

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 871**

51 Int. Cl.:

H01F 1/057 (2006.01)

H01F 41/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.07.2020 PCT/CN2020/100587**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.05.2021 WO21098224**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2020 E 20890034 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2024 EP 3940722**

54 Título: **Material magnético de neodimio-hierro-boro, composición de materia prima, procedimiento de preparación y uso del mismo**

30 Prioridad:

21.11.2019 CN 201911150975

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

31.10.2024

73 Titular/es:

**FUJIAN GOLDEN DRAGON RARE-EARTH CO., LTD. (100.0%)
Industrial New Developed Zone Changting
Longyan City, Fujian Province 366300, CN**

72 Inventor/es:

**FU, GANG;
HUANG, JIAYING;
HUANG, JIXIANG y
QUAN, QICHEN**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 984 871 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

Material magnético de neodimio-hierro-boro, composición de materia prima, procedimiento de preparación y uso del mismo

Campo técnico

5 La presente divulgación se refiere a un material magnético de neodimio-hierro-boro, una composición de materia prima y un procedimiento de preparación del mismo y un uso del mismo.

Antecedentes

10 El material magnético de neodimio-hierro-boro (NdFeB) con $Nd_2Fe_{14}B$ como componente principal tiene alta remanencia (Br), coercitividad y producto de energía máxima (BHmax) con grandes propiedades magnéticas integrales, y se utiliza en la generación de energía eólica, vehículos de nueva energía, electrodomésticos inversores, etc. El componente de tierras raras del material magnético de neodimio-hierro-boro de la técnica anterior suele estar dominado por el neodimio, con sólo una pequeña cantidad de praseodimio. Aunque existen algunos informes en la técnica anterior que indican que la sustitución de una parte del neodimio por praseodimio puede mejorar el rendimiento del material magnético, la mejora es limitada y todavía no significativa. Por otra parte, el material magnético de neodimio-hierro-boro con buenas propiedades de coercitividad y remanencia de la técnica anterior también necesita depender de la adición de grandes cantidades de elementos de tierras raras pesadas y su coste es relativamente caro.

15 El documento EP 0 536 421 B1 divulga un procedimiento de producción de un imán permanente de tierras raras, en el que un material magnético en forma de plaqueta obtenido por fundición y trabajo en caliente se forma en una forma precisa mediante doblado en caliente.

Contenido de la presente invención

25 El problema técnico que debe resolverse en la presente divulgación consiste en superar el defecto de que la coercitividad y la remanencia del material magnético no pueden mejorarse significativamente después de sustituir parcialmente el neodimio por el praseodimio en el material magnético de neodimio-hierro-boro de la técnica anterior. Se proporciona un material magnético de neodimio-hierro-boro, una composición de materia prima y un procedimiento de preparación del mismo, así como un uso del mismo. El contenido de praseodimio y cobre en el material magnético de neodimio-hierro-boro de la presente invención se incrementa al mismo tiempo, lo que puede superar el defecto del estado de la técnica de que la coercitividad del material magnético de neodimio-hierro-boro no puede mejorarse significativamente cuando el contenido de praseodimio o cobre se incrementa solo, y la remanencia y la coercitividad del material magnético de neodimio-hierro-boro obtenido son ambas elevadas.

30 En la actualidad, en el estado de la técnica se cree generalmente que la adición de una pequeña cantidad de cobre al material magnético de neodimio-hierro-boro puede aumentar la humectabilidad. Sin embargo, los inventores descubrieron mediante experimentos exhaustivos que, tras acoplar el contenido específico de praseodimio con el contenido específico de cobre, aparecían fases no magnéticas como $RECu_2$, $RECu$ y $RE_6Fe_{13}Cu$, en las que RE se refiere a elementos de neodimio y praseodimio, y la aparición de estas fases no magnéticas aísla eficazmente el acoplamiento magnético entre los granos de cristal, y también mejora la claridad de los límites de grano y optimiza las fases de límite de grano, de modo que se puede mejorar aún más el rendimiento del material magnético de neodimio-hierro-boro.

La presente divulgación resuelve los problemas técnicos mencionados mediante las siguientes soluciones técnicas:

40 La presente divulgación proporciona una composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro, en la que la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro comprende los siguientes componentes en porcentaje en masa:

- 29,5-32% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, $Pr \geq 17,15\%$;
- 45 $Cu > 0,35\%$;
- 0,9-1,2% de B;
- 64-69,2% de Fe, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de la materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro.

50 En la presente divulgación, el contenido de Pr es preferentemente 17,15-26%, por ejemplo 17,15%, 18,15%, 19,15%, 20,15%, 20,85%, 21,15%, 22,15%, 23,15%, 24,15%, 25,15% o 26%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.

En la presente divulgación, el contenido de Nd es preferiblemente del 15% o menos, más preferiblemente del 4-13%, por ejemplo 4%, 5,85%, 6,85%, 7,85%, 8,85%, 9,85%, 10,65%, 10,85%, 11,35%, 12,35% o 12,85%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.

ES 2 984 871 T3

- En la presente divulgación, el contenido de R' es, por ejemplo, 29,5%, 30%, 30,5%, 31%, 31,5% o 32%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 5 En la presente divulgación, preferentemente, R' comprende además otros elementos de tierras raras además de Pr y Nd, por ejemplo Y.
- En la presente divulgación, preferiblemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el tipo de RH comprende preferiblemente uno o más de Dy, Tb y Ho, más preferiblemente Dy y/o Tb.
- En este caso, la relación de masa de RH y R' es preferiblemente inferior a 0,253, más preferiblemente 0-0,07, por ejemplo 0, 1/32, 2/32, 2/31, 1,5/32, 2/32 o 1,5/31.
- 10 En este caso, el contenido de SR es preferiblemente del 1-2,5%, por ejemplo 1%, 1,5% o 2%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 15 Cuando el RH comprende Tb, el contenido de Tb es preferiblemente de 0,5-2%, por ejemplo 0,7%, 0,8%, 0,9%, 1%, 1,5%, 1,8%, 1,9% o 2%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.
- Cuando RH comprende Dy, el contenido de Dy es preferiblemente 1% o menos, más preferiblemente 0,3% o menos, por ejemplo 0,1%, 0,2% o 0,3%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 20 Cuando el RH comprende Ho, el contenido de Ho puede ser el contenido convencional en el campo, por ejemplo 0,8-2%, preferiblemente 1%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 25 En la presente divulgación, el contenido de Cu es preferentemente 0,35-1,3%, por ejemplo 0,35%, 0,4%, 0,45%, 0,5%, 0,6%, 0,65%, 0,7%, 0,8%, 0,85%, 0,9%, 0,95%, 1%, 1,05%, 1,1% o 1,2%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 30 En la presente divulgación, el contenido de B es preferentemente 0,95-1,2%, por ejemplo 0,985%, 1%, 1,1% o 1,2%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 35 En la presente divulgación, el contenido de Fe es preferentemente 64,8-69,2%, por ejemplo 64,914%, 64,965%, 65,065%, 65,085%, 65,135%, 65,365%, 65,405%, 65,485%, 65,54%, 65,615%, 65,665%, 65,715%, 65,815%, 65,865%, 65,915%, 66,015%, 66,035%, 66,045%, 66,215%, 66,23%, 66,265%, 66,315%, 66,465%, 66,445%, 66,545%, 66,615%, 66,715%, 66,815%, 66,865%, 67,145%, 67,165%, 67,415%, 67,615%, 67,915%, 68,015%, 68,295%, 68,565% o 69,165%, el porcentaje se refiere al porcentaje en masa relativo a la masa total de la composición de la materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 40 En la presente divulgación, preferentemente, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Al.
- En este caso, el contenido de Al es preferiblemente igual o inferior al 3%, más preferiblemente igual o inferior al 0,5%, por ejemplo 0,02%, 0,03%, 0,1%, 0,2%, 0,25%, 0,3%, 0,4%, 0,45%, 0,46% o 0,48%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 45 En la presente divulgación, preferentemente, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Ga.
- En este caso, el contenido de Ga es preferiblemente del 1% o menos, más preferiblemente del 0,05-0,6%, por ejemplo 0,1%, 0,15%, 0,18%, 0,2%, 0,24%, 0,25%, 0,3%, 0,4% o 0,5%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 50 En la presente divulgación, preferentemente, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Zr.
- En este caso, el contenido de Zr es preferiblemente del 0,3% o menos, por ejemplo 0,1%, 0,2%, 0,22%, 0,25%, 0,26%, 0,27%, 0,28%, 0,29% o 0,3%, más preferiblemente 0,25-0,3%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.

En la presente divulgación, preferentemente, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Co.

5 En este caso, el contenido de Co es preferiblemente de 0,2-1,5%, por ejemplo 0,2% o 1%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.

En la presente divulgación, preferiblemente, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro puede comprender además otros elementos convencionales en el campo, por ejemplo uno o más de Zn, Ag, In, Sn, V, Cr, Mo, Ta, Hf y W.

10 En este caso, el contenido de Zn puede ser un contenido convencional en el campo, preferiblemente 0,1% o menos, más preferiblemente 0,04-0,08%, por ejemplo 0,04%, 0,05% o 0,08%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.

En este caso, el contenido de Mo puede ser un contenido convencional en el campo, preferiblemente 0,1% o menos, más preferiblemente 0,01-0,08%, por ejemplo 0,04%, 0,05% o 0,08%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.

15 En la presente divulgación, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende preferentemente los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29.5-32% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, $Pr \geq 17,15\%$; $Cu \geq 0,35\%$; $Al \leq 0,5\%$; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferentemente, el contenido de Pr es 17,15-26%; más preferentemente, el contenido de Cu es preferentemente 0,35-1.2%; más preferiblemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro.

20 En la presente divulgación, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende preferentemente los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29.5-32% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, $Pr \geq 17,15\%$; $Cu \geq 0,35\%$; 0,25-0,3% de Zr; 0,9-1,2% de B; 64-68% de Fe; más preferentemente, el contenido de Pr es 17,15-26%; más preferentemente, el contenido de Cu es preferiblemente 0,35-1.2%; más preferentemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro.

25 En la presente divulgación, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende preferentemente los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29,5-32% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, $Pr \geq 17,15\%$; $Cu \geq 0,35\%$; $Al \leq 0,5\%$; 0,25-0,3% de Zr; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferentemente, el contenido de Pr es 17.15-26%; más preferentemente, el contenido de Cu es preferiblemente 0,35-1,2%; más preferentemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2.5%; el tipo de RH comprende preferiblemente Dy y/o Tb, en la que, el contenido de Tb es preferiblemente 0,5-2%, el contenido de Dy es preferiblemente 1% o menos; el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.

30 En la presente divulgación, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende preferentemente los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29.5-32% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, $Pr \geq 17,15\%$; $Cu \geq 0,35\%$; $Ga \leq 0,42\%$; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferentemente, el contenido de Pr es 17,15-26%; más preferentemente, el contenido de Cu es preferiblemente 0,35-1.3%; más preferentemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro.

35 En la presente divulgación, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29.5-32% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, $Pr \geq 17,15\%$; $Cu \geq 0,35\%$; $Al \leq 0,5\%$; $Ga \leq 0,42\%$; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferentemente, el contenido de Pr es 17,15-26%; más preferentemente, el contenido de Cu es 0,35-1.3%; más preferentemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro.

40 En la presente divulgación, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende preferentemente los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29.5-32% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, $Pr \geq 17,15\%$; $Cu \geq 0,35\%$; $Ga \leq 0,42\%$; 0,25-0,3% de Zr; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferentemente, el contenido de Pr es 17,15-26%; más preferentemente, el contenido de Cu es 0,35-1.3%; más preferentemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el

contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro.

5 En la presente divulgación, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende preferentemente los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29.5-32% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, $Pr > 17,15\%$; $Cu > 0,35\%$; $Al \leq 0,5\%$; $Ga \leq 0,42\%$; 0,25-0,3% de Zr; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferiblemente, el contenido de Pr es 17.15-26%; más preferiblemente, el contenido de Cu es preferiblemente 0,35-1,2%, más preferiblemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2.5%; el tipo de RH comprende preferiblemente Dy y/o Tb, en la que, el contenido de Tb es preferiblemente 0,5-2%, el contenido de Dy es preferiblemente 1% o menos; el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.

10 En la presente divulgación, el porcentaje se refiere al porcentaje en masa de cada componente en relación con la masa total de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro.

15 La presente divulgación proporciona además un procedimiento de preparación de material magnético de neodimio-hierro-boro, que emplea la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro mencionada anteriormente para preparar.

En la presente divulgación, el procedimiento de preparación comprende preferentemente las siguientes etapas: el líquido fundido de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro se somete a fundición y colada, decrepitación de hidrógeno, conformación, sinterización y tratamiento de envejecimiento.

20 En la presente divulgación, el líquido fundido de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro puede prepararse mediante el procedimiento convencional en la materia, por ejemplo: fusión en un horno de fusión de inducción de vacío de alta frecuencia. El grado de vacío del horno de fusión puede ser de 5×10^{-2} Pa. La temperatura de fusión puede ser de 1500°C o inferior.

25 En la presente divulgación, las operaciones y condiciones de colada pueden ser convencionales en el campo, por ejemplo, en atmósfera de Ar (por ejemplo en atmósfera de Ar de $5,5 \times 10^4$ Pa), enfriando a 10^2 °C/s- 10^4 °C/s.

En la presente divulgación, las operaciones y condiciones de decrepitación de hidrógeno pueden ser convencionales en el campo. Por ejemplo, ser sometido a un tratamiento de absorción de hidrógeno, deshidrogenación y enfriamiento.

En este caso, la absorción de hidrógeno puede llevarse a cabo a una presión de 0,15 MPa.

30 En este caso, la deshidrogenación puede llevarse a cabo en condiciones de calentamiento durante la evacuación.

35 En la presente divulgación, la pulverización convencional en el campo puede llevarse a cabo después de la decrepitación por hidrógeno. El proceso de pulverización puede ser convencional en el campo, por ejemplo pulverización en molino de chorro. La pulverización en molino de chorro se realiza preferentemente en atmósfera de nitrógeno con 150ppm o menos de gas oxidante. El gas oxidante se refiere al contenido de oxígeno o humedad. La presión de la cámara de pulverización del molino de chorro es preferiblemente de 0,38 MPa; el tiempo de pulverización del molino de chorro es preferiblemente de 3h.

En este caso, tras la pulverización, pueden añadirse lubricantes al polvo por el procedimiento convencional en la materia, por ejemplo estearato de zinc. La cantidad de lubricante añadido puede ser del 0,10-0,15% del peso del polvo mezclado, por ejemplo el 0,12%.

40 En la presente divulgación, las operaciones y condiciones del conformado pueden ser convencionales en el campo, por ejemplo procedimiento de conformado por campo magnético o procedimiento de prensado en caliente y deformación en caliente.

En la presente divulgación, las operaciones y condiciones de la sinterización pueden ser convencionales en el campo. Por ejemplo, precalentamiento, sinterización y enfriamiento en vacío (por ejemplo, en vacío de 5×10^{-3} Pa).

45 En este caso, la temperatura de precalentamiento suele ser de 300-600°C. El tiempo de precalentamiento suele ser de 1-2 horas. El precalentamiento se realiza preferentemente a 300°C y 600 °C durante 1h respectivamente.

En este caso, la temperatura de sinterización es preferentemente 1030-1080°C, por ejemplo 1040°C.

En este caso, el tiempo de sinterización es convencional en el campo, por ejemplo 2h.

En este caso, antes del enfriamiento, se puede introducir gas Ar para que la presión alcance 0,1 MPa.

50 En la presente divulgación, después de la sinterización y antes del tratamiento de envejecimiento, se lleva a cabo preferentemente un tratamiento de difusión del límite de grano.

ES 2 984 871 T3

En este caso, las operaciones y condiciones de la difusión en el límite del grano pueden ser convencionales en el campo. Por ejemplo, la superficie del material magnético de neodimio-hierro-boro se adhiere con una sustancia que contiene Tb y/o una sustancia que contiene Dy mediante evaporación, recubrimiento o pulverización catódica, y se somete a un tratamiento térmico de difusión.

- 5 La sustancia que contiene Tb puede ser un metal Tb, un compuesto que contiene Tb, por ejemplo un fluoruro o una aleación que contiene Tb.

La sustancia que contiene Dy puede ser un metal Dy, un compuesto que contiene Dy, por ejemplo un fluoruro o una aleación que contiene Dy.

La temperatura del tratamiento térmico de difusión puede ser de 800-900°C, por ejemplo 850°C.

- 10 El tiempo del tratamiento térmico de difusión puede ser de 12-48h, por ejemplo 24h.

En la presente divulgación, en el tratamiento de envejecimiento, la temperatura del tratamiento de envejecimiento secundario es preferentemente de 520-650°C, por ejemplo 550°C.

En la presente divulgación, en el tratamiento de envejecimiento secundario, la velocidad de calentamiento a 550-650°C es preferiblemente de 3-5°C/min. El punto de partida del calentamiento puede ser la temperatura ambiente.

- 15 En la presente divulgación, la temperatura ambiente es de 25°C±5°C.

La presente divulgación proporciona además un material magnético de neodimio-hierro-boro, que se prepara mediante el procedimiento de preparación mencionado anteriormente.

La presente divulgación proporciona un material magnético de neodimio-hierro-boro, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende los siguientes componentes en porcentaje en masa:

- 20 29,4-32,6% de R', R' incluye Pr y Nd; en la que, Pr ≥17,14%;
Cu >_ 0,34%;
0,9-1,2% de B;
64-69,2% de Fe;

- 25 el porcentaje se refiere al porcentaje de masa en relación con la masa total del material magnético neodimio-hierro-boro.

En la presente divulgación, el contenido de Pr es preferentemente 17,14-26,1%, por ejemplo 17,149%, 17,15%, 17,154%, 18,15%, 18,152%, 18,154%, 18,155%, 19,15%, 19,152%, 19,154%, 19,155%, 19,159%, 20,13%, 20,155%, 20,16%, 21,157%, 22,15%, 22,151%, 22,152%, 22,1555%, 23,15%, 24,151%, 24,152%, 24,155%, 24,157%, 24,158%, 25,15%, 25,152%, 25,153%, 25,156% o 26,01%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

- 30 En la presente divulgación, el contenido de Nd es preferiblemente 15% o menos, más preferiblemente 4-13%, por ejemplo 4,02%, 5,847%, 5,84%, 5,849%, 5,85%, 5,851%, 5,852%, 5,853%, 5,854%, 6,851%, 6,852%, 6,853%, 7,85%, 8,846%, 8,847%, 8,85%, 8,851%, 8,852%, 8,853%, 9,85%, 9,851%, 10,844%, 10,846%, 10,849%, 11,349%, 11,384%, 12,341%, 12,345%, 12,348%, 12,35%, 12,351%, 12,364%, 12,791%, 12,802% o 12,849%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

- 35 En la presente divulgación, la relación entre la masa de Nd y la masa total de R' es preferiblemente inferior a 0,5, más preferiblemente 0,1-0,45, por ejemplo 0,1, 0,12, 0,13, 0,18, 0,2, 0,21, 0,23, 0,24, 0,25, 0,26, 0,27, 0,3, 0,31, 0,37, 0,38, 0,4, 0,41 o 0,42.

- 40 En la presente divulgación, el contenido de R' es preferentemente 29,49-32,53%, por ejemplo 29,495%, 29,501%, 30,003%, 30,004%, 30,03%, 30,441%, 30,517%, 30,518%, 30,957%, 30,98%, 31%, 31,006%, 31,0065%, 31,009%, 31,011%, 31,012%, 31,013%, 31,498%, 31,504%, 31,539%, 31,946%, 31,972%, 31,977%, 31,995%, 31,999%, 32%, 32,001%, 32,013%, 32,015%, 32,021%, 32,022%, 32,023%, 32,024%, 32,025%, 32,026%, 32,027%, 32,04%, 32,043%, 32,437% o 32,521%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

- 45 En la presente divulgación, preferentemente, R' comprende además otros elementos de tierras raras además de Pr y Nd, por ejemplo Y.

En la presente divulgación, preferentemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el tipo de RH comprende preferiblemente uno o más de Dy, Tb y Ho, más preferiblemente Dy y/o Tb.

- 50 En el que la relación en masa de RH y R' es preferentemente inferior a 0,253, preferentemente 0-0,07, por ejemplo 1,01/32,015, 1,02/30,517, 1,02/32,021, 1,02/32,023, 1,02/32,024, 1,02/32,024, 1,02/32,025, 1,02/32,025, 1,02/32,026, 1,03/32,04, 1,04/32,043, 1,432/32,437, 1,46/30,441, 1,47/31,972, 1,48/31,977, 1,5/32, 1,52/32,521,

ES 2 984 871 T3

1,98/30,98, 1,99/31,995, 1/31,999, 1/32,2,01/31,011, 2,01/31,013, 2,01/32,013, 2,02/32,022, 2,02/32,027, 2/31 o 2/31,012.

- 5 En este caso, el contenido de SR es preferiblemente 1-2,5%, por ejemplo 1%, 1,01%, 1,02%, 1,03%, 1,04%, 1,432%, 1,46%, 1,47%, 1,48%, 1,5%, 1,52%, 1,98%, 1,99%, 2%, 2,01% o 2,02%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 10 Cuando el RH comprende Tb, el contenido de Tb es preferiblemente 0,5-2% en peso, por ejemplo 0,7%, 0,72%, 0,82%, 0,9%, 0,91%, 1%, 1,02%, 1,47%, 1,48%, 1,5%, 1,81%, 1,88%, 1,89%, 1,9%, 1,91% o 2,01%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 15 Cuando el RH comprende Dy, el contenido de Dy es preferiblemente del 0,5 % en peso o menos, por ejemplo 0,1%, 0,2%, 0,21%, 0,3%, 0,31% o 0,312%, el porcentaje se refiere al porcentaje en masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 20 Cuando el RH comprende Ho, el contenido de Ho es un contenido convencional en el campo, normalmente 0,8-2%, por ejemplo 0,98%, 0,99% o 1%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 25 En la presente divulgación, el contenido de Cu es preferentemente 0,34-1,3%, por ejemplo 0,341%, 0,41%, 0,452%, 0,47%, 0,502%, 0,51%, 0,52%, 0,598%, 0,62%, 0,648%, 0,649%, 0,701%, 0,702%, 0,71%, 0,78%, 0,79%, 0,795%, 0,806%, 0,81%, 0,852%, 0,89%, 0,901%, 0,903%, 0,91%, 0,92%, 0,948%, 1,021%, 1,05%, 1,08%, 1,101%, 1,103%, 1,12%, 1,18%, 1,19%, 1,202% o 1,21%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 30 En la presente divulgación, el contenido de B es preferentemente 0,95-1,2%, por ejemplo 0,983%, 0,984%, 0,985%, 0,988%, 0,989%, 1,02% o 1,19%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 35 En la presente divulgación, el contenido de Fe es preferentemente 64,8-69,2%, por ejemplo 64,965%, 65,031%, 65,095%, 65,155%, 65,204%, 65,36%, 65,4%, 65,458%, 65,525%, 65,626%, 65,63%, 65,686%, 65,817%, 65,8395%, 65,869%, 65,909%, 65,963%, 65,994%, 65,995%, 66,039%, 66,04%, 66,099%, 66,157%, 66,218%, 66,267%, 66,364%, 66,377%, 66,427%, 66,437%, 66,52%, 66,605%, 66,671%, 66,8075%, 66,81%, 66,87%, 67,095%, 67,12%, 67,137%, 67,457%, 67,578%, 67,996%, 68,302%, 68,556% o 69,181%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 40 En la presente divulgación, preferentemente, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Al.
- 45 En la presente divulgación, el contenido de Al es preferiblemente 0,5% o menos, más preferiblemente 0,03-0,5% en peso, por ejemplo 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,1%, 0,102%, 0,12%, 0,2%, 0,21%, 0,24%, 0,25%, 0,29%, 0,3%, 0,31%, 0,38%, 0,4%, 0,42%, 0,45%, 0,46% o 0,48%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 50 En la presente divulgación, preferentemente, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Zr.
- 55 En la presente divulgación, el contenido de Zr es preferiblemente de 0,05-0,31 % en peso, por ejemplo 0,1%, 0,21%, 0,22%, 0,25%, 0,251%, 0,252%, 0,261%, 0,272%, 0,28%, 0,281%, 0,282%, 0,291%, 0,3% o 0,301%.291% 0,3% o 0,301%, más preferiblemente 0,25-0,31, el porcentaje se refiere al porcentaje en masa de cada componente en relación con la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 60 En la presente divulgación, preferentemente, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Ga.
- 65 En este caso, el contenido de Ga es preferiblemente 0,51% o menos, más preferiblemente 0,1-0,51%, por ejemplo 0,1%, 0,101%, 0,102%, 0,11%, 0,12%, 0,152%, 0,18%, 0,2%, 0,202%, 0,24%, 0,25%, 0,302% o 0,501%.25%, 0,251%, 0,302%, 0,401% o 0,501%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa de cada componente en relación con la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 70 En la presente divulgación, preferentemente, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Co.
- 75 En este caso, el contenido de Co es preferiblemente de 0,2-1,5%, por ejemplo 0,2% o 1%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa de cada componente en relación con la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 80 En la presente divulgación, preferentemente, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además O.
- 85 En este caso, el contenido de O es preferiblemente del 0,13% o inferior, y el porcentaje se refiere al porcentaje de masa de cada componente en relación con la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

En la presente divulgación, el material magnético de neodimio-hierro-boro puede comprender además otros elementos convencionales en el campo, por ejemplo uno o más de Zn, Ag, In, Sn, V, Cr, Nb, Ti, Mo, Ta, Hf y W.

5 En este caso, el contenido de Zn puede ser un contenido convencional en el campo, preferiblemente 0,02-0,08%, por ejemplo 0,03%, 0,04% o 0,07%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa de cada componente en relación con la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

En este caso, el contenido de Mo puede ser un contenido convencional en el campo, preferiblemente 0,01-0,08%, por ejemplo 0,03%, 0,06% o 0,07%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa de cada componente en relación con la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

10 En la presente divulgación, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende preferentemente los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29,4-32,6% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, Pr \geq 17,14%; Cu \geq 0,34%; Al \leq 0,5%; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferiblemente, el contenido de Pr es 17,14-26,1%; más preferiblemente, el contenido de Cu es preferiblemente 0,35-1,2%; más preferiblemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

15 En la presente divulgación, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende preferentemente los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29,4-32,6% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, Pr \geq 17,15%; Cu \geq 0,34%; 0,25-0,3% de Zr; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferiblemente, el contenido de Pr es 17,14-26,1%; más preferiblemente, el contenido de Cu es preferiblemente 0,35-1,2%; más preferiblemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

20 En la presente divulgación, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende preferentemente los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29,4-32,6% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, Pr \geq 17,14%; Cu \geq 0,34%; Al \leq 0,5%; 0,25-0,3% de Zr; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferiblemente, el contenido de Pr es 17,14-26,1%; más preferiblemente, el contenido de Cu es preferiblemente 0,35-1,2%; más preferiblemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%; el tipo de RH comprende preferiblemente Dy y/o Tb, en la que, el contenido de Tb es preferiblemente 0,5-2%, el contenido de Dy es preferiblemente 1% o menos; el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

25 En la presente divulgación, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende preferentemente los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29,4-32,6% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, Pr \geq 17,14%; Cu \geq 0,34%; Ga \leq 0,42%; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferiblemente, el contenido de Pr es 17,14-26,1%; más preferiblemente, el contenido de Cu es preferiblemente 0,35-1,3%; más preferiblemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

30 En la presente divulgación, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende preferentemente los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29,4-32,6% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, Pr \geq 17,14%; Cu \geq 0,34%; Al \leq 0,5%; Ga \leq 0,42%; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferiblemente, el contenido de Pr es 17,14-26,1%; más preferiblemente, el contenido de Cu es preferiblemente 0,35-1,3%; más preferiblemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

35 En la presente divulgación, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29,4-32,6% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, Pr \geq 17,14%; Cu \geq 0,34%; Ga \leq 0,42%; 0,25-0,3% de Zr; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferiblemente, el contenido de Pr es 17,14-26,1%; más preferiblemente, el contenido de Cu es preferiblemente 0,35-1,3%, más preferiblemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%, el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

40 En la presente divulgación, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29,4-32,6% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, Pr \geq 17,14%; Cu \geq 0,34%; Al \leq 0,5%; Ga \leq 0,42%; 0,25-0,3% de Zr; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; más preferiblemente, el contenido de Pr es 17,14-26,1%; más preferiblemente, el contenido de Cu es preferiblemente 0,35-1,3%, más preferiblemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%; el tipo de RH comprende

preferiblemente Dy y/o Tb, en la que, el contenido de Tb es preferiblemente 0,5-2%, el contenido de Dy es preferiblemente 1% o menos; el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

5 En la presente divulgación, el porcentaje se refiere al porcentaje en masa de cada componente en relación con la masa total del material magnético de neodimio-hierro-boro.

10 La presente divulgación proporciona además un material magnético de neodimio-hierro-boro, en la región del triángulo intergranular del material magnético de neodimio-hierro-boro, la relación de la masa total de Pr y Cu con respecto a la masa total de cada elemento en la región del triángulo intergranular es Q1. En la región del triángulo intergranular, la relación de la masa total de Pr y Cu con respecto a la masa total de cada elemento en la región del triángulo intergranular es Q2; en el límite de grano del material magnético de neodimio-hierro-boro, la relación entre la masa total de Pr y Cu y la masa total de cada elemento en el límite de grano es Q2; en la que, $Q1 < Q2$, y $Q2 \geq 0,1$; y en el que los componentes del material magnético de neodimio-hierro-boro se refieren a los del material magnético de neodimio-hierro-boro mencionado anteriormente.

15 En la presente divulgación, el límite de grano se refiere al límite entre dos granos, y el triángulo intergranular es el hueco formado por tres y más granos.

La presente divulgación proporciona además un uso del material magnético de neodimio-hierro-boro como componente electrónico en un motor.

20 En la presente divulgación, el motor es preferiblemente un motor de accionamiento de un vehículo de nueva energía, un compresor de aire acondicionado o un servomotor industrial, una turbina eólica, un ascensor de ahorro de energía o un conjunto de altavoces.

Basándose en el sentido común en la materia, las condiciones preferentes de los procedimientos de preparación pueden combinarse arbitrariamente para obtener ejemplos preferidos de la presente divulgación.

Los reactivos y materias primas utilizados en la invención están disponibles comercialmente.

25 El progreso positivo de la presente invención es que el material magnético de neodimio-hierro-boro de la presente invención aumenta simultáneamente el contenido de praseodimio y cobre, de modo que la fase de límite de grano es más clara, y el material magnético de neodimio-hierro-boro obtenido tiene mayor remanencia y fuerza coercitiva.

Breve descripción de los dibujos

30 La Fig.1 es el diagrama de distribución de los elementos Pr, Nd, Cu, Ti, Co y O formado por el escaneo de la cara FE-EPMA del material magnético de neodimio-hierro-boro preparado en el Ejemplo 10.

La Fig. 2 es el diagrama de distribución de elementos en el límite de grano del material magnético de neodimio-hierro-boro del Ejemplo 10, y el símbolo 1 de la Fig. 2 es el punto tomado en el análisis cuantitativo en el límite de grano.

35 La Fig. 3 es el diagrama de distribución de elementos en el triángulo intergranular del material magnético de neodimio-hierro-boro del Ejemplo 10, y el símbolo 1 de la Fig. 3 es el punto tomado en el análisis cuantitativo en el límite de grano.

Descripción detallada de la realización preferente

40 Los siguientes ejemplos ilustran aún más la presente divulgación, pero la presente divulgación no se limita a los mismos. Los procedimientos experimentales en los que no se indican condiciones específicas en las siguientes realizaciones se seleccionan según los procedimientos y condiciones convencionales, o según la especificación del producto. En la tabla siguiente, % en peso se refiere al porcentaje en masa del componente en la composición de la materia prima del material magnético permanente R-T-B, y "/" indica que el elemento no se ha añadido. "Br" es la densidad de flujo magnético residual y "H_{cj}" es la coercitividad intrínseca.

Las formulaciones para las composiciones de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro en cada Ejemplo y Ejemplo comparativo se muestran en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1 Las formulaciones para las composiciones de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro en cada Ejemplo y Ejemplo comparativo (% en peso)

No.	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Cu	Al	Ga	Zr	Co	Zn	Mo	B	Fe
1	12,35	17,15	/	/	/	0,35	/	/	/	/	/	/	0,985	69,165
2	12,85	17,15	/	/	/	0,45	/	/	/	/	/	/	0,985	68,565
3	12,35	18,15	/	/	/	0,5	/	/	/	/	/	/	0,985	68,015
4	12,85	18,15	/	/	/	0,6	/	/	/	/	/	/	0,985	67,415
5	12,35	19,15	/	/	/	0,65	/	/	/	/	/	/	0,985	66,865
6	12,85	19,15	/	/	/	0,7	/	/	/	/	/	/	0,985	66,315
7	11,35	20,15	/	/	/	0,8	/	/	/	/	/	/	0,985	66,715
8	11,35	20,15	/	/	/	0,9	/	/	/	/	/	/	0,985	66,615
9	10,85	21,15	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	0,985	66,015
10	4	26	/	/	/	1,1	/	/	0,1	0,2	/	/	0,985	67,615
11	8,85	22,15	/	/	/	1,2	/	/	/	/	/	/	0,985	66,815
12	5,85	25,15	0,3	0,7	/	0,5	0,03	/	/	/	/	/	0,985	66,485
13	5,85	25,15	/	1	/	0,7	0,1	/	/	/	/	/	0,985	66,215
14	5,85	24,15	0,2	1,8	/	0,9	0,2	/	/	/	/	/	0,985	65,915
15	5,85	24,15	/	2	/	1,1	0,25	/	/	/	/	/	0,985	65,665
16	8,85	22,15	0,2	0,8	/	1,2	/	0,1	/	/	/	/	0,985	65,715
17	8,85	22,15	0	1	/	0,85	/	0,2	/	/	/	/	0,985	65,965
18	7,85	23,15	0,1	0,9	/	0,65	/	/	0,1	/	/	/	0,985	66,265
19	7,85	23,15	0,1	0,9	/	0,95	/	/	0,25	/	/	/	0,985	65,815
20	12,35	18,15	/	1,5	/	1,05	/	/	/	1	/	/	0,985	64,965
21	10,85	19,15	0,1	1,9	/	0,8	0,1	0,1	/	/	/	/	0,985	66,015
22	10,85	19,15	0,1	1,9	/	0,9	0,3	0,2	/	/	/	/	0,985	65,615
23	12,35	18,15	/	1,5	/	0,5	/	0,25	0,22	/	/	/	0,985	66,045
24	12,35	18,15	/	1,5	/	0,6	/	0,1	0,28	/	/	/	0,985	66,035
25	9,85	19,15	0,1	1,9	/	1,2	0,2	/	0,25	/	/	/	0,985	66,365

(continuación)

Nº.	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Cu	Al	Ga	Zr	Co	Zn	Mo	B	Fe
26	9,85	19,15	0,1	1,9	/	0,8	0,4	/	0,3	/	/	/	0,985	66,515
27	8,85	22,15	0,1	0,9	/	0,9	0,3	/	0,26	/	/	/	1	65,54
28	5,85	25,15	0,2	0,8	/	1,2	0,46	/	0,29	/	/	/	0,985	65,065
29	5,85	25,15	0,3	0,7	/	1,1	0,48	/	0,3	/	/	/	0,985	65,135
30	9,85	19,15	0,1	1,9	/	0,6	0,2	0,15	0,2	/	/	/	0,985	66,865
31	8,85	22,15	0,3	0,7	/	0,8	0,3	0,18	0,25	/	/	/	0,985	65,485
32	6,85	24,15	/	/	/	0,8	0,4	0,2	0,27	/	/	/	1,1	66,23
33	6,85	24,15	/	/	/	0,9	0,45	0,2	0,28	/	/	/	1,2	65,93
34	9,85	19,15	/	2	/	0,4	0,1	0,1	0,25	/	/	/	0,985	67,165
35	6,85	24,15	/	1	/	0,5	0,25	0,1	0,3	/	/	/	0,985	65,865
36	12,35	17,15	/	/	/	0,7	0,02	0,25	0,25	/	/	/	0,985	68,295
37	12,35	17,15	/	1	/	0,8	0,02	0,3	0,25	/	/	/	0,985	67,145
38	8,85	22,15	0,3	0,7	/	0,9	0,03	0,4	0,28	/	/	/	0,985	65,405
39	8,85	22,15	0,3	0,7	/	1,1	0,03	0,5	0,3	/	/	/	0,985	65,085
40	8,85	20,15	0,3	0,7	1,0	0,8	0,3	0	0,25	/	0,04	0,08	0,985	66,545
41	8,85	20,15	0,3	0,7	1,0	0,9	0,3	0	0,25	/	0,08	0,04	0,985	66,445
42	6,85	24,15	/	/	1,0	0,9	0,4	0	0,25	/	0,05	0,05	0,985	65,365
45	5,85	25,15	/	1	/	0,2	0,1	/	/	/	/	/	0,985	66,715
46	5,85	25,15	/	1	/	0,1	0,1	/	/	/	/	/	0,985	66,815
47	14,85	15,15	/	/	/	0,9	0,2	/	/	/	/	/	0,985	67,915
48	21,15	8,85	/	/	/	0,9	0,2	/	/	/	/	/	0,985	67,915

Ejemplo 1

El material magnético de neodimio-hierro-boro se prepara como sigue:

- 5 (1) Proceso de fusión y colada: según la formulación indicada en la Tabla 1, la materia prima preparada se introdujo en un crisol de alúmina y se fundió al vacío en un horno de fusión de inducción al vacío de alta frecuencia y en un vacío de 5×10^{-2} Pa a una temperatura de 1500°C o inferior. Tras la fusión en vacío, se introdujo gas Ar en el horno de fusión para que la presión del horno alcanzara los 55.000 Pa, se llevó a cabo la colada y se obtuvo la aleación enfriada a una velocidad de enfriamiento de 10^2 °C/s a 10^4 °C/s.
- 10 (2) Proceso de decrepitación de hidrógeno: el horno de fusión en el que se colocó la aleación de temple se evacuó a temperatura ambiente y, a continuación, se introdujo hidrógeno de una pureza del 99,9% en el horno para la decrepitación de hidrógeno con el fin de mantener la presión del hidrógeno a 0,15MPa; tras la absorción total de hidrógeno, se realizó el vacío mientras se calentaba para deshidrogenar completamente; después se llevó a cabo el enfriamiento y se extrajo el polvo tras la decrepitación de hidrógeno.
- 15 (3) Proceso de micro pulverización: el polvo después de la decrepitación por hidrógeno fue pulverizado por molino de chorro durante 3 horas bajo una atmósfera de nitrógeno con un contenido de gas oxidante de 150ppm o menos y bajo una presión de 0,38MPa en la cámara de pulverización para obtener un polvo fino. El gas oxidante se refiere al oxígeno o a la humedad.
- 20 (4) Se añadió estearato de zinc al polvo procedente de la pulverización en molino de chorro, y la cantidad de adición de estearato de zinc fue del 0,12% del peso del polvo mezclado, y después se mezcló a fondo con un mezclador en V.
- 25 (5) Proceso de formación de campo magnético: el polvo de estearato de zinc añadido antes mencionado se formó en un primer cubo con una longitud lateral de 25 mm utilizando una máquina de formación de campo magnético orientado en ángulo recto a un campo magnético orientado de 1,6 T y una presión de formación de 0,35 ton/cm²; y se desmagnetizó en un campo magnético de 0,2 T después de la primera formación. Para evitar que el cuerpo conformado obtenido tras la primera conformación quedara expuesto al aire, se selló y, a continuación, se utilizó una conformadora secundaria (conformadora isostática) para realizar la conformación secundaria a una presión de 1,3 ton/cm².
- 30 (6) Proceso de sinterización: cada cuerpo formado se trasladó al horno de sinterización para sinterizarlo, que se mantuvo en vacío de 5×10^{-3} Pa a 300°C y 600°C durante 1 hora respectivamente; después, se sinterizó a 1040°C durante 2 horas; a continuación, se enfrió a temperatura ambiente después de que la presión alcanzara 0,1 MPa introduciendo gas Ar.
- (7) Proceso de tratamiento de envejecimiento: el cuerpo sinterizado se trató térmicamente en gas Ar de alta pureza a 550°C durante 3 horas y después se enfrió a temperatura ambiente antes de sacarlo.

El procedimiento de preparación del Ejemplo 2-42 y de los Ejemplos comparativos 45-48 fue el mismo que el del Ejemplo 1.

35 En los ejemplos 43 y 44 se empleó el procedimiento de difusión en el límite de grano de Tb en el procedimiento de preparación.

40 Las composiciones de materia prima de los números 12 y 16 de la Tabla 1 se prepararon primero de acuerdo con la preparación del cuerpo sinterizado del Ejemplo 1 para obtener un cuerpo sinterizado, seguido de difusión en el límite de grano, y después se llevó a cabo el tratamiento de envejecimiento. El proceso de tratamiento de envejecimiento fue el mismo que en el Ejemplo 1, y el proceso de difusión del límite de grano fue el siguiente.

45 El cuerpo sinterizado se transformó en un imán con un diámetro de 20 mm y un espesor de chapa inferior a 7 mm en la dirección de orientación del campo magnético, y después de la limpieza de la superficie, el imán se recubrió con una pulverización completa utilizando una materia prima preparada con fluoruro de Tb, respectivamente, y el imán recubierto se secó y el metal con elemento de Tb adherido se pulverizó sobre la superficie del imán en una atmósfera de Ar de alta pureza a la temperatura de 850°C de tratamiento térmico por difusión durante 24 horas. Enfriar a temperatura ambiente.

Ejemplos de aplicación de efectos

50 Se midieron las propiedades magnéticas y las composiciones de los materiales magnéticos de neodimio-hierro-boro producidos en cada ejemplo y ejemplo comparativo y se observó la estructura de fase cristalina de los imanes mediante FE-EPMA.

55 (1) Evaluación de las propiedades magnéticas: Se comprobaron las propiedades magnéticas de los materiales magnéticos utilizando el sistema de medición no destructiva de imanes permanentes de tierras raras a granel NIM-10000H BH del Instituto de Metrología de China. Los resultados de las pruebas de propiedades magnéticas se muestran en la Tabla 2.

ES 2 984 871 T3

Tabla 2

No.	Br(kGs)	Hcj(kOe)	80°C Hcj Valor absoluto del coeficiente de temperatura	150°C Hcj Valor absoluto del coeficiente de temperatura	180°C Hcj Valor absoluto del coeficiente de temperatura
1	14,35	17,01	0,689	/	/
2	14,16	17,62	0,684	/	/
3	13,98	18,03	0,679	/	/
4	14,01	18,21	0,674	/	/
5	13,84	18,56	0,672	/	/
6	13,65	18,88	0,668	/	/
7	13,7	19,15	0,663	/	/
8	13,62	19,39	0,663	/	/
9	13,5	20,11	0,652	/	/
10	13,49	20,64	0,648	/	/
11	13,7	22	0,621	/	/
12	13,30	23,6	0,601	/	/
13	13,19	25,24	/	0,515	/
14	13,06	28,02	/	0,485	/
15	13,00	28,98	/	0,479	/
16	13,59	24,48	/	0,523	/
17	13,25	24,68	/	0,520	/
18	13,29	22,73	0,619	/	/
19	13,15	24,03	/	0,520	/
20	13,02	25,23	/	0,515	/
21	13,27	26,81	/	0,512	/
22	13,07	28,71	/	0,491	/
23	13,34	25,66	/	0,519	/
24	13,29	25,08	/	0,522	/
25	13,39	27,24	/	0,493	/
26	12,91	27,09	/	0,503	/

ES 2 984 871 T3

No.	Br(kGs)	Hcj(kOe)	80°C Hcj Valor absoluto del coeficiente de temperatura	150°C Hcj Valor absoluto del coeficiente de temperatura	180°C Hcj Valor absoluto del coeficiente de temperatura
27	13,29	24,69	/	0,531	/
28	13,01	26,97	/	0,508	/
29	12,66	26,84		0,511	
30	13,15	26,87	/	0,504	/
31	13,14	26,05	/	0,510	/
32	13,10	26,68	/	0,509	/
33	13,59	23,93	0,591	/	/
34	13,42	24,47	/	0,524	/
35	13,18	23,73	0,593	/	/
36	14,33	18,76	0,675	/	/
37	13,74	23,39	0,599	/	/
38	13,19	26,04	/	0,510	/
39	12,95	27,52	/	0,488	/
40	12,75	24,19	/	0,521	/
41	12,79	24,23	/	0,519	/
42	12,63	23,72	0,594	/	/
43	13,02	33,2	/	/	0,428
44	13,37	34,8	/	/	0
45	13,27	21,75	0,629	/	/
46	13,30	21,53	0,632	/	/
47	13,8	16,8	0,742	/	/
48	14,0	14,9	0,782	/	/

(2) Determinación de los componentes: cada componente se determinó utilizando un espectrómetro de emisión de plasma de acoplamiento inductivo de alta frecuencia (ICP-OES). Los resultados de la determinación de los componentes figuran en la tabla 3.

5

Tabla 3

No.	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Cu	Al	Ga	Zr	Co	Zn	Mo	B	Fe
1	12,341	17,154	/	/	/	0,341	/	/	/	/	/	/	0,983	69,181

ES 2 984 871 T3

No.	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Cu	Al	Ga	Zr	Co	Zn	Mo	B	Fe
2	12,849	17,154	/	/	/	0,452	/	/	/	/	/	/	0,989	68,556
3	12,364	18,154	/	/	/	0,502	/	/	/	/	/	/	0,984	67,996
4	12,802	18,155	/	/	/	0,598	/	/	/	/	/	/	0,988	67,457
5	12,348	19,15	/	/	/	0,649	/	/	/	/	/	/	0,983	66,87
6	12,791	19,155	/	/	/	0,701	/	/	/	/	/	/	0,989	66,364
7	11,384	20,155	/	/	/	0,806	/	/	/	/	/	/	0,984	66,671
8	11,349	20,155	/	/	/	0,903	/	/	/	/	/	/	0,988	66,605
9	10,844	21,157	/	/	/	1,021	/	/	/	/	/	/	0,983	65,995
10	4,02	26,01	/	/	/	1,103	/	/	0,1	0,2	/	/	0,989	67,578
11	8,,851	22,,1555	/	/	/	1,,202	/	/	/	/	/	/	0,,984	66,,8075
12	5,854	25,156	0,31	0,72	/	0,52	0,02	/	/	/	/	/	0,983	66,437
13	5,848	25,156	/	1,02	/	0,71	0,12	/	/	/	/	/	0,989	66,157
14	5,849	24,158	0,21	1,81	/	0,91	0,21	/	/	/	/	/	0,984	65,869
15	5,847	24,155	/	2,02	/	1,12	0,24	/	/	/	/	/	0,988	65,63
16	8,846	22,155	0,2	0,82	/	1,19	/	0,12	/	/	/	/	0,983	65,686
17	8,85	22,15	0	1	/	0,852	/	0,2	/	/	/	/	0,985	65,963
18	7,85	23,15	0,1	0,9	/	0,648	/	/	0,1	/	/	/	0,985	66,267
19	7,85	23,15	0,1	0,9	/	0,948	/	/	0,25	/	/	/	0,985	65,817
20	12,35	18,15	/	1,5	/	1,05	/	/	/	1			0,985	64,965
21	10,849	19,154	0,1	1,91	/	0,81	0,1	0,1	/	/	/	/	0,983	65,994
22	10,846	19,159	0,1	1,89	/	0,89	0,3	0,2	/	/	/	/	0,989	65,626
23	12,345	18,152	/	1,48	/	0,47	/	0,25	0,22	/	/	/	0,984	66,099
24	12,35	18,152	/	1,47	/	0,62	/	0,1	0,28	/	/	/	0,988	66,04
25	9,85	19,15	0,1	1,88	/	1,21	0,2	/	0,25	/	/	/	0,983	66,377
26	9,85	19,15	0,1	1,9	/	0,795	0,4	/	0,3	/	/	/	0,985	66,52
27	8,853	22,152	0,1	0,91	/	0,91	0,3	/	0,261	/	/	/	0,989	65,525
28	5,851	25,153	0,2	0,82	/	1,21	0,46	/	0,291	/	/	/	0,984	65,031

ES 2 984 871 T3

No.	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Cu	Al	Ga	Zr	Co	Zn	Mo	B	Fe
29	5,85	25,15	0,3	0,7	/	1,08	0,48	/	0,3	/	/	/	0,985	65,155
30	9,851	19,152	0,1	1,91	/	0,62	0,21	0,152	0,21	/	/	/	0,985	66,81
31	8,853	22,152	0,3	0,72	/	0,81	0,29	0,18	0,252	/	/	/	0,985	65,458
32	6,851	24,155	/	/	/	0,78	0,42	0,202	0,272	/	/	/	1,102	66,218
33	6,852	24,157	/	/	/	0,92	0,45	0,24	0,282	/	/	/	1,19	65,909
34	9,851	19,15	/	2,01	/	0,41	0,102	0,101	0,251	/	/	/	0,988	67,137
35	6,852	24,151	/	1,02	/	0,502	0,250	0,102	0,301	/	/	/	0,983	65,839
36	12,351	17,150	/	/	/	0,702	0,01	0,251	0,251	/	/	/	0,983	68,302
37	12,348	17,149	/	1,02	/	0,79	0,03	0,302	0,252	/	/	/	0,989	67,12
38	8,848	22,151	0,3	0,7	/	0,901	0,03	0,401	0,281	/	/	/	0,988	65,4
39	8,847	22,152	0,3	0,7	/	1,101	0,02	0,501	0,301	/	/	/	0,983	65,095
40	8,851	20,13	0,3	0,17	0,99	0,81	0,31	0	0,251	/	0,04	0,07	0,983	67,095
41	8,852	20,16	0,3	0,72	0,98	0,91	0,31	0	0,252	/	0,07	0,03	0,989	66,427
42	6,853	24,152	/	/	1,02	0,91	0,38	0	0,251	/	0,03	0,06	0,984	65,36
43	5,853	25,152	0,312	1,12	/	0,51	0,03	/	/	/	/	/	0,984	66,039
44	8,846	22,155	0,2	1,32	/	1,18	/	0,11	/	/	/	/	0,985	65,204
45	5,853	25,153	/	1,02	/	0,19	0,07	/	/	/	/	/	0,988	66,726
46	5,852	25,151	/	1,04	/	0,09	0,09	/	/	/	/	/	0,983	66,794
47	14,851	15,153	/	/	/	0,91	0,22	/	/	/	/	/	0,983	67,883
48	21,152	8,852	/	/	/	0,93	0,21	/	/	/	/	/	0,989	67,867

(3) Inspección FE-EPMA: el material magnético del Ejemplo 10 se tomó para pulirlo en la superficie orientada verticalmente, y se inspeccionó utilizando el Microanalizador de Sonda Electrónica de Emisión de Campo (FE-EPMA) (Japan Electronics Company (JEOL), 8530F). La distribución de elementos como Pr, Cu, B, Fe, Co y O en el imán se determinó en primer lugar mediante escaneo de superficie FE-EPMA y, a continuación, el contenido de Pr, Cu, O y otros elementos en la fase clave se determinó mediante análisis cuantitativo de punto único FE-EPMA; las condiciones de ensayo fueron tensión de aceleración de 15kv y corriente del haz de la sonda de 50nA.

5

El acero magnético preparado por la formulación de la presente invención fue analizado mediante el Microanalizador de Sonda Electrónica de Emisión de Campo (FE-EPMA), principalmente para los elementos Pr, Nd, Cu, Ti, Co y O, como se muestra en la Figura 1, y se realizó un análisis cuantitativo para los elementos en los límites de grano y en el triángulo intergranular. En la que: el límite de grano se refería al límite entre dos granos, y el triángulo intergranular se refería al hueco formado por tres y más granos.

10

La Figura 2 muestra la distribución de elementos en los límites de grano del material magnético de neodimio-hierro-boro del Ejemplo 10, los elementos Pr, Nd se distribuyeron principalmente en la fase principal, parte de la tierra rara también estuvo presente en el límite de grano, el elemento Cu y el elemento Zr se distribuyeron en los límites de

15

grano, y el punto marcado 1 en la Figura 2 se tomó para el análisis cuantitativo de los elementos en los límites de grano, los resultados se mostraron en la Tabla 4 a continuación.

Tabla 4

Pr (% en peso)	Nd (% en peso)	Cu (% en peso)	Zr (% en peso)	O (% en peso)	Fe (% en peso)
65,2	12,5	28,6	0,05	0,79	Residual

- 5 A partir de los datos anteriores, puede verse que el Pr y el Nd estaban presentes en el límite de grano en forma de fases ricas en tierras raras y óxidos, que eran respectivamente α -Pr y α -Nd, Pr_2O_3 , Nd_2O_3 y NdO, y el Cu ocupaba un cierto contenido de aproximadamente 28 % en peso en el límite de grano además de la fase principal, por ejemplo 28,6 % en peso en esta realización. El Zr como elemento de alto punto de fusión se distribuyó difusamente por toda la región, con la distribución efectiva del Cu, junto con el efecto combinado del Pr, mejoró la humectabilidad del límite de grano, reparó los defectos cristalinos y mejoró el rendimiento del imán.
- 10

La Figura 3 muestra la distribución de elementos en el triángulo intergranular del material magnético de neodimio-hierro-boro del Ejemplo 10, el punto marcado 1 en la Figura 3 se tomó para el análisis cuantitativo de los elementos en el triángulo intergranular, los resultados se mostraron en la Tabla 5 a continuación.

Tabla 5

Pr (% en peso)	Nd (% en peso)	Cu (% en peso)	Zr (% en peso)	O (% en peso)	Fe (% en peso)
42,2	23	31	0,02	1,3	Residual

- 15 En el triángulo intergranular se distribuyeron elementos de Pr y Nd. En la formulación con alto contenido en Pr, es evidente que el Pr y el Nd también se enriquecerán en el triángulo intergranular, en la que el contenido de oxígeno era ligeramente superior al límite de grano y los óxidos formados aumentaron, y los óxidos de tierras raras también se distribuyeron en el límite de grano tras el tratamiento de envejecimiento, lo que resultó beneficioso para aislar el acoplamiento de intercambio entre las fases principales, y las propiedades magnéticas de los imanes mejoraron en última instancia.
- 20

REIVINDICACIONES

1. Una composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro, en la que la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro comprende los siguientes componentes en porcentaje en masa, en la que el porcentaje se refiere al porcentaje en masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro: 29,5-32% de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en la que, Pr \geq 17,15%;
- 5
- Cu \geq 0,35%;
- 64-69,2% de Fe;
- 10
- caracterizado por**
- 0,9-1,2% de B.
2. La composición de materia prima según la reivindicación 1, en la que el contenido de Pr es de 17,15-26%, preferentemente 17,15%, 18,15%, 19,15%, 20,15%, 20,85%, 21,15%, 22,15%, 23,15%, 24,15%, 25,15% o 26%;
- 15
- y/o, el contenido de Nd es igual o inferior al 15%, preferentemente del 4 al 13%, más preferentemente del 4%, 5,85%, 6,85%, 7,85%, 8,85%, 9,85%, 10,65%, 10,85%, 11,35%, 12,35% o 12,85%;
- 20
- y/o, R' comprende además otros elementos de tierras raras además de Pr y Nd, preferentemente Y;
- y/o, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el tipo de RH comprende preferiblemente uno o más de Dy, Tb y Ho, más preferiblemente Dy y/o Tb; la relación de masas de RH y R' es preferiblemente inferior a 0,253, más preferiblemente 0-0,07; en la que, el contenido de RH es preferiblemente 1-2,5%, más preferiblemente 1%, 1,5% o 2%; cuando RH comprende Tb, el contenido de Tb es preferiblemente 0,5-2%, más preferiblemente 0,7%, 0,8%, 0,9%, 1%, 1,5%, 1,8%, 1,9% o 2%; cuando RH comprende Dy, el contenido de Dy es preferiblemente 1% o menos, más preferiblemente 0,1%, 0,2% o 0,3%; cuando RH comprende Ho, el contenido de Ho es preferiblemente 0,8-2%.
- 25
- y/o, el contenido de Cu es de 0,35-1,3%, preferentemente 0,35%, 0,4%, 0,45%, 0,5%, 0,6%, 0,65%, 0,7%, 0,8%, 0,85%, 0,9%, 0,95%, 1%, 1,05%, 1,1% o 1,2%;
- 30
- y/o, el contenido de B es de 0,95-1,2%, preferentemente 0,985%, 1%, 1,1%, 1,2%;
- y/o, el contenido de Fe es de 64,8-69,2%, preferentemente 64,914%, 64,965%, 65,065%, 65,085%, 65,135%, 65,365%, 65,405%, 65,485%, 65,54%, 65,615%, 65,665%, 65,715%, 65,815%, 65,865%, 65,915%, 66,015%, 66,035%, 66,045%, 66,215%, 66,23%, 66,265%, 66,315%, 66,465%, 66,445%, 66,545%, 66,615%, 66,715%, 66,815%, 66,865%, 67,145%, 67,165%, 67,415%, 67,615%, 67,915%, 68,015%, 68,295%, 68,565% o 69,165%;
- 35
- y/o, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Al; preferiblemente, el contenido de Al es del 3% o menos, preferiblemente del 0,5% o menos, más preferiblemente del 0,02%, 0,03%, 0,1%, 0,2%, 0,25%, 0,3%, 0,4%, 0,45%, 0,46% o 0,48%;
- y/o, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Ga; preferiblemente, el contenido de Ga es del 1% o menos, preferiblemente del 0,05-0,6%, más preferiblemente del 0,1%, 0,15%, 0,18%, 0,2%, 0,24%, 0,25%, 0,3%, 0,4% o 0,5%;
- 40
- y/o, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Zr; preferiblemente, el contenido de Zr es del 0,3% o menos, preferiblemente del 0,1%, 0,2%, 0,22%, 0,25%, 0,26%, 0,27%, 0,28%, 0,29% o 0,3%;
- 45
- y/o, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Co; preferentemente, el contenido de Co es de 0,2-1,5%, preferentemente 0,2% o 1%;
- y/o, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro puede comprender además uno o más de Zn, Ag, In, Sn, V, Cr, Mo, Ta, Hf y W; en la que, preferiblemente, el contenido de Zn es 0,1% o menos, preferiblemente 0,04-0,08%, mejor 0,04%, 0,05% o 0,08%; en la que, preferiblemente, el contenido de Mo es 0,1% o menos, preferiblemente 0,01-0,08%, más preferiblemente 0,04%, 0,05% o 0,08%.
3. La composición de materia prima según la reivindicación 1 o 2, en la que, la composición de materia prima comprende los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29,5-32% de R', R' es un elemento de tierras raras y comprende Pr y Nd; en la que, Pr \geq 17,15%; Cu \geq 0,35%; Al \leq 0,5%; 0,25-0,3% de Zr; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; preferentemente, el contenido de Pr es 17,15-26%; preferentemente, el contenido de Cu es 0,35-1,2%; preferentemente, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferentemente 1-2,5%; el tipo de RH comprende preferiblemente Dy y/o Tb, en la que, el contenido de Tb es preferiblemente 0,5-2%, el contenido de Dy es preferiblemente 1% o menos; el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro.
- 50
4. La composición de materia prima según la reivindicación 1 o 2, en la que, la composición de materia prima comprende los siguientes componentes en porcentaje en masa: 29,5-32% de R', R' es un elemento de tierras raras y comprende Pr y Nd; en la que, Pr \geq 17,15%; Cu \geq 0,35%; Al \leq 0,5%; Ga \leq 0,42%; 0,25-0,3% de Zr; 0,9-1,2% de B; 64-69,2% de Fe; preferentemente, el contenido de Pr es 17,15-26%; preferentemente, el contenido de Cu es 0,35-1,2%; preferentemente, R' comprende RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el contenido del elemento de tierras raras pesadas es preferiblemente 1-2,5%; el tipo de RH comprende preferentemente Dy y/o Tb, en la que, el
- 55
- 60

contenido de Tb es preferentemente 0,5-2%, el contenido de Dy es preferentemente 1% o menos; el porcentaje se refiere al porcentaje de masa relativo a la masa total de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro.

5 5. Procedimiento de preparación de material magnético de neodimio-hierro-boro, en el que el material magnético de neodimio-hierro-boro se prepara utilizando la composición de materia prima según una cualquiera de las reivindicaciones 1-4;

preferentemente, el procedimiento de preparación comprende las siguientes etapas: el líquido fundido de la composición de materia prima según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 se somete a un tratamiento de fusión y colada, decrepitación por hidrógeno, conformación, sinterización y envejecimiento;
10 más preferentemente, después de la sinterización y antes del tratamiento de envejecimiento, se lleva a cabo además un tratamiento de difusión en el límite de grano.

6. Un material magnético de neodimio-hierro-boro, en el que, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende los siguientes componentes en porcentaje en masa, en el que el porcentaje se refiere al porcentaje en masa relativo a la masa total de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro:
15 29,4-32,6% de R', R' comprende Pr y Nd; en la que, Pr \geq 17,14%;

Cu $>$ 0,34%;
64-69,2% de Fe;
caracterizado por
0,9-1,2% de B.

20 7. El material magnético de neodimio-hierro-boro según la reivindicación 6, en el que el contenido de Pr es 17,14-26,1%, preferentemente 17,149%, 17,15%, 17,154%, 18,15%, 18,152%, 18,154%, 18,155%, 19,15%, 19,152%, 19,154%, 19,155%, 19,159%, 20,13%, 20,155%, 20,16%, 21,157%, 22,15%, 22,151%, 22,152%, 22,15154%, 19,155%, 19,159%, 20,13%, 20,155%, 20,16%, 21,157%, 22,15%, 22,151%, 22,152%, 22,1555%, 23,15%, 24,151%, 24,152%, 24,155%, 24,157%, 24,158%, 25,15%, 25,152%, 25,153%, 25,156% o 26,01%;

25 y/o, el contenido de Nd es igual o inferior al 15%, preferentemente del 4 al 13%, más preferentemente del 4,02%, 5,847%, 5,84%, 5,849%, 5,85%, 5,851%, 5,852%, 5,853%, 5,854%, 6,851%, 6,852%, 6,853%, 7,85%, 8,846%, 8,847%, 8,85%, 8,851%, 8,852%, 8,853%, 9,85%, 9,851%, 10,844%, 10,846%, 10,849%, 11,349%, 11,384%, 12,341%, 12,345%, 12,348%, 12,35%, 12,351%, 12,364%, 12,791%, 12,802% o 12,849%;

30 y/o, la relación entre la masa de Nd y la masa total de R' es inferior a 0,5, preferentemente 0,1-0,45;
y/o, el contenido de R' es preferentemente 29,49-32,53%, más preferentemente 29,495%, 29,501%, 30,003%, 30,004%, 30,03%, 30,441%, 30,517%, 30,518%, 30,957%, 30,98%, 31%, 31,006%, 31,0065%, 31,009%, 31,011%, 31,012%, 31,013%, 31,498%, 31,504%, 31,539%, 31,946%, 31,972%, 31,977%, 31,995%, 31,999%, 32%, 32,001%, 32,013%, 32,015%, 32,021%, 32,022%, 32,023%, 32,024%, 32,025%, 32,026%, 32,027%, 32,04%, 32,043%, 32,437% o 32,521%;

35 y/o, R' comprende además otros elementos de tierras raras además de Pr y Nd, preferentemente Y;
y/o, R' comprende además RH, RH es un elemento de tierras raras pesadas, el tipo de RH comprende preferentemente uno o más de Dy, Tb y Ho, más preferentemente Dy y/o Tb; preferentemente, la relación de masas de RH y R' es preferentemente inferior a 0,253, preferentemente 0-0,07, más preferentemente 1,01/32,015, 1,02/30,517, 1,02/32,021, 1,02/32,023, 1,02/32,024, 1,02/32,024, 1,02/32,025, 1,02/32,025, 1,02/32,026, 1,03/32,04, 1,04/32,043, 1,432/32,437, 1,46/30,441, 1,47/31,972, 1,48/31,977, 1,5/32,
40 1,52/32,521, 1,98/30,98, 1,99/31,995, 1/31,999, 1/32, 2,01/31,011, 2,01/31,013, 2,01/32,013, 2,02/32,022, 2,02/32,027, 2/31 o 2/31,012; en la que, el contenido de HR es preferiblemente 1-2,5%, más preferiblemente 1%, 1,01%, 1,02%, 1,03%, 1,04%, 1,432%, 1,46%, 1,47%, 1,48%, 1,5%, 1,52%, 1,98%, 1,99%, 2%, 2,01% o 2,02%; en el que, cuando el RH comprende Tb, el contenido de Tb es preferiblemente 0,5-2% en peso, más preferiblemente 0,7%, 0,72%, 0,82%, 0,9%, 0,91%, 1%, 1,02%, 1,47%, 1,48%, 1,5%, 1,81%, 1,88%, 1,89%, 1,9%, 1,91% o 2,01%; cuando el RH comprende Dy, el contenido de Dy es preferiblemente 0,5% en peso o menos, más preferiblemente 0,1%, 0,2%, 0,21%, 0,3%, 0,31% o 0,312%; cuando el RH comprende Ho, el contenido de Ho es preferiblemente 0,8-2%, más preferiblemente 0,98%, 0,99% o 1%;

50 y/o, el contenido de Cu es 0,34-1,3%, preferentemente 0,341%, 0,41%, 0,452%, 0,47%, 0,502%, 0,51%, 0,52%, 0,598%, 0,62%, 0,648%, 0,649%, 0,701%, 0,702%, 0,71%, 0,78%, 0,79%, 0,795%, 0,806%, 0,81%, 0,852%, 0,89%, 0,901%, 0,903%, 0,91%, 0,92%, 0,948%, 1,021%, 1,05%, 1,08%, 1,101%, 1,103%, 1,12%, 1,18%, 1,19%, 1,202% o 1,21%;

y/o, el contenido de B es de 0,95-1,2%, preferentemente 0,983%, 0,984%, 0,985%, 0,988%, 0,989%, 1,02% o 1,19%;

55 y/o, el contenido de Fe es 64,8-69,2%, preferentemente 64,965%, 65,031%, 65,095%, 65,155%, 65,204%, 65,36%, 65,4%, 65,458%, 65,525%, 65,626%, 65,63%, 65,686%, 65,817%, 65,8395%, 65,869%, 65,909%, 65,963%, 65,994%, 65,995%, 66,039%, 66,04%, 66,099%, 66,157%, 66,218%, 66,267%, 66,364%, 66,377%, 66,427%, 66,437%, 66,52%, 66,605%, 66,671%, 66,8075%, 66,81%, 66,87%, 67,095%, 67,12%, 67,137%, 67,457%, 67,578%, 67,996%, 68,302%, 68,556% o 69,181%; y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Al; preferiblemente, el contenido de Al es del 0,5% o menos, preferiblemente 0,03-
60

- 0,5% en peso, más preferiblemente 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,1%, 0,102%, 0,12%, 0,2%, 0,21%, 0,24%, 0,25%, 0,29%, 0,3%, 0,31%, 0,38%, 0,4%, 0,42%, 0,45%, 0,46% o 0,48%;
- 5 y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Zr; preferiblemente, el contenido de Zr es de 0,05-0,31% en peso en peso, preferiblemente 0,1%, 0,21%, 0,22%, 0,25%, 0,251%, 0,252%, 0,261%, 0,272%, 0,28%, 0,281%, 0,282%, 0,291% 0,3% o 0,301%;
- y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Ga; preferiblemente, el contenido de Ga es del 0,51% o inferior, preferiblemente del 0,1-0,51%, más preferiblemente del 0,1%, 0,101%, 0,102%, 0,11%, 0,12%, 0,152%, 0,18%, 0,2%, 0,202%, 0,24%, 0,25%, 0,251%, 0,302%, 0,401% o 0,501%;
- 10 y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Co; preferentemente, el contenido de Co es de 0,2-1,5%, preferentemente 0,2% o 1%;
- y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además O; preferentemente, el contenido de O es del 0,13% o inferior;
- 15 y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro puede comprender además uno o más de Zn, Ag, In, Sn, V, Cr, Mo, Ta, Hf y W; en la que, el contenido de Zn es preferentemente 0,02-0,08%, más preferentemente 0,03%, 0,04% o 0,07%; en la que, el contenido de Mo es preferentemente 0,01-0,08%, más preferentemente 0,03%, 0,06% o 0,07%.
8. Un material magnético de neodimio-hierro-boro, en el que, en la región del triángulo intergranular del material magnético de neodimio-hierro-boro, la relación entre la masa total de Pr y Cu y la masa total de cada elemento en la región del triángulo intergranular es Q1;
- 20 en el límite de grano del material magnético de neodimio-hierro-boro, la relación entre la masa total de Pr y Cu y la masa total de cada elemento en el límite de grano es Q2;
- en el que, $Q1 < Q2$, y $Q2 \geq 0,1$; y
- en el que los componentes del material magnético de neodimio-hierro-boro se refieren al material magnético de neodimio-hierro-boro según una cualquiera de las reivindicaciones 6-7.
- 25 9. Una aplicación del material magnético de neodimio-hierro-boro según una cualquiera de las reivindicaciones 6-8 como componente electrónico en un motor.

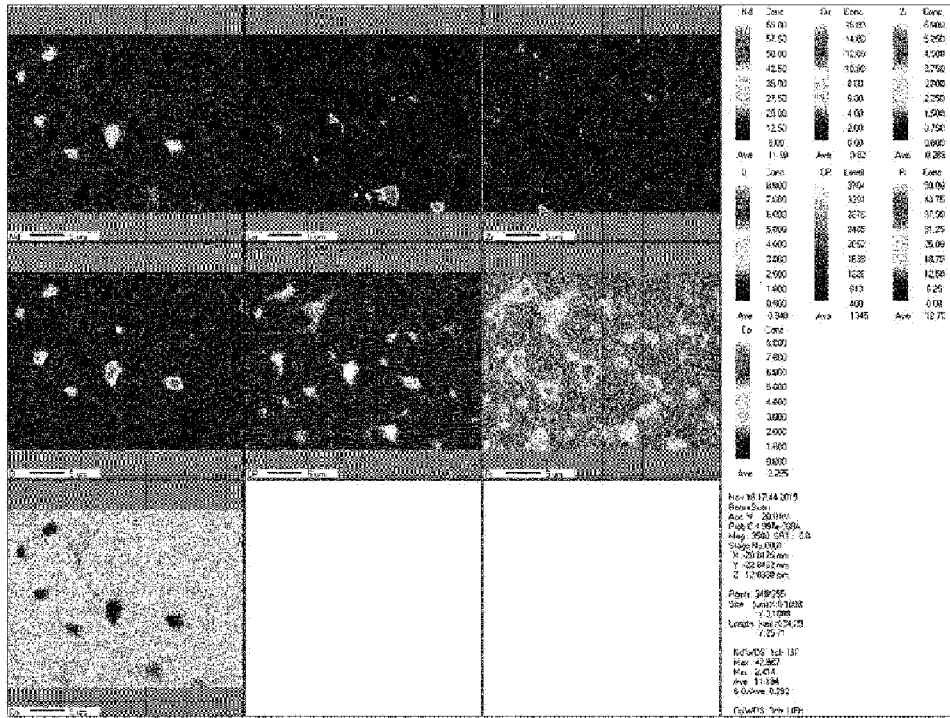


Figura 1

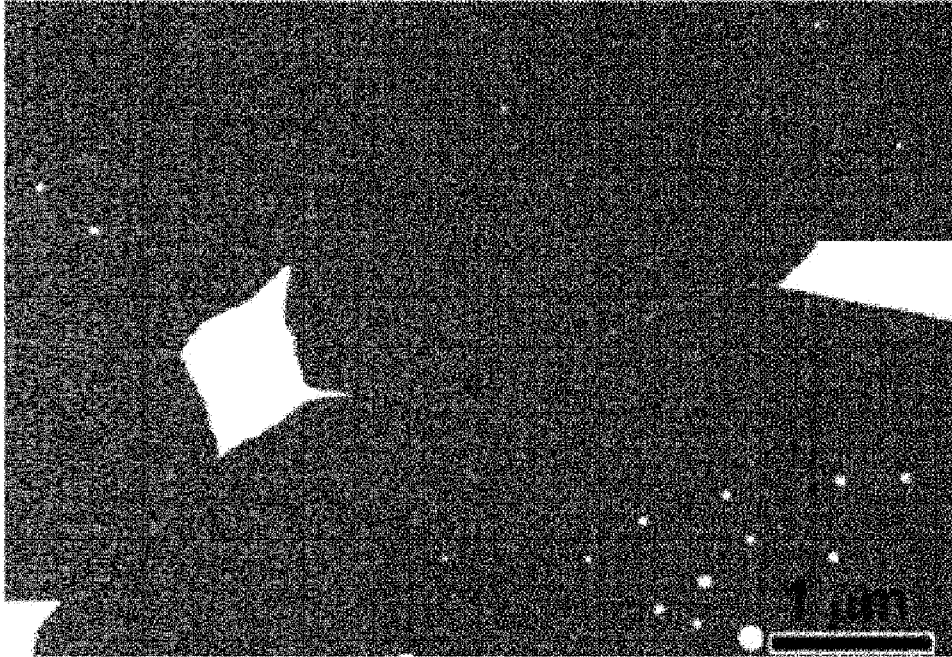


Figura 2

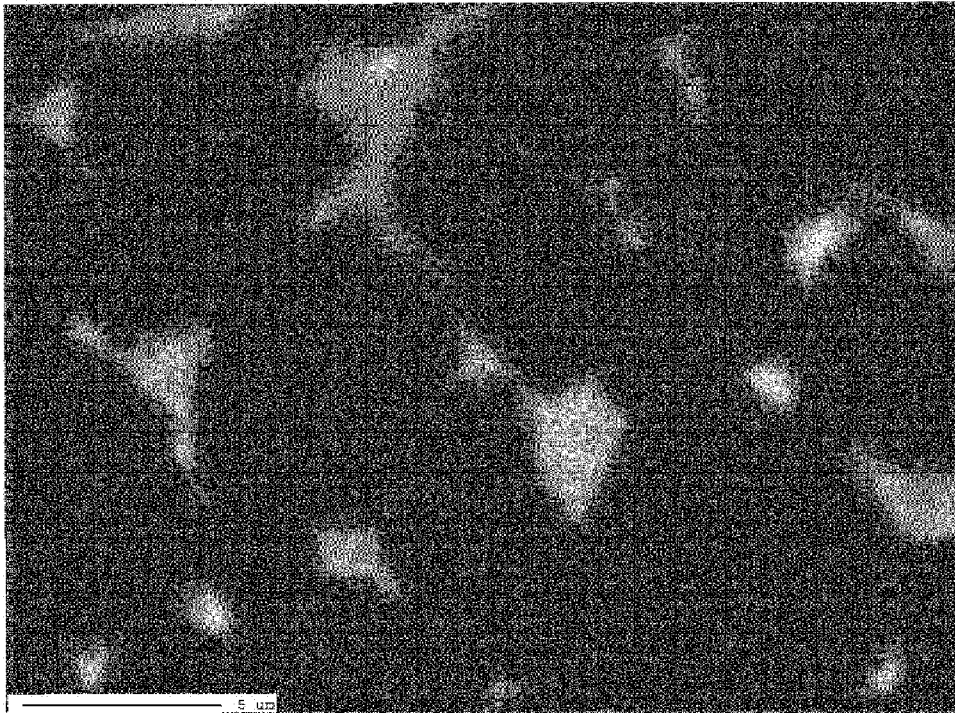


Figura 3