de superficie densa que tiene poros abiertos extremadamente pequeños (que comunican la superficie de la aleación sinterizada con el interior) sobre la superficie de un cuerpo sinterizado. La aleación sinterizada a base de hierro de superficie densa tiene un aumento en la dureza de superficie y por tanto en la resistencia al desgaste de superficie. Como tal, la aleación sinterizada a base de hierro se usa como elemento para piezas mecánicas tales como ruedas dentadas, engranajes, rotores, anillos de bolas interiores, anillos de bolas exteriores o similares que requieren resistencia al desgaste. Además, la superficie altamente densificada hace que la aleación sinterizada a base de hierro esté disponible para un elemento tal como una pieza mecánica y una pieza magnética compuestas por la aleación a base de hierro, que necesita electrodeposición sobre la superficie.

(c) La aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida obtenida de esta forma contiene K y/o Na en un intervalo del 0,0001 al 1% en masa en una parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro.

(d) Las concentraciones de K y Na en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro se detectan o no generalmente según las posiciones de superficie y profundidad desde la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro cuando se somete a análisis de alta precisión, mostrando por tanto una gran desviación. Por este motivo, es preferible que las concentraciones de K y Na en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro se obtengan como un valor promedio.

Alternativamente,

(e) se obtiene una disolución disolviendo una sal metálica de fosfato de potasio y/o sal metálica de fosfato de sodio soluble en un disolvente. La disolución se adopta como lubricante y se aplica a la superficie interior de la cavidad de una matriz de prensado que se calienta por encima de la temperatura a la que se evapora el disolvente del lubricante. Entonces, puesto que la matriz de prensado se calienta a tal temperatura alta a la que el disolvente puede evaporarse, el disolvente contenido en el lubricante se evapora y la sal metálica de fosfato de potasio y/o sal de metálica de fosfato de sodio se cristaliza(n) sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado, de modo que se forma un recubrimiento cristalizado de sal metálica de fosfato de potasio y/o sal metálica de fosfato de

sodio sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado. El recubrimiento cristalizado de sal metálica de fosfato de potasio y/o sal de metálica de fosfato de sodio que se forma sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado puede formar un recubrimiento de lubricante extremadamente denso y tiene también una adhesión excelente. Como resultado, el recubrimiento apenas se exfolia durante el funcionamiento.

5 (f) Se llena con el polvo de partida, polvo de aleación sinterizada a base de hierro, la cavidad de la matriz de prensado, sobre cuya superficie interior se forma el recubrimiento cristalizado de sal metálica de fosfato de potasio y/o sal metálica de fosfato de sodio, y se prensa el polvo con el que se llena para formar un material compacto en polvo. Puesto que el recubrimiento cristalizado de sal metálica de fosfato de potasio y/o sal metálica de fosfato de sodio se forma sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado, es posible extraer fácilmente el material compacto en polvo de la matriz de prensado. Además, la superficie del material compacto en polvo obtenido tiene una alta concentración de fósforo (a continuación en el presente documento, denominado "P") y contiene potasio (a continuación en el presente documento, denominado "K") y/o sodio (a continuación en el presente documento, denominado "Na"). Cuando se sinteriza el material compacto en polvo que tiene la alta concentración de P sobre la superficie del mismo y que contiene K y/o Na, la superficie que tiene la concentración de P se somete fácilmente a sinterización en fase líquida y  $\alpha$ , y que contiene K y/o Na hace que se reduzca el recubrimiento de óxido de hierro para activar la superficie del polvo de aleación a base de hierro. De ese modo, se obtiene una aleación sinterizada a base de hierro de superficie densa en la que los poros abiertos (que comunican la superficie de la aleación sinterizada con el interior) son extremadamente pequeños sobre la superficie de un cuerpo sinterizado. La aleación sinterizada a base de hierro de superficie densa tiene un aumento en la dureza de superficie y por tanto en la resistencia al desgaste de superficie. Como tal, la aleación sinterizada a base de hierro está disponible como material para piezas mecánicas tales como ruedas dentadas, engranajes, rotores, anillos de bolas interiores, anillos de bolas exteriores o similares que requieren resistencia al desgaste. Además, la superficie altamente densificada hace que la aleación sinterizada a base de hierro esté disponible para una pieza mecánica y una pieza magnética compuestas por la aleación a base de hierro, que necesita electrodeposición sobre la superficie.

30 (g) En la aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida obtenida de esta forma, una parte profunda (a continuación en el presente documento, denominada "parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro") ubicada en un intervalo de 1  $\mu\text{m}$  a 2 mm (preferiblemente, un intervalo de 10  $\mu\text{m}$  a 0,5 mm) desde la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro contiene P en una concentración promedio del 0,01 al 1% en masa (más preferiblemente, del 0,02 al 0,5% en masa) superior a la concentración de P contenida en una parte (a continuación en el presente documento, denominada "parte interior de aleación sinterizada a base de hierro") ubicada dentro de la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro. Además, la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro contiene K y/o Na dentro de un intervalo del 0,0001 al 1% en masa.

40 (h) Las concentraciones de P, K y Na en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro que corresponde a la parte profunda ubicada en un intervalo de 1  $\mu\text{m}$  a 2 mm (preferiblemente, un intervalo de 10  $\mu\text{m}$  a 0,5 mm) desde la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro se detectan o no generalmente según las posiciones de superficie y profundidad desde la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro cuando se somete a análisis de alta densidad, mostrando por tanto una gran desviación. Por este motivo, es preferible que las concentraciones de P, K y Na en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro se obtengan como un valor promedio.

45 La presente invención se realiza partiendo de la base de este conocimiento, y se caracteriza por:

50 (1) una aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida, que incluye: una parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro que tiene un grosor en un intervalo de 1  $\mu\text{m}$  a 2 mm desde la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro; y una parte interior de aleación sinterizada a base de hierro, que es la parte distinta de la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro, en la que la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro contiene tanto K como Na; y

55 (2) una aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida tal como se define en (1) anteriormente, en la que la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro contiene K y Na en una concentración promedio del 0,0001 al 1% en masa en total.

60 Como material para piezas mecánicas tales como ruedas dentadas, engranajes, rotores, anillos de bolas interiores, anillos de bolas exteriores, etc. que requieren resistencia al desgaste de superficie, generalmente se conoce usar la aleación sinterizada a base de hierro que contiene C del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu del 0,1 al 10% en masa en total, uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S del 0,1 al 3% en masa en total si es necesario, y el resto de Fe e impurezas inevitables. En la aleación sinterizada a base de hierro de la invención que tiene una superficie altamente densificada y endurecida, la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro está compuesta preferiblemente por un cuerpo sinterizado de aleación a base de hierro que tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total,

P: el 0,05% en masa (incluyendo el 0% en masa), uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S: del 0,1 al 3% en masa en total si es necesario, y el resto: Fe e impurezas inevitables, y la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro está compuesta preferiblemente por un cuerpo sinterizado de aleación a base de hierro que tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, P: el 0,05% en masa (incluyendo el 0% en masa), uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S: del 0,1 al 3% en masa en total si es necesario, tanto K como Na: del 0,0001 al 1% en masa en una concentración promedio en total, y el resto: Fe e impurezas inevitables.

Por tanto, realizaciones preferidas de la invención son las siguientes:

(3) una aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida, que incluye: una parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro; y una parte interior de aleación sinterizada a base de hierro, en la que la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, y el resto: Fe e impurezas inevitables; y la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, K y Na: del 0,0001 al 1% en masa en la concentración promedio en total, y el resto: Fe e impurezas inevitables; y

(4) una aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida, que incluye: una parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro; y una parte interior de aleación sinterizada a base de hierro, en la que la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S: del 0,1 al 3% en masa en total, y el resto: Fe e impurezas inevitables; y la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S: del 0,1 al 3% en masa en total, K y Na: del 0,0001 al 1% en masa en la concentración promedio en total, y el resto: Fe e impurezas inevitables.

En las aleaciones (1) a (4) sinterizadas a base de hierro que tienen una superficie altamente densificada y endurecida de la invención, la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene una superficie densa y tiene poros extremadamente pequeños, y particularmente poros abiertos (que comunican la superficie de la aleación sinterizada con el interior) sobre la superficie de la misma, teniendo por tanto una porosidad abierta del 5% o menos. Por tanto, la invención se caracteriza en realizaciones preferidas de la misma por

(5) una aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida, según una cualquiera de las aleaciones (1), (2), (3) y (4) sinterizadas a base de hierro, en la que la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene una porosidad abierta del 5% o menos.

La porosidad abierta puede ser preferiblemente pequeña, más preferiblemente del 2% o menos, y todavía más preferiblemente del 1% o menos.

En la invención, la aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida, según una cualquiera de las aleaciones (1), (2), (3) y (4) sinterizadas a base de hierro puede usarse como material para diversas piezas mecánicas, y preferiblemente como material para piezas tales como ruedas dentadas, engranajes, rotores, anillos de bolas interiores, anillos de bolas exteriores, etc. que requieren resistencia y experimentan desgaste de superficie con facilidad. Por tanto, la invención se caracteriza por:

(6) una pieza mecánica compuesta por una aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida, según una cualquiera de las aleaciones (1), (2), (3) y (4) sinterizadas a base de hierro;

(7) una pieza mecánica según la pieza (6) mecánica, que es una rueda dentada;

(8) una pieza mecánica según la pieza (6) mecánica, que es un engranaje;

(9) una pieza mecánica según la pieza (6) mecánica, que es un rotor;

(10) una pieza mecánica según la pieza (6) mecánica, que es un anillo de bolas interior; y

(11) una pieza mecánica según la pieza (6) mecánica, que es un anillo de bolas exterior.

Además, la invención se caracteriza por:

(12) una aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida tal como se define en (1), en la que la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene una concentración promedio de P superior a la concentración de P de la parte interior de aleación sinterizada a base de

hierro;

(13) una aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida tal como se define en (12) anteriormente, en la que la concentración promedio de P de la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro es superior a la concentración de P de la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro en del 0,01 al 1% en masa.

Como material para piezas mecánicas tales como ruedas dentadas, engranajes, rotores, anillos de bolas interiores, anillos de bolas exteriores, etc. que requieren resistencia al desgaste de superficie, generalmente se conoce usar la aleación sinterizada a base de hierro que contiene C del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu del 0,1 al 10% en masa en total, uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S del 0,1 al 3% en masa en total si es necesario, y el resto de Fe e impurezas inevitables. Se conoce que la aleación sinterizada a base de hierro contiene el 0,05% en masa (incluyendo el 0% en masa) de P como impureza inevitable. En la aleación sinterizada a base de hierro de la invención que tiene una superficie altamente densificada y endurecida, la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro está compuesta preferiblemente por un cuerpo sinterizado de aleación a base de hierro que contiene C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, P: el 0,05% en masa (incluyendo el 0% en masa), uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S: del 0,1 al 3% en masa en total si es necesario, y el resto: Fe e impurezas inevitables, y la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro está compuesta preferiblemente por un cuerpo sinterizado de aleación a base de hierro que contiene C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, P: el 0,05% en masa (incluyendo el 0% en masa), uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S: del 0,1 al 3% en masa en total si es necesario, P: una concentración promedio superior a la concentración de P contenida en la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro en del 0,01 al 1% en masa, tanto K como Na: del 0,0001 al 1% en masa en una concentración promedio en total, y el resto: Fe e impurezas inevitables.

Por tanto, la invención se caracteriza por:

(14) una aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida tal como se define (12) anteriormente, en la que la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro está compuesta por un cuerpo sinterizado de aleación a base de hierro que tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, P: el 0,05% en masa o menos (incluyendo el 0% en masa), y el resto: Fe e impurezas inevitables, y la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene la concentración promedio de P superior a la concentración de P contenida en la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro en del 0,01 al 1% en masa; y

(15) una aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida tal como se define en (12) anteriormente, en la que la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro está compuesta por un cuerpo sinterizado de aleación a base de hierro que tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S: del 0,1 al 3% en masa en total, P: el 0,05% en masa o menos (incluyendo el 0% en masa), y el resto: Fe e impurezas inevitables, y la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene la concentración promedio de P superior a la concentración de P contenida en la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro en del 0,01 al 1% en masa y contiene K y Na en una concentración promedio del 0,0001 al 1% en masa en total.

En las aleaciones (12) a (15) sinterizadas a base de hierro de la invención, la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene una superficie densa y tiene poros extremadamente pequeños, y particularmente poros abiertos (que comunican la superficie de la aleación sinterizada con el interior) sobre la superficie de la misma, porque la parte de superficie del material compacto en polvo se reduce para experimentar de nuevo sinterización en fase líquida y  $\alpha$ , teniendo por tanto una porosidad abierta del 5% o menos. Por tanto, la invención se caracteriza por

(16) una aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida, según una cualquiera de las aleaciones (12) a (15) sinterizadas a base de hierro, en la que la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene una porosidad abierta del 5% o menos.

La porosidad abierta puede ser preferiblemente pequeña, más preferiblemente del 2% o menos y todavía más preferiblemente del 1% o menos.

En la invención, la aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida, según una cualquiera de las aleaciones (12) a (16) sinterizadas a base de hierro puede usarse como material para diversas piezas mecánicas, y preferiblemente como material para piezas tales como ruedas dentadas, engranajes, rotores, anillos de bolas interiores, anillos de bolas exteriores, etc. que requieren resistencia y experimentan desgaste de superficie con facilidad. Por tanto, la invención se caracteriza por:

(17) una pieza mecánica compuesta por la aleación sinterizada a base de hierro según una cualquiera de las aleaciones (12) a (16) sinterizadas a base de hierro;

(18) una pieza mecánica según la pieza (17) mecánica, que es una rueda dentada;

(19) una pieza mecánica según la pieza (17) mecánica, que es un engranaje;

(20) una pieza mecánica según la pieza (17) mecánica, que es un rotor;

(21) una pieza mecánica según la pieza (17) mecánica, que es un anillo de bolas interior; y

(22) una pieza mecánica según la pieza (17) mecánica, que es un anillo de bolas exterior.

En la invención, el término “parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro” se refiere a una parte que tiene un grosor de un intervalo de 1  $\mu\text{m}$  a 2 mm desde la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro. Cuando el grosor de la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro es inferior a 1  $\mu\text{m}$ , no es favorable porque el efecto sobre la mejora de la superficie y la dureza de superficie no es notable. En contraposición, cuando el grosor de la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro es de más de 2 mm, esto también es desfavorable porque la sinterización en fase líquida y la sinterización en fase  $\alpha$  continúan hasta la parte interior de la aleación sinterizada, y por tanto se reduce la precisión de la dimensión, y además es fácil generar una grieta durante la extinción.

Además, en la invención, el término “parte interior de aleación sinterizada a base de hierro” es una parte ubicada dentro de la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro que tiene el grosor de 1  $\mu\text{m}$  a 2 mm desde la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro.

En la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida según la invención, la limitación de la concentración promedio de tanto K como Na al 0,0001% en masa o más en total en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro se debe a un efecto de reducir y activar un recubrimiento de óxido de superficie de polvo de partida de aleación sinterizada a base de hierro cuando la concentración promedio de estos componentes es de menos del 0,0001% en masa, y por tanto es imposible obtener una parte densa de capa de superficie. Mientras, en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro, no se permite aumentar la concentración promedio de estos componentes en más del 1% en masa en el estado de sinterización ordinario, y particularmente no se aumenta la densificación de superficie. Por tanto, en la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida según la invención, la concentración promedio de tanto K como Na contenida en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro se limita preferiblemente a un intervalo del 0,0001 al 1% en masa en total. En la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida según la invención, limitando el valor de concentración promedio de tanto K como Na contenida en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro a un intervalo del 0,02 al 0,5% en masa en total es fácil de producir la aleación sinterizada a base de hierro y es más preferible desde el punto de vista de la eficacia de producción.

En la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro que muestra densificación de superficie, dureza de superficie y resistencia a la corrosión excelentes según la invención, la limitación del valor de concentración promedio de P en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro para que sea superior a la concentración de P en la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro en el 0,01% en masa es porque el contenido de P contenido en la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro ordinaria es extremadamente pequeño cuando la diferencia entre el valor de concentración promedio de P en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro y la concentración de P en la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro es de menos de 0,01% en masa, y por tanto hay poca diferencia en el contenido de P entre la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro y la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro, y el contenido de P de la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro es pequeño. Por este motivo, no se generan los efectos sobre la sinterización en fase líquida y la sinterización en fase  $\alpha$ . Por tanto, la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro no se vuelve densa, de modo que es imposible obtener alta dureza de superficie.

Mientras, la limitación de la diferencia entre la concentración de P de la aleación sinterizada a base de hierro y el valor promedio de la concentración de P en la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro al 1% en masa o menos se basa en el hecho de que no se permite aumentar la concentración de P de la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro lo suficiente para que supere el 1% en masa en el estado de sinterización ordinario, y en que, incluso cuando la concentración de P de la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro se aumenta de manera que la diferencia entre el valor promedio de la concentración de P en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro y la concentración de P en la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro supera el 1% en masa, la densificación de superficie y la dureza de superficie no aumentan. Cuando el valor promedio de la concentración de P en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro se superior a la concentración de P en la parte interior de aleación sinterizada a base de

5 hierro en un intervalo del 0,02 al 0,5% en masa, es fácil producir la aleación sinterizada a base de hierro. Por tanto, es todavía más preferible desde el punto de vista de la eficacia de producción. Además, en la aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida según la invención, la limitación de la concentración promedio de tanto K como Na al 0,0001% en masa en total en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro se basa en el hecho de que, cuando la concentración promedio de estos componentes es inferior al 0,0001% en masa, el efecto de reducir y activar el recubrimiento de óxido de superficie del polvo de material de partida de aleación sinterizada a base de hierro es insuficiente para no obtener la parte de capa de superficie densa. Por otra parte, cuando la concentración promedio de estos componentes aumenta lo suficiente para superar el 1% en masa en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro, esto no se permite en el estado de sinterización ordinario, y particularmente ya no aumenta la densificación de la superficie. Por tanto, en la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida según la invención, la concentración promedio de tanto K como Na contenida en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro se limita a un intervalo del 0,0001 al 1% en masa. En la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida según la invención, cuando se limita el valor de concentración promedio de tanto K como Na contenida en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro a un intervalo del 0,02 al 0,5% en masa, es fácil producir la aleación sinterizada a base de hierro. Esto es todavía más preferible desde el punto de vista de la eficacia de producción.

20 La aleación (1), (2), (3) o (4) sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida puede producirse: formando un material compacto en polvo que contiene K y Na sobre una superficie unida con una sal de sulfato de potasio y una sal de sulfato de sodio en una alta concentración en total mediante la formación de un recubrimiento mixto de la sal de sulfato de potasio y la sal de sulfato de sodio que actúa como lubricante sobre la superficie interior de la cavidad de una matriz de prensado, llenando con polvo de partida de la aleación sinterizada a base de hierro la cavidad de la matriz de prensado, y prensando el polvo de partida con el que se llenó; y sinterizando el material compacto en polvo formado a una temperatura de 1000 a 1300°C.

30 Con el fin de formar el recubrimiento de la sal mixta de la sal de sulfato de potasio y la sal de sulfato de sodio sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado, se aplica una disolución que disuelve la sal mixta de la sal de sulfato de potasio y la sal de sulfato de sodio en un disolvente (por ejemplo agua) a la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado calentada, se evapora el disolvente (por ejemplo agua), y se cristaliza la sal mixta de la sal de sulfato de potasio y sal de sulfato de sodio como lubricante. En este momento, puesto que la temperatura a la que se evapora el disolvente (por ejemplo agua) será como la temperatura de calentamiento de la matriz de prensado, la temperatura de calentamiento de la matriz de prensado puede ser de más de 100°C.

35 El polvo de partida usado cuando se produce la aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida según la invención usa preferiblemente un polvo mixto en el que se añade polvo de C para ajustar el contenido de C con respecto a un polvo de aleación a base de hierro conocido que tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S: del 0,1 al 3% en masa en total, y el resto: Fe e impurezas inevitables, que se conoce como polvo de partida usado para producir piezas mecánicas que requieren resistencia al desgaste de superficie tales como ruedas dentadas, engranajes, rotores, anillos de bolas interiores, anillos de bolas exteriores, etc.

45 La aleación (12) a (15) sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida puede producirse: formando un material compacto en polvo en el que una superficie a la que se une una sal metálica mixta de una sal metálica de fosfato de potasio y una sal metálica de fosfato de sodio tiene una concentración de P superior a la de una parte interior de la misma y que contiene K y Na sobre la superficie del mismo mediante la formación de un recubrimiento de la sal metálica mixta de la sal metálica de fosfato de potasio y la sal metálica de fosfato de sodio que actúa como lubricante, sobre la superficie interior de la cavidad de una matriz de prensado, llenando con polvo de partida de la aleación sinterizada a base de hierro la cavidad de la matriz de prensado, y prensando el polvo de partida con el que se llenó; y sinterizando el material compacto en polvo formado a una temperatura de 1000 a 1300°C.

55 Con el fin de formar la sal metálica mixta de la sal metálica de fosfato de potasio y la sal metálica de fosfato de sodio sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado, se aplica una disolución disolviendo la sal metálica mixta de la sal metálica de fosfato de potasio y la sal metálica de fosfato de sodio en un disolvente (por ejemplo agua) a la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado calentada, se evapora el disolvente (por ejemplo agua), y se cristaliza la sal metálica mixta de la sal metálica de fosfato de potasio y la sal metálica de fosfato de sodio como lubricante. En este momento, puesto que la temperatura a la que se evapora el disolvente (por ejemplo agua) será como la temperatura de calentamiento de la matriz de prensado, la temperatura de calentamiento de la matriz de prensado puede ser de más de 100°C.

65 La pieza mecánica compuesta por la aleación (16) sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida y las aleaciones (17) a (22) sinterizadas a base de hierro que tienen una superficie altamente densificada y endurecida puede producirse mediante el mismo método que para producir la aleación



S	azul alimentario n.º 1: 0,5, azul alimentario n.º 5: 0,5
T	dodecibencenosulfato de potasio: 0,5, dodecibencenosulfato de sodio: 0,5
U	éster de sulfato de ascorbato de potasio: 0,5, éster de sulfato de ascorbato de sodio: 0,5
e	sulfato de potasio: 0,0005, sulfato de sodio: 0,0005
f	sulfato de potasio: 1,5, sulfato de sodio: 1,5

Realización 1-1 Para referencia y no dentro del alcance de la invención

5 Se mantuvieron previamente las superficies interiores de las cavidades de las matrices de prensado a una temperatura de 150°C. Entonces, se aplicaron los lubricantes A a G, a y b mostrados en la tabla 1-1 a las superficies interiores de las cavidades a un grosor diferente, y entonces se evaporó el agua. De ese modo, se formaron capas de cristalización que tenían un grosor diferente sobre las superficies interiores de las cavidades, que consistían en sulfato de potasio, sulfato de sodio, tiosulfato de potasio, dodecilsulfato de potasio, dodecibencenosulfato de potasio, azul alimentario n.º 1 y éster de sulfato de ascorbato de potasio.

10 Mientras, se llenaron las cavidades de las matrices de prensado formadas con las capas de cristalización con los polvos mixtos que se obtuvieron combinando los polvos de partida de polvo de aleación a base de hierro de Fe-el 1,5% de Mo y polvo de C para que fuesen una composición de componentes de Fe-el 1,5% de Mo-el 0,3% de C y mezclando la combinación con la mezcladora en forma de V, y entonces se prensaron los polvos llenados a una presión de 800 MPa. De ese modo, se formaron materiales compactos en polvo que tenían una alta concentración de capa de potasio (K) sobre sus superficies. Se sinterizaron estos materiales compactos en polvo obtenidos que tenían la alta concentración de capa de potasio (K) sobre sus superficies bajo una atmósfera de gas del 5% de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> a una temperatura de 1150°C, y se sometieron adicionalmente a carburación, extinción y templado. De ese modo, se produjeron las aleaciones 1 a 7 sinterizadas a base de hierro y las aleaciones 1 a 4 sinterizadas a base de hierro comparativas, que contenían potasio (K) en las partes de capa de superficie de las mismas.

Ejemplo convencional 1-1

25 Se aplicó un lubricante que dispersaba polvo de estearato de litio que tenía un tamaño de partícula promedio de 5 µm en acetona a la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado que se calentó a 150°C y se preparó en la realización 1, y entonces se evaporó la acetona. De ese modo, se formó una capa de sulfato esteárico de litio sobre la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado. Entonces, se llenó el polvo mixto de aleación a base de hierro que tenía la composición de componentes de Fe-el 1,5% de Mo-el 0,3% de C y se preparó en la realización 1-1 en la cavidad de la matriz de prensado, y se prensó a 800 MPa, formándose de ese modo un material compacto en polvo. Se extrajo el material compacto en polvo y se sinterizó bajo una atmósfera de gas del 5% de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> a una temperatura de 1150°C. De ese modo, se produjo una aleación 1 sinterizada a base de hierro convencional.

35 En las aleaciones 1 a 7 sinterizadas a base de hierro, las aleaciones 1 a 4 sinterizadas a base de hierro comparativas y la aleación 1 sinterizada a base de hierro convencional, se midieron el grosor y la concentración promedio de K en la parte de capa de superficie de las mismas mediante EPMA (microanálisis de sonda de electrones, *Electron Probe Microanalysis*). Se muestran los resultados medidos en la tabla 1-2. Además, se midieron la dureza Rockwell, la porosidad abierta y la densidad de la aleación en las superficies de estas aleaciones. Se muestran los resultados medidos en la tabla 1-2.

Tabla 1-2

Aleación sinterizada a base de Fe	Lubricante en la tabla 1	Parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de Fe				Densidad de la aleación (Mg/m <sup>3</sup> )
		Grosor (mm)	Conc. promedio de K en la parte de capa de superficie (% en masa)	Dureza Rockwell de la capa de superficie (HRA)	Porosidad abierta (%)	
Ejemplos de referencia	1 A	0,003	0,0003	83	4,9	7,4
	2 B	0,07	0,06	84	2,5	7,4
	3 C	0,3	0,3	86	0,8	7,41
	4 D	0,5	0,5	86	0,6	7,4
	5 E	1,2	1,2	84	0,3	7,39
	6 F	1,8	1,8	83	0,1	7,41
	7 G	0,15	0,15	86	1,0	7,4
Ejemplos comparativos	1 a	1	Inferior a 0,0001 *	76	7,0	7,41
	2 b	1	1,2 *	70	0,9	7,4
	3 A	0,0005 *	0,5	75	6,5	7,39
Técnica relacionada 1	4 A	2,2 *	0,5	71	1,3	7,41
				75	7,1	7,41

“\*” indica valores fuera del intervalo de la invención.

Puede observarse a partir de los resultados mostrados en la tabla 1-2 que las aleaciones 1 a 7 sinterizadas a base de hierro que se produjeron mediante el uso del lubricante disolviendo la sal de sulfato de potasio en el disolvente eran sustancialmente iguales en densidad en comparación con la aleación 1 sinterizada a base de hierro convencional que se produjo mediante el uso del lubricante dispersando el polvo de estearato de litio en acetona, pero que, debido a que las aleaciones 1 a 7 sinterizadas a base de hierro eran todas de alta dureza de superficie y tenían también porosidad abierta de superficie notablemente reducida, tenían una superficie densa y resistencia al desgaste de superficie excelente. Sin embargo, puede observarse a partir de los resultados mostrados en la tabla 1-2 que algunas de las aleaciones 1 a 4 sinterizadas a base de hierro comparativas que tenían un valor más allá de un intervalo de la invención mostraban una característica desfavorable.

Realización 1-2 Para referencia y no dentro del alcance de la invención.

Se mantuvieron previamente las superficies interiores de las cavidades de las matrices de prensado a una temperatura de 150°C. Entonces, se aplicaron los lubricantes H a N, c y d mostrados en la tabla 1-1 a las superficies interiores de las cavidades a un grosor diferente, y entonces se evaporó el agua. De ese modo, se formaron capas de cristalización que tenían un grosor diferente sobre las superficies interiores de las cavidades, que consistían en hidrogenosulfato de disodio, sulfato de trisodio, sulfato de polisodio y riboflavin-sulfato de sodio.

Mientras, se llenaron las cavidades de las matrices de prensado formadas con las capas de cristalización con los polvos mixtos obtenidos combinando los polvos de partida de polvo de aleación a base de hierro de Fe-el 1,5% de Mo y polvo de C para que fuesen una composición de componentes de Fe-el 1,5% de Mo-el 0,3% de C y mezclando la combinación con la mezcladora en forma de V, y entonces se prensaron los polvos llenados a una presión de 800 MPa. De ese modo, se formaron materiales compactos en polvo que tenían una alta concentración de capa de sodio (Na) sobre sus superficies. Se sinterizaron estos materiales compactos en polvo que tenían la alta concentración de capa de sodio (Na) sobre sus superficies bajo una atmósfera de gas del 5% de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> a una temperatura de 1150°C, y se sometieron adicionalmente a carburación, extinción y templado. De ese modo, se produjeron las aleaciones 8 a 14 sinterizadas a base de hierro y las aleaciones 5 a 8 sinterizadas a base de hierro comparativas, que se muestran en la tabla 1-3 y tenían una concentración promedio de Na en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro.

En las aleaciones 8 a 14 sinterizadas a base de hierro y las aleaciones 5 a 8 sinterizadas a base de hierro comparativas, se midieron el grosor y la concentración promedio de Na en la parte de capa de superficie de las mismas mediante EPMA. Se muestran los resultados medidos en la tabla 1-3. Además, se midieron la dureza Rockwell, la porosidad abierta y la densidad de la aleación en las superficies de estas aleaciones. Se muestran los resultados medidos en la tabla 1-3.

Tabla 1-3

Aleación sinterizada a base de Fe	Lubricante en la tabla 1	Parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de Fe					Densidad de la aleación (Mg/m <sup>3</sup> )
		Grosor (mm)	Conc. promedio de Na en la parte de capa de superficie (% en masa)	Dureza Rockwell de la capa de superficie (HRA)	Porosidad abierta (%)		
8	H	0,003	0,003	83	4,2	7,4	
9	I	0,07	0,06	84	1,8	7,42	
10	J	0,3	0,3	86	0,8	7,39	
11	K	0,5	0,5	87	0,4	7,39	
12	L	1,2	1,2	85	0,2	7,39	
13	M	1,8	1,8	84	0,1	7,4	
14	N	0,15	0,15	86	0,9	7,41	
5	c	1	Inferior a 0,0001*	75	7,4	7,39	
6	d	1	1,2*	72	0,6	7,39	
7	H	0,0005*	0,5	74	6,6	7,4	
8	H	2,2*	0,5	70	0,5	7,39	

“\*\*” indica valores fuera del intervalo de la invención.

Puede observarse a partir de los resultados mostrados en la tabla 1-3 que las aleaciones 8 a 14 sinterizadas a base de hierro que se produjeron mediante el uso del lubricante disolviendo la sal de sulfato de potasio en el disolvente eran sustancialmente iguales en densidad en comparación con la aleación 1 sinterizada a base de hierro convencional de la tabla 1-1 que se produjo mediante el uso del lubricante dispersando el polvo de estearato de litio en acetona, pero que, debido a que las aleaciones 8 a 14 sinterizadas a base de hierro eran todas de alta dureza de superficie y tenían también porosidad abierta de superficie notablemente reducida, tenían una superficie densa y resistencia al desgaste de superficie excelente. Sin embargo, puede observarse a partir de los resultados mostrados en la tabla 1-3 que algunas de las aleaciones 5 a 8 sinterizadas a base de hierro comparativas que tenían un valor más allá de un intervalo de la invención mostraban una característica desfavorable.

#### Realización 1-3

Se mantuvieron previamente las superficies interiores de las cavidades de las matrices de prensado a una temperatura de 150°C. Entonces, se aplicaron los lubricantes O a U, e y f mostrados en la tabla 1-1 a las superficies interiores de las cavidades a un grosor diferente, y entonces se evaporó el agua. De ese modo, se formaron capas de cristalización sobre las superficies interiores de las cavidades, que consistían en una sal mixta de una sal de sulfato de potasio y una sal de sulfato de sodio.

Mientras, se llenaron las cavidades de las matrices de prensado formadas con las capas de cristalización con los polvos mixtos que se obtuvieron combinando los polvos de partida de polvo de aleación a base de hierro de Fe-el 1,5% de Mo y polvo de C para que fuesen una composición de componentes de Fe-el 1,5% de Mo-el 0,3% de C y mezclando la combinación con la mezcladora en forma de V, y entonces se prensaron los polvos llenados a una presión de 800 MPa. De ese modo, se formaron materiales compactos en polvo que tenían una alta concentración de capa de potasio (K) y sodio (Na) sobre sus superficies. Se sinterizaron estos materiales compactos en polvo obtenidos que tenían la alta concentración de capa de K y Na sobre sus superficies bajo una atmósfera de gas del 5% de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> a una temperatura de 1150°C, y se sometieron adicionalmente a carburación, extinción y templado. De ese modo, se produjeron las aleaciones 15 a 21 sinterizadas a base de hierro de la invención y las aleaciones 9 a 12 sinterizadas a base de hierro comparativas, que eran de altas concentraciones de K y Na en las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro.

En las aleaciones 15 a 21 sinterizadas a base de hierro de la invención y las aleaciones 9 a 12 sinterizadas a base de hierro comparativas, se midieron el grosor, la concentración promedio de K y la concentración promedio de Na en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro mediante EPMA. Se muestran los resultados medidos en la tabla 1-4. Además, se midieron la dureza Rockwell, la porosidad abierta y la densidad de la aleación en las superficies de estas aleaciones. Se muestran los resultados medidos en la tabla 1-4.

Tabla 1-4

Aleación sinterizada a base de Fe	Lubricante en la tabla 1	Parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de Fe					Densidad de la aleación (Mg/m <sup>3</sup> )
		Grosor (mm)	Concentración promedio en la parte de capa de superficie (% en masa)		Dureza Rockwell de la capa de superficie (HRA)	Porosidad abierta (%)	
			K	Na			
Invención	15	0,003	0,0015	0,0015	83	7,4	7,41
	16	0,07	0,03	0,03	85	1,9	7,41
	17	0,3	0,15	0,15	86	0,4	7,38
	18	0,5	0,25	0,25	87	0,3	7,39
	19	1,2	0,3	0,3	84	0,2	7,4
	20	1,8	0,45	0,45	83	0,1	7,41
	21	0,9	0,075	0,075	87	1,3	7,42
Ejemplos comparativos	9	1	Inferior a 0,0001*	Inferior a 0,0001*	75	7,2	7,4
	10	1	0,6*	0,6*	72	0,2	7,4
	11	0,0005*	0,25	0,25	74	6,8	7,4
	12	2,2*	0,25	0,25	71	0,1	7,41

“\*\*” indica valores fuera del intervalo de la invención.

Puede observarse a partir de los resultados mostrados en la tabla 1-4 que las aleaciones 15 a 21 sinterizadas a base de hierro de la invención que se produjeron mediante el uso del lubricante disolviendo la sal mixta de la sal de sulfato de potasio y la sal de sulfato de sodio en el disolvente eran sustancialmente iguales en densidad en comparación con la aleación 1 sinterizada a base de hierro convencional de la tabla 1-1 que se produjo mediante el uso del lubricante dispersando el polvo de estearato de litio en acetona, pero que, debido a que las aleaciones 15 a 21 sinterizadas a base de hierro de la invención eran todas de alta dureza de superficie y tenían también porosidad abierta de superficie notablemente reducida, tenían una superficie densa y resistencia al desgaste de superficie excelente. Sin embargo, puede observarse a partir de los resultados mostrados en la tabla 1-4 que algunas de las aleaciones 9 a 12 sinterizadas a base de hierro comparativas que tenían un valor más allá de un intervalo de la invención mostraban una característica desfavorable.

Realización 2

Se prepararon matrices de prensado, cada una de las cuales tenía una cavidad de un diámetro de 11 mm y una altura de 40 mm, y superficies interiores de las cavidades que podían calentarse a una temperatura predeterminada. Además, como polvos de partida, se prepararon polvo de aleación a base de hierro de Fe-el 1,5% de Mo que tenía un tamaño de partícula promedio de 90 μm y polvo de C de un tamaño de partícula promedio de 20 μm, y se combinaron y mezclaron para que fuesen Fe-el 1,5% de Mo-el 0,3% de C con una mezcladora en forma de v. De ese modo, se obtuvieron polvos mixtos. El contenido de fósforo (P) que estaba contenido en los polvos mixtos era del 0,01%.

Además, se prepararon hidrogenofosfato de dipotasio, fosfato de tripotasio, fosfato de polipotasio, riboflavin-fosfato de potasio, hidrogenofosfato de disodio, fosfato de trisodio, fosfato de polisodio, riboflavin-fosfato de sodio, y se disolvieron estas sales en un disolvente, agua, en una concentración diferente. De ese modo, se obtuvieron los lubricantes A a L y a a f indicados en la tabla 2-1.

Tabla 2-1

Tipo		Composición (% en masa)	
		Aditivos	Resto
L u b r i c a n t e	A	hidrogenofosfato de dipotasio: 0,1	agua
	B	fosfato de tripotasio: 0,5	
	C	fosfato de polipotasio: 1	
	D	riboflavin-fosfato de potasio: 10	
	a	hidrogenofosfato de dipotasio: 0,001	
	b	fosfato de tripotasio: 20	
	E	hidrogenofosfato de disodio: 0,1	
	F	fosfato de trisodio: 0,5	
	G	fosfato de polisodio: 1	
	H	riboflavin-fosfato de sodio: 10	
	c	hidrogenofosfato de disodio: 0,001	
	d	fosfato de trisodio: 30	
	I	hidrogenofosfato de dipotasio: 0,3, fosfato de trisodio: 0,3	
	J	fosfato de tripotasio: 0,5, riboflavin-fosfato de sodio: 0,5	
	K	riboflavin-fosfato de potasio: 1, fosfato de polisodio: 1	
	L	fosfato de polipotasio: 3, hidrogenofosfato de disodio: 3	
e	hidrogenofosfato de dipotasio: 0,0005, fosfato de trisodio: 0,0005		
f	hidrogenofosfato de dipotasio: 15, fosfato de trisodio: 15		

Realización 2-1 Para referencia y no dentro del alcance de la invención.

Se mantuvieron previamente las superficies interiores de las cavidades de las matrices de prensado a una temperatura de 150°C. Entonces, se aplicaron los lubricantes A a D, a y b mostrados en la tabla 2-1 a las superficies interiores de las cavidades a un grosor diferente, y entonces se evaporó el agua. De ese modo, se formaron capas de cristalización que tenían un grosor diferente sobre las superficies interiores de las cavidades, que consistían en hidrogenofosfato de dipotasio, fosfato de tripotasio, fosfato de polipotasio, riboflavin-fosfato de potasio.

Mientras, se llenaron las cavidades de las matrices de prensado formadas con las capas de cristalización con los polvos mixtos que se obtuvieron combinando los polvos de partida de polvo de aleación a base de hierro de Fe-el 1,5% de Mo y polvo de C para que fuesen una composición de componentes de Fe-el 1,5% de Mo-el 0,3% de C y mezclando la combinación con la mezcladora en forma de V, y entonces se prensaron los polvos llenados a una presión de 800 MPa. De ese modo, se formaron materiales compactos en polvo que tenían una alta concentración de capa de fósforo (P) y potasio (K) sobre sus superficies. Se sinterizaron estos materiales compactos en polvo obtenidos que tenían la alta concentración de capa de P y K sobre sus superficies bajo una atmósfera de gas del 5% de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> a una temperatura de 1150°C, y se sometieron adicionalmente a carburación, extinción y templado. De ese

modo, se produjeron las aleaciones 1 a 4 sinterizadas a base de hierro y las aleaciones 1 a 4 sinterizadas a base de hierro comparativas, que eran de altas concentraciones de P y K en las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro.

5 Ejemplo convencional 2-1

Se aplicó un lubricante que dispersaba polvo de estearato de litio que tenía un tamaño de partícula promedio de 5  $\mu\text{m}$  en acetona a la superficie interior de la cavidad de la matriz de prensado que se calentó a 150°C y se preparó en la realización 2-1, y entonces se evaporó la acetona. De ese modo, se formó una capa de estearato de litio sobre la superficie interior de la cavidad del molde de prensado. Entonces, se llenó el polvo mixto de aleación a base de hierro que tenía la composición de componentes de Fe-el 1,5% de Mo-el 0,3% de C y se preparó en la realización 2-1 en la cavidad de la matriz de prensado, y se prensó a 800 MPa, formándose de ese modo un material compacto en polvo. Se extrajo el material compacto en polvo y se sinterizó bajo una atmósfera de gas del 5% de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> a una temperatura de 1150°C. De ese modo, se produjo una aleación 1 sinterizada a base de hierro convencional.

En las aleaciones 1 a 4sinterizadas a base de hierro, las aleaciones 1 a 4 sinterizadas a base de hierro comparativas y la aleación 1 sinterizada a base de hierro convencional, se midieron la concentración promedio de P y la concentración promedio de K en las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro de las aleaciones sinterizadas a base de hierro, así como la diferencia de concentración de P que extrajo la concentración de P en las partes interiores de aleación sinterizada a base de hierro de la concentración promedio de P, y se muestran los resultados medidos en la tabla 2-2. Además, se midieron la dureza Rockwell, la porosidad abierta y la densidad de la aleación en las superficies de las aleaciones sinterizadas a base de hierro, y se muestran los resultados medidos en la tabla 2-2.

Tabla 2-2

Aleación sinterizada a base de Fe	Lubricante en la tabla 1	Parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de Fe					Densidad de la aleación (Mg/m <sup>3</sup> )
		Conc. promedio de P en la parte de capa de superficie (% en masa)	Conc. promedio de P - conc. de P dentro (% en masa)	Conc. promedio de K en la parte de capa de superficie (% en masa)	Grosor (mm)	Dureza Rockwell de la capa de superficie	
1	A	0,03	0,02	0,0002	0,03	81	7,39
2	B	0,14	0,13	0,021	0,6	83	7,39
3	C	0,33	0,32	0,053	1,3	85	7,4
4	D	0,95	0,94	0,47	1,8	86	7,4
1	a	0,015	0,005*	Inferior a 0,0001*	0,002	74	7,4
2	b	1,2	1,19*	1,2*	1,7	67	7,41
3	A	0,03	0,02	0,011	0,0005*	75	7,39
4	A	0,85	0,84	0,92	2,2*	69	7,4
Técnica relacionada 1						75	7,41

“\*\*”) indica valores fuera del intervalo de la invención.

Puede observarse a partir de los resultados mostrados en la tabla 2-2 que las aleaciones 1 a 4 sinterizadas a base de hierro que se produjeron mediante el uso del lubricante disolviendo la sal metálica de fosfato de potasio en el disolvente eran sustancialmente iguales en densidad en comparación con la aleación 1 sinterizada a base de hierro convencional que se produjo mediante el uso del lubricante dispersando el polvo de estearato de litio en acetona, pero que, debido a que las aleaciones 1 a 4 sinterizadas a base de hierro eran todas de alta dureza de superficie y tenían también porosidad abierta de superficie notablemente reducida, tenían una superficie densa y resistencia al desgaste de superficie excelente. Sin embargo, puede observarse a partir de los resultados mostrados en la tabla 2-2 que algunas de las aleaciones 1 a 4 sinterizadas a base de hierro comparativas que tenían un valor más allá de un intervalo de la invención mostraban una característica desfavorable.

Además, con respecto a cada de las aleaciones 1 a 4 sinterizadas a base de hierro y las aleaciones 1 a 4 sinterizadas a base de hierro comparativas, se midieron los contenidos de P y K desde su superficie hacia su centro mediante EPMA. Tal como se muestra en la tabla 2-2, puede observarse que un valor promedio de las concentraciones de P de las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro era superior que la concentración de P en las partes interiores de aleación sinterizada a base de hierro, y también estaba contenido K en las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro.

Realización 2-2 Para referencia y no dentro del alcance de la invención.

Se mantuvieron previamente las superficies interiores de las cavidades de las matrices de prensado a una temperatura de 150°C. Entonces, se aplicaron los lubricantes E a H, c y d mostrados en la tabla 2-1 a las superficies interiores de las cavidades a un grosor diferente, y entonces se evaporó el agua. De ese modo, se formaron capas de cristalización que tenían un grosor diferente sobre las superficies interiores de las cavidades, que consistían en hidrogenofosfato de disodio, fosfato de trisodio, fosfato de polisodio, riboflavin-fosfato de sodio.

Mientras, se llenaron las cavidades de las matrices de prensado formadas con las capas de cristalización con los polvos mixtos que se obtuvieron combinando los polvos de partida de polvo de aleación a base de hierro Fe-el 1,5% de Mo y polvo de C para que fuesen una composición de componentes de Fe-el 1,5% de Mo-el 0,3% de C y mezclando la combinación con la mezcladora en forma de V, y entonces se prensaron los polvos llenados a una presión de 800 MPa. De ese modo, se formaron materiales compactos en polvo que tenían una alta concentración de capa de fósforo (P) y sodio (Na) sobre sus superficies. Se sinterizaron estos materiales compactos en polvo obtenidos que tenían la alta concentración de capa de P y Na sobre sus superficies bajo una atmósfera de gas del 5% de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> a una temperatura de 1150°C, y se sometieron adicionalmente a carburación, extinción y templado. De ese modo, se produjeron las aleaciones 5 a 8 sinterizadas a base de hierro y las aleaciones 5 a 8 sinterizadas a base de hierro comparativas, que eran de altas concentraciones de P y Na en las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro.

En las aleaciones 5 a 8 sinterizadas a base de hierro y las aleaciones 5 a 8 sinterizadas a base de hierro comparativas, se midieron el grosor, la concentración promedio de P y la concentración promedio de Na en las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro de las aleaciones sinterizadas a base de hierro, así como la diferencia de concentración de P que extrajo una concentración de P en las partes interiores de aleación sinterizada a base de hierro de la concentración promedio de P, y se muestran los resultados medidos en la tabla 2-3. Además, se midieron la dureza Rockwell, la porosidad abierta y la densidad de la aleación en las superficies de las aleaciones sinterizadas a base de hierro, y se muestran los resultados medidos en la tabla 2-3.

Tabla 2-3

Aleación sinterizada a base de Fe	Lubricante en la tabla 1	Parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de Fe					Densidad de la aleación (Mg/m <sup>3</sup> )
		Conc. promedio de P en la parte de capa de superficie (% en masa)	Conc. promedio de P - conc. de P dentro (% en masa)	Conc. promedio de Na en la parte de capa de superficie (% en masa)	Grosor (mm)	Dureza Rockwell de la capa de superficie	
5	E	0,05	0,04	0,0006	1,2	86	7,41
6	F	0,21	0,20	0,054	1,8	87	7,4
7	G	0,43	0,42	0,29	0,15	85	7,41
8	H	0,96	0,95	0,94	0,42	85	7,39
5	c	0,015	0,0005*	Inferior a 0,0001	0,002	74	7,4
6	d	1,2	1,19*	1,4	1,7	67	7,41
7	D	0,03	0,02	0,002	0,0005*	75	7,39
8	D	0,85	0,84	0,85	2,2*	69	7,4

“\*\*” indica valores fuera del intervalo de la invención

Puede observarse a partir de los resultados mostrados en la tabla 2-3 que las aleaciones 5 a 8 sinterizadas a base de hierro que se produjeron mediante el uso del lubricante disolviendo la sal metálica de fosfato de potasio en el disolvente eran sustancialmente iguales en densidad en comparación con la aleación 1 sinterizada a base de hierro convencional de la tabla 2-1 que se produjo mediante el uso del lubricante suspendiendo el polvo de estearato de litio en acetona, pero que, debido a que las aleaciones 5 a 8 sinterizadas a base de hierro eran todas de alta dureza de superficie y tenían también porosidad abierta de superficie notablemente reducida, tenían una superficie densa y resistencia al desgaste de superficie excelente. Sin embargo, puede observarse a partir de los resultados mostrados en la tabla 2-3 que algunas de las aleaciones 5 a 8 sinterizadas a base de hierro comparativas que tenían un valor más allá de un intervalo de la invención mostraban una característica desfavorable.

Además, con respecto a cada una de las aleaciones 5 a 8 sinterizadas a base de hierro y las aleaciones 5 a 8 sinterizadas a base de hierro comparativas, se midieron los contenidos de P y K desde su superficie hacia su centro mediante EPMA. Tal como se muestra en la tabla 2-3, puede observarse que el valor promedio de las concentraciones de P de las partes de capa de superficie de la aleación sinterizada a base de hierro era superior que la concentración de P en las partes interiores de aleación sinterizada a base de hierro, y también estaba contenido Na en las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro.

### Realización 2-3

Se mantuvieron previamente las superficies interiores de las cavidades de las matrices de prensado a una temperatura de 150°C. Entonces, se aplicaron los lubricantes l a L, e y f mostrados en la tabla 2-1 a las superficies interiores de las cavidades a un grosor diferente, y entonces se evaporó el agua. De ese modo, se formaron capas de cristalización sobre las superficies interiores de las cavidades, que consistían en una sal mixta de una sal metálica de fosfato de potasio y una sal metálica de fosfato de sodio.

Mientras, se llenaron las cavidades de las matrices de prensado formadas con las capas de cristalización con los polvos mixtos que se obtuvieron combinando los polvos de partida de polvo de aleación a base de hierro de Fe-el 1,5% de Mo y polvo de C para que fuesen una composición de componentes de Fe-el 1,5% de Mo-el 0,3% de C y mezclando la combinación con la mezcladora en forma de V, y entonces se prensaron los polvos llenados a una presión de 800 MPa. De ese modo, se formaron materiales compactos en polvo que tenían una alta concentración de capa de fósforo (P), potasio (K) y sodio (Na) sobre sus superficies. Se sinterizaron estos materiales compactos en polvo obtenidos que tenían la alta concentración de capa de P, K y Na sobre sus superficies bajo una atmósfera de gas del 5% de H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> a una temperatura de 1150°C, y se sometieron adicionalmente a carburación, extinción y templado. De ese modo, se produjeron las aleaciones 9 a 12 sinterizadas a base de hierro de la invención y las aleaciones 9 a 12 sinterizadas a base de hierro comparativas, que eran de altas concentraciones de P, K y Na en las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro.

En las aleaciones 9 a 12 sinterizadas a base de hierro de la invención y las aleaciones 9 a 12 sinterizadas a base de hierro comparativas, se midieron la concentración promedio de P en las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro de las mismas y la diferencia de concentración de P que extrajo la concentración de P en las partes interiores de aleación sinterizada a base de hierro de la concentración promedio de P en las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro. Además, se midieron la concentración promedio de K y la concentración promedio de Na en las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro. Se muestran los resultados medidos en la tabla 2-4. Además, se midieron la dureza Rockwell, la porosidad abierta y la densidad de la aleación en las superficies de las aleaciones sinterizadas a base de hierro, y se muestran los resultados medidos en la tabla 2-4.

Tabla 2-4

Aleación sinterizada a base de Fe	Lubricante en la tabla 1	Parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de Fe							Densidad de la aleación (Mg/m <sup>3</sup> )
		Conc. promedio de P en la parte de capa de superficie (% en masa)	Conc. promedio de P - conc. de P dentro (% en masa)	Concentración promedio (% en masa)		Grosor (mm)	Dureza Rockwell de la capa de superficie (HRA)	Porosidad abierta (%)	
				K	Na				
Invención	I	0,15	0,14	0,014	0,011	1,2	86	0,5	7,41
	J	0,35	0,34	0,035	0,042	1,8	87	0,4	7,4
	K	0,49	0,48	0,21	0,18	0,15	85	0,2	7,41
	L	0,75	0,74	0,45	0,47	0,42	85	0,1	7,39
Ejemplos comparativos	e	0,015	0,0005*	Inferior a 0,0001*	Inferior a 0,0001*	0,002	74	6,5	7,4
	f	1,2	1,19*	0,63*	0,63*	1,7	67	0,2	7,41
	I	0,03	0,02	0,022	0,018	0,0005*	75	7,3	7,39
	I	0,85	0,84	0,92*	0,94*	2,2*	69	0,1	7,4

“\*” indica valores fuera del intervalo de la invención

5 Puede observarse a partir de los resultados mostrados en la tabla 2-4 que las aleaciones 9 a 12 sinterizadas a base  
de hierro de la invención producidas mediante el uso del lubricante disolviendo la sal mixta de la sal metálica de  
fosfato de potasio y la sal metálica de fosfato de sodio en el disolvente eran sustancialmente iguales en densidad en  
comparación con la aleación 1 sinterizada a base de hierro convencional de la tabla 2-1 producida mediante el uso  
del lubricante suspendiendo el polvo de estearato de litio en acetona, pero, debido a que las aleaciones 9 a 12  
sinterizadas a base de hierro de la invención eran todas de alta dureza de superficie y tenían también porosidad  
abierta de superficie notablemente reducida, tenían una superficie densa y resistencia al desgaste de superficie  
excelente. Sin embargo, puede observarse a partir de los resultados mostrados en la tabla 2-4 que algunas de las  
aleaciones 9 a 12 sinterizadas a base de hierro comparativas que tenían un valor más allá de un intervalo de la  
10 invención mostraban una característica desfavorable.

Además, con respecto a cada una de las aleaciones 9 a 12 sinterizadas a base de hierro de la invención y las  
aleaciones 9 a 12 sinterizadas a base de hierro comparativas, se midieron los contenidos de P, K y Na desde su  
superficie hacia su centro mediante EPMA. Tal como se muestra en la tabla 2-4, puede observarse que el valor  
15 promedio de las concentraciones de P de las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro  
era superior que la concentración de P en las partes interiores de aleación sinterizada a base de hierro, y también  
estaban contenidos K y Na en las partes de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro.

**REIVINDICACIONES**

1. Aleación sinterizada a base de hierro que tiene una superficie altamente densificada y endurecida, que comprende:
- 5 una parte de capa de superficie de la aleación sinterizada a base de hierro (a continuación en el presente documento, denominada "parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro") que tiene un grosor en un intervalo de 1  $\mu$ m a 2 mm desde la superficie de la aleación sinterizada a base de hierro; y
- 10 una parte interior de aleación sinterizada a base de hierro (a continuación en el presente documento, denominada "parte interior de aleación sinterizada a base de hierro"), que es la parte distinta de la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro,
- 15 en la que la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro contiene tanto potasio (a continuación en el presente documento, denominado "K") como sodio (a continuación en el presente documento, denominado "Na"), y
- 20 una concentración promedio de tanto K como Na contenida en la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro en un intervalo del 0,02 al 0,5% en masa en total.
2. Aleación sinterizada a base de hierro según la reivindicación 1, en la que
- 25 la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, y el resto: Fe e impurezas inevitables; y
- 30 la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, tanto K como Na: del 0,02 al 0,5% en masa en la concentración promedio en total, y el resto: Fe e impurezas inevitables.
3. Aleación sinterizada a base de hierro según la reivindicación 1, en la que
- 35 la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S: del 0,1 al 3% en masa en total, y el resto: Fe e impurezas inevitables; y
- 40 la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S: del 0,1 al 3% en masa en total, tanto K como Na: del 0,02 al 0,5% en masa en la concentración promedio en total, y el resto: Fe e impurezas inevitables.
4. Aleación sinterizada a base de hierro según la reivindicación 1, en la que
- 45 la parte de capa de superficie de la aleación sinterizada a base de hierro tiene además una concentración promedio de fósforo (a continuación en el presente documento, denominado "P") superior a la concentración de P contenida en la parte interior de la aleación sinterizada a base de hierro.
5. Aleación sinterizada a base de hierro según la reivindicación 4, en la que
- 50 la concentración promedio de P de la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro es superior a la concentración de P contenida en la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro en del 0,01 al 1% en masa, y la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro contiene tanto K como Na en una concentración promedio del 0,02 al 0,5% en masa en total.
- 55 6. Aleación sinterizada a base de hierro según la reivindicación 4 ó 5, en la que
- 60 la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro está compuesta por un cuerpo sinterizado de aleación a base de hierro que tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, P: el 0,05% en masa o menos (incluyendo el 0% en masa), y el resto: Fe e impurezas inevitables, y
- 65 la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene la concentración promedio de P superior a la concentración de P contenida en la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro en del 0,01 al 1% en masa y contiene tanto K como Na en una concentración promedio del 0,02 al 0,5% en masa en total.

7. Aleación sinterizada a base de hierro según la reivindicación 4, en la que
- 5 la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro está compuesta por un cuerpo sinterizado de aleación a base de hierro que tiene una composición de C: del 0,1 al 0,9% en masa, uno o al menos dos de Mo, Ni, Cr y Cu: del 0,1 al 10% en masa en total, uno o al menos dos de Mn, Si, V, Nb, W, Al, Ti, Ca y S: del 0,1 al 3% en masa en total, P: el 0,05% en masa o menos (incluyendo el 0% en masa), y el resto: Fe e impurezas inevitables, y
- 10 la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene la concentración promedio de P superior a la concentración de P contenida en la parte interior de aleación sinterizada a base de hierro en del 0,01 al 1% en masa y contiene tanto K como Na en una concentración promedio del 0,02 al 0,5% en masa en total.
8. Aleación sinterizada a base de hierro según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la parte de capa de superficie de aleación sinterizada a base de hierro tiene una porosidad abierta del 5% o menos.
9. Pieza mecánica compuesta por la aleación sinterizada a base de hierro según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
- 20 10. Pieza mecánica según la reivindicación 9, en la que la pieza mecánica es una rueda dentada, un engranaje, un rotor, un anillo de bolas interior o un anillo de bolas exterior.
- 25 11. Método de producción de la aleación sinterizada a base de hierro según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 que comprende:
- 30 formar un recubrimiento mixto de una sal de sulfato de potasio y una sal de sulfato de sodio, o un recubrimiento de una sal metálica mixta de una sal metálica de fosfato de potasio y una sal metálica de fosfato de sodio, que actúa como lubricante, sobre la superficie interior de la cavidad de una matriz de prensado,
- 35 en el que la sal de sulfato de potasio consiste en uno o al menos dos de sulfato de potasio, sulfito de potasio, tiosulfato de potasio, dodecilsulfato de potasio, dodecibencenosulfato de potasio, azul alimentario n.º 1 y éster de sulfato de ascorbato de potasio,
- en el que la sal de sulfato de sodio consiste en uno o al menos dos de sulfato de sodio, sulfito de sodio, tiosulfato de sodio, dodecilsulfato de sodio, dodecibencenosulfato de sodio, azul alimentario n.º 5 y éster de sulfato de ascorbato de sodio,
- 40 en el que la sal metálica de fosfato de potasio consiste en uno o al menos dos de hidrogenofosfato de dipotasio, fosfato de tripotasio, fosfato de polipotasio y riboflavin-fosfato de potasio, y
- en el que la sal metálica de fosfato de sodio consiste en uno o al menos dos de hidrogenofosfato de disodio, fosfato de trisodio, fosfato de polisodio y riboflavin-fosfato de sodio;
- 45 llenar con el polvo de partida de la aleación sinterizada a base de hierro la cavidad de la matriz de prensado y luego prensar el polvo de partida con el que se llenó; y
- sinterizar el material compacto en polvo formado.