

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 880**

51 Int. Cl.:

H01F 1/24 (2006.01)

H01F 1/26 (2006.01)

B22F 1/00 (2006.01)

B22F 1/02 (2006.01)

B22F 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04791944 .4**

96 Fecha de presentación: **01.10.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1675137**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.06.2006**

54 Título: **Proceso para producir material magnético blando, material magnético blando y núcleo de polvo magnético**

30 Prioridad:
15.10.2003 JP 2003354940
16.10.2003 JP 2003356031
30.01.2004 JP 2004024256

73 Titular/es:
SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.
5-33 KITAHAMA 4-CHOME, CHUO-KU
OSAKA-SHI, OSAKA 541-0041, JP

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.06.2012

72 Inventor/es:
TOYODA, Haruhisa;
KUGAI, Hirokazu;
HIROSE, Kazuhiro;
IGARASHI, Naoto y
NISHIOKA, Takao

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.06.2012

74 Agente/Representante:
Fúster Olaguibel, Gustavo Nicolás

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).

ES 2 381 880 T3

DESCRIPCION

Proceso para producir material magnético blando, material magnético blando y núcleo de polvo magnético

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para elaborar material magnético blando. Más específicamente, la presente invención se refiere a un procedimiento para elaborar un material magnético blando usando partículas magnéticas compuestas, formadas a partir de partículas magnéticas metálicas y una cubierta de recubrimiento aislante de las partículas magnéticas metálicas.

Antecedentes de la técnica

- 10 Se han realizado esfuerzos en partes eléctricas tales como núcleos de motores y núcleos de transformadores para aumentar la densidad y para hacer el diseño más compacto. Ha habido una demanda de partes que proporcionen un control más preciso a baja potencia. Como resultado, se ha producido un desarrollo en materiales magnéticos blandos usados en estas partes eléctricas, especialmente en materiales con propiedades magnéticas superiores en intervalos de frecuencias medias y altas.

- 15 Por ejemplo, el documento JP-A-2002-246219 presenta un núcleo de polvo y un procedimiento para elaborar el mismo que permite mantener las propiedades magnéticas incluso en entornos a altas temperaturas. En el procedimiento para elaborar un núcleo de polvo descrito en este documento, se mezcla una cantidad predeterminada de sulfuro de polifenileno (resina de PPS) con un polvo de hierro atomizado recubierto con ácido fosfórico, y esto se comprime después. El cuerpo moldeado obtenido se calienta al aire libre durante 1 hora a 320 °C, y después durante 1 hora a 240 °C. Entonces la estructura se enfría para formar el núcleo de polvo.

- 20 El documento JP-A-2003-257723 aspira a proporcionar una lámina magnética compuesta que se obtiene moldeando una mezcla preparada dispersando un polvo de un material magnético blando en una matriz formada por caucho o plástico, es útil como absorbente de ondas electromagnéticas, y tiene una alta permeabilidad y un rendimiento superior. La lámina magnética compuesta se elabora formando una fina película en la superficie interna de un cilindro rotatorio poniendo la mezcla de polvo plano del material magnético blando con una alta permeabilidad y el caucho o el plástico en el cilindro en estado fluido, como una suspensión en un disolvente orgánico. Después de obtener una película de recubrimiento secando la fina película, la película de recubrimiento se extrae del cilindro. En el transcurso de la elaboración de esta lámina magnética, el estrés aplicado al material magnético blando se reduce al mínimo, y al mismo tiempo, el polvo plano del material magnético blando se orienta utilizando la fuerza centrífuga generada cuando rota el cilindro.

- 30 El problema abordado en el documento JP-A-2003-109810 se refiere a mejorar la permeabilidad y a reducir la pérdida de un núcleo de polvo proporcionado comprimiendo una aleación en polvo de Fe-Si-Al. Mediante el uso de un equipo de enfriamiento líquido formado por rodillos gemelos, se pulveriza una aleación, y entonces la aleación pulverizada se muele mecánicamente y se clasifica usando un tamiz con una luz de malla de 150 µm, y por tanto se ajusta la proporción de aspecto en el intervalo de 1 - 2. Entonces la aleación en polvo se trata térmicamente a 500 - 900 °C en la atmósfera para formar una película de óxido en la superficie y reducir por tanto la pérdida de corriente inducida, y se moldea a una presión de 9,8 - 19,6 MPa para asegurar una densidad de compactación suficiente, y el compacto se trata térmicamente a unas temperaturas de 500 - 1.000 °C para eliminar la distorsión que se haya producido en la etapa de moldeado.

- 40 El documento US2002 / 0046782A1 desvela un polvo metálico magnético blando con una mayoría de partículas, cada una de las cuales, cuando se secciona transversalmente, no tiene más de diez partículas cristalinas de media, puede ser recubierto en una superficie exterior de cada una de las partículas con un material resistivo con una mayor resistividad que la fase parental subyacente. El polvo metálico magnético blando puede prepararse calentando un polvo metálico magnético blando a una elevada temperatura en una atmósfera a elevada temperatura, reduciendo así el número de partículas cristalinas en cada una de las partículas de polvo metálico magnético blando. Puede prepararse un cuerpo moldeado de metal magnético blando comprimiendo las partículas metálicas magnéticas blandas a una temperatura y presión suficientes.

Descripción de la invención

- 50 En este núcleo de polvo hay presente un gran número de distorsiones (dislocaciones, defectos), estas distorsiones pueden obstruir el desplazamiento de la pared del dominio (el cambio de flujo magnético), conduciendo a una reducción de la permeabilidad en el núcleo de polvo. Con el núcleo de polvo descrito en el documento JP-A-2002-246219, incluso dos tratamientos térmicos realizados en el cuerpo moldeado no eliminan adecuadamente las distorsiones interiores de la estructura. Por lo tanto, aunque hay variaciones dependiendo de la frecuencia y el contenido en resina PPS, la permeabilidad efectiva del núcleo resultante permanece a un valor bajo de no más de 400.

- 55 El aumento del tratamiento térmico aplicado al cuerpo moldeado puede ser una forma de reducir adecuadamente las distorsiones dentro del núcleo de polvo. Sin embargo, el compuesto de ácido fosfórico que recubre las partículas de hierro atomizadas no tiene una alta resistencia térmica, dando lugar a su degradación por el tratamiento térmico a altas temperaturas. Esto da como resultado un aumento en la pérdida de corriente inducida entre las partículas de hierro atomizadas recubiertas con ácido fosfórico, y esto puede conducir a una reducción de la permeabilidad en el núcleo de polvo.

- 60 El objeto de la presente invención es superar los problemas descritos anteriormente y proporcionar un procedimiento para elaborar un material magnético blando con las propiedades magnéticas deseadas.

El presente procedimiento para elaborar un material magnético blando comprende:

- (i) una primera etapa de tratamiento térmico para calentar las partículas de hierro (10) con un diámetro medio de partícula de 5 - 300 μm a una temperatura de 400 °C hasta menos de 900 °C en hidrógeno o un gas inerte;
- (ii) una etapa de formación de una pluralidad de partículas magnéticas compuestas (30) en la que las partículas magnéticas de hierro (10) están rodeadas por una película aislante (20); y
- (iii) una etapa de formación de un cuerpo moldeado compactando las partículas magnéticas compuestas (30) a una presión de 700 - 1.500 MPa.

5

10

15

Con este procedimiento para elaborar material magnético blando, el primer tratamiento térmico realizado sobre las partículas magnéticas metálicas reduce previamente las distorsiones (dislocaciones, defectos) en las partículas magnéticas metálicas. Las ventajas del primer tratamiento térmico se obtienen suficientemente cuando la temperatura del tratamiento térmico es de al menos 400 °C. Si la temperatura es menor de 900 °C, se evita que los polvos magnéticos metálicos sintericen y solidifiquen. Si los polvos magnéticos metálicos sinterizan, las partículas magnéticas metálicas solidificadas deben romperse mecánicamente, conduciendo posiblemente a nuevas distorsiones en las partículas magnéticas metálicas. Estableciendo la temperatura del tratamiento térmico por debajo de 900 °C, puede evitarse este tipo de problema.

20

Realizando el primer tratamiento térmico, prácticamente todas las distorsiones presentes en el cuerpo moldeado se transforman en productos de la operación de compactación. Así, las distorsiones pueden reducirse en comparación con cuando no se realiza el primer tratamiento térmico. Como resultado, pueden proporcionarse las propiedades magnéticas deseadas con un aumento en la permeabilidad y una reducción en la coercitividad. También, dado que se reducen las distorsiones de las partículas magnéticas metálicas, las partículas magnéticas compuestas son más fácilmente deformables durante la compactación. Como resultado, el cuerpo moldeado puede formarse con las múltiples partículas magnéticas compuestas tamizadas entre sí sin huecos, aumentando así la densidad del cuerpo moldeado.

25

Sería preferible que la primera etapa de tratamiento térmico incluyera una etapa de tratamiento térmico de las partículas magnéticas metálicas a una temperatura de al menos 700 °C y menor de 900 °C. Con este procedimiento para elaborar material magnético blando, el primer tratamiento térmico puede reducir adicionalmente las distorsiones presentes en las partículas magnéticas metálicas.

30

Sería preferible incluir adicionalmente una segunda etapa de tratamiento térmico aplicando al cuerpo moldeado una temperatura de al menos 200 °C y no mayor que una temperatura de descomposición térmica de la película aislante. Con este procedimiento para elaborar material magnético blando, el segundo tratamiento térmico puede reducir adicionalmente las distorsiones presentes en las partículas magnéticas metálicas. Dado que las distorsiones de las partículas magnéticas metálicas ya se han reducido previamente, prácticamente todas las distorsiones del cuerpo moldeado son el resultado de la presión aplicada en una única dirección a las partículas magnéticas compuestas durante la compactación. Por lo tanto, las distorsiones del cuerpo moldeado existen sin interacciones complejas entre sí.

35

Por estas razones, las distorsiones en el cuerpo moldeado pueden reducirse adecuadamente incluso con una temperatura relativamente baja que no es mayor que la temperatura de descomposición térmica de la película aislante, por ejemplo, no mayor de 500 °C en el caso de una película aislante basada en ácido fosfórico. También, dado que la temperatura del tratamiento térmico no es mayor que la temperatura de descomposición térmica de la película aislante, no hay deterioro de la película aislante que rodea las partículas magnéticas. Como resultado, la pérdida de corriente inducida entre partículas generada entre las partículas magnéticas compuestas puede reducirse de forma fiable. También, estableciendo la temperatura del tratamiento térmico para que sea de al menos 200 °C, pueden obtenerse adecuadamente las ventajas del segundo tratamiento térmico.

40

45

Sería preferible que la etapa de formado del cuerpo moldeado incluyera una etapa para formar el cuerpo moldeado en la que la pluralidad de partículas magnéticas compuestas se unen mediante una sustancia orgánica. Con este procedimiento para elaborar material magnético blando, la sustancia orgánica está interpuesta entre las partículas magnéticas compuestas. Dado que la sustancia orgánica actúa como lubricante durante la compactación, puede prevenirse la destrucción de la película aislante.

50

Sería preferible que la primera etapa de tratamiento térmico incluyera una etapa para establecer una coercitividad de las partículas magnéticas metálicas para que no sea mayor de $2,0 \times 10^2 \text{ A / m}$. Con este procedimiento para elaborar material magnético blando, la primera operación de tratamiento térmico reduce la coercitividad de las partículas magnéticas metálicas hasta no más de $2,0 \times 10^2 \text{ A / m}$, mejorando así adicionalmente el aumento en la permeabilidad y la reducción en la coercitividad del cuerpo moldeado.

Sería más preferible que la primera etapa de tratamiento térmico incluyera una etapa para establecer una coercitividad de las partículas magnéticas metálicas para que no sea mayor de $1,2 \times 10^2 \text{ A / m}$.

55

Sería preferible que la primera etapa de tratamiento térmico incluyera una etapa de tratamiento térmico de la partícula magnética metálica con una distribución del diámetro de partícula que esté esencialmente únicamente en un intervalo de al menos 38 μm y menor de 355 μm . Con este procedimiento para elaborar material magnético blando, la distribución del diámetro de partícula de las partículas magnéticas metálicas puede establecerse en al menos 38 μm , de forma que pueda limitarse la influencia de la "tensión-deformación debida a la energía de superficie". Esta "tensión-deformación debida a la energía de superficie" se refiere a la tensión-deformación generada debida a deformaciones y defectos presentes en la superficie de las partículas magnéticas metálicas, y su presencia puede obstruir el desplazamiento de la pared del dominio. Limitando esta influencia puede reducirse la coercitividad del cuerpo moldeado y puede reducirse la pérdida de hierro resultante de la pérdida por histéresis. También, al tener la distribución del diámetro de partícula en al menos 38 μm , puede prevenirse la aglutinación de las partículas magnéticas metálicas en agregados. También, al tener la distribución del diámetro de partícula en menos de 355 μm , se reduce la pérdida de

60

65

corriente inducida en el metal. Como resultado, puede reducirse la pérdida de hierro en el cuerpo moldeado causada por la pérdida de corriente inducida.

5 Sería más preferible que la primera etapa de tratamiento térmico incluyera una etapa de tratamiento térmico de la partícula magnética metálica con una distribución del diámetro de partícula que esté esencialmente únicamente en un intervalo de al menos 75 μm y menor de 355 μm . Eliminando adicionalmente las partículas magnéticas metálicas con unos diámetros de partícula de al menos 38 micrómetros y menores de 75 μm , es posible reducir adicionalmente la proporción de partículas afectadas por la "tensión-deformación debida a la energía de superficie", haciendo así que sea posible reducir la coercitividad.

10 Un material magnético blando obtenido mediante el procedimiento según la presente invención incluye múltiples partículas magnéticas metálicas. Las partículas magnéticas metálicas tienen una coercitividad de no más de $2,0 \times 10^2 \text{ A / m}$, y las partículas magnéticas metálicas tienen una distribución del diámetro de partícula que está esencialmente únicamente en un intervalo de al menos 38 μm y menor de 355 μm .

15 Con este procedimiento para elaborar material magnético blando, las partículas magnéticas metálicas que sirven como materia prima para el cuerpo moldeado tienen una baja coercitividad de $2,0 \times 10^2 \text{ A / m}$. También, dado que las partículas magnéticas metálicas tienen una distribución del diámetro de partícula que está esencialmente únicamente en un intervalo de al menos 38 μm y menor de 355 μm , puede limitarse la influencia de la "tensión-deformación debida a la energía de superficie", y puede reducirse la pérdida de corriente inducida en las partículas magnéticas metálicas. Por lo tanto, cuando se elabora un cuerpo moldeado usando el material magnético blando de la presente invención, se reducen tanto la pérdida por histéresis como la pérdida de corriente inducida, dando como resultado una reducción en la pérdida de hierro en el cuerpo moldeado.

20 Sería más preferible que las partículas magnéticas metálicas tuvieran una coercitividad de no más de $1,2 \times 10^2 \text{ A / m}$. Sería más preferible que las partículas magnéticas metálicas tuvieran una distribución del diámetro de partícula que esté esencialmente únicamente en un intervalo de al menos 75 μm y menor de 355 μm .

25 El material magnético blando incluye una pluralidad de partículas magnéticas compuestas que contienen las partículas magnéticas metálicas y la película aislante rodeando las superficies de las partículas magnéticas con este material magnético blando, el uso de la película aislante hace posible el limitar el flujo de corriente inducida entre las partículas magnéticas metálicas. Esto hace posible reducir la pérdida de hierro resultante de las corrientes inducidas entre las partículas.

30 La coercitividad de un núcleo de polvo realizado usando cualquiera de los materiales magnéticos blandos descritos anteriormente no es mayor de $1,2 \times 10^2 \text{ A / m}$. Con este núcleo de polvo, la coercitividad del núcleo de polvo es adecuadamente baja, de forma que puede reducirse la pérdida por histéresis. Como resultado, puede usarse un núcleo de polvo con material magnético blando incluso en intervalos de baja frecuencia, donde la proporción entre pérdida por histéresis y pérdida de hierro es alta.

Breve descripción de los dibujos

35 La Fig. 1 es un dibujo detallado simplificado de un cuerpo moldeado elaborado usando un procedimiento para elaborar material magnético blando según una primera forma de realización de la presente invención.

La Fig. 2 es una gráfica que muestra la relación entre la temperatura del tratamiento térmico realizado sobre las partículas magnéticas metálicas y la permeabilidad máxima de un cuerpo moldeado.

40 La Fig. 3 es una gráfica que muestra la relación entre la temperatura del tratamiento térmico realizado sobre las partículas magnéticas metálicas y la coercitividad de un cuerpo moldeado.

[Lista de denominadores]

10: partícula magnética metálica; 20: película aislante; 30: partícula magnética compuesta; 40: sustancia orgánica

Mejor modo de llevar a cabo la invención

45 Se describirán las formas de realización de la presente invención con referencias a los dibujos.

(Primera forma de realización) Según se muestra en la Fig. 1, se forma un cuerpo moldeado a partir de: múltiples partículas magnéticas compuestas 30 formaban una partícula magnética metálica 10 y una película aislante 20 que rodea la superficie de la partícula magnética metálica 10; y una sustancia orgánica 40 interpuesta entre las partículas magnéticas compuestas 30. Las partículas magnéticas compuestas 30 se unen entre sí mediante la sustancia orgánica 40 o mediante el acoplamiento de las proyecciones e indentaciones de las partículas magnéticas compuestas 30.

55 El cuerpo moldeado de la Fig. 1 se elabora preparando en primer lugar las partículas magnéticas metálicas 10. La partícula magnética metálica 10 puede formarse a partir de, por ejemplo, hierro (Fe), una aleación basada en hierro (Fe) y silicio (Si), una aleación basada en hierro (Fe) y nitrógeno (N), una aleación basada en hierro (Fe) y níquel (Ni), una aleación basada en hierro (Fe) y carbono (C), una aleación basada en hierro (Fe) y boro (B), una aleación basada en hierro (Fe) y cobalto (Co), una aleación basada en hierro (Fe) y fósforo (P), una aleación basada en hierro (Fe), níquel (Ni) y cobalto (Co), o una aleación basada en hierro (Fe), aluminio (Al) y silicio (Si). La partícula magnética metálica 10 puede ser un metal individual o una aleación.

60 El diámetro medio de partícula de la partícula magnética metálica 10 es de al menos 5 micrómetros y no mayor de 300 μm . Con un tamaño medio de partícula de al menos 5 μm para la partícula magnética metálica 10, se hace más

difícil la oxidación del metal, mejorando así las propiedades magnéticas del material magnético blando. Con un diámetro medio de partícula de no más de 300 μm para la partícula magnética metálica 10, no se reduce la compresibilidad de la mezcla de polvo durante la operación de compactación presurizada, descrita posteriormente. Esto proporciona una alta densidad al cuerpo moldeado obtenido a partir de la operación de compactación presurizada.

5 El diámetro medio de partícula mencionado indica un diámetro de partícula D del 50%, es decir, con un histograma del diámetro de partícula medido usando el procedimiento de tamizado, el diámetro de partícula de las partículas partiendo desde el extremo inferior del histograma, que tiene una masa que es el 50% de la masa total.

10 Sería preferible que los diámetros de partícula de las partículas magnéticas metálicas 10 estuvieran efectivamente distribuidos únicamente en el intervalo de al menos 38 μm y de menos de 355 μm . En este caso, se usan partículas magnéticas metálicas 10, partículas cuyos diámetros de partícula de menos de 38 μm y diámetros de partícula de al menos 355 μm se han excluido forzosamente. Sería más preferible que los diámetros de partícula de las partículas magnéticas metálicas 10 estuvieran efectivamente distribuidos únicamente en el intervalo de al menos 75 μm y de menos de 355 μm .

15 A continuación se aplica tratamiento térmico con una temperatura de al menos 400 °C y de menos de 900 °C a las partículas magnéticas metálicas 10. Sería preferible que la temperatura del tratamiento térmico fuera de al menos 700 °C y de menos de 900 °C. Antes del tratamiento térmico hay un gran número de distorsiones (dislocaciones, defectos) dentro de las partículas magnéticas metálicas 10. La aplicación del tratamiento térmico sobre las partículas magnéticas metálicas 10 hace posible reducir estas distorsiones.

20 Este tratamiento térmico se realiza de forma que la coercitividad de la partícula magnética metálica 10 no sea mayor de $2,0 \times 10^2 \text{ A / m}$ ($= 2,5 \text{ Oe}$ (oersteds)), o más preferiblemente, no mayor de $1,2 \times 10^2 \text{ A / m}$ ($= 1,5 \text{ Oe}$). Más específicamente, cuanto más se aproxime la temperatura del tratamiento dentro del intervalo anterior a 900 °C, mayor será la reducción en la coercitividad de la partícula magnética metálica 10.

25 A continuación se realiza la composición de las partículas magnéticas 30 formando la película aislante 20 sobre la partícula magnética metálica 10. La película aislante 20 puede formarse tratando la partícula magnética metálica 10 con ácido fosfórico.

También sería posible formar la película aislante 20 de forma que contenga un óxido. Algunos ejemplos de película aislante 20 que contienen un óxido incluyen óxidos aislantes tales como: fosfato de hierro, que contiene fósforo y hierro; fosfato de manganeso; fosfato de cinc; fosfato de calcio; fosfato de aluminio; óxido de silicio; óxido de titanio; óxido de aluminio; y óxido de circonio.

30 La película aislante 20 sirve como una capa aislante entre las partículas magnéticas metálicas 10. El recubrimiento de la partícula magnética metálica 10 con la película aislante 20 hace posible aumentar la resistividad eléctrica ρ del material magnético blando. Como resultado, puede evitarse el flujo de corrientes inducidas entre las partículas magnéticas metálicas 10 y puede reducirse la pérdida de hierro en el material magnético blando resultante de las corrientes inducidas.

35 Sería preferible que el espesor de la película aislante 20 fuera de al menos 0,005 μm y de no más de 20 μm . Estableciendo el espesor de la película aislante 20 para que sea de al menos 0,005 μm , es posible limitar eficientemente la pérdida de energía resultante de las corrientes inducidas. También, estableciendo el espesor de la película aislante 20 para que no sea mayor de 20 μm , se evita que la proporción de la película aislante 20 en el material magnético blando sea demasiado alta. Como resultado puede evitarse una reducción significativa en la densidad del flujo magnético del material magnético blando.

40 A continuación se obtiene una mezcla de polvo mezclando las partículas magnéticas compuestas 30 y la sustancia orgánica 40. No hay restricciones especiales sobre el procedimiento de mezcla. Algunos ejemplos de procedimientos que pueden usarse incluyen: aleación mecánica, un molino de bolas vibrador, un molino de bolas planetario, mecanofusión, coprecipitación, deposición química en fase de vapor (*chemical vapor deposition*, CVD), deposición física en fase de vapor (*physical vapor deposition*, PVD), electrodeposición, pulverización catódica en alto vacío (*sputtering*), vaporización y un procedimiento en sol-gel.

45 Algunos ejemplos de materiales que pueden usarse para la sustancia orgánica 40 incluyen: una resina termoplástica, tal como una poliimida, una poliamida termoplástica, una poliamida-imida termoplástica, sulfuro de polifenileno, poliamida-imida, poliéter sulfona, poliéter imida o poliéter éter cetona; una resina no termoplástica, tal como un polietileno de alto peso molecular, un poliéster aromático absoluto o una poliimida aromática absoluta; y materiales basados en ácidos grasos superiores tales como estearato de cinc, estearato de litio, estearato de calcio, palmitato de litio, palmitato de calcio, oleato de litio y oleato de calcio. Asimismo pueden usarse mezclas de estos.

50 Sería preferible que la proporción entre la sustancia orgánica 40 y el material magnético blando fuera de más del 0 y de no más del 1,0% en peso. Estableciendo la proporción de la sustancia orgánica 40 para que no sea mayor del 1,0% en peso, la proporción de la partícula magnética metálica 10 en el material magnético blando puede mantenerse a al menos un valor fijo. Esto hace posible obtener un material magnético blando con una mayor densidad de flujo magnético.

55 A continuación, el polvo mezclado resultante se coloca en un troquel y se compacta a una presión de 700 - 1.500 MPa. Esto compacta el polvo mezclado y proporciona un cuerpo moldeado. Sería preferible que la compactación se realizara en una atmósfera de un gas inerte o una atmósfera de descompresión. Esto evita que el polvo mezclado se oxide por el oxígeno del aire.

60 Durante la compactación, la sustancia orgánica 40 sirve de amortiguador entre las partículas magnéticas compuestas 30. Esto evita que las películas aislantes 20 sean destruidas por el contacto entre las partículas magnéticas

compuestas 30.

A continuación, el cuerpo moldeado obtenido mediante la compactación se trata térmicamente a una temperatura de al menos 200 °C y no mayor que la temperatura de descomposición térmica de la película aislante 20. En el caso de una película aislante basada en ácido fosfórico, por ejemplo, la temperatura de descomposición térmica de la película aislante 20 es de 500 °C. Este tratamiento térmico se realiza con objeto de reducir las distorsiones formadas dentro del cuerpo moldeado durante la operación de compactación.

Dado que las distorsiones originalmente presentes en las partículas magnéticas metálicas 10 ya han sido eliminadas mediante el tratamiento térmico realizado sobre las partículas magnéticas metálicas 10, hay relativamente pocas distorsiones en el cuerpo moldeado tras la compactación. Además, no hay interacciones complejas entre las distorsiones creadas por la operación de compactación y las distorsiones que ya estaban presentes en las partículas magnéticas metálicas 10. Adicionalmente, se forman nuevas distorsiones por la aplicación de presión desde una dirección sobre el polvo mezclado alojado en el troquel. Por estas razones, las distorsiones del cuerpo moldeado pueden reducirse fácilmente e incluso aunque se realice de tratamiento térmico a una temperatura relativamente baja, es decir, a una temperatura no superior a la temperatura de descomposición térmica de la película aislante 20.

También, dado que no hay prácticamente distorsiones en la partícula magnética metálica 10, las partículas magnéticas compuestas 30 tienden a deformarse fácilmente durante la compactación. Como resultado, el cuerpo moldeado puede formarse sin huecos entre las partículas magnéticas compuestas entrelazadas 30, según se muestra en la Fig. 1. Esto hace posible proporcionar una alta densidad al cuerpo moldeado y una alta permeabilidad magnética.

También, dado que el tratamiento térmico se realiza sobre el cuerpo moldeado a una temperatura relativamente baja, la película 20 no se deteriora. Como resultado, las películas aislantes 20 cubren las partículas magnéticas metálicas 10 incluso después del tratamiento térmico, y las películas aislantes 20 limitan de forma fiable el flujo de corrientes inducidas entre las partículas magnéticas metálicas 10. Sería más preferible que el cuerpo moldeado obtenido mediante la compactación se tratara térmicamente a una temperatura de al menos 200 °C y de no más de 300 °C. Esto hace posible limitar adicionalmente el deterioro de la película aislante 20.

El cuerpo moldeado mostrado en la Fig. 1 se completa siguiendo las etapas descritas anteriormente. En la presente invención, la mezcla de la sustancia orgánica 40 con las partículas magnéticas compuestas 30 no es una etapa necesaria. También sería posible no mezclar la sustancia orgánica 40 y realizar la compactación sólo sobre las partículas magnéticas compuestas 30.

El procedimiento para elaborar un material magnético blando según la presente invención incluye preferiblemente adicionalmente una segunda etapa de tratamiento térmico realizado sobre el cuerpo moldeado a una temperatura de al menos 200 °C y de no más de la temperatura de descomposición térmica de la película aislante 20.

El material magnético blando obtenido mediante el procedimiento según la presente invención puede usarse para elaborar productos tales como núcleos de polvo, bobinas de reactancia, elementos de control del suministro de potencia, cabezales magnéticos, varios tipos de partes de motor, solenoides de automoción, varios tipos de sensores magnéticos y varios tipos de válvulas electromagnéticas.

Ejemplos

Ejemplo 1

Se realizó un primer ejemplo, descrito a continuación, para evaluar el procedimiento de elaboración del material magnético blando.

El cuerpo moldeado mostrado en la Fig. 1 se preparó según el presente procedimiento de producción. Para la partícula magnética metálica 10, se usó polvo de hierro de Hogan Corp. (nombre del producto ASC 100.29). El tratamiento térmico se realizó sobre las partículas magnéticas metálicas 10 a diversas condiciones de temperatura entre 100 - 1.000 °C. El tratamiento térmico se realizó durante 1 hora en hidrógeno o en gas inerte. Cuando se midió la coercitividad de la partícula magnética metálica 10 después del tratamiento térmico, se encontraron valores menores de 199 A / m (2,5 Oe). A continuación, se recubrió con una película de fosfato la partícula magnética metálica 10 para que sirviera de película aislante 20 para formar las partículas magnéticas compuestas 30. También se prepararon partículas magnéticas compuestas 30 en las que no se realizó tratamiento térmico sobre las partículas magnéticas metálicas 10.

En este ejemplo, las partículas magnéticas 30 se colocaron en un troquel y se compactaron sin mezclar la sustancia orgánica 40. Se usó una presión de 882 MPa. Se midieron la permeabilidad máxima y la coercitividad del cuerpo moldeado obtenido. A continuación se realizó el tratamiento térmico sobre el cuerpo moldeado durante 1 hora a una temperatura de 300 °C. De nuevo se midieron la permeabilidad máxima y la coercitividad del cuerpo moldeado.

La Tabla 1 muestra las permeabilidades máximas y las coercitividades medidas. En la Tabla 1, las mediciones del tratamiento térmico a 30 °C se realizaron sobre las partículas magnéticas metálicas 10 que no experimentaron el tratamiento térmico.

Tabla 1

Temperatura de tratamiento térmico para las partículas magnéticas metálicas	Permeabilidad máxima		Coercitividad [A / m (Oe)]	
	Cuerpo moldeado antes del tratamiento térmico	Cuerpo moldeado después del tratamiento térmico	Cuerpo moldeado antes del tratamiento térmico	Cuerpo moldeado después del tratamiento térmico
30	546,7	650,7	386,1 (4,85)	232,4 (2,92)
100	549,0	652,9	384,5 (4,83)	231,6 (2,91)
200	545,6	651,8	386,9 (4,86)	231,6 (2,91)
300	567,4	671,7	375,7 (4,72)	230,1 (2,90)
400	591,5	736,7	362,2 (4,55)	218,9 (2,75)
500	642,4	828,6	335,1 (4,21)	200,6 (2,52)
600	691,5	920,5	312,8 (3,93)	169,5 (2,13)
700	705,7	983,4	308,1 (3,87)	158,4 (1,99)
800	712,8	998,2	306,4 (3,85)	156,8 (1,97)
850	720,0	1.003,1	304,9 (3,83)	156,8 (1,97)
900	721,6	1.009,8	305,7 (3,84)	157,6 (1,98)
1.000	726,9	1.017,9	304,9 (3,83)	156,0 (1,96)

5 Como puede observarse en la Fig. 2 y la Fig. 3, la aplicación del tratamiento térmico a las partículas magnéticas metálicas 10 a unas temperaturas de al menos 400 °C y menores de 900 °C aumentó la permeabilidad máxima y redujo la coercitividad del cuerpo moldeado antes del tratamiento térmico. En particular, las ventajas eran más prominentes para la permeabilidad máxima en comparación con la coercitividad. También, de entre las mediciones, la permeabilidad máxima era aproximadamente máxima y la coercitividad era aproximadamente mínima cuando se realizó el tratamiento térmico sobre las partículas magnéticas metálicas 10 a unas temperaturas de al menos 700 °C. Cuando se realizó el tratamiento térmico a unas temperaturas de 900 °C y 1.000 °C, las partículas magnéticas metálicas 10 estaban parcialmente sinterizadas, impidiendo que estas secciones fueran usadas en la siguiente etapa. Prácticamente no se observaron diferencias en la permeabilidad máxima y la coercitividad en comparación con cuando se realizó el tratamiento térmico a una temperatura de 850 °C.

15 También, al realizar el tratamiento térmico sobre los cuerpos moldeados a unas temperaturas predeterminadas, se pudo aumentar adicionalmente la permeabilidad máxima del cuerpo moldeado y reducir adicionalmente la coercitividad. Como puede observarse en la Fig. 2, estos aumentos adicionales en la permeabilidad máxima eran mayores cuando la temperatura del tratamiento térmico de la partícula magnética metálica 10 era mayor.

20 También, cuando se midió la densidad del cuerpo moldeado para el que no se había realizado tratamiento térmico sobre las partículas magnéticas metálicas 10 y la densidad de los cuerpos moldeados que experimentaron el tratamiento térmico a al menos 400 °C y menos de 900 °C, el primer cuerpo moldeado se midió a 7,50 g / cm³ y el último cuerpo moldeado se midió a 7,66 g / cm³. Como resultado, se confirmó que la densidad del cuerpo moldeado puede aumentarse aplicando tratamiento térmico a las partículas magnéticas metálicas 10 a una temperatura predeterminada.

Aplicabilidad industrial

25 La presente invención puede usarse principalmente para elaborar partes eléctricas y electrónicas formadas a partir de materiales compactos magnéticos blandos tales como núcleos de motores y núcleos de transformadores.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para elaborar material magnético blando comprende:

5

10

(i)

(ii)

(iii)

una primera etapa de tratamiento térmico de calentamiento de partículas de hierro (10) con un diámetro medio de partícula de 5 - 300 µm a una temperatura de 400 °C hasta menos de 900 °C en hidrógeno o un gas inerte;

una etapa de formación de una pluralidad de partículas magnéticas compuestas (30) en la que las partículas magnéticas de hierro (10) están rodeadas por una película aislante (20); y

una etapa de formación de un cuerpo moldeado mediante la compactación de las partículas magnéticas compuestas (30) a una presión de 700 - 1.500 MPa.
2. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que la etapa (i) incluye el calentamiento a una temperatura de 700 °C hasta menos de 900 °C.
3. El procedimiento de la reivindicación 1 ó 2, que comprende adicionalmente una segunda etapa de tratamiento térmico de calentamiento del cuerpo moldeado a una temperatura de 200 °C hasta la temperatura de descomposición térmica de la película aislante (20).

15
4. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, en el que la etapa (iii) incluye la unión de las partículas magnéticas compuestas (30) mediante una sustancia orgánica (40).
5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en el que las partículas magnéticas metálicas (10) tratadas térmicamente en la etapa (i) tienen una distribución del diámetro de partícula que está esencialmente únicamente en el intervalo de 38 µm hasta menos de 355 µm.

20
6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que la distribución del diámetro de partícula está esencialmente únicamente en el intervalo de 75 µm hasta menos de 355 µm.

FIG. 1

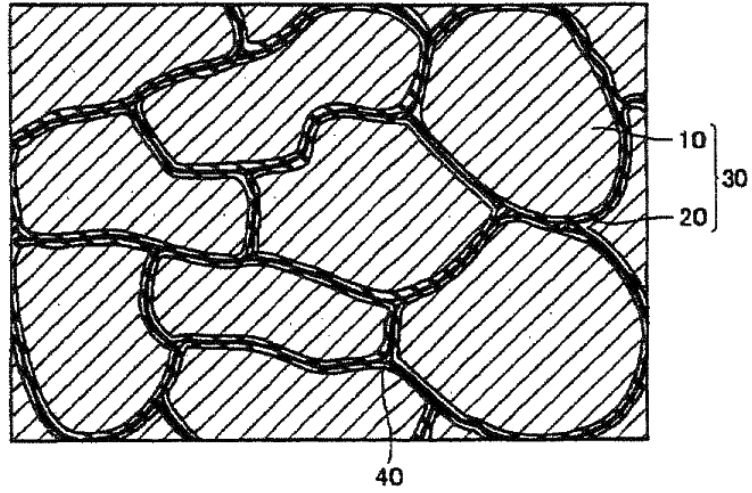


FIG. 2

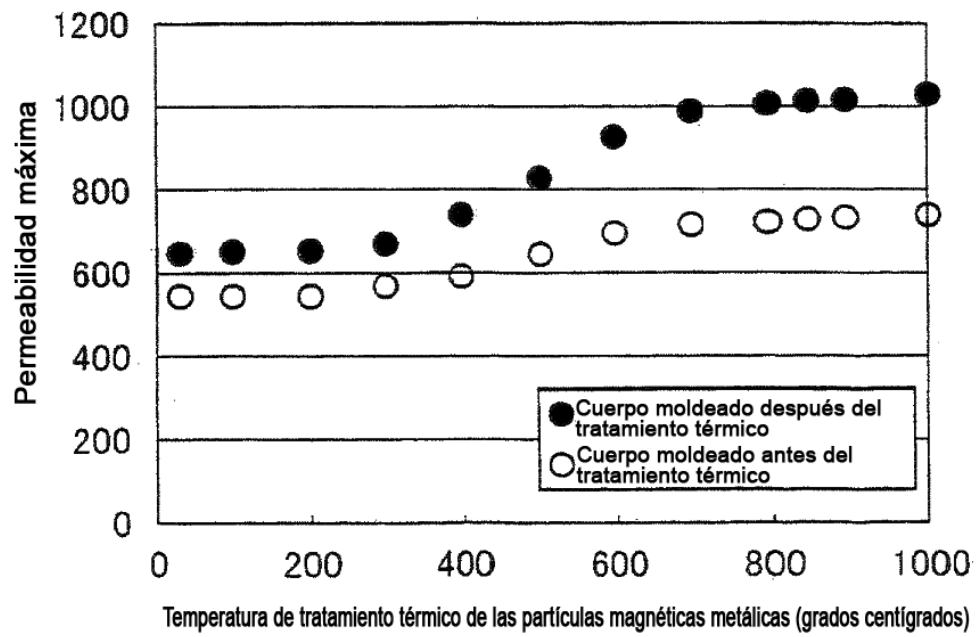


FIG. 3

