

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 988**

51 Int. Cl.:

**H01F 1/24** (2006.01)

**H01F 41/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05009787 .2**

96 Fecha de presentación: **04.05.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1600987**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.11.2005**

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE UN MATERIAL MAGNÉTICO BLANDO, UN MATERIAL MAGNÉTICO BLANDO, UN PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE UN MATERIAL MAGNÉTICO BLANDO DE METALURGIA DE POLVOS Y UN MATERIAL MAGNÉTICO BLANDO DE METALURGIA DE POLVOS.**

30 Prioridad:  
**24.05.2004 JP 2004153455**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**23.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**23.02.2012**

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

72 Inventor/es:  
**Maeda, Toru ;  
Igarashi, Naoto;  
Toyoda, Haruhisa y  
Mimura, Koji**

74 Agente: **Fúster Olaguibel, Gustavo Nicolás**

ES 2 374 988 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**

Procedimiento de fabricación de un material magnético blando, un material magnético blando, un procedimiento de fabricación de un material magnético blando de metalurgia de polvos y un material magnético blando de metalurgia de polvos

**5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Campo de la Invención

10 La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de material magnético blando, un material magnético blando, un procedimiento de fabricación de un material magnético blando de metalurgia de polvos (P/M), y un material magnético blando de P/M. Más específicamente, la presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un material magnético blando, a un material magnético blando, un procedimiento de fabricación de un material magnético blando de P/M, y un material magnético blando de P/M que usa una partícula magnética compuesta construida de una partícula magnética metálica y un revestimiento aislante que rodea esta partícula magnética metálica.

Descripción de la Técnica Antecedente

15 En la técnica anterior, con componentes electrónicos, tales como núcleos de motores y núcleos de transformadores y similares, se han hecho intentos de aumentar la densidad y reducir el tamaño, y existe el deseo de un control más preciso usando menos potencia. Debido a esto, se han hecho avances en el desarrollo de material magnético blando para su uso en la creación de estas piezas electrónicas, en particular, el material magnético blando que posee excelentes propiedades magnéticas en la mitad del intervalo de alta frecuencia.

20 Con este tipo de material magnético blando, en la Patente Japonesa Abierta a Consulta por el Público Número 2002-246219, se describe un núcleo de polvo y un procedimiento de fabricación del mismo en el que el objeto de la invención es mantener sus propiedades magnéticas incluso cuando se usa en entornos de altas temperaturas. Con el procedimiento para la fabricación de un núcleo de polvo descrito en la Publicación de Patente Japonesa Abierta a Consulta por el Público Número 2002-246219, en primer lugar, se mezcla polvo de hierro atomizado revestido con fosfato con una cantidad prescrita de sulfuro de polifenileno (resina de PPS). Este se comprime y se moldea. El cuerpo moldeado resultante se calienta durante una hora al aire a una temperatura de 320 grados C. Éste se calienta adicionalmente durante 1 hora a una temperatura de 240 grados C. Después, se enfría para aumentar el núcleo de polvo.

30 En el interior del núcleo de polvo creado de esta manera, si hay numerosas distorsiones (defectos puntuales, dislocaciones, bordes de grano de cristal), estas distorsiones interfieren con el desplazamiento de paredes de dominios magnéticos (cambios de flujo magnético) y causan una permeabilidad magnética reducida del núcleo de polvo. Con el núcleo de polvo descrito en la Solicitud de Patente Japonesa Abierta a Consulta por el Público Número 2002-246219, el tratamiento térmico implementado en el cuerpo moldeado dos veces no es suficiente para eliminar las distorsiones presentes en el interior. Como resultado, la permeabilidad magnética eficaz del núcleo de polvo resultante está a un valor bajo, de 400 o menor, con algunas variaciones debido a la frecuencia y el contenido de resina de PPS.

35 Además, con el fin de reducir adecuadamente las distorsiones presentes en el interior del núcleo de polvo, la temperatura del tratamiento térmico puede elevarse. Sin embargo, ya que el polvo de hierro atomizado que reviste el compuesto de fosfato tiene una escasa resistencia térmica, puede deteriorarse si la temperatura durante el tratamiento térmico se establece demasiado alta. Debido a esto, la pérdida por corrientes parásitas entre las partículas de polvo de hierro atomizado revestido con fosfato aumenta, y puede reducir la permeabilidad magnética del núcleo de polvo.

40 El documento US 5.800.636 describe que un núcleo de polvo se prepara a partir de un polvo de hierro con un tamaño de partícula de 75-200  $\mu\text{m}$  habiéndosele añadido al mismo el 0,015-0,15% en peso de sílice sol, el 0,05-0,5% en peso de una resina de silicona, y el 10-50% en peso en base a la resina de silicona de un compuesto de titanio orgánico. Sometiendo el polvo de hierro a un tratamiento de curado a 50 °C-250 °C, compactando el polvo y endureciéndose en una atmósfera inerte a 550 °C-650 °C, se obtiene un núcleo de polvo que consiste básicamente en partículas de polvo de hierro con un tamaño de partícula de 75-200  $\mu\text{m}$ , el 0,03-0,1% en peso de Si, 15-210 ppm de Ti y 300-2.500 ppm de oxígeno.

**RESUMEN DE LA INVENCION**

50 El objeto de la presente invención es resolver los problemas anteriores. El objeto de la invención es proporcionar un procedimiento de fabricación de un material magnético blando, un material magnético blando, un procedimiento de fabricación de un material magnético blando de P/M, y un material magnético blando de P/M que puede conseguir las propiedades magnéticas deseadas.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento para la fabricación de un material magnético blando como se enumera en la reivindicación 1 a continuación.

55 De acuerdo con el procedimiento de fabricación de un material magnético blando de la presente invención, por el primer tratamiento térmico de la partícula magnética metálica, las distorsiones presentes internamente en la partícula magnética metálica se reducen. Para esto, la temperatura de tratamiento térmico es de 900 grados C o mayor. Como resultado, los cristales de las partículas magnéticas metálicas se recrystalizan por el tratamiento térmico. Con esto, los defectos puntuales y las dislocaciones que están presentes en la partícula magnética metálica se reducen. Como resultado, las dislocaciones en la partícula magnética metálica se reducen en gran medida. Además, debido a que la temperatura del tratamiento térmico es menor que la del punto de fusión de la partícula magnética metálica, el tratamiento térmico se realiza sin fundir la partícula magnética metálica. Por lo tanto, la permeabilidad magnética del material magnético blando aumenta, y la fuerza coercitiva se reduce, y se consiguen las propiedades magnéticas deseadas. Además, ya que la etapa para la formación de una pluralidad de partículas magnéticas compuestas se realiza

después de la primera etapa de tratamiento térmico, el revestimiento aislante no se ve afectado por el calor del primer tratamiento térmico.

5 Con este procedimiento, si las distorsiones, tales como los defectos puntuales y las dislocaciones reaparecen al reducir la temperatura a temperatura ambiente después de la primera etapa de tratamiento térmico, hay una segunda etapa de tratamiento térmico para reducir estas distorsiones. Además, ya que la formación de una pluralidad de partículas magnéticas compuestas se realiza después de la segunda etapa de tratamiento térmico, el revestimiento aislante no se ve afectado por el calor de la segunda etapa de tratamiento térmico.

El material magnético blando de la presente invención preferiblemente tiene una etapa en la que las partículas magnéticas metálicas se mezclan con las partículas espaciadoras antes de la primera etapa de tratamiento térmico.

10 Con este procedimiento, las partículas magnéticas metálicas existen con las partículas espaciadoras entre ellas. Como resultado, las partículas magnéticas metálicas se separan unas de otras en la primera etapa de tratamiento térmico. Como resultado, se evita que las partículas magnéticas metálicas se sintericen y se aglutinen. Por lo tanto, no hay necesidad de separar mecánicamente las partículas magnéticas metálicas aglomeradas después de la primera etapa de tratamiento térmico. Cuando las partículas magnéticas metálicas se separan mecánicamente, pueden surgir nuevas distorsiones en el interior de las partículas magnéticas metálicas, y este problema puede evitarse.

15 En el procedimiento de fabricación del material magnético blando de la presente invención, la proporción (D2/D1) del tamaño medio de partícula D1 de la partícula magnética metálica con respecto al tamaño medio de partícula D2 de la partícula espaciadora es preferiblemente  $0,1 \leq (D2/D1) \leq 2$ .

20 Si (D2/D1) es 0,1 o mayor, la distancia entre las partículas magnéticas metálicas es suficiente. Además, es menos probable que las partículas espaciadoras queden atrapadas en la superficie rugosa de la partícula magnética metálica. Además, teniendo la proporción D2/D1 menos de 2, se evita el aglomerado de las partículas magnéticas metálicas entre las partículas espaciadoras. A partir de lo anterior, se produce una separación mejorada de las partículas magnéticas metálicas entre sí.

25 Para el procedimiento de fabricación del material magnético blando de la presente invención, la partícula espaciadora es preferiblemente un óxido, nitruro o carburo de al menos un elemento seleccionado entre el grupo que consiste en Al (aluminio), Si (silicio), Y (itrio), Zr (circonio), Ti (titanio), Mg (magnesio) y B (boro).

Estos materiales tienen altos puntos de fusión, y como resultado, no se funden durante la primera etapa de tratamiento térmico. Además, estos materiales son químicamente estables. Por lo tanto, estos materiales se adaptan bien a las partículas espaciadoras.

30 Para el procedimiento de fabricación del material magnético blando de la presente invención, la primera etapa de tratamiento térmico se realiza mientras se mueven las partículas magnéticas metálicas.

35 Esto evita que las mismas partículas magnéticas metálicas estén en contacto continuo entre sí durante la primera etapa de tratamiento térmico. Como resultado, se evita la sinterización y el aglomerado de las partículas magnéticas metálicas. Por lo tanto, no hay necesidad de separar mecánicamente las partículas magnéticas metálicas aglomeradas después de la primera etapa de tratamiento térmico. Cuando las partículas magnéticas metálicas se separan mecánicamente, pueden surgir nuevas distorsiones en el interior de las partículas magnéticas metálicas, y este problema puede evitarse con este procedimiento.

40 Una realización adecuada para la fabricación de un material magnético blando de P/M comprende una etapa de moldeo a presión para el moldeo a presión del material magnético blando fabricado por el procedimiento de fabricación que se ha descrito anteriormente.

Con este procedimiento, se produce un aumento de la permeabilidad magnética y una reducción de la fuerza coercitiva del material magnético blando de P/M, y se consiguen las propiedades magnéticas deseadas.

45 En el procedimiento para la fabricación de un material magnético blando de P/M de la presente invención, la etapa de moldeo a presión incluye preferiblemente una etapa para la formación de un material magnético blando de P/M en la que una pluralidad de partículas magnéticas compuestas está unida por la sustancia orgánica.

Con este procedimiento, la sustancia orgánica está presente entre cada una de la pluralidad de partículas magnéticas compuestas. La sustancia orgánica actúa como un agente lubricante durante el moldeo a presión. Como resultado, se elimina el daño al revestimiento aislante durante el moldeo a presión.

50 En el procedimiento para la fabricación de un material magnético blando de P/M de la presente invención, hay preferiblemente una tercera etapa de tratamiento térmico adicional en la que después de la etapa de moldeo a presión, el material magnético blando de P/M se trata térmicamente a una temperatura mayor de 30 grados C y menor que la temperatura de descomposición térmica del revestimiento aislante.

55 Con este procedimiento, las distorsiones generadas durante la etapa de moldeo a presión se reducen. Ya que las distorsiones presentes en el interior de las partículas magnéticas metálicas se reducen en la primera etapa de tratamiento térmico, las distorsiones presentes en el material magnético blando de P/M se generan principalmente por la presurización durante el moldeo a presión. Por lo tanto, las distorsiones presentes en el interior del material magnético blando de P/M están presentes sin enredarse con complejidad entre sí. Por estas razones, incluso con una temperatura relativamente baja menor que la temperatura de descomposición térmica del revestimiento aislante, por ejemplo, con un revestimiento aislante del tipo fosfato que es 500 grados C o menor, las distorsiones en el interior del cuerpo moldeado se reducen de forma eficaz. Además, ya que la temperatura de tratamiento térmico es menor que la temperatura de descomposición térmica del revestimiento aislante, el revestimiento aislante que rodea las partículas magnéticas metálicas no se deteriora. Como resultado, la pérdida por corrientes parásitas generada entre las partículas magnéticas

compuestas se elimina de forma eficaz. Además, se consigue un efecto adecuado en la tercera etapa de tratamiento térmico teniendo una temperatura de tratamiento térmico de 30 grados C o mayor.

En la presente memoria descriptiva, "una partícula magnética metálica que tiene un componente principal de hierro" es una partícula magnética metálica que contiene hierro en una proporción del 50% en masa o más.

5 Como se ha descrito anteriormente, con el procedimiento de fabricación de un material magnético blando que es una realización de la presente invención, pueden conseguirse las propiedades magnéticas deseadas.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama que muestra una ampliación de un material magnético blando de P/M del modo de implementación 1 de la presente invención.

10 La Figura 2 es un diagrama de proceso que muestra el procedimiento para la fabricación del material magnético blando de P/M del modo de implementación 1 de la presente invención.

La Figura 3 es un diagrama en sección transversal que muestra la primera etapa del tratamiento térmico del modo de implementación 1 de la presente invención.

15 La Figura 4 es un diagrama de proceso que muestra el procedimiento para la fabricación del material magnético blando de P/M del modo de implementación 2 de la presente invención.

La Figura 5 es un diagrama en sección transversal que muestra la primera etapa del tratamiento térmico del modo de implementación 2 de la presente invención.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Haciendo referencia a las figuras, se describen las realizaciones de la presente invención.

20 (Modo de implementación 1)

La Figura 1 es un dibujo que muestra un material magnético blando de P/M ampliado del Modo de implementación 1, que no es una realización de la presente invención.

25 Haciendo referencia a la Figura 1, el material magnético blando de P/M del presente modo se construye a partir de una pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30 y una sustancia orgánica 40 que está presente entre cada una de la pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30. Cada una de la pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30 tiene una partícula magnética metálica 10 y un revestimiento aislante 20, que rodea la superficie de la partícula magnética metálica 10. Cada una de la pluralidad de las partículas magnéticas compuestas 30 está unida por una sustancia orgánica 40 o está unida por el engranamiento de las superficies irregulares de partículas magnéticas compuestas 30.

30 A continuación, se describirá el procedimiento para la fabricación del material magnético blando de P/M del presente modo.

La Figura 2 es un diagrama de proceso que muestra el procedimiento para la fabricación del material magnético blando de P/M del Modo de implementación 1.

35 Haciendo referencia a la Figura 2, en primer lugar, se prepara el polvo de materia prima para la partícula magnética metálica 10 (Etapa S1). La partícula magnética metálica 10 tiene Fe (hierro) como componente principal y, por ejemplo, está formada de hierro puro, aleación de Fe-Si, aleación de FeN (nitrógeno), aleación de Fe-Ni (níquel), aleación de Fe-C (carbono), aleación de Fe-B, aleación de Fe-Co (cobalto), aleación de Fe-P (fósforo), aleación de Fe-Ni-Co, y aleación de Fe-Al-Si, y similares. La partícula magnética metálica 10 puede ser una estructura metálica simple o una aleación.

40 El diámetro medio de la partícula D1 para la partícula magnética metálica 10 es preferiblemente 5 micrómetros o más y 300 micrómetros o menos. Cuando el diámetro medio de la partícula D1 para la partícula magnética metálica 10 es 5 micrómetros o más, el metal no se oxida tan fácilmente, y como resultado, se mejoran las propiedades magnéticas del material magnético blando. Además, cuando el diámetro medio de la partícula D1 para la partícula magnética metálica 10 es 300 micrómetros o menos, la compresibilidad del polvo mixto no se reduce durante el moldeo a presión que se describe más adelante. Como resultado, el cuerpo moldeado obtenido por moldeo a presión tiene una mayor densidad.

El tamaño medio del diámetro es el tamaño de diámetro D del 50%. En otras palabras, en un histograma de los diámetros de partícula que se miden por el procedimiento de cribado, el diámetro de partícula en el que la suma de las masas de los diámetros más pequeños alcanza el 50% de la masa total es el diámetro medio.

50 Los diámetros de las partículas para las partículas magnéticas metálicas 10 se distribuyen preferiblemente sólo dentro del intervalo de 38 micrómetros o más y menos de 355 micrómetros. Las partículas que tienen un diámetro de partícula de menos de 38 micrómetros o un tamaño de partícula de 355 micrómetros o más se eliminan, y las partículas restantes se usan como partículas magnéticas metálicas 10. Incluso más preferiblemente, las partículas magnéticas metálicas 10 se distribuyen sólo dentro de un intervalo de 75 micrómetros o más y menos de 355 micrómetros.

55 A continuación, las partículas espaciadoras se mezclan con las partículas magnéticas metálicas 10 (Etapa S2). Para las partículas espaciadoras, es adecuado un óxido, un nitruro o un carburo de al menos un elemento seleccionado entre el grupo que consiste en Al, Si, Y, Zr, Ti, Mg y B, sin embargo, también pueden usarse otros materiales. Además,

la proporción ( $D2/D1$ ) del tamaño medio de partícula  $D1$  de la partícula magnética metálica con respecto al tamaño de partícula medio de la partícula espaciadora  $D2$  es preferiblemente  $0,1 \leq (D2/D1) \leq 2$ . Las partículas espaciadoras se mezclan preferiblemente en una cantidad en la que el volumen de partículas magnéticas metálicas 10 es menor de una proporción en volumen entre las partículas magnéticas 10 y las partículas espaciadoras de 2:1.

5 A continuación, las partículas magnéticas metálicas 10 mezcladas con partículas espaciadoras se calientan en una atmósfera de hidrógeno o una atmósfera de argón durante 1 hora a una temperatura que es de 900 grados C o mayor y menor que el punto de fusión de la partícula magnética metálica 10 (Etapa S3). Este tratamiento térmico se realiza preferiblemente a una temperatura que es de 50 grados C o más, inferior al punto de fusión de las partículas magnéticas metálicas 10. Si las partículas magnéticas metálicas 10 son de hierro puro, el tratamiento térmico se realiza preferiblemente a 1450 grados C o menos.

10 La Figura 3 es un diagrama en sección transversal que muestra la primera etapa de tratamiento térmico del modo de implementación 1. Haciendo referencia a la Figura 3, un recipiente 13 lleno de partículas magnéticas metálicas 10 y partículas espaciadoras 7 se coloca en el interior de un horno eléctrico 1, que tiene un calentador interno 3. Hay una abertura de entrada de gas 5a y una abertura de escape de gas 5b formada en el horno eléctrico 1. Por ejemplo, el gas hidrógeno o el gas argón o similar fluye desde la abertura de entrada de gas 5a a la abertura de escape de gas 5b.

15 Al mezclar las partículas espaciadoras 7 con partículas magnéticas metálicas 10, existen partículas espaciadoras 7 entre las partículas magnéticas metálicas 10. Como resultado, las partículas magnéticas metálicas 10 se separan unas de otras durante el tratamiento térmico. Debido a esto, incluso al calentarse a una temperatura mayor de 900 grados C, las partículas magnéticas metálicas 10 no se sinterizan fácilmente.

20 Antes del tratamiento térmico, hay muchas distorsiones (dislocaciones, defectos puntuales, bordes de grano de cristal) presentes en el interior de la partícula magnética metálica 10. En el presente modo, que tiene una temperatura de tratamiento térmico de 900 grados C o más, los cristales en las partículas magnéticas metálicas 10 se recrystalizan. Como resultado, los defectos puntuales y las dislocaciones presentes en el interior de las partículas magnéticas metálicas 10 se reducen. Además, los bordes de grano de cristal también se reducen.

25 A continuación, sólo las partículas espaciadoras 7 se separan de la mezcla de las partículas magnéticas metálicas 10 y las partículas espaciadoras 7 (Etapa S4). Si las partículas espaciadoras 7 son material no magnético, la separación de las partículas espaciadoras 7 se realiza por un procedimiento de atracción de las partículas magnéticas metálicas 10 poniendo un imán cerca de las partículas magnéticas metálicas 10 y las espaciadoras 7.

30 A continuación, las partículas magnéticas metálicas 10 se calientan en una atmósfera de hidrógeno, por ejemplo, durante 1 hora a una temperatura que es de 400 grados C o más y menos de 900 grados C (segunda etapa de tratamiento térmico, Etapa S5). Después de que se complete la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3), al disminuir la temperatura a temperatura ambiente, dependiendo de las condiciones de refrigeración, puede haber distorsiones térmicas residuales en los cristales de las partículas magnéticas metálicas 10. Particularmente, cuando las partículas magnéticas metálicas 10 son de hierro puro, los cristales de las partículas magnéticas metálicas 10 tienen transformaciones de fase de la fase gamma a la fase alfa, y como resultado, hay una gran distorsión térmica. Al calentar de nuevo a una temperatura que es de 400 grados C o más y menos de 900 grados C, los defectos puntuales y las dislocaciones presentes en el interior de las partículas magnéticas metálicas 10 se reducen. La segunda etapa de tratamiento térmico (Etapa S5) no es una etapa necesaria y puede omitirse.

35 A continuación, formando un revestimiento aislante 20 sobre la superficie de la partícula magnética metálica 10, se crea una pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30, que son las partículas magnéticas metálicas 10 rodeadas por el revestimiento aislante 20 (Etapa S6). El revestimiento aislante 20 puede formarse por tratamiento de fosfatización de las partículas magnéticas metálicas 10. Mediante el tratamiento de fosfatización, se forma el revestimiento aislante 20 de fosfato de hierro, que contiene fósforo y hierro, por ejemplo, fosfato de manganeso, fosfato de cinc, fosfato cálcico o fosfato de aluminio y similares.

40 Además, también puede formarse un revestimiento aislante 20 que contiene un óxido. Para el revestimiento aislante 20 que contiene un óxido, pueden usarse aislantes de óxido, tales como óxido de silicio, óxido de titanio, óxido de aluminio u óxido de circonio, y similares.

45 El revestimiento aislante 20 funciona como una capa aislante entre las partículas magnéticas metálicas 10. Al rodear las partículas magnéticas metálicas 10 con el revestimiento aislante 20, aumenta la resistividad eléctrica rho. Con esto, el flujo de corrientes parásitas entre las partículas magnéticas metálicas 10 se elimina, y la pérdida de hierro del material magnético blando que es causada por las corrientes parásitas se reduce.

50 El espesor del revestimiento aislante 20 es preferiblemente 0,005 micrómetros o más y 20 micrómetros o menos. Al tener un revestimiento aislante 20 de un espesor de 0,05 micrómetros o más, la pérdida de energía por las corrientes parásitas se elimina de forma eficaz. Además, al tener un revestimiento aislante 20 de un espesor de 20 micrómetros o menos, la proporción del revestimiento aislante 20 en el material magnético blando no es demasiado grande. Como resultado, se evitan reducciones drásticas en la densidad del flujo magnético del material magnético blando.

55 A partir de las etapas que se han descrito anteriormente, se completa el material magnético blando del presente modo de implementación. Al completar las siguientes etapas de fabricación, se fabrica el material magnético blando de P/M del presente modo de implementación.

60 A continuación, se obtiene un polvo de mezcla mezclando las partículas magnéticas compuestas 30 con la sustancia orgánica 40 que es un aglutinante (Etapa S7). No hay limitaciones en el procedimiento de mezcla. Por ejemplo, puede usarse un procedimiento de aleación mecánica, un molino de bolas de vibración, un molino de bolas epicíclico, mecanofusión, un procedimiento de coprecipitación, un procedimiento de depósito de vapor químico (procedimiento DVQ), un procedimiento de depósito de vapor físico (procedimiento DVF), un procedimiento de

metalizado, un procedimiento de metalizado por bombeo, un procedimiento de depósito de vapor o un procedimiento de sol-gel, y similares. Con esto, cada una de la pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30 está unida por la sustancia orgánica 40.

5 Para la sustancia orgánica 40, pueden usarse resinas termoplásticas, tales como poliimida termoplástica, poliamida termoplástica, poliamida imida termoplástica, sulfuro de polifenileno, poliamida imida, poliéter sulfona, poliéter imida, o poliéter éter cetona, y similares, resinas no termoplásticas, tales como polietileno de alto peso molecular, todos los poliésteres aromáticos o todas las poliimidias aromáticas, y similares, ácidos muy grasos, tales como estearato de cinc, estearato de litio, estearato cálcico, palmitato de litio, palmitato cálcico, oleato de litio y oleato cálcico, y similares. Además, estos pueden mezclarse entre sí y usarse.

10 La proporción de la sustancia orgánica 40 con respecto al material magnético blando está preferiblemente por encima de 0 y es del 1,0% en masa o menos. Al tener una proporción de la sustancia orgánica 40 del 1,0% en masa o menos, la proporción de las partículas magnéticas metálicas 10 en el material magnético blando se mantiene constante o mayor. Con esto, se consigue un material magnético blando con una densidad de flujo magnético superior. La mezcla  
15 únicamente con las partículas magnéticas compuestas 30 sin mezclar la sustancia orgánica 40.

20 A continuación, el polvo de mezcla resultante se coloca en un troquel, y se moldea a presión con una presión que varía de 700 MPa a 1500 MPa, por ejemplo (Etapa S8). Con esto, el polvo de mezcla se comprime, y se obtiene un cuerpo moldeado. La atmósfera durante el moldeo a presión es preferiblemente una atmósfera de gas inerte o una atmósfera a presión reducida. En esta situación, se elimina la oxidación del polvo de mezcla por el oxígeno en la atmósfera.

Durante el moldeo a presión, la sustancia orgánica 40 actúa como un material tamponante entre las partículas magnéticas compuestas 30. Como resultado, se evita dañar el revestimiento aislante 20 que se obtiene a partir del contacto de las partículas magnéticas compuestas 30 entre sí.

25 A continuación, el cuerpo moldeado obtenido por moldeo a presión se trata térmicamente a una temperatura de 30 grados C o más y menos de la temperatura de descomposición térmica del revestimiento aislante 20 (tercera etapa de tratamiento térmico, Etapa S9). Por ejemplo, la temperatura de descomposición térmica para el revestimiento aislante 20 es de 500 grados C para un revestimiento aislante del tipo de fosfato. Este tratamiento térmico se implementa principalmente con el fin de reducir las distorsiones generadas en el interior del cuerpo moldeado durante el moldeo a presión. Con el fin de reducir las distorsiones generadas en el cuerpo moldeado durante el moldeo a presión, el  
30 tratamiento térmico está a una temperatura de preferiblemente 200 grados C o mayor y la temperatura de la descomposición térmica del revestimiento aislante 20 o menor.

35 Las distorsiones presentes originariamente en el interior de las partículas magnéticas metálicas 10 ya se han eliminado por la implementación de tratamientos térmicos de las partículas magnéticas metálicas 10 (Etapa S3, Etapa S5). Como resultado, la cantidad de distorsiones presentes en el interior del cuerpo moldeado después del moldeo a presión es relativamente pequeña. Además, las distorsiones generadas durante el moldeo a presión no tienen enredos complejos con distorsiones presentes originariamente en el interior de las partículas magnéticas metálicas 10. Además, las nuevas distorsiones se generan por una presión unidireccional en el polvo de mezcla alojado en el troquel. Por estos motivos, incluso aunque el tratamiento térmico se realice a una temperatura relativamente baja menor que la temperatura de descomposición térmica del revestimiento aislante 20, las distorsiones presentes en el interior del  
40 cuerpo moldeado se reducen fácilmente.

45 Además, debido a que apenas hay distorsiones presentes en el interior de la partícula magnética metálica 10, la partícula magnética compuesta 30 se forma fácilmente durante el moldeo a presión. Como resultado, como se muestra en la Figura 1, el cuerpo moldeado se forma con la pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30 enredadas entre sí sin espacio entre ellas. Con esto, el cuerpo moldeado tiene una densidad aumentada, y se consigue una permeabilidad magnética alta.

50 Además, debido a que el tratamiento térmico del cuerpo moldeado se implementa a una temperatura relativamente baja, el revestimiento aislante 20 no se deteriora. Con esto, incluso después del tratamiento térmico, el revestimiento aislante 20 aún cubre la partícula magnética metálica 10, y el flujo de corrientes parásitas entre las partículas magnéticas metálicas 10 se evita por el revestimiento aislante 20. Más preferiblemente, el cuerpo moldeado obtenido por el moldeo a presión se trata térmicamente a una temperatura entre 200 grados y 300 grados. Con esto, el deterioro del revestimiento aislante 20 se elimina adicionalmente. La tercera etapa de tratamiento térmico (Etapa S9) no es necesaria y puede omitirse.

Con los procedimientos que se han descrito anteriormente, se completa el material magnético blando de P/M del presente modo de implementación.

55 El procedimiento de fabricación del material magnético blando del presente modo de implementación comprende: una primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3) para el tratamiento térmico de la partícula magnética metálica 10, que tiene hierro como su componente principal, a una temperatura que es de 900 grados C o superior y menor que el punto de fusión de la partícula magnética metálica 10; y después de la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3), una etapa para la formación de una pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30 en la que  
60 las partículas magnéticas metálicas 10 están rodeadas por el revestimiento aislante 20 (Etapa S6).

65 De acuerdo con el procedimiento de fabricación del material magnético blando del presente modo de implementación, realizando una primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3) en la partícula magnética metálica 10, las distorsiones presentes en el interior de la partícula magnética metálica 10 se reducen. Debido a que la temperatura del tratamiento térmico es de 900 grados C o mayor, los cristales de la partícula magnética metálica 10 se recristalizan por tratamiento térmico. Con esto, los defectos puntuales y las dislocaciones que están presentes en la partícula

- 5 magnética metálica se reducen. Además, los bordes de grano de cristal presentes en las partículas magnéticas metálicas 10 también se reducen. Como resultado, las distorsiones en la partícula magnética metálica se reducen en gran medida. Además, debido a que la temperatura del tratamiento térmico es menor que la del punto de fusión de la partícula magnética metálica 10, el tratamiento térmico se realiza sin fundir la partícula magnética metálica 10. Por lo tanto, la permeabilidad magnética del material magnético blando aumenta, y la fuerza coercitiva se reduce, y se consiguen las propiedades magnéticas deseadas. Además, ya que la etapa para la formación de una pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30 (Etapa S6) se realiza después de la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3), el aislamiento aislante 20 no se ve afectado por el calor del primer tratamiento térmico (Etapa S3).
- 10 El procedimiento de fabricación del material magnético blando del presente modo de implementación también tiene una segunda etapa de tratamiento térmico (Etapa S5) después de la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3). En la segunda etapa de tratamiento térmico (Etapa S5), la partícula magnética metálica 10 se calienta a una temperatura de 400 grados C o más y menos de 900 grados C. La etapa para la formación de la pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30 (Etapa S6) se realiza después de la segunda etapa de tratamiento térmico (Etapa S5).
- 15 Con esto, si las distorsiones, tales como los defectos puntuales y dislocaciones reaparecen en el interior de la partícula magnética metálica 10 al reducir la temperatura a la temperatura ambiente después de la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3), hay una segunda etapa de tratamiento térmico (Etapa S5) para reducir estas distorsiones. Además, ya que la etapa para la formación de la pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30 (Etapa S6) se realiza después de la segunda etapa de tratamiento térmico (Etapa S5), el revestimiento aislante 20 no se ve afectado por el calor de la segunda etapa de tratamiento térmico (Etapa S5).
- 20 El procedimiento de fabricación del material magnético blando del presente modo de implementación también tiene una etapa para mezclar las partículas magnéticas metálicas 10 con las partículas espaciadoras 7 antes de la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3).
- 25 Con esto, las partículas magnéticas metálicas 10 existen con las partículas espaciadoras 7 entre ellas. Como resultado, las partículas magnéticas metálicas 10 se separan unas de otras durante la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3). Como resultado, se evita que las partículas magnéticas metálicas 10 se sintericen y se aglutinen. Por lo tanto, no hay necesidad de separar mecánicamente las partículas magnéticas metálicas aglomeradas después de la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3). Cuando las partículas magnéticas metálicas se separan mecánicamente, pueden surgir nuevas distorsiones en el interior de las partículas magnéticas metálicas, pero con esta etapa, se evita este problema.
- 30 En el procedimiento de fabricación del material magnético blando del presente modo de implementación, la proporción (D2/D1) del tamaño medio de partícula D1 de la partícula magnética metálica 10 con respecto al tamaño medio de partícula D2 de la partícula espaciadora 7 es preferiblemente  $0,1 \leq (D2/D1) \leq 2$ .
- 35 Si (D2/D1) es 0,1 o mayor, la distancia entre las partículas magnéticas metálicas 10 es suficiente. Además, es menos probable que las partículas espaciadoras 7 queden atrapadas en la superficie rugosa de la partícula magnética metálica 10. Además, teniendo la proporción D2/D1 menos de 2, se evita el aglomerado de las partículas magnéticas metálicas 10 entre las partículas espaciadoras 7. A partir de lo anterior, se produce una separación mejorada de las partículas magnéticas metálicas 10 entre sí.
- 40 Para el procedimiento de fabricación del material magnético blando de la presente invención, la partícula espaciadora 7 es preferiblemente un óxido, un nitruro o un carburo de al menos un elemento seleccionado entre el grupo que consiste en Al, Si, Y, Zr, Ti, Mg y B.
- 45 Estos materiales tienen altos puntos de fusión, y como resultado, no se funden durante la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3). Además, estos materiales son químicamente estables. Por lo tanto, estos materiales se adaptan bien a las partículas espaciadoras 7.
- El procedimiento para la fabricación de un material magnético blando de P/M del presente modo de implementación comprende una etapa de moldeo a presión (Etapa S8) para el moldeo a presión del material magnético blando fabricado por el procedimiento de fabricación que se ha descrito anteriormente.
- Con esto, se produce un aumento de la permeabilidad magnética y una reducción de la fuerza coercitiva del material magnético blando de P/M, y se consiguen las propiedades magnéticas deseadas.
- 50 En el procedimiento para la fabricación de un material magnético blando de P/M del presente modo de implementación, la etapa de moldeo a presión (Etapa S8) incluye una etapa para la formación de un material magnético blando de P/M en la que la pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30 está unida por la sustancia orgánica 40.
- Con esto, la sustancia orgánica 40 está presente entre cada una de la pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30. La sustancia orgánica actúa como un agente lubricante durante el moldeo a presión. Como resultado, se elimina el daño al revestimiento aislante durante el moldeo a presión.
- 55 En el procedimiento para la fabricación de un material magnético blando de P/M del presente modo de implementación, hay una tercera etapa de tratamiento térmico (Etapa S9) adicional en la que después de la etapa de moldeo a presión (Etapa S8), el material magnético blando de P/M se trata térmicamente a una temperatura mayor de 30 grados C y menor que la temperatura de descomposición térmica del revestimiento aislante 20.
- 60 Con este procedimiento, las distorsiones generadas durante la etapa de moldeo a presión (Etapa S8) se reducen. Ya que las distorsiones presentes en el interior de las partículas magnéticas metálicas se reducen en la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3), las distorsiones presentes en el material magnético blando de P/M se generan principalmente por la presurización durante el moldeo a presión. Por lo tanto, las distorsiones presentes en el interior del material magnético blando de P/M están presentes sin enredarse con complejidad entre sí. Por estas

razones, incluso con una temperatura relativamente baja menor que la temperatura de descomposición térmica del revestimiento aislante 20, por ejemplo, con un revestimiento aislante del tipo fosfato que es 500 grados C o menor, las distorsiones en el interior del cuerpo moldeado se reducen de forma eficaz. Además, ya que la temperatura de tratamiento térmico es menor que la temperatura de descomposición térmica del revestimiento aislante 20, el revestimiento aislante 20 que rodea las partículas magnéticas metálicas no se deteriora. Como resultado, la pérdida por corrientes parásitas generada entre las partículas magnéticas compuestas 30 se elimina de forma eficaz. Además, se consigue un efecto adecuado en la tercera etapa de tratamiento térmico (S9) teniendo una temperatura de tratamiento térmico de 30 grados C o mayor.

En el procedimiento de fabricación que se ha descrito anteriormente, las partículas espaciadoras se separaron (Etapa S4) inmediatamente después de la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3). Sin embargo, mientras que la separación de las partículas espaciadoras (Etapa S4) se realiza después de la primera etapa de tratamiento térmico, ésta puede realizarse inmediatamente después de la segunda etapa de tratamiento térmico (Etapa S5), por ejemplo.

(Modo de implementación 2)

La Figura 4 es un diagrama de proceso que muestra un procedimiento de fabricación de un material magnético blando de P/M para el Modo de implementación 2 que es una realización de la presente invención.

Haciendo referencia a la Figura 4, en la presente implementación, el procedimiento de tratamiento térmico en la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3) es diferente de la del Modo de implementación 1.

Después de preparar la partícula magnética metálica 10 (Etapa S1), la partícula magnética metálica 10 se trata térmicamente (primera etapa de tratamiento térmico, Etapa S3) sin realizar una etapa para la mezcla con las partículas espaciadoras (Etapa S2). Este tratamiento térmico está a una temperatura de 900 grados C o superior y menor que la del punto de fusión de la partícula magnética metálica 10 y se realiza durante 1 hora en una atmósfera de hidrógeno o una atmósfera de argón. Este tratamiento térmico se realiza preferiblemente a una temperatura que es de 50 grados C o más menor que la del punto de fusión de las partículas magnéticas metálicas 10. Si partículas magnéticas metálicas 10 son de hierro puro, el tratamiento térmico se realiza preferiblemente a 1450 grados C o menos.

La Figura 5 es un diagrama en sección transversal que muestra la primera etapa de tratamiento térmico del Modo de implementación 2 de la presente invención. Haciendo referencia a la Figura 5, un recipiente 13 lleno únicamente con las partículas magnéticas metálicas 10 se coloca en el interior de un horno eléctrico 1 (horno rotatorio), que tiene un calentador interno 3. Un agitador 9 se inserta en el interior del recipiente 13. Por la rotación del agitador 9, las partículas magnéticas metálicas 10 en el interior del recipiente 13 se agitan. De esta manera, la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3) se realiza mientras se mueven las partículas magnéticas metálicas 10. Agitando las partículas magnéticas metálicas 10, se evita el contacto continuo entre las mismas partículas magnéticas metálicas durante la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3). Como resultado, incluso con el calentamiento a 900 grados C o más, las partículas magnéticas metálicas 10 no se sinterizan fácilmente. Hay una abertura de entrada de gas 5a y una abertura de escape de gas 5b formada en el horno eléctrico 1. Por ejemplo, el gas H<sub>2</sub> (hidrógeno) o el gas Ar (argón) o similar fluye de la abertura de entrada de gas 5a hacia la abertura de escape de gas 5b.

A continuación, se realiza la segunda etapa de tratamiento térmico (Etapa S5). Durante el resto del procedimiento de fabricación del material magnético blando de P/M, el procedimiento es aproximadamente el mismo que el Modo de implementación 1 mostrado en la Figura 2, y por lo tanto se omitirá la descripción.

En el procedimiento de fabricación del material magnético blando del presente modo de implementación, la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3) se realiza preferiblemente mientras se mueven las partículas magnéticas metálicas 10.

Esto evita que las mismas partículas magnéticas metálicas 10 estén en contacto continuo entre sí durante la primera etapa de tratamiento térmico (Etapa S3). Como resultado, se evita la sinterización y el aglomerado de las partículas magnéticas metálicas 10. Por lo tanto, no hay necesidad de separar mecánicamente las partículas magnéticas metálicas aglomeradas después de la primera etapa de tratamiento térmico. Cuando las partículas magnéticas metálicas se separan mecánicamente, pueden surgir nuevas distorsiones en el interior de las partículas magnéticas metálicas, y este problema se evita con el presente modo de implementación.

El procedimiento de fabricación del material magnético blando y el material magnético blando descrito en este documento puede usarse para fabricar productos, tales como el material magnético blando de P/M, bobinas de reactancia, elementos de alimentación de conmutación, cabezales magnéticos, diversos componentes de motor, solenoides de automóviles, diversos detectores magnéticos, y diversas válvulas electromagnéticas, y similares.

A continuación, se describen realizaciones particulares de la presente invención junto con los ejemplos relacionados.

#### (EJEMPLO 1)

En el presente ejemplo, el material magnético blando de P/M se crea de acuerdo con el procedimiento de fabricación de la Figura 1 descrito en el Modo de implementación 1. Se estudió el efecto de la realización de la primera etapa de tratamiento térmico y el efecto de la mezcla de las partículas espaciadoras 7. Dicho de forma más concreta, las muestras A1-A6, las muestras B1-B6 y la muestra Z se crean cada una de acuerdo con los siguientes procedimientos de fabricación, y se miden sus fuerzas coercitivas, la pérdida por histéresis y la pérdida de hierro.

(Muestras A1-A6): Para las partículas magnéticas metálicas 10, se preparó polvo de hierro puro atomizado (nombre del producto ABC100.30) producir por Hoganas, y se separaron las partículas magnéticas metálicas 10 de un tamaño de partícula de 75 micrómetros a 250 micrómetros. A continuación, se mezclaron 500 g de partículas magnéticas metálicas 10 y 400 g de partículas espaciadoras 7. Para la partícula espaciadora 7, se usó ZrO<sub>2</sub> de un

5 tamaño de partícula de 200 micrómetros. A continuación, en condiciones de temperatura diferentes que varían de 950  
 10 grados C a 1450 grados C, se realizó la primera etapa de tratamiento térmico de las partículas magnéticas metálicas 10.  
 La primera etapa de tratamiento térmico se realizó en una atmósfera de hidrógeno durante 1 hora. A continuación,  
 usando un imán, las partículas magnéticas metálicas 10 y las partículas espaciadoras 7 se separaron. Después, se  
 midió la fuerza coercitiva del polvo del material magnético blando resultante (fuerza coercitiva después de la primera  
 etapa de tratamiento térmico). A continuación, se realizó una segunda etapa de tratamiento térmico en las partículas  
 magnéticas metálicas 10. La segunda etapa de tratamiento térmico se realizó durante 1 hora en una atmósfera de  
 hidrógeno a una temperatura de 850 grados C. A continuación, mediante el tratamiento de conversión química  
 (tratamiento con fosfato), se formó un revestimiento de fosfato como el revestimiento aislante 20 que rodea la partícula  
 magnética metálica 10, y se produjo la partícula magnética compuesta 30. Se midió la fuerza coercitiva del polvo del  
 material magnético blando resultante (fuerza coercitiva después de la segunda etapa de tratamiento térmico). A  
 continuación, se mezcló una pluralidad de partículas magnéticas compuestas 30 y el 0,2% en volumen de una resina de  
 PPS (sulfuro de polifenileno) en un mezclador de tipo V durante 1 hora. A continuación, esto se comprimió y se moldeó  
 a una presión de 13 t/cm<sup>2</sup> (1275 MPa), y se produjo un material magnético blando de P/M con forma de anillo. A  
 continuación, en condiciones de temperatura diferentes que varían de 350 grados C a 500 grados C, se realizó la  
 tercera etapa de tratamiento térmico de las partículas magnéticas metálicas 10. La tercera etapa de tratamiento térmico  
 se realizó durante 1 hora en una atmósfera de nitrógeno. Después, se enrolla una bobina alrededor del material  
 magnético blando de P/M, y se midió la pérdida por histéresis y la pérdida de hierro. La medición de la pérdida por  
 histéresis y la pérdida de hierro se realizó en condiciones de una densidad de flujo magnético de excitación de 1T y una  
 frecuencia de 50-1000 Hz.

(Muestras B1-B6): La primera etapa de tratamiento térmico se realizó sin mezclar las partículas espaciadoras 7. Por otra  
 parte, el procedimiento de fabricación fue el mismo que el procedimiento de fabricación para las muestras A1-A6, y se  
 omite su descripción.

25 (Muestra Z): Las partículas espaciadoras 7 no se mezclaron, y la primera etapa de tratamiento térmico no se realizó. Por  
 otra parte, el procedimiento de fabricación fue el mismo que el procedimiento de fabricación para las muestras A1-A6, y  
 se omite su descripción.

Los resultados para la fuerza coercitiva después de la primera etapa de tratamiento térmico, la fuerza coercitiva  
 después de la segunda etapa de tratamiento térmico, la pérdida por histéresis, y la pérdida de hierro para las muestras  
 resultantes A1-A6, las muestras B1-B6 y la muestra Z se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

	Temperatura durante la primera etapa de tratamiento térmico	Fuerza coercitiva (A/m) después de la primera etapa de tratamiento térmico	Fuerza coercitiva (A/m) después de la segunda etapa de tratamiento térmico	Pérdida por histéresis [W/kg]					Pérdida de hierro [W/kg]						
				Temperatura durante la primera etapa de tratamiento térmico		Temperatura durante la tercera etapa de tratamiento térmico			Temperatura durante la tercera etapa de tratamiento térmico						
				350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C				
Muestra Z	-	-	179	109	94	81	69	141	129	118	106				
Partículas de aislamiento presentes	Muestra A1	950 °C	180	160	89	74	61	135	124	110	100				
	Muestra A2	1050 °C	160	147	84	69	53	130	121	107	95				
	Muestra A3	1150 °C	146	130	76	61	48	122	111	99	87				
	Muestra A4	1250 °C	141	123	71	57	45	116	106	95	86				
	Muestra A5	1350 °C	122	111	67	53	43	112	102	90	84				
	Muestra A6	1450 °C	107	86	63	49	36	107	99	88	77				
Sin partículas de aislamiento	Muestra B1	950 °C	213 (Trituración necesaria)	174	105	91	77	66	138	124	114	108			
	Muestra B2	1050 °C	226 (Trituración necesaria)	189	122	96	73	65	159	134	112	107			
	Muestra B3	1150 °C	232 (Trituración necesaria)	193	119	94	77	72	154	127	115	114			

	Muestra B4	1250 °C	259 (Trituración necesaria)	212	146	120	97	83	177	155	135	125
	Muestra B5	1350 °C	Después del endurecimiento no es posible la trituración		-	-	-	-	-	-	-	-
	Muestra B6	1450 °C	Después del endurecimiento no es posible la trituración		-	-	-	-	-	-	-	-

5 Como se muestra en la Tabla 1, con las muestras B1-B6 en las que las partículas espaciadoras no se mezclaron, las partículas magnéticas metálicas se sinterizaron y se aglomeraron entre sí en la primera etapa de tratamiento térmico, y la trituration fue necesaria. En particular, con las muestras B5 y B6, las partículas magnéticas metálicas se sinterizaron y también se aglomeraron por lo que la trituration no pudo realizarse. Como resultado, la fuerza coercitiva después de la primera etapa de tratamiento térmico, la fuerza coercitiva después de la segunda etapa de tratamiento térmico, la pérdida por histéresis, y la pérdida de hierro no pudieron medirse. Por el contrario, con las muestras A1-A6 en las que las partículas espaciadoras 7 se mezclaron, apenas hubo sinterización y aglomeración de las partículas magnéticas metálicas 10. A partir de esto, puede observarse que mezclando las partículas espaciadoras 7, se elimina el sinterizado y la aglomeración de las partículas magnéticas metálicas 10.

10 Además, para cada una de las muestras A1-A6 en las que la primera etapa de tratamiento térmico se realizó, la fuerza coercitiva después del primer tratamiento térmico, la fuerza coercitiva después del segundo tratamiento térmico, la pérdida por histéresis, y la pérdida de hierro eran todas inferiores a las de la muestra Z en la que la primera etapa de tratamiento térmico no se realizó. A partir de esto, puede observarse que realizando la primera etapa de tratamiento térmico, se consiguen las propiedades magnéticas deseadas.

### (REALIZACIÓN 2)

20 En la presente realización, el material magnético blando de P/M de la Figura 1 se creó de acuerdo con el procedimiento de fabricación que se ha descrito en el Modo de implementación 2. Se estudió el efecto de la realización de la primera etapa de tratamiento térmico y el efecto de la realización de la primera etapa de tratamiento térmico mientras se agitaban las partículas magnéticas metálicas 10. Dicho de forma más concreta, las muestras C1-C6, las muestras B1-B6 y la muestra Z se produjeron cada una de acuerdo con el siguiente procedimiento de fabricación. Se midieron la fuerza coercitiva, la pérdida por histéresis y la pérdida de hierro.

25 (Muestras C1-C6): La primera etapa de tratamiento térmico se realizó son mezclar partículas espaciadoras. Como se muestra en la Figura 5, la primera etapa de tratamiento térmico se realizó mientras se agitaban las partículas magnéticas metálicas 10. Por otra parte, el procedimiento de fabricación fue el mismo que el procedimiento de fabricación para las muestras A1-A6, y se omite su descripción.

30 (Muestras B1-B6): La primera etapa de tratamiento térmico se realizó sin agitar las partículas magnéticas metálicas 10. Por otra parte, el procedimiento de fabricación fue el mismo que el procedimiento de fabricación para las muestras A1-A6, y se omite su descripción.

35 (Muestra Z): Las partículas espaciadoras 7 no se mezclaron, y la primera etapa de tratamiento térmico no se realizó. Por otra parte, el procedimiento de fabricación fue el mismo que el procedimiento de fabricación para las muestras A1-A6, y se omite su descripción.

Los resultados para la fuerza coercitiva después de la primera etapa de tratamiento térmico, la fuerza coercitiva después de la segunda etapa de tratamiento térmico, la pérdida por histéresis, y la pérdida de hierro para las muestras C1-C6 resultantes, las muestras B1-B6 y la muestra Z se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

	Temperatura durante la primera etapa de tratamiento térmico	Fuerza coercitiva (A/m) después de la primera etapa de tratamiento térmico	Fuerza coercitiva (A/m) después de la segunda etapa de tratamiento térmico	Pérdida por histéresis [W/kg]						Pérdida de hierro [W/kg]			
				Temperatura durante la tercera etapa de tratamiento térmico						Temperatura durante la tercera etapa de tratamiento térmico			
				350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C		
Muestra Z	-	-	179	109	94	81	69	141	129	118	106		
Agitado	Muestra C1	950 °C	163	150	89	75	68	61	122	105	98	90	
	Muestra C2	1050 °C	142	120	79	69	64	53	110	99	93	82	
	Muestra C3	1150 °C	123	110	66	62	58	46	95	90	88	78	
	Muestra C4	1250 °C	111	99	59	53	47	42	88	83	76	74	
	Muestra C5	1350 °C	99	82	57	53	45	39	86	82	75	70	
	Muestra C6	1450 °C	86	70	57	50	41	33	89	81	72	66	
Sin agitar	Muestra B1	950 °C	213 (Trituración necesaria)	174	105	91	77	66	138	124	114	108	
	Muestra B2	1050 °C	226 (Trituración necesaria)	189	122	96	73	65	159	134	112	107	

Muestra B3	1150 °C	232 (Trituración necesaria)	193	119	94	77	72	154	127	115	114
Muestra B4	1250 °C	259 (Trituración necesaria)	212	146	120	97	83	177	155	135	125
Muestra B5	1350 °C	Después del endurecimiento no es posible la trituración		-	-	-	-	-	-	-	-
Muestra B6	1450 °C	Después del endurecimiento no es posible la trituración		-	-	-	-	-	-	-	-

5 Como se ha mostrado en la Tabla 2, con las muestras C1-C6 en las que la primera etapa de tratamiento térmico se realizó mientras se agitaban las partículas magnéticas metálicas 10, hubo muy poca sinterización y aglomeración de las partículas magnéticas metálicas 10. A partir de esto, puede observarse que realizando la primera etapa de tratamiento térmico mientras se agitaban las partículas magnéticas metálicas 10, se evita la sinterización y la aglomeración de las partículas magnéticas metálicas 10.

10 Además, para cada una de las muestras C1-C6 en las que se realizó la primera etapa de tratamiento térmico, la fuerza coercitiva después del primer tratamiento térmico, la fuerza coercitiva después del segundo tratamiento térmico, la pérdida por histéresis, y la pérdida de hierro eran todas inferiores a las de la muestra Z en la que no se realizó la primera etapa de tratamiento térmico. A partir de esto, puede observarse que realizando la primera etapa de tratamiento térmico, se consiguen las propiedades magnéticas deseadas.

15 Las implementaciones y realizaciones de la presente invención descritas son únicamente ejemplares, y no se limitan a éstas. El alcance de la presente invención no se limita a la descripción anterior, pero se indica en las reivindicaciones e incluye cualquier modificación dentro del alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para la fabricación de un material magnético blando, que comprende:
- 5 una primera etapa de tratamiento térmico en la que las partículas magnéticas metálicas (10) que tienen hierro como componente principal se calientan a una temperatura de 900 grados C o mayor y menor que el punto de fusión de dichas partículas magnéticas metálicas;
- realizándose dicha primera etapa de tratamiento térmico mientras que las partículas magnéticas metálicas están en movimiento;
- 10 después de dicha primera etapa de tratamiento térmico, una segunda etapa de tratamiento térmico, en la que dichas partículas magnéticas metálicas se calientan a una temperatura de 400 grados C o más y menos de 900 grados C;
- después de dicha segunda etapa de tratamiento térmico, una etapa para formar una pluralidad de partículas magnéticas compuestas (30) en la que dichas partículas magnéticas metálicas (10) están rodeadas de un revestimiento aislante (20).
- 15 2. Un procedimiento para la fabricación de un material magnético blando de metalurgia de polvos (P/M), que comprende:
- una etapa de moldeo a presión en la que dicho material magnético blanco fabricado por el procedimiento que se ha descrito en la reivindicación 1 está moldeado a presión.
3. Un procedimiento para la fabricación de un material magnético blanco de P/M como se ha descrito en la reivindicación 2, en el que:
- 20 dicha etapa de moldeo a presión incluye una etapa para la formación de dicho material magnético blanco de P/M en la que dicha pluralidad de partículas magnéticas compuestas (30) se unen entre sí por una sustancia orgánica (40).
4. Un procedimiento para la fabricación de un material magnético blanco de P/M como se ha descrito en una cualquiera de las reivindicaciones 2 ó 3, en el que:
- 25 después de dicha etapa de moldeo a presión, hay una tercera etapa de tratamiento térmico en la que el tratamiento térmico se realiza a una temperatura de entre 30 grados C y la temperatura de descomposición térmica de dicho revestimiento aislante (20).

FIG. 1

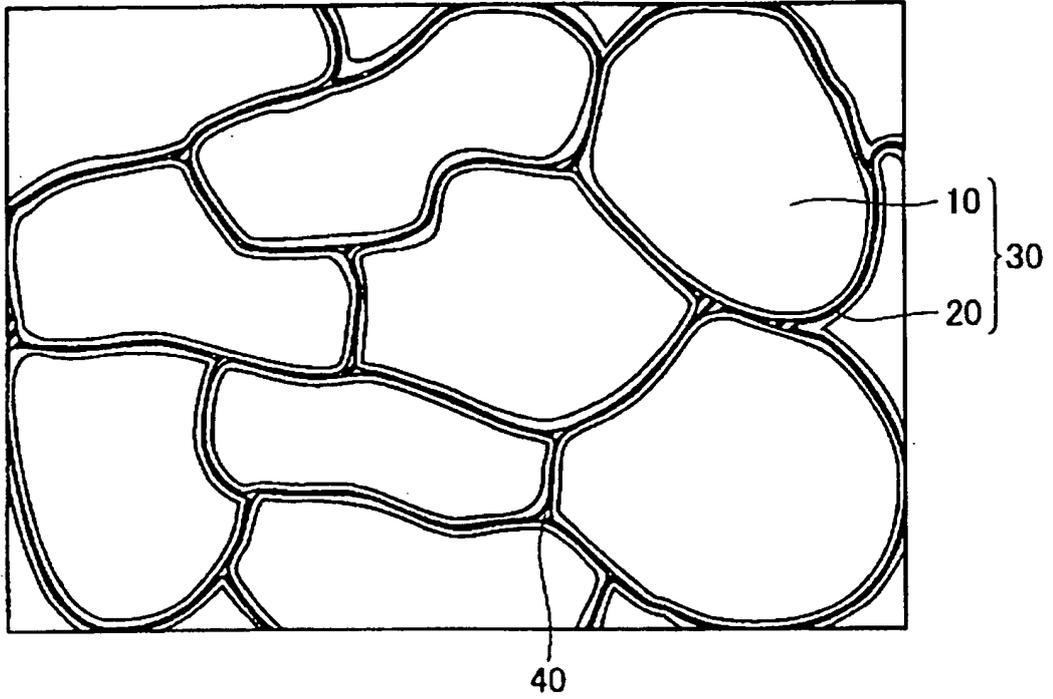


FIG. 2

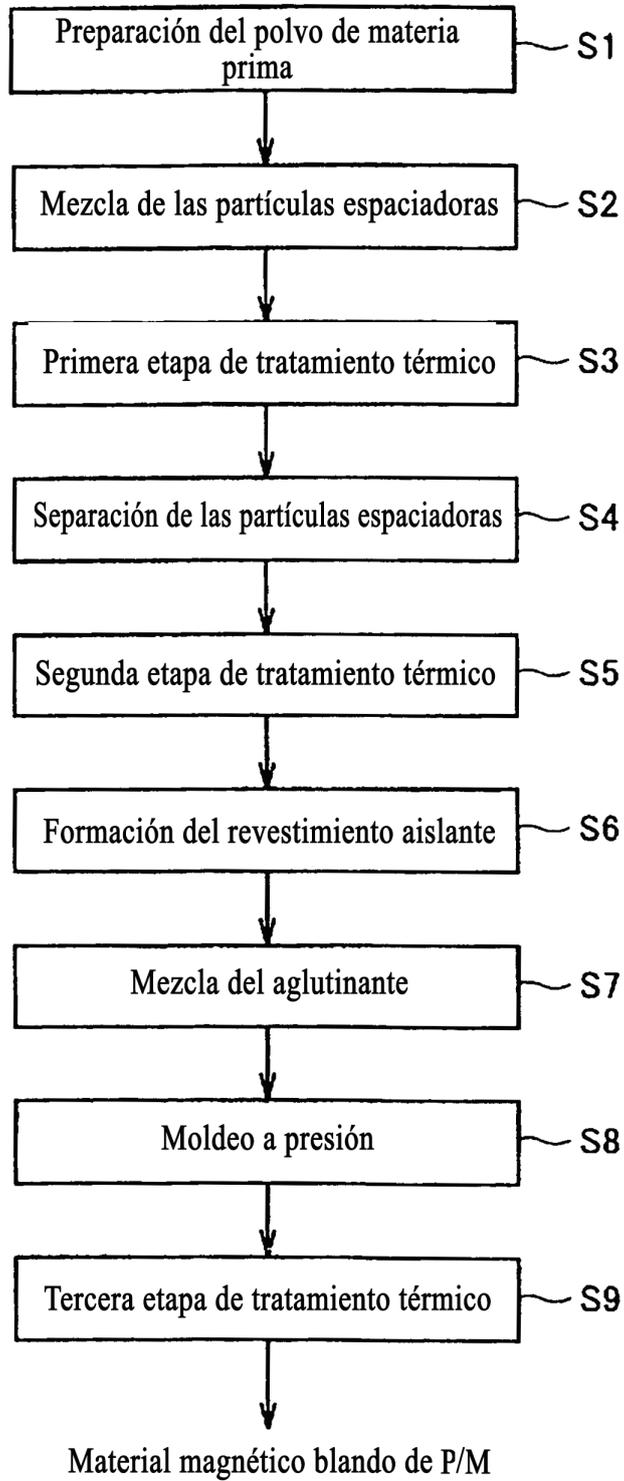


FIG. 3

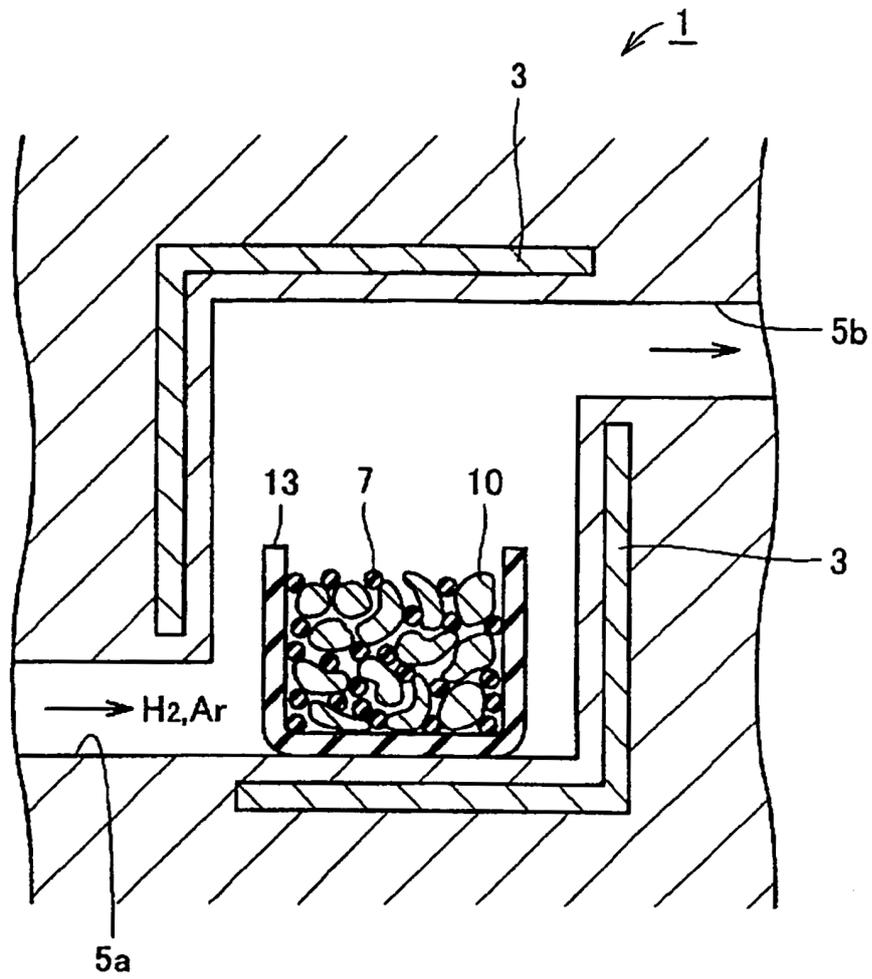


FIG. 4

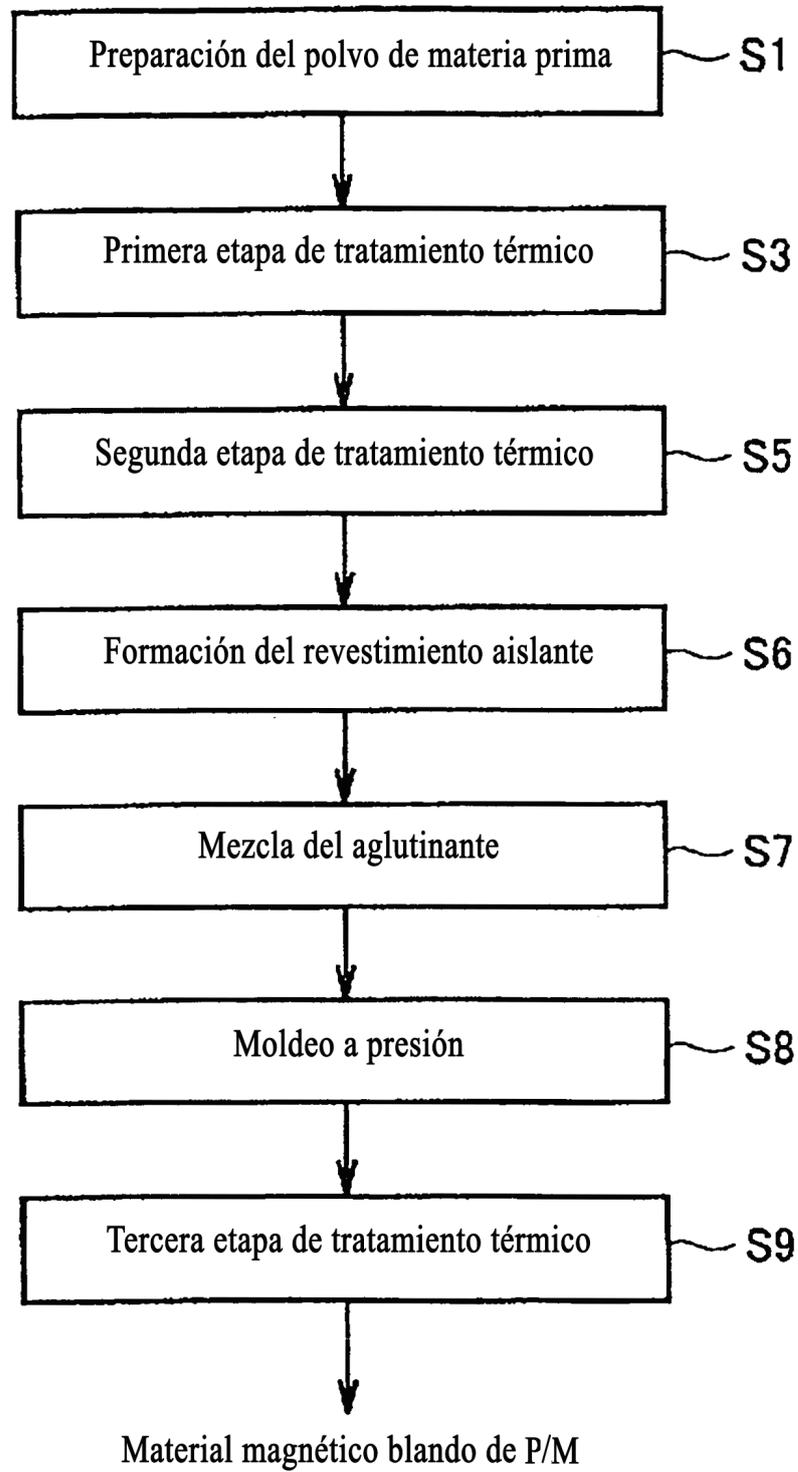


FIG. 5

