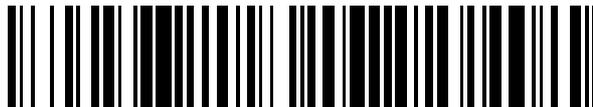


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 125**

51 Int. Cl.:

B22F 1/02	(2006.01)
B22F 9/00	(2006.01)
B22F 9/04	(2006.01)
C22C 33/02	(2006.01)
C22C 45/02	(2006.01)
H01F 1/153	(2006.01)
H01F 1/28	(2006.01)
H01F 3/08	(2006.01)
H01F 41/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.01.2013 PCT/JP2013/050525**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **25.07.2013 WO13108735**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.01.2013 E 13739102 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2018 EP 2806433**

54 Título: **Núcleo de polvo metálico, componente de bobina y método de fabricación para núcleo de polvo metálico**

30 Prioridad:

18.01.2012 JP 2012007880
14.09.2012 JP 2012202619

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.05.2018

73 Titular/es:

HITACHI METALS, LTD. (100.0%)
2-1 Shibaura 1-chome Minato-ku
Tokyo 105-8614, JP

72 Inventor/es:

KATO, TETSURO;
NOGUCHI, SHIN y
NISHIMURA, KAZUNORI

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 666 125 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

Núcleo de polvo metálico, componente de bobina y método de fabricación para núcleo de polvo metálico

5 [Campo técnico]

La presente invención se refiere a: un núcleo de polvo metálico empleado en un circuito de CFP (acrónimo de Corrección del factor de potencia) adoptado en un electrodoméstico tal como una televisión y un acondicionador de aire, en un circuito de alimentación eléctrica para la generación eléctrica fotovoltaica o de un vehículo híbrido o un
10 vehículo eléctrico, o en similares; un componente de bobina que lo emplea; y un método de fabricación para el núcleo de polvo metálico.

[Antecedentes de la técnica]

15 Una primera etapa de un circuito de alimentación eléctrica de un electrodoméstico se construye a partir de un circuito convertidor CA/CC que convierte un voltaje de CA (corriente alterna) en un voltaje de CC (corriente continua). Se conoce en general que una desviación de fase surge entre la forma de onda de la corriente de entrada y la forma de onda del voltaje en el interior del circuito convertidor o que ocurre un fenómeno en el que la forma de onda misma no se convierte en una onda sinusoidal. Por lo tanto, un denominado factor de potencia disminuye y por lo tanto una
20 potencia reactiva aumenta. Además, se genera un ruido armónico. El circuito de CFP es un circuito que realiza el control de tal manera que se forma la forma de onda de dicha corriente de entrada de CA en una fase y una forma de onda similar a aquella del voltaje de entrada de CA y por lo tanto reduce la potencia reactiva y el ruido armónico. En los últimos años, por la iniciativa de IEC (acrónimo en inglés de International Electro-technical Commission: Comisión Internacional Electrotécnica) que es una organización de normalización, surge una circunstancia en la que
25 se requieren varios dispositivos por ley para incorporar de forma indispensable un circuito de alimentación eléctrica de control de CFP. Para poder lograr una reducción de tamaño, reducción de altura o similar en un regulador empleado en el circuito de CFP, el núcleo empleado en el mismo debe tener una alta densidad de saturación del flujo magnético, una baja pérdida en el núcleo y una excelente característica de superposición de la corriente continua.

30 Además, en un dispositivo de alimentación eléctrica montado sobre un vehículo de motor eléctrico tal como un vehículo híbrido y un vehículo eléctrico cuya rápida expansión ha comenzado en los últimos años, sobre un aparato de generación de energía fotovoltaica o similar, se emplea un reactor tolerante de altas corrientes. También en el núcleo para un reactor de este tipo, se requieren de forma similar una densidad de saturación del flujo magnético elevada y una baja pérdida en el núcleo.
35

Con el fin de satisfacer el requisito anteriormente mencionado, se adopta un núcleo de polvo metálico que tiene un equilibrio satisfactorio entre la densidad de saturación del flujo magnético elevada y la baja pérdida en el núcleo. El núcleo de polvo metálico se obtiene presionando después de realizar un tratamiento de aislamiento sobre la
40 superficie de un polvo magnético de la familia Fe-Si-Al, la familia Fe-Si o similares. Por lo tanto, se mejora una resistencia eléctrica mediante el tratamiento de aislamiento de tal manera que se suprime la pérdida de corriente de Foucault. Como técnica relevante para ello, en el Documento de Patente 1, con el fin de una reducción adicional en la pérdida en el núcleo Pcv, se propone un núcleo de polvo metálico cuyos componentes principales son polvo pulverizado de cinta de aleación amorfa a base de Fe que sirve como un primer material magnético y polvo
45 atomizado de aleación amorfa a base de Fe con Cr que sirve como segundo material magnético.

[Documentos del Estado de la técnica]**[Documento de patente]**

50 [Documento de Patente 1] Publicación Internacional N.º 2009/139368

[Sumario de la invención]**55 [Problemas a resolver por la invención]**

De acuerdo con la configuración descrita en el Documento de Patente 1, se obtiene una menor pérdida en el núcleo Pcv en comparación con un núcleo de polvo metálico fabricado a partir de polvo metálico magnético de la familia Fe-Si-Al, la familia Fe-Si o similares. Sin embargo, existe un fuerte requisito de mejora de la eficacia en varios
60 dispositivos de alimentación eléctrica. Por lo tanto, es necesaria una reducción adicional en la pérdida en el núcleo también en el núcleo de polvo metálico.

La Solicitud de Patente Europea publicada como EP2380685 describe un proceso para producir energía metalúrgica que incluye una etapa de recubrimiento de las superficies de una pluralidad de primeras partículas con un aglutinante y una etapa de recubrimiento de una superficie del primer aglutinante con una pluralidad de segundas
65 partículas que tienen un diámetro más pequeño que el diámetro de partícula de las primeras partículas.

La Solicitud de Patente de los Estados Unidos publicada como US2004/086412 se refiere a un método para preparar material magnético blando.

5 Por lo tanto, habida cuenta del problema anteriormente mencionado, un objeto de la presente invención es proporcionar: un núcleo de polvo metálico que tenga una configuración adecuada para la reducción de la pérdida en el núcleo; un componente de bobina que lo emplee; y un método de fabricación para el núcleo de polvo metálico.

[Medios para resolver problemas]

10 El núcleo de polvo metálico de acuerdo con la presente invención se caracteriza por un núcleo de polvo metálico construido a partir de polvo de material magnético blando, en el que el Cu se dispersa entre el polvo de material magnético blando.

15 Cuando se adopta una configuración en la que el Cu se dispersa entre el polvo de material magnético blando, se puede reducir la pérdida en el núcleo.

20 El núcleo de polvo metálico de acuerdo con la presente invención se caracteriza por un núcleo de polvo metálico construido a partir de polvo de material magnético blando, en el que el polvo de material magnético blando es polvo pulverizado de cinta de aleación magnética blanda, y en el que el Cu se dispersa entre el polvo pulverizado de cinta de aleación magnética blanda. Cuando el Cu se dispersa entre el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda, se puede reducir notablemente la pérdida en el núcleo incluso por una cantidad inferior de Cu, en comparación con un caso en el que interviene un polvo atomizado de aleación amorfa a base de Fe o similar.

25 Además, en el núcleo de polvo metálico, es preferible que la cinta de aleación magnética blanda sea una cinta de aleación amorfa a base de Fe. La aleación amorfa a base de Fe es un material magnético que tiene alta densidad de saturación del flujo magnético y una baja pérdida y por lo tanto es adecuada como material magnético para el núcleo de polvo metálico. Además, en el núcleo de polvo metálico, es más preferible que el contenido de Cu sea desde el 0,1 % hasta el 7 % con respecto a la masa total del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda y el Cu. De acuerdo con esta configuración, en un estado en el que se suprime la reducción de la permeabilidad inicial, se puede lograr la reducción en la pérdida en el núcleo. Además, de acuerdo con la presente invención, la pérdida de histéresis medida en las condiciones de medición de una frecuencia de 20 kHz y una densidad aplicada de flujo magnético de 150 mT puede ser inferior o igual a 180 kW/m³. Además, es más preferible que el contenido de Cu sea desde el 0,1 % hasta el 1,5 %.

35 Además, en el núcleo de polvo metálico, es también preferible que la cinta de aleación magnética blanda sea una cinta de aleación nanocristalina a base de Fe o una cinta de aleación a base de Fe que presente una estructura nanocristalina a base de Fe. La aleación nanocristalina a base de Fe es un material magnético que tiene una pérdida notablemente baja. A continuación, cuando el polvo pulverizado tiene una estructura nanocristalina, el material magnético es adecuado para lograr una reducción de la pérdida en el núcleo de polvo metálico. Además, en el núcleo de polvo metálico, es más preferible que el contenido de Cu sea desde el 0,1 % hasta el 10% con respecto a la masa total del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda y el Cu. De acuerdo con esta configuración, en un estado en el que se suprime la reducción de la permeabilidad inicial, se puede lograr la reducción en la pérdida en el núcleo. Además, de acuerdo con la presente invención, la pérdida de histéresis medida en las condiciones de medición de una frecuencia de 20 kHz y una densidad aplicada de flujo magnético de 150 mT puede ser inferior o igual a 160 kW/m³. Además, es más preferible que el contenido de Cu sea desde el 0,1 % hasta el 1,5 %.

50 Además, en el núcleo de polvo metálico, es preferible que se proporcione una película de óxido de silicio sobre la superficie de una partícula del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda. Esta configuración aumenta el aislamiento del polvo pulverizado y por lo tanto contribuye a una reducción de la pérdida.

El componente de bobina de acuerdo con la presente invención se caracteriza por incluir: uno cualquiera de los núcleos de polvo metálico anteriormente mencionados; y una bobina enrollada alrededor del núcleo de polvo metálico.

55 El método de fabricación para el núcleo de polvo metálico de acuerdo con la presente invención se caracteriza por un método de fabricación para un núcleo de polvo metálico construido a partir de polvo de material magnético blando, en el que el polvo de material magnético blando es polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda, en el que el método incluye: una primera etapa de mezcla del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda y el polvo de Cu entre sí; y una segunda etapa de realización de presión del polvo mezclado obtenido en la primera etapa y en el que se obtiene un núcleo de polvo metálico en el que el Cu se dispersa entre el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda. Cuando el Cu se dispersa entre el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda, se puede reducir notablemente la pérdida en el núcleo incluso por una cantidad inferior de Cu.

65 Además, en el método de fabricación para el núcleo de polvo metálico, en la primera etapa, es preferible que el

polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda y el polvo de Cu se mezclen entre sí, después de ello, se añade el aglutinante y después se realiza la mezcla adicionalmente.

Además, en el método de fabricación para el núcleo de polvo metálico, es preferible que el polvo de Cu sea granular.

5 Además, en el método de fabricación para el núcleo de polvo metálico, es preferible que se proporcione una película de óxido de silicio sobre la superficie de una partícula del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda que se debe proporcionar antes de la primera etapa.

10 Además, en el método de fabricación para el núcleo de polvo metálico, es preferible que la cinta de aleación magnética blanda sea una cinta de aleación amorfa a base de Fe. La aleación amorfa a base de Fe es un material magnético que tiene alta densidad de saturación del flujo magnético y una baja pérdida y por lo tanto es adecuada como material magnético para el núcleo de polvo metálico. Además, en el método de fabricación para el núcleo de polvo metálico, es más preferible que el contenido de polvo de Cu sea desde el 0,1 % hasta el 7 % con respecto a la masa total del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda y el polvo de Cu.

15 Además, en el método de fabricación para el núcleo de polvo metálico, es también preferible que la cinta de aleación magnética blanda sea una cinta de aleación nanocristalina a base de Fe o una cinta de aleación a base de Fe que presente una estructura nanocristalina a base de Fe. La aleación nanocristalina a base de Fe es un material magnético que tiene una pérdida notablemente baja. A continuación, cuando el polvo pulverizado tiene una estructura nanocristalina, el material magnético es adecuado para lograr una reducción de la pérdida en el núcleo de polvo metálico. Además, en este caso, es más preferible que el contenido de polvo de Cu sea desde el 0,1 % hasta el 10% con respecto a la masa total del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda y el polvo de Cu.

25 Además, en el método de fabricación para el núcleo de polvo metálico, es preferible que la cinta de aleación a base de Fe que presenta una estructura nanocristalina a base de Fe se aplique y después el tratamiento de cristalización que provoca que se realice la presentación de una estructura nanocristalina a base de Fe después de la segunda etapa. De acuerdo con esta configuración, el tratamiento de cristalización puede servir también como tratamiento térmico para la liberación de tensión después de la presión. Esto simplifica el proceso.

30 **[Efectos de la invención]**

De acuerdo con la presente invención, un núcleo de polvo metálico puede ser proporcionado que emplea una configuración en la que el Cu se dispersa entre el polvo de material magnético blando de manera que se puede lograr la reducción de la pérdida en el núcleo. Cuando se emplea el núcleo de polvo metálico de la presente invención, se puede proporcionar un componente de bobina que tenga baja pérdida.

[Breve descripción de los dibujos]

40 La FIG. 1 es un diagrama esquemático de una sección transversal de un núcleo de polvo metálico, que ilustra el concepto de un núcleo de polvo metálico de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 2 es un diagrama esquemático que describe la forma y las dimensiones del polvo pulverizado de la cinta de aleación amorfa a base de Fe.

45 La FIG. 3 es una fotografía de observación por MEB (acrónimo de Microscopía Electrónica de Barrido) de una superficie de fractura de un núcleo de polvo metálico descrito en una realización.

[Modo de llevar a cabo la invención]

50 Las realizaciones de un núcleo de polvo metálico y un componente de bobina de acuerdo con la presente invención se describen a continuación en detalle. Sin embargo, la presente invención no se limita a las mismas.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático que ilustra la sección transversal de un núcleo de polvo metálico de acuerdo con la presente invención. El núcleo de polvo metálico 100 se construye a partir de polvo de material magnético blando. En la realización ilustrada en la FIG. 1, el polvo pulverizado 1 de la cinta de aleación magnética blanda (simplemente denominada polvo pulverizado en lo sucesivo) se emplea como polvo de material magnético blando.

En este caso, en la presente invención, el polvo de material magnético blando no se limita a uno particular.

60 Sin embargo, el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda tiene una ventaja de coste sobre un polvo atomizado o similar. Además, en el polvo pulverizado de aleación amorfa y aleación nanocristalina obtenido a partir de la cinta de aleación magnética blanda, se puede lograr una pérdida baja.

65 En el núcleo de polvo metálico 100 en la FIG. 1, el Cu (cobre metálico) 2 se dispersa entre el polvo pulverizado 1 que tiene una forma plana delgada. Esta configuración se puede obtener por la compactación de polvo mezclado de polvo pulverizado y polvo de Cu. El polvo de Cu mezclado interviene entre el polvo pulverizado 1 de la cinta de aleación magnética blanda. En este caso, en la siguiente descripción, el Cu que interviene entre el polvo pulverizado

1 de la cinta de aleación magnética blanda en el interior del núcleo de polvo metálico se denomina también polvo de Cu en algunos casos, por comodidad.

5 Por ejemplo, la cinta de aleación magnética blanda aplicada a la presente invención es una cinta de aleación amorfa o una cinta de aleación nanocristalina a base de Fe, a base de Co o similar. Entre estos, una cinta de aleación amorfa a base de Fe y una cinta de aleación nanocristalina a base de Fe son preferibles y tienen una alta densidad de saturación del flujo magnético. A continuación, se describen detalles de dichas cintas de aleación magnética blandas. El polvo pulverizado 1 de la cinta de aleación magnética blanda tiene una forma plana. Por lo tanto, el polvo pulverizado por sí solo tiene una fluidez de polvo insatisfactoria y por lo tanto un aumento de la densidad es difícil de lograr en el núcleo de polvo metálico. Por consiguiente, se adopta una configuración en la que el polvo de Cu menor que el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda se mezcla de manera que el polvo de Cu se dispersa entre el polvo pulverizado 1 de la cinta de aleación magnética blanda que tiene una forma plana delgada.

15 En general, el Cu es más blando que la cinta de aleación magnética blanda. Por lo tanto, en el momento de la compactación, el Cu se deforma fácilmente plásticamente y, por lo tanto, en este punto, contribuye a una mejora de la densidad. Además, se espera también un efecto de que se relaje el esfuerzo para el polvo pulverizado mediante la deformación del plástico. Además, para el propósito de dispersar el Cu entre el polvo de material magnético blando, se puede emplear un método de adición de polvo de Cu durante un proceso de fabricación. En ese momento, el polvo de Cu es granular, normalmente, esférico. Por lo tanto, cuando se contiene el polvo de Cu, en el momento de la presión, la fluidez del polvo se mejora y, por lo tanto, la densidad del núcleo de polvo metálico también se mejora.

En este punto, un efecto similar es probable también en un polvo de material magnético blando aparte del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda.

25 Además, en la presente invención, además del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda, puede estar contenido otro polvo magnético (por ejemplo, polvo atomizado).

Sin embargo, con el fin de que el efecto del polvo de Cu se exprese en el mayor grado, es más preferible que el polvo magnético se construya a partir del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda sola.

30 Además, en la presente invención, puede estar contenido polvo metálico no magnético aparte del polvo de Cu. Sin embargo, con el fin de que el efecto del polvo de Cu se exprese en el mayor grado, es más preferible que el polvo metálico no magnético consista en el polvo de Cu solo.

35 En este caso, una importante característica de la presente invención se describe a continuación.

40 Los presentes inventores descubrieron un efecto considerable específicamente atribuido a la adición de polvo de Cu, que es diferente de aquel del caso en el que el polvo atomizado amorfo se emplea como polvo esférico en una manera compuesta tal como en el Documento de Patente 1. Esto conduce a la presente invención. Es decir, el enfoque de que el polvo de Cu se añade de manera que el Cu se dispersa entre el polvo de material magnético blando tiene un efecto especialmente notable no solo en el aumento de la densidad sino también en la reducción de la pérdida.

45 Normalmente, el polvo de Cu menor que la superficie principal del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda se emplea de tal manera que el polvo de Cu se dispersa entre el polvo pulverizado 1 que tiene una forma plana delgada. De acuerdo con esta configuración, la pérdida en el núcleo se reduce en comparación con un caso en el que el polvo de Cu no está contenido, es decir, el Cu no está dispersado. El Cu incluso en una cantidad muy pequeña expresa un efecto notable de reducción en la pérdida en el núcleo. Por lo tanto, la cantidad de uso se puede suprimir hasta un valor pequeño. Por el contrario, cuando aumenta la cantidad de uso, se puede lograr un efecto prominente de reducción en la pérdida en el núcleo. Por lo tanto, la configuración en la que el polvo de Cu está contenido y después el Cu se dispersa entre el polvo pulverizado se prevé que sea una configuración adecuada para la reducción en la pérdida en el núcleo.

55 En la presente invención, la expresión de que el Cu se dispersa entre el polvo de material magnético blando indica que el Cu no necesita indispensablemente intervenir en cada hueco entre el material magnético blando y por lo tanto es suficiente que el Cu intervenga al menos en una parte de los huecos entre el polvo de material magnético blando. Además, aumentado el Cu dispersado, la pérdida en el núcleo disminuye adicionalmente. Por lo tanto, desde la perspectiva de la reducción en la pérdida en el núcleo, el contenido de Cu no está establecido. Sin embargo, el Cu en sí mismo no es un material magnético. Por lo tanto, cuando se considera la función como un núcleo magnético, por ejemplo, un 20 % o un porcentaje inferior es un intervalo práctico para el contenido de Cu (polvo de Cu) con respecto a la masa total de polvo de material magnético blando y Cu (polvo de Cu). El Cu incluso en una cantidad muy pequeña expresa un efecto suficiente de reducción en la pérdida. Sin embargo, por otro lado, un contenido excesivo de Cu provoca la reducción de la permeabilidad inicial.

65 En la presente invención, cuando una cinta de aleación amorfa a base de Fe se aplica como una cinta de aleación magnética blanda, es preferible que el contenido de Cu (polvo de Cu) sea desde el 0,1 % hasta el 7 % con respecto

a la masa total de polvo pulverizado y Cu (polvo de Cu). Además, de manera similar, en el caso de una cinta de aleación nanocristalina a base de Fe o de una cinta de aleación a base de Fe que presenta una estructura nanocristalina a base de Fe, es preferible que el contenido de Cu (polvo de Cu) sea desde el 0,1 % hasta el 10% con respecto a la masa total de polvo pulverizado y Cu (polvo de Cu). De acuerdo con esta configuración, en un estado
 5 en el que se mejora el efecto de reducción de la pérdida, la reducción de la permeabilidad inicial se puede suprimir dentro del 5 % en comparación con el caso en el que el Cu no está contenido. Además, es preferible que el contenido de Cu (polvo de Cu) sea desde el 0,1 % hasta el 1,5% con respecto a la masa total de polvo pulverizado y Cu (polvo de Cu). Siempre que el valor se encuentre dentro de este intervalo, la permeabilidad inicial tiene una
 10 tendencia a aumentar al aumentar el contenido del polvo de Cu. Además, un efecto notable de la reducción en la pérdida en el núcleo se expresa incluso cuando el Cu está contenido en una cantidad muy pequeña como este intervalo. Por lo tanto, siempre que el valor se encuentre dentro de este intervalo, la cantidad de uso de Cu se puede suprimir hasta un valor pequeño y por lo tanto se puede lograr una reducción del coste.

En la presente invención, el Cu se dispersa entre el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda que
 15 tiene una forma especialmente plana de manera que se puede reducir principalmente la pérdida de histéresis entre las pérdidas en el núcleo. En la técnica convencional, en un núcleo de polvo metálico que emplea polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda que tiene una forma plana, se necesita una alta presión en el momento de la presión. Por lo tanto, una tensión generada en el momento de la presurización tuvo una gran influencia y por lo tanto la pérdida de histéresis causada por ello ha sido difícil de reducir. Además, con el fin de reducir la pérdida de
 20 corriente de Foucault, la cinta de aleación magnética blanda necesita haber sido hecha delgada o, de manera alternativa, la relación del recubrimiento de aislamiento necesita haber sido aumentada. Esto provocó la dificultad en la fabricación o, de manera alternativa, un sacrificio de otras características. Por el contrario, cuando el Cu se dispersa de tal manera que la pérdida de histéresis se reduce, la reducción de la pérdida en el núcleo se puede lograr en un estado en el que se evitan las dificultades anteriormente mencionadas o similares.

Por ejemplo, la pérdida de histéresis medida en las condiciones de medición de una frecuencia de 20 kHz y una
 25 densidad aplicada de flujo magnético de 150 mT puede ser inferior o igual a 180 kW/m³ en el caso de una cinta de aleación amorfa a base de Fe e inferior o igual a 160 kW/m³ en el caso de una cinta de aleación nanocristalina a base de Fe, de tal manera que se puede reducir la pérdida en el núcleo global. Cuando se reduce la pérdida en el núcleo, una mejora de la eficacia y una reducción del tamaño se pueden lograr en un componente de bobina o un dispositivo que lo emplee. Por otro lado, incluso cuando se requiere un núcleo de polvo metálico de gran tamaño en las aplicaciones de alta tensión, la cantidad de generación de calor por unidad de volumen se reduce y por lo tanto la cantidad de generación de calor global se puede suprimir. Es decir, el núcleo de polvo metálico se puede aplicar
 35 fácilmente a aplicaciones de alta tensión y de tipo grande.

La morfología del Cu dispersado no se limita a una en particular. Además, la morfología del polvo de Cu que se
 40 puede emplear como materia prima para el Cu dispersado tampoco se limita a una en particular. Sin embargo, desde la perspectiva de la mejora de la fluidez en el momento de la formación presurizada, es más preferible que el polvo de Cu sea granular, especialmente, esférico. Dicho polvo de Cu se puede obtener, por ejemplo, por un método de atomización. Sin embargo, el método no se limita al mismo.

Es suficiente que el diámetro de grano del polvo de Cu sea tal que el polvo de Cu se pueda dispersar entre el polvo
 45 pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda que tiene una forma delgada. Por ejemplo, en el caso de polvo pulverizado solo, el embalaje es difícil de lograr incluso mediante presión. Por el contrario, cuando el polvo esférico más pequeño que el grosor del polvo pulverizado se introduce en los huecos entre el polvo pulverizado, se acelera adicionalmente la mejora en la densidad del embalaje.

El polvo granular como el polvo de Cu que es más blando que la aleación magnética blanda mejora la fluidez del
 50 polvo de material magnético blando y, al mismo tiempo, se deforma plásticamente en el momento de la compactación de manera que se reducen los huecos entre el polvo de material magnético blando. Con el fin de reducir los huecos de manera más fiable entre el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda, el diámetro de grano del polvo de Cu es del 50 % o inferior al grosor del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda tal como el polvo pulverizado de la cinta de aleación amorfa a base de Fe. Más específicamente, cuando el grosor del polvo pulverizado es 25 μm o inferior, es preferible que el diámetro de grano del polvo de Cu sea 12,5 μm o inferior. Cuando se considera el grosor de la cinta de aleación amorfa ordinaria o la cinta de aleación
 55 nanocristalina, el polvo de Cu de 8 μm o menor tiene una universalidad elevada y por lo tanto es más preferible. Cuando el diámetro de grano se vuelve excesivamente pequeño, la fuerza cohesiva del polvo se vuelve grande y por lo tanto la dispersión se vuelve difícil. Por lo tanto, el diámetro de grano del polvo de Cu es 2 μm o superior. En este caso, desde la perspectiva del coste, se puede emplear el polvo de Cu que tenga un diámetro de grano de 6 μm o mayor.
 60

El diámetro de grano del polvo de Cu empleado como materia prima se puede evaluar como el diámetro medio D50 (un diámetro de partícula que corresponde al 50 % en volumen acumulado) medido por un método de difracción
 65 láser/de dispersión. El diámetro medio D50 del polvo de Cu empleado como materia prima coincide prácticamente con el valor numérico del diámetro de grano del polvo de Cu en el núcleo de polvo metálico observado y medido con un MEB después de la compactación. En este caso, el diámetro de la partícula de Cu dispersada y deformada

plásticamente entre el polvo pulverizado se vuelve un poco mayor que los diámetros de grano del polvo de Cu en el estado de polvo anteriormente mencionado. La evaluación del diámetro de grano para el polvo de Cu dispersado en el núcleo de polvo metálico se puede realizar de tal manera que la observación por MEB se realice sobre la superficie de fractura del núcleo de polvo metálico, después el promedio del diámetro máximo y el diámetro mínimo de una partícula de Cu observada se adopta como el diámetro de grano, y después los diámetros de grano de cinco o más partículas de Cu se promedian de tal manera que el valor obtenido se evalúa como el diámetro de grano del polvo de Cu. Es preferible que el diámetro de la partícula de Cu dispersada y deformada plásticamente entre el polvo pulverizado se encuentre dentro de un intervalo de 2 μm hasta 15 μm .

Por ejemplo, la cinta de aleación magnética blanda se obtiene por enfriamiento del metal fundido como en un método de rollo único. La composición de aleación no está limitada y se puede seleccionar de acuerdo con las características necesarias. En el caso de una cinta de aleación amorfa, es preferible emplear una cinta de aleación amorfa a base de Fe que tenga una alta densidad de saturación del flujo magnético B_s de 1,4 T o superior. Por ejemplo, se puede emplear una cinta de aleación amorfa a base de Fe de la familia Fe-Si-B o similar representada por material 2605SA1 de Metglas (marca registrada).

Por otro lado, en el caso de una cinta de aleación nanocristalina, es preferible emplear una cinta de aleación nanocristalina a base de Fe que tenga una alta densidad de saturación del flujo magnético B_s de 1,2 T o superior. La cinta de aleación nanocristalina empleada puede ser una cinta de aleación magnética blanda conocida en la técnica convencional y que tenga una estructura microcristalina cuyo diámetro de grano sea 100 nm o menor. Específicamente, por ejemplo, se puede emplear una cinta de aleación nanocristalina a base de Fe de familia Fe-Si-B-Cu-Nb, familia Fe-Cu-Si-B, familia Fe-Cu-B, familia Fe-Ni-Cu-Si-B o similar. Además, se puede emplear una familia en la que se sustituye una parte de estos elementos o una familia en la que se añaden otros elementos. Como tal, cuando una aleación nanocristalina a base de Fe se emplea como un material magnético, es suficiente que el polvo pulverizado en el núcleo de polvo metálico finalmente obtenido tenga una estructura nanocristalina. Por lo tanto, en el momento de proporcionarse para la pulverización, la cinta de aleación magnética blanda puede ser una cinta de aleación nanocristalina a base de Fe o alternativamente una cinta de aleación a base de Fe que presenta una estructura nanocristalina a base de Fe. La cinta de aleación que presenta una estructura nanocristalina a base de Fe indica una cinta de aleación cuyo polvo pulverizado tiene una estructura nanocristalina a base de Fe en el núcleo de polvo metálico finalmente obtenido que se ha sometido a un tratamiento de cristalización a pesar de estar en un estado de aleación amorfa en el momento de la pulverización. Por ejemplo, un caso en el que el tratamiento térmico de cristalización se realiza después de la pulverización o alternativamente después de la presión corresponde a ello.

En este caso, en una aleación nanocristalina de la familia Fe-Si-B-Cu-Nb representada por FINEMET (marca registrada) fabricado por Hitachi Metals, Ltd., el efecto del aumento de la densidad por la dispersión de Cu es reconocible. Sin embargo, la fuerza coercitiva y la constante de magnetostricción son intrínsecamente pequeñas y por lo tanto la pérdida en sí misma es extremadamente baja. Por lo tanto, el efecto de la reducción en la pérdida en el núcleo es difícil de reconocer. Por lo tanto, cuando la configuración de la dispersión de Cu se aplica a una cinta de aleación nanocristalina como una de la familia Fe-Cu-Si-B que tiene una constante de magnetostricción de 5×10^{-6} o superior y por lo tanto una pérdida superior, el efecto de la reducción en la pérdida en el núcleo por la dispersión de Cu se puede reconocer más claramente.

Específicamente, por ejemplo, como una cinta de aleación amorfa a base de Fe que tiene una alta densidad de saturación del flujo magnético, una composición de aleación es preferible que se exprese por $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{B}_c\text{C}_d$ con $76 \leq a < 84$, $0 < b \leq 12$, $8 \leq c \leq 18$, y $d \leq 3$ en % atómico y contiene impurezas inevitables.

Cuando la cantidad a de Fe es inferior al 76 % atómico, una alta densidad de saturación del flujo magnético B_s como un material magnético se vuelve difícil de obtener. Además, cuando el valor es un 84 % atómico o superior, la estabilidad térmica se reduce de manera que la fabricación estable de la cinta de aleación amorfa se vuelve difícil. Con el fin de una fabricación alta en B_s y estable, un valor superior o igual al 79 % atómico e inferior o igual al 83 % atómico es más preferible.

El elemento Si es un elemento que contribuye a la capacidad de formación de la fase amorfa. Para que el B_s pueda ser mejorado, la cantidad b de Si necesita ser un 12 % atómico o inferior. Además, un valor del 5 % atómico o inferior es más preferible.

B es un elemento que contribuye muy fuertemente en la capacidad de formación de la fase amorfa. Cuando la cantidad c de B es inferior al 8 % atómico, la estabilidad térmica se reduce. Cuando el valor excede el 18 % atómico, la capacidad de formación de la fase amorfa se satura. Con el fin de coexistencia de un alto B_s y la capacidad de formación de la fase amorfa, es más preferible que la cantidad B sea superior o igual al 10 % atómico e inferior o igual al 17 % atómico.

C es un elemento que tiene un efecto de mejorar una propiedad de cuadratura del material magnético y mejorar el B_s , pero no es indispensable. Cuando la cantidad d de C es superior al 3 % atómico, aparece la fragilización significativamente y disminuye la estabilidad térmica.

En este caso, para la cantidad a de Fe, cuando un 10 % atómico o menos se sustituye por Co, el Bs se puede mejorar. Además, por lo menos uno o más tipos de elementos seleccionados entre Cr, Mo, Zr, Hf, y Nb se pueden contener desde el 0,01 hasta el 5 % atómico. Además, como impurezas inevitables, por lo menos uno o más tipos de elementos seleccionados entre S, P, Sn, Cu, Al, y Ti pueden estar contenidos en un 0,5 % atómico o inferior.

5 La morfología del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda tal como una cinta de aleación amorfa a base de Fe se ilustra en la FIG. 2. En general, la cinta de aleación magnética blanda tiene un grosor menor de unas pocas decenas de μm o similar. Por lo tanto, una partícula cuyas superficies principales tienen una elevada relación de aspecto se rompe fácilmente de tal manera que la relación de aspecto se puede reducir. Por lo tanto, aunque las superficies principales (un par de caras perpendiculares a la dirección del grosor) de cada partícula son irregulares, la diferencia entre el mínimo d y el máximo m en las direcciones en plano de las superficies principales se reduce y por lo tanto el polvo pulverizado en forma de barra es difícil de generar. El grosor t de la cinta de aleación magnética blanda se encuentra dentro de un intervalo de 10 a 50 μm . Cuando el espesor es inferior a 10 μm , la resistencia mecánica de la cinta de aleación en sí misma es baja y por lo tanto la fundición estable de una cinta de aleación larga se vuelve difícil. Además, cuando el grosor excede 50 μm , una parte de las aleaciones es fácilmente cristalizada. A continuación, en este caso, las características se degradan. Es preferible que el grosor sea de 13 a 30 μm .

Además, cuando el diámetro de grano del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda se hace más pequeño, la tensión del procesamiento introducida por la pulverización se vuelve mayor. Esto provoca un aumento en la pérdida en el núcleo. Por otro lado, cuando el diámetro de grano es grande, la fluidez se reduce hasta que la mejora de la densidad se vuelve difícil de conseguir. Por lo tanto, es preferible que el diámetro de grano del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda en una dirección (las direcciones en plano de las superficies principales) perpendiculares a la dirección del grosor sea superior a 2 veces el grosor de la cinta de aleación e inferior o igual a 6 veces. En este caso, el diámetro de grano del polvo pulverizado en el núcleo de polvo metálico se evalúa puliendo una sección transversal (una sección transversal vista desde una dirección perpendicular a la dirección de presurización del núcleo de polvo metálico) donde las secciones transversales de las cintas en la dirección del grosor están expuestas predominantemente y después se observa usando un microscopio electrónico de barrido (denominado MEB en lo sucesivo) o similar. Específicamente, se toma una fotografía de la sección transversal pulida. A continuación, las dimensiones en la dirección longitudinal de polvo pulverizado plano presente dentro de un campo de visión de 0,2 mm^2 se promedian y adoptan como el diámetro de grano del polvo pulverizado. En el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda, en la observación al MEB, la morfología del procesamiento de pulverización es difícilmente reconocida en las dos superficies principales paralelas perpendiculares a la dirección del grosor. Es decir, los bordes en las partes finales de las superficies principales se reconocen claramente.

En el núcleo de polvo metálico, cuando se toma un medio de aislamiento en el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda, la pérdida de corriente de Foucault se puede suprimir de tal manera que se puede obtener una baja pérdida en el núcleo. Por lo tanto, es preferible proporcionar un revestimiento de aislamiento delgado sobre la superficie de una partícula del polvo pulverizado. El polvo pulverizado en sí mismo puede oxidarse de tal manera que se puede formar una película de óxido sobre la superficie. Sin embargo, no siempre es fácil que se forme, mediante este método, una película de óxido que tenga una alta uniformidad y fiabilidad en un estado en el que se suprima el daño del polvo pulverizado. Por lo tanto, es preferible proporcionar un revestimiento compuesto por un óxido aparte del óxido de un contenido de la aleación del polvo pulverizado.

En este punto, es preferible una configuración en la que una película de óxido de silicio se proporciona sobre la superficie de una partícula del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda. El óxido de silicio es excelente en aislamiento. Además, una película homogénea se forma fácilmente por un método descrito a continuación. Con el fin de un aislamiento fiable, es preferible que el grosor de la película de óxido de silicio sea 50 nm o superior. Por otro lado, cuando la película de óxido de silicio se vuelve excesivamente gruesa, el factor espacio del núcleo de polvo metálico disminuye y por lo tanto la distancia de partícula a partícula en el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda aumenta de tal manera que la permeabilidad inicial disminuye. Por lo tanto, es preferible que la película sea de 500 nm o inferior.

Después, un proceso de fabricación para un núcleo de polvo metálico en el que el Cu está dispersado se describe a continuación. El método de fabricación de la presente invención es un método de fabricación para el núcleo de polvo metálico construido a partir de polvo de material magnético blando, en el que el polvo de material magnético blando es polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda, y en el que el método incluye: un primer proceso de mezcla del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda y el polvo de Cu entre sí; y un segundo proceso de realización de la presión del polvo mezclado obtenido mediante el primer proceso. Como resultado del primer y del segundo procesos, se obtiene un núcleo de polvo metálico en el que el Cu se dispersa entre el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda. En cuanto a la parte distinta del primer y del segundo procesos, una configuración de acuerdo con un método de fabricación para un núcleo de polvo metálico conocida en la técnica convencional se puede aplicar de manera adecuada cuando sea necesario.

En primer lugar, se da una descripción de un ejemplo de un método de fabricación de polvo pulverizado de la cinta

de aleación magnética blanda que se debe proporcionar al primer proceso. En la pulverización de una cinta de aleación magnética blanda, la propiedad de pulverización se mejora cuando se realiza con anterioridad un tratamiento de fragilización. Por ejemplo, una cinta de aleación amorfa a base de Fe tiene una propiedad en la que la fragilización se causa por el tratamiento térmico a 300 °C o más de tal manera que la pulverización se vuelve fácil. Al aumentar la temperatura de este tratamiento térmico, la fragilización ocurre más fuertemente de tal manera que la pulverización se vuelve fácil. Sin embargo, cuando la temperatura excede 380 °C, la pérdida en el núcleo Pcv aumenta. Una temperatura de tratamiento térmico de fragilización preferida es superior o igual a 320 °C e inferior a 380 °C. El tratamiento de fragilización puede realizarse en un estado embobinado en el que se enrolla la cinta. Alternativamente, el tratamiento de fragilización se puede realizar en un estado en forma de masa logrado cuando la cinta no enrollada se presiona dentro de una forma dada. Sin embargo, este tratamiento de fragilización no es indispensable. Por ejemplo, en el caso de una cinta de aleación nanocristalina o una cinta de aleación que presenta una estructura nanocristalina que son intrínsecamente frágiles, se omite el tratamiento de fragilización.

En este caso, el polvo pulverizado se puede obtener por una etapa de pulverización. Sin embargo, para obtener un diámetro de grano deseado, a partir de la perspectiva de la capacidad de pulverización y de uniformidad en el diámetro de grano, es preferible que el proceso de pulverización se divida en al menos dos etapas y se realice en la forma de pulverización gruesa y pulverización fina posterior de tal manera que el diámetro de grano se reduzca gradualmente. Es más preferible que la pulverización se realice en tres etapas que consisten en pulverización gruesa, pulverización media y pulverización fina.

Con el fin de homogenizar el diámetro de grano, es preferible que la clasificación se realice sobre el polvo pulverizado que ha experimentado el proceso de pulverización. El método de clasificación no se limita a uno particular. Sin embargo, un método que emplea un tamiz es simple y preferible.

Dicho método que emplea tamices se describe a continuación. Se emplean dos tipos de tamices que tienen aberturas mutuamente diferentes. A continuación, el polvo pulverizado que ha pasado a través del tamiz que tiene la abertura más grande y que no ha pasado a través del tamiz que tiene la abertura más pequeña se adopta como polvo de materia prima para el núcleo de polvo metálico. En este caso, el diámetro mínimo de cada partícula del polvo pulverizado posterior a la clasificación se vuelve más pequeño o igual al valor numérico (la dimensión diagonal de la abertura; denominado límite superior en lo sucesivo) obtenido multiplicando por 1,4 la dimensión de la abertura del tamiz que tiene la abertura más grande.

Además, cuando se supone que la clasificación ha sido lograda con precisión, el diámetro mínimo se puede considerar más grande que un valor numérico (la dimensión diagonal de la abertura; denominado límite inferior en lo sucesivo) obtenido multiplicando por 1,4 la dimensión de la abertura del tamiz que tiene la abertura más pequeña. Por lo tanto, en el polvo pulverizado que ha experimentado la clasificación anteriormente mencionada, el diámetro mínimo d de cada partícula se encuentra dentro de un intervalo entre el límite superior y el límite inferior calculado a partir de las aberturas de los tamices. Además, este intervalo aproximadamente coincide con un intervalo de los diámetros mínimos en las direcciones en plano de las superficies principales observadas y medidas con un MEB.

El diámetro de grano del polvo pulverizado que ha experimentado la clasificación y que todavía no ha experimentado la presión se puede controlar usando el límite inferior y el límite superior del diámetro mínimo d . Tal y como se ha descrito anteriormente, un diámetro de grano más pequeño en la partícula indica que una tensión de procesamiento mayor mediante la pulverización.

Desde la perspectiva de asegurar la fluidez o similar, el polvo puede ser utilizado después de eliminar las partículas gruesas solas. Sin embargo, tal y como se ha descrito anteriormente, es más preferible que las partículas finas se eliminen también. Desde la perspectiva de una baja pérdida en el núcleo, es preferible que el límite inferior del diámetro mínimo d se establezca para exceder dos veces el grosor de la cinta de aleación magnética blanda. Además, cuando el límite superior del diámetro mínimo d se establece que es 6 veces o más pequeño que el grosor de la cinta de aleación magnética blanda, la fluidez en el momento de presionar se asegura de tal manera que la densidad de presión se puede aumentar.

Cuando el límite superior y el límite inferior del diámetro mínimo d anteriormente mencionado se controlan, se puede obtener el intervalo preferible anteriormente mencionado del diámetro de grano del polvo pulverizado en el núcleo de polvo metálico.

Después, con el fin de reducir la pérdida, es preferible que se proporcione un revestimiento de aislamiento en el polvo pulverizado que ha experimentado el proceso de pulverización. Un método de formación para ello se ha descrito a continuación. Por ejemplo, en el caso de que se emplee un polvo aleado magnético blando a base de Fe, cuando se realice un tratamiento térmico a 100 °C o más en una atmósfera húmeda, el Fe sobre la superficie de una partícula del polvo aleado magnético blando se oxida o hidroxila de tal manera que un revestimiento de aislamiento de óxido de hierro o hidróxido de hierro se puede formar.

Además, cuando el polvo aleado magnético se sumerge y agita en una solución mezclada de TEOS (tetraetoxisilano), etanol y amoníaco acuoso, y se seca después, una película de óxido de silicio se puede formar

sobre la superficie de una partícula del polvo pulverizado. De acuerdo con este método, una reacción química tal como la oxidación de la superficie de una partícula del polvo aleado magnético blando mismo no es necesaria. Además, el silicio y el oxígeno se unen entre sí de manera tal que se forma una película de óxido de silicio en una forma de red y plana de una partícula del polvo aleado magnético blando. Por lo tanto, un revestimiento de aislamiento que tiene un grosor uniforme se puede formar en la superficie de una partícula del polvo aleado magnético blando.

Después, el primer proceso de mezcla del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda y el polvo de Cu se describe a continuación. El método de mezcla para el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda y el polvo de Cu no se limita a uno particular. A continuación, por ejemplo, se puede emplear una mezcladora de agitación de tipo en seco. Además, mediante el primer proceso, se mezcla el aglutinante orgánico siguiente o similar. El polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda, el polvo de Cu, el aglutinante orgánico y similares se pueden mezclar simultáneamente. Sin embargo, desde la perspectiva de la mezcla uniforme y eficaz del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda y el polvo de Cu, es preferible que mediante el primer proceso, el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda y el polvo de Cu se mezclen primero entre ellos y, después de ello, se añada el aglutinante y se realice después la mezcla adicionalmente. Habida cuenta de ello, la mezcla uniforme se puede conseguir en un tiempo más corto y por lo tanto se puede conseguir un acortamiento del tiempo de mezcla.

En el momento de presionar el polvo mezclado del polvo pulverizado y el polvo de Cu, un aglutinante orgánico se puede emplear con el fin de unir el polvo a temperatura ambiente. Por otro lado, la aplicación del tratamiento térmico post-presión descrito a continuación es eficaz con el fin de eliminar la tensión del procesamiento mediante pulverización o presión. Cuando se aplica este tratamiento térmico, el aglutinante orgánico prácticamente desaparece por descomposición térmica. Por lo tanto, en el caso del aglutinante orgánico por sí solo, la fuerza aglutinante en el polvo del polvo pulverizado y el polvo de Cu se pierde después del tratamiento térmico de tal manera que la fuerza compacta ya no se puede mantener en algunos casos. Por lo tanto, para que el polvo se pueda unir incluso después del tratamiento térmico, es eficaz añadir un aglutinante de alta temperatura junto con el aglutinante orgánico. Es preferible que el aglutinante de alta temperatura representado por un aglutinante inorgánico sea un aglutinante que, en un intervalo de temperatura en el que el aglutinante orgánico sufre descomposición térmica, comienza a expresar la fluidez y por lo tanto moja y extiende la superficie del polvo de manera que se une el polvo. Cuando se aplica el aglutinante de alta temperatura, la fuerza aglutinante se puede mantener incluso después de enfriarse a temperatura ambiente.

Es preferible que el aglutinante orgánico sea un aglutinante que mantenga la fuerza aglutinante en el polvo de tal manera que no se produzca una viruta o una grieta en el compacto durante la manipulación antes del proceso de presión y del tratamiento térmico, y que sufra fácilmente la descomposición térmica por el tratamiento térmico posterior a la presión. Una resina de familia acrílica o un alcohol polivinílico es preferible como aglutinante cuya descomposición térmica es prácticamente completada por el tratamiento térmico post-presión.

Como el aglutinante de alta temperatura, un vidrio de baja fusión en el cual se obtiene la fluidez a temperaturas relativamente bajas y una resina de silicona que es excelente en resistencia al calor y al aislamiento son preferibles. Como la resina de silicona, una resina de metil silicona y una resina de fenilmetil silicona son más preferibles. La cantidad que se debe añadir se determina de acuerdo con: la fluidez del aglutinante de alta temperatura y la humectabilidad y la resistencia adhesiva relativa a la superficie del polvo; el área superficial del polvo metálico y la resistencia mecánica requerida en el núcleo después del tratamiento térmico; y la pérdida en el núcleo Pcv requerida. Cuando la cantidad añadida del aglutinante de alta temperatura aumenta, la resistencia mecánica del núcleo aumenta. Sin embargo, al mismo tiempo, el esfuerzo del polvo aleado magnético blando también aumenta. Por lo tanto, la pérdida en el núcleo Pcv también aumenta. Por consiguiente, una baja pérdida en el núcleo Pcv y una elevada resistencia mecánica están en una relación de compensación. La cantidad añadida se optimiza de acuerdo con la pérdida en el núcleo Pcv requerida y la resistencia mecánica.

Además, con el fin de reducir la fricción entre el polvo y el molde metálico en el momento de la presión, es preferible que el ácido esteárico o estearato tal como estearato de zinc se añada del 0,5 al 2,0 % en masa con respecto a la masa total del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda, el polvo de Cu, el aglutinante orgánico y el aglutinante de alta temperatura. En el estado en el que se mezcla el aglutinante orgánico, el polvo mezclado está en un estado de polvo aglomerado que tiene una distribución de tamaño de grano amplia que pertenece a la función aglutinante del aglutinante orgánico. Cuando el polvo se hace pasar a través de un tamiz tal como un tamiz de vibración, se obtiene polvo granulado.

El polvo mezclado obtenido por el primer proceso se granula como se ha descrito anteriormente y después se proporciona al segundo proceso de realización de presión. El polvo mezclado granulado se forma en una forma dada tal como una forma toroidal y una forma paralelepípeda rectangular por presión usando un molde de formación. Normalmente, la presión se puede lograr a una presión superior o igual a 1 GPa e inferior o igual a 3 GPa con un tiempo de retención de varios segundos o similar. La presión y el tiempo de retención se optimizan de acuerdo con el contenido del aglutinante orgánico y la resistencia compacta requerida. En el núcleo de polvo metálico, desde la perspectiva de la resistencia y las características, se prefiere en la práctica una compactación de $5,3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ o

superior.

Para obtener una propiedad magnética satisfactoria, es preferible que se relaje la tensión por esfuerzo causada por el proceso de pulverización anteriormente mencionado y el segundo proceso de presión. En el caso de una cinta de aleación amorfa a base de Fe, cuando el tratamiento térmico se realiza dentro de un intervalo de temperatura superior o igual a 350 °C e inferior o igual a la temperatura de cristalización (normalmente inferior o igual a 420 °C), el efecto de la relajación de la tensión por esfuerzo es grande y por lo tanto se puede obtener una baja pérdida en el núcleo Pcv. A una temperatura inferior a 350 °C, la relajación de la tensión es insuficiente. Además, cuando la temperatura excede la temperatura de cristalización, una parte del polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda se deposita como granos de cristales a granel de tal manera que la pérdida en el núcleo Pcv aumenta notablemente. Además, con el fin de obtener de manera estable una baja pérdida en el núcleo Pcv, una temperatura superior o igual a 380 °C e inferior o igual a 410 °C es más preferible. El tiempo de retención se establece de manera adecuada de acuerdo con el tamaño del núcleo de polvo metálico, el rendimiento, el intervalo permisible para las variaciones de las características y similares. A continuación, un valor de 0,5 a 3 horas es preferible.

En este caso, la temperatura de cristalización se describe a continuación. La temperatura de cristalización puede ser determinada midiendo el comportamiento exotérmico con un calorímetro diferencial de barrido (CDB). En una realización descrita a continuación, Metglas (marca registrada) 2605SA1 fabricado por Hitachi Metals, Ltd. se emplea como una cinta de aleación amorfa a base de Fe. La temperatura de cristalización en un estado de cinta de aleación es 510 °C y superior a la temperatura de cristalización de 420 °C en un estado de polvo pulverizado. La razón de ello es que se espera que en el polvo pulverizado, debido al esfuerzo en el momento de la pulverización, la cristalización comience a una temperatura inferior a la temperatura de cristalización intrínseca de la cinta de aleación.

Por otro lado, en el caso de que la cinta de aleación magnética blanda sea una cinta de aleación nanocristalina o una cinta de aleación que presente una estructura nanocristalina a base de Fe, el tratamiento de cristalización se realiza en cualquier etapa del proceso de tal manera que se imparte una estructura nanocristalina al polvo pulverizado. Es decir, el tratamiento de cristalización se puede realizar antes de la pulverización y el tratamiento de cristalización se puede realizar después de la pulverización. En este caso, el alcance del tratamiento de cristalización incluye también el tratamiento térmico para la aceleración de la cristalización de la mejora de la relación de la estructura nanocristalina. El tratamiento de cristalización puede servir también como tratamiento térmico para la relajación de la tensión posterior a la presión, o alternativamente se puede realizar como un proceso separado del tratamiento térmico para la relajación de la tensión. Sin embargo, desde la perspectiva de la simplificación del proceso de fabricación, es preferible que el tratamiento de cristalización sirva también como tratamiento térmico para la relajación de la tensión posterior a la presión. Por ejemplo, en el caso de una cinta de aleación que presenta una estructura nanocristalina a base de Fe, es suficiente que el tratamiento térmico posterior a la presión que sirve también como tratamiento de cristalización se realice dentro de un intervalo de 390 °C a 480 °C.

El componente de bobina de la presente invención incluye: un núcleo de polvo metálico obtenido como se ha descrito anteriormente; y una bobina enrollada alrededor del núcleo de polvo metálico. La bobina se puede construir enrollando un alambre alrededor del núcleo de polvo metálico o alternativamente enrollando un alambre alrededor de un carrete. Por ejemplo, el componente de bobina es un regulador, un inductor, un reactor, un transformador o similar. Por ejemplo, el componente de bobina se emplea en un circuito de CFP adoptado en un electrodoméstico tal como una televisión y un acondicionador de aire, en un circuito de alimentación eléctrica para la generación de energía fotovoltaica o de un vehículo híbrido o un vehículo eléctrico o similares, para contribuir así a una reducción de la pérdida y a la mejora de la eficacia en estos dispositivos y aparatos.

[Realizaciones]

[Realización que emplea una cinta de aleación amorfa]

(Fabricación de polvo pulverizado para cinta de aleación amorfa)

Como cinta de aleación amorfa a base de Fe, se empleó material 2605SA1 de Metglas (marca registrada) con un grosor promedio de 25 µm fabricado por Hitachi Metals, Ltd. El material 2605SA1 es un material de la familia Fe-Si-B. Esta cinta de aleación amorfa a base de Fe se enrolló alrededor de un núcleo de aire dentro de 10 kg. La cinta de aleación amorfa a base de Fe se calentó a 360 °C durante 2 horas en un horno de atmósfera de aire seco de manera que se realizó la fragilización. Después de que se enfriara el cuerpo enrollado sacado del horno, se realizaron una pulverización gruesa, una pulverización media y una pulverización fina sucesivamente con pulverizadores mutuamente diferentes. El polvo pulverizado de la cinta de aleación obtenido se hizo pasar a través de un tamiz de apertura de 106 µm (diagonal 150 µm). En ese momento, aproximadamente el 80 % en masa pasó a través del tamiz. Además, el polvo pulverizado de la cinta de aleación que pasó a través de un tamiz de apertura de 35 µm (diagonal 49 µm) se eliminó. El polvo pulverizado de la cinta de aleación que pasó a través del tamiz de apertura de 106 µm y que no pasó a través del tamiz de apertura de 35 µm se observó con un MEB. En el polvo que pasó a través del tamiz, dos superficies principales de la cinta metálica tuvieron formas irregulares como se ilustra en la FIG. 2. El intervalo del diámetro mínimo fue desde 50 µm hasta 150 µm. Además, la morfología del procesamiento

pulverizado se reconoció difícilmente en las dos superficies principales. Es decir, los bordes en las partes finales de las dos superficies principales se reconocieron claramente.

(Formación de película de óxido de silicio sobre la superficie del polvo pulverizado de la cinta de aleación amorfa)

5 5 kg del polvo pulverizado de la cinta de aleación amorfa, 200 g de TEOS (tetraetoxisilano, $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$), 200 g de solución de amoníaco acuosa (contenido de amoníaco desde el 28 al 30 % en volumen), 800 g de etanol se mezclaron y se agitaron durante 3 horas. Después, el polvo pulverizado de la cinta de aleación se separó mediante filtración y después se secó en un horno a 100 °C. Después del secado, cuando la sección transversal del polvo
10 pulverizado de la cinta de aleación amorfa se observó con un MEB, una película de óxido de silicio se formó sobre la superficie de una partícula del polvo pulverizado y el grosor fue desde 80 hasta 150 nm.

(Primer proceso (mezcla de polvo pulverizado y polvo de Cu))

15 Como el polvo de Cu, se empleó un polvo esférico que tenía un diámetro de grano promedio de 4,8 μm . Un total de 5 kg de polvo pulverizado y polvo de Cu que tenía un peso que satisfacía la relación de masa del polvo pulverizado de la cinta de aleación amorfa y el polvo de Cu como se relaciona en la Tabla 1, 60 g de fenilmetil silicona (SILRES H44 fabricado por Wacker Asahikasei Silicone Co., Ltd.) sirviendo como aglutinante de alta temperatura y 100 g de resina acrílica (Polysol AP- 604 fabricado por Showa Highpolymer Co., Ltd.) sirviendo como aglutinante orgánico, se
20 mezclaron y después se secaron a 120 °C durante 10 horas de tal manera que se obtuvo un polvo mezclado.

En este caso, a efectos de comparación, en lugar del polvo de Cu, se investigaron también otros polvos que tuvieron de manera similar un diámetro de grano promedio de aproximadamente 5 μm . Como ejemplos comparativos, se prepararon: polvo mezclado (N.º 12) que empleó, en vez del polvo de Cu, polvo esférico atomizado de aleación
25 amorfa a base de Fe (fórmula de la composición: $\text{Fe}_{74}\text{B}_{11}\text{Si}_{11}\text{C}_2\text{Cr}_2$) con un diámetro de grano promedio de 5 μm y después se fabricó de manera similar al ejemplo de la presente invención en los otros puntos; y polvo mezclado (N.º 13) que empleó, en vez del polvo de Cu, polvo de Al con un diámetro de grano promedio de 5 μm y después se fabricó de manera similar al ejemplo de la presente invención en los otros puntos.

30 (Segundo proceso (presión) y tratamiento térmico)

Cada polvo mezclado obtenido del primer proceso se dejó pasar a través de un tamiz de apertura de 425 μm de manera que se obtuvo polvo granulado. Al pasar a través del tamiz de apertura de 425 μm , se obtiene el polvo
35 granulado con un diámetro de grano inferior o igual a aproximadamente 600 μm . 40 g de estearato de zinc se mezclaron con este polvo granulado y después se realizó la presión a una presión de 2 GPa con un tiempo de retención de 2 segundos usando una máquina de presión de manera que se puede obtener una forma toroidal con un diámetro exterior de 14 mm, un diámetro interior de 8 mm y una altura de 6 mm. El compacto obtenido se procesó por tratamiento térmico a 400 °C durante 1 hora en una atmósfera de aire en un horno.

40 (Medición de la propiedad magnética)

En el núcleo de polvo metálico en forma toroidal fabricado por el proceso anteriormente mencionado, un enrollamiento de 29 vueltas se proporcionó como cada uno de los enrollamientos primario y secundario usando un
45 alambre revestido de aislante con un diámetro de 0,25 mm. La pérdida en el núcleo P_{cv} se midió en las condiciones de una densidad de flujo magnético máximo de 150 mT y una frecuencia de 20 kHz usando un B-H Analyzer SY-8232 fabricado por Iwatsu Test Instruments Corporation.

Además, la medición de la permeabilidad inicial μ_i se realizó en el núcleo de polvo metálico de forma toroidal provisto de un enrollamiento de 30 vueltas de un alambre revestido de aislante con un diámetro de 0,5 mm, a una
50 frecuencia de 100 kHz usando 4284A fabricado por Hewlett-Packard Company. Los resultados se relacionan en la Tabla 1.

Además, para una parte de los núcleos de polvo metálico, además de la medición de la pérdida en el núcleo descrita anteriormente, la dependencia de la frecuencia de la pérdida en el núcleo se midió cambiando la frecuencia entre 10
55 kHz y 100 kHz. A continuación, la parte αf proporcional a la frecuencia f se adoptó como la pérdida de histéresis Ph_v , después la parte βf^2 proporcional al cuadrado f^2 de la frecuencia f se adoptó como la pérdida de corriente de Foucault P_{ev} , y después la pérdida de histéresis y la pérdida de corriente de Foucault se evaluaron por separado. Con base en esta evaluación, se calculó la pérdida de histéresis Ph_v sobre el total de la pérdida de corriente de Foucault P_{ev} y la pérdida de histéresis Ph_v medida sobre las condiciones de medición de una frecuencia de 20 kHz
60 y una densidad de flujo magnético aplicada de 150 mT. Los resultados se relacionan en la Tabla 2 junto con la densidad del núcleo de polvo metálico.

[Tabla 1]

Nº	Porcentaje de contenido de polvo pulverizado (% en masa)	Porcentaje de contenido de polvo de Cu (% en masa)	Pérdida en el núcleo Pcv (kW/m ³)	Permeabilidad inicial μ i	Observación
1	100,0	0,0	261	45	Ejemplo comparativo
2	99,9	0,1	215	45	Ejemplo de la presente invención
3	99,7	0,3	205	45	
4	99,5	0,5	206	45	
5	99,0	1,0	206	45	
6	98,0	2,0	189	45	
7	97,0	3,0	164	45	
8	95,0	5,0	165	44	
9	93,0	7,0	141	43	
10	91,0	9,0	139	38	
11	90,0	10,0	137	36	
12	97,0	3,0(*)	236	49	Ejemplo comparativo
13	98,0	2,0(**)	254	43	

(*) Se empleó polvo atomizado de aleación amorfa a base de Fe en lugar de polvo de Cu.
(**) Se empleó polvo de Al en lugar de polvo de Cu.

[Tabla 2]

Nº	Porcentaje de contenido de polvo pulverizado (% en masa)	Porcentaje de contenido de polvo de Cu (% en masa)	Densidad $\times 10^3$ (kg/m ³)	Phv (kW/m ³)	Pev (kW/m ³)	Observación
1	100,0	0,0	5,40	234	33	Ejemplo comparativo
2	99,9	0,1	5,42	176	36	Ejemplo de la presente invención
4	99,5	0,5	5,43	174	31	
5	99,0	1,0	5,45	176	28	
6	98,0	2,0	5,47	158	29	
7	97,0	3,0	5,50	127	29	
9	93,0	7,0	5,60	116	32	
11	90,0	10,0	5,62	109	32	
12	97,0	3,0(*)	5,47	203	37	
13	98,0	2,0(**)	5,28	230	29	

(*) Se empleó polvo atomizado de aleación amorfa a base de Fe en lugar de polvo de Cu
(**) Se empleó polvo de Al en lugar de polvo de Cu

- 5 La muestra N.º 1 en la Tabla 1 es un núcleo de polvo metálico de un ejemplo comparativo sin contenido de polvo de Cu y tuvo una gran pérdida en el núcleo Pcv de 261 kW/m³. La muestra N.º 2 es un núcleo de polvo metálico de un ejemplo de la presente invención que contenía 0,1 % en masa de Cu (polvo de Cu) y tuvo una pérdida en el núcleo Pcv de 215 kW/m³ de tal manera que la pérdida se redujo aproximadamente un 18 % en comparación con el caso en el que no se añadió Cu. Además, para la permeabilidad inicial μ i, estos núcleos de polvo metálico fueron equivalentes entre sí. Es decir, se entiende que cuando el polvo de Cu se contiene incluso en una cantidad extremadamente pequeña, la pérdida en el núcleo se reduce dramáticamente en un estado en el que se mantiene la permeabilidad inicial.
- 10

N.º 2 a 11 en la Tabla 1 relacionan la pérdida en el núcleo Pcv y similares del núcleo de polvo metálico en un caso en el que el contenido de polvo de Cu aumentó del 0,1 % en masa al 10,0 % en masa en el ejemplo de la presente invención. Se entiende que en todos los núcleos de polvo metálico N.º 2 a 11 en la Tabla 1 que contienen polvo de Cu, la pérdida en el núcleo se reduce un 15 % o más en comparación con el núcleo de polvo metálico N.º 1 que no contiene polvo de Cu y que aumentando el polvo de Cu, se puede reducir la pérdida en el núcleo Pcv. Además, se entiende que aumentando el contenido de polvo de Cu, la densidad del núcleo de polvo metálico también se mejora de tal manera que se logra la compactación a $5,42 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ o más (Tabla 2).

Por otro lado, la permeabilidad inicial apenas varió cuando el contenido de polvo de Cu se encontró en un intervalo del 0,1 % en masa al 7,0 % en masa (N.º 2 a 9) de tal manera que se mantuvo un valor de 43 o más. La razón de por qué, a pesar de que el Cu es un material no magnético, la reducción de la permeabilidad inicial se suprime incluso cuando el contenido aumenta se espera que se atribuya al efecto de la mejora anteriormente mencionada en la densidad del núcleo de polvo metálico causada por el contenido de Cu.

Además, en N.º 10 y N.º 11 donde el contenido de Cu excede el 7,0 % en masa, aunque se obtuvo el efecto de reducción de la pérdida en el núcleo Pcv, la permeabilidad inicial se redujo respectivamente un 16 % y un 20 % en comparación con el caso (N.º 1) el cual no contiene polvo de Cu. A partir de este hecho, se entiende que cuando el contenido de polvo de Cu se ajusta para encontrarse en un intervalo del 7,0 % en masa o menos, la reducción de la permeabilidad inicial se puede suprimir dentro de un 5 % en comparación con el caso en el cual no está contenido el polvo de Cu. Además, cuando el contenido de polvo de Cu fue un 3 % o menos, la reducción en la pérdida en el núcleo se podía lograr sin una reducción sustancial en la permeabilidad inicial.

Además, cuando el contenido de polvo de Cu fue del 2 % o más (N.º 6 a 11), se obtuvo una pérdida notablemente baja en el núcleo de 200 kW/m^3 o menos. Cuando se emplea el núcleo de polvo metálico que tiene una pérdida en el núcleo Pcv de 215 kW/m^3 o menos a una frecuencia de 20 kHz y a una densidad de flujo magnético de 150 mT y con una permeabilidad inicial μ_i de 43 o más a una frecuencia de 100 kHz relacionada en la Tabla 1, esto contribuye a una mejora de la eficacia y a una reducción del tamaño en un componente de bobina o en un dispositivo que emplea el mismo. Ante esta perspectiva, es más preferible emplear un núcleo de polvo metálico cuya pérdida en el núcleo descrita anteriormente sea 200 kW/m^3 o menos.

Como se observa claramente a partir de la Tabla 2, la pérdida de corriente de Foucault Pev ha permanecido dentro de 28 a 36 kW/m^3 y no ha variado considerablemente independientemente del contenido de polvo de Cu. Por lo tanto, se entiende que el efecto de la reducción de la pérdida en el núcleo por el contenido de polvo de Cu se logra principalmente por la reducción en la pérdida de histéresis. Cuando la pérdida de histéresis Phv se hace inferior o igual a 180 kW/m^3 , se puede lograr una pérdida en el núcleo global de 220 kW/m^3 o menos. Se entiende que cuando disminuye la pérdida de histéresis Phv, la relación de la pérdida de histéresis Phv al total de la pérdida de corriente de Foucault Pev y la pérdida de histéresis Phv medida en las condiciones de medición de una frecuencia de 20 kHz y una densidad de flujo magnético aplicada de 150 mT se puede reducir al 84,0 % o menos o, adicionalmente, 80,0 % o menos.

Por otro lado, N.º 12 es un núcleo de polvo metálico de un ejemplo comparativo que contiene el 3,0 % en masa de polvo esférico atomizado de aleación amorfa a base de Fe en lugar de polvo de Cu. La pérdida en el núcleo Pcv del mismo fue 236 kW/m^3 . A continuación, un efecto notable de la reducción de la pérdida en el núcleo no se observó en comparación con N.º 1 construido a partir del polvo pulverizado de la cinta de aleación amorfa sola. Además, la pérdida en el núcleo del mismo ha aumentado aproximadamente un 44 % en comparación con la pérdida en el núcleo de 164 kW/m^3 del núcleo de polvo metálico (N.º 7) que contiene polvo de Cu de la misma masa (3,0 % en masa), y en un tamaño de aproximadamente 10 % incluso en comparación con la pérdida en el núcleo de 215 kW/m^3 del núcleo de polvo metálico (N.º 2) que contiene polvo de Cu en una cantidad extremadamente pequeña del 0,1 % en masa. Es decir, Se entiende que la configuración que emplea polvo de Cu requiere solo una pequeña cantidad de uso de polvo y por lo tanto es notablemente ventajosa también desde la perspectiva del coste.

Además, la pérdida en el núcleo del núcleo de polvo metálico (N.º 13) que contiene, en lugar de polvo de Cu, 2,0 % en masa de polvo de Al reconocido como sufriendo fácilmente la deformación plástica de manera similar al polvo de Cu fue de 254 kW/m^3 y por lo tanto no tuvo una diferencia significativa con respecto al N.º 1 construido a partir del polvo pulverizado de la cinta de aleación amorfa sola. Por lo tanto, se ha hecho evidente que el contenido de polvo de Cu proporciona un efecto notable no obtenido por el contenido de otro polvo.

Además, se fabricaron los núcleos de polvo metálico que emplearon polvos de Cu que tenían unos diámetros de grano promedio de $2,5 \mu\text{m}$ y $8 \mu\text{m}$, respectivamente, y que emplearon condiciones de manera similar a aquellas de N.º 7 en otros puntos. A continuación, las pérdidas en el núcleo fueron de 177 kW/m^3 y 182 kW/m^3 , respectivamente. Como tal, se ha reconocido un efecto notable de la reducción de la pérdida en el núcleo de manera similar a N.º 7 y similares.

Una fotografía MEB de una superficie de fractura del núcleo de polvo metálico N.º 7 se ilustra en la FIG. 3. Simultáneamente a la observación por MEB, se realizó también un mapeo de elementos por EDX de tal manera que se realizó también la identificación de Cu (polvo de Cu). Sobre la superficie principal del polvo pulverizado en forma

de placas planas 3, había presente Cu bastante más pequeño que el grosor del polvo pulverizado o el tamaño de la superficie principal. Por lo tanto, se ha reconocido que en el núcleo de polvo metálico, el Cu se dispersa entre el polvo pulverizado de la cinta de aleación magnética blanda. El polvo de Cu ha cambiado de una forma esférica a una forma aplastada (una forma plana). Esto se puede interpretar como que el polvo de Cu se ha deformado plásticamente entre las superficies principales del polvo pulverizado. El diámetro de grano del polvo de Cu evaluado desde la observación de la superficie de fractura fue 5,0 µm. En este caso, cuando una sección transversal (una sección transversal vista desde una dirección perpendicular a la dirección de presurización del núcleo de polvo metálico) donde las secciones transversales de las cintas del núcleo de polvo metálico en la dirección del grosor se exponen predominantemente se pulió y después se realizó la observación por MEB de tal manera que se promediaron las dimensiones de polvo pulverizado plano en la dirección longitudinal presente dentro de un campo de visión de 0,2 mm² de tal manera que se evaluó el diámetro de grano del polvo pulverizado, el resultado fue 92 µm.

[Realización que emplea una aleación nanocrystalina]

Como una cinta de aleación nanocrystalina a base de Fe, se empleó un material de la familia de Fe-Ni-Cu-Si-B con un grosor promedio de 18 µm. La composición detallada fue Fe bal.-Ni 1 %-Si 4 %-B 14 %-Cu 1,4 % en % atómico. La cinta enfriada que tenía esta composición se pulverizó sin tratamiento térmico para fragilización. Las condiciones desde la pulverización hasta la presión fueron similares a aquellas de las realizaciones y los ejemplos comparativos de la cinta de aleación amorfa anteriormente mencionada. A continuación, en los ejemplos de la presente invención, un compacto se fabricó cambiando el contenido de polvo de Cu de forma similar a las realizaciones de la cinta de aleación amorfa anteriormente mencionada. El tratamiento térmico que sirvió también como una liberación de la tensión y tratamiento de cristalización se realizó sobre un compacto presionado a aproximadamente 420 °C durante 0,5 horas en el aire en un horno con una velocidad de aumento de temperatura de 10 °C/min de tal manera que se obtuvo un núcleo de polvo metálico.

La Tabla 3 relaciona los resultados de la evaluación de las características tales como la pérdida en el núcleo realizada de manera similar a las realizaciones y los ejemplos comparativos de la cinta de aleación amorfa anteriormente mencionada. Además, para una parte de los núcleos de polvo metálico, la pérdida de histéresis Phv sobre el total de la pérdida de corriente de Foucault Pcv y la pérdida de histéresis Phv se calculó de manera similar a las realizaciones de la cinta de aleación amorfa anteriormente mencionada. Los resultados se relacionan en la Tabla 4 junto con la densidad del núcleo de polvo metálico.

[Tabla 3]

Nº	Porcentaje de contenido de polvo pulverizado (% en masa)	Porcentaje de contenido de polvo de Cu (% en masa)	Pérdida en el núcleo Pcv (kW/m ³)	Permeabilidad inicial µi	Observación
14	100,0	0,0	182	47	Ejemplo comparativo
15	99,9	0,1	175	48	Ejemplo de la presente invención
16	99,7	0,3	160	49	
17	99,5	0,5	158	49	
18	99,0	1,0	156	50	
19	98,0	2,0	163	47	
20	97,0	3,0	149	50	
21	95,0	5,0	134	48	
22	93,0	7,0	125	47	
23	91,0	9,0	121	46	
24	90,0	10,0	112	45	
25	97,0	3,0(*)	188	53	Ejemplo comparativo
(*) Se empleó polvo atomizado de aleación amorfa a base de Fe en lugar de polvo de Cu					

35

[Tabla 4]

Nº	Porcentaje de contenido de polvo pulverizado (% en masa)	Porcentaje de contenido de polvo de Cu (% en masa)	Densidad x 10 ³ (kg/m ³)	Phv (kW/m ³)	Pev (kW/m ³)	Observación
14	100,0	0,0	5,65	167	31	Ejemplo comparativo
15	99,9	0,1	5,66	154	28	Ejemplo de la presente invención
17	99,5	0,5	5,66	140	29	
18	99,0	1,0	5,67	130	29	
19	98,0	2,0	5,67	139	28	
20	97,0	3,0	5,73	134	27	
22	93,0	7,0	5,85	106	27	
24	90,0	10,0	5,94	94	29	
25	97,0	3,0(*)	5,70	163	30	Ejemplo comparativo

(*) Se empleó polvo atomizado de aleación amorfa a base de Fe en lugar de polvo de Cu

De manera similar al caso en el que se empleó la cinta de aleación amorfa anteriormente mencionada, en comparación con un hecho en el que la pérdida en el núcleo Pcv del núcleo de polvo metálico del ejemplo comparativo N.º 14 que no contenía polvo de Cu fue de 182 kW/m³, la pérdida en el núcleo Pcv del núcleo de polvo metálico N.º 15 de la presente invención que contenía 0,1 % en masa de polvo de Cu se redujo a 175 kW/m³. Se entiende que incluso cuando se emplea la cinta de aleación nanocristalina que tiene intrínsecamente una pérdida inferior que la cinta de aleación amorfa, el contenido de polvo de Cu reduce la pérdida adicionalmente por tanto como aproximadamente 4 %. Además, la permeabilidad inicial μ_i ha aumentado en comparación con el núcleo de polvo metálico N.º 14 que no contenía polvo de Cu. A partir de estos hechos, se entiende que en el caso de que se emplee la aleación nanocristalina, cuando el polvo de Cu está contenido incluso en una cantidad extremadamente pequeña, la pérdida en el núcleo se reduce en un estado en el que se mantiene la permeabilidad inicial. Además, en todos los núcleos de polvo metálico N.º 15 a 24 en la Tabla 1 que contienen polvo de Cu, la pérdida en el núcleo se redujo un 3 % o más en comparación con el núcleo de polvo metálico N.º 14 que no contiene polvo de Cu.

Como se observa claramente a partir de la Tabla 3, de forma similar al caso en el que se empleó la cinta de aleación amorfa, se entiende que cuando aumenta el polvo de Cu, se puede reducir la pérdida en el núcleo Pcv. Además, se entiende que aumentando el contenido de polvo de Cu, la densidad del núcleo de polvo metálico mejora también de tal manera que se logra la compactación hasta 5,66 x 10³ kg/m³ o más (Tabla 4). Por otro lado, la permeabilidad inicial ha aumentado al haber aumentado el contenido de polvo de Cu. A continuación, después de haber pasado el valor máximo al 3,0 % en masa, la permeabilidad inicial se reduce gradualmente. La permeabilidad inicial μ_i apenas ha variado dentro del intervalo de 0,1 % en masa hasta el 10,0 % en masa (N.º 15 a 24) relacionada en la Tabla 3. Es decir, la reducción de la permeabilidad inicial se ha suprimido dentro del 5 % en comparación con el caso en el que el polvo de Cu no está contenido (N.º 14), de tal manera que la permeabilidad inicial se ha mantenido en 45 o más.

Como se relaciona en la Tabla 3, se entiende que el contenido de polvo de Cu se ajusta para ser un 7 % en masa o menos, se asegura una permeabilidad inicial superior o igual a aquella de N.º 14 que no contiene polvo de Cu. La razón de por qué, a pesar de que el Cu es un material no magnético, la reducción de la permeabilidad inicial se suprime incluso cuando el contenido aumenta se prevé que se atribuya al efecto de la mejora anteriormente mencionada en la densidad del núcleo de polvo metálico causada por el contenido de Cu, de manera similar al caso de la cinta de aleación amorfa anteriormente mencionado. Sin embargo, en el caso de la cinta de aleación nanocristalina, se ha vuelto evidente la presencia de un efecto bastante diferente de aquel de la cinta de aleación amorfa.

Además, se entiende que el contenido de polvo de Cu es 0,3 % en masa o más (N.º 16 a 24), la reducción de la pérdida en el núcleo de un 10 % o más se logra en comparación con el núcleo de polvo metálico N.º 14 que no contiene polvo de Cu. Además, se entiende que cuando el contenido de polvo de Cu es 3,0 % en masa o más (N.º 20 a 24), se puede lograr la reducción de la pérdida en el núcleo en un 15 % o más. Cuando se emplea el núcleo de polvo metálico que tiene una pérdida en el núcleo Pcv de 175 kW/m³ o menos a una frecuencia de 20 kHz y a una densidad de flujo magnético de 150 mT y con una permeabilidad inicial μ_i de 45 o más a una frecuencia de 100 kHz relacionada en la Tabla 3, esto contribuye a una mejora de la eficacia y a una reducción del tamaño en un componente de bobina o en un dispositivo que emplea el mismo. Ante esta perspectiva, es preferible emplear un núcleo de polvo metálico cuya pérdida en el núcleo descrita anteriormente sea 165 kW/m³ o menos.

5 Como se observa claramente a partir de la Tabla 4, la pérdida de corriente de Foucault P_{Fv} ha permanecido dentro de 27 a 30 kW/m³ y no ha variado independientemente del contenido de polvo de Cu. Por lo tanto, también en este caso, se entiende que el efecto de la reducción de la pérdida en el núcleo por el contenido de polvo de Cu se logra principalmente por la reducción en la pérdida de histéresis. Cuando la pérdida de histéresis P_{hv} se hace inferior o igual a 160 kW/m³, se puede lograr una pérdida en el núcleo global de 180 kW/m³ o menos. Se entiende que cuando disminuye la pérdida de histéresis P_{hv} , la relación de la pérdida de histéresis P_{hv} al total de la pérdida de corriente de Foucault P_{Fv} y la pérdida de histéresis P_{hv} medida en las condiciones de medición de una frecuencia de 20 kHz y una densidad de flujo magnético aplicada de 150 mT se puede reducir al 84,0 % o menos o, adicionalmente, 80,0 % o menos.

10 Por otro lado, la pérdida en el núcleo P_{Fv} del núcleo de polvo metálico (N.º 25) conteniendo 3,0 % en masa de un polvo esférico atomizado de aleación amorfa a base de Fe en lugar de polvo de Cu fue 188 kW/m³, que fue mayor que la pérdida en el núcleo de N.º 14 construida a partir del polvo pulverizado de la cinta de aleación nanocristalina sola. Por lo tanto, el efecto de la reducción de la pérdida en el núcleo que se debería observar cuando el polvo de Cu está contenido no se observó.

15 **[Descripción de los números de referencia]**

- 20
- 1: polvo pulverizado de cinta de aleación magnética blanda
 - 2: Cu (polvo de Cu)
 - 3: polvo pulverizado de cinta de aleación magnética blanda
 - 4: Cu (polvo de Cu)

REIVINDICACIONES

1. Un núcleo de polvo metálico (100) que incluye polvo de material magnético blando a base de Fe (1) y polvo de Cu (2) y en el que el polvo de material magnético blando a base de Fe (1) y el polvo de Cu (2) se unen mediante un aglutinante, **caracterizado por que** el polvo de material magnético blando a base de Fe (1) es un polvo pulverizado en forma de placas planas (1), el polvo de Cu (2) se dispersa entre las superficies principales del polvo pulverizado (1), y el grosor del polvo pulverizado (1) es 10 μm a 50 μm , y el diámetro de grano del polvo de Cu (2) es al menos 2 μm y no más del 50 % del grosor del polvo pulverizado (1).
2. El núcleo de polvo metálico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el contenido del polvo de Cu (2) es del 0,1 % al 10 % con respecto a una masa total del polvo pulverizado (1) y el polvo de Cu (2).
3. El polvo metálico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el polvo pulverizado (1) es una aleación amorfa a base de Fe, y el contenido de polvo de Cu (2) es del 0,1 % hasta el 7 % con respecto a una masa total del polvo pulverizado (1) y el polvo de Cu (2).
4. El núcleo de polvo metálico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el polvo pulverizado (1) tiene una estructura nanocristalina.
5. El núcleo de polvo metálico de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el contenido del polvo de Cu (2) es del 0,1 % al 1,5% con respecto a una masa total del polvo pulverizado (1) y el polvo de Cu (2).
6. El núcleo de polvo metálico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el polvo de Cu es polvo de Cu elemental.
7. El núcleo de polvo metálico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que una película de óxido de silicio se proporciona sobre una superficie de una partícula del polvo pulverizado (1).
8. Un componente de bobina que comprende:
un núcleo de polvo metálico (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7; y una bobina enrollada alrededor del núcleo de polvo metálico (100).
9. Un método de fabricación para núcleo de polvo metálico que incluye polvo de material magnético blando a base de Fe (1) y polvo de Cu (2) y en el que el polvo de material magnético blando a base de Fe (1) y el polvo de Cu (2) se unen mediante un aglutinante, **caracterizado por que** el polvo de material magnético blando a base de Fe (1) es un polvo pulverizado en forma de placas planas (1), el método incluye:
una primera etapa de mezcla del polvo pulverizado (1), el polvo de Cu (2) y el aglutinante entre sí; y una segunda etapa de realización de la presión del polvo mezclado obtenido en la primera etapa, y se obtiene un núcleo de polvo metálico (100) en el que el polvo de Cu (2) deformado plásticamente se dispersa entre las superficies principales del polvo pulverizado (1), en el que el grosor del polvo pulverizado (1) es 10 μm a 50 μm , y el diámetro de grano del polvo de Cu (2) es al menos 2 μm y no más del 50 % del grosor del polvo pulverizado (1).
10. El método de fabricación para el núcleo de polvo metálico de acuerdo con la reivindicación 9, en el que en la primera etapa, el polvo pulverizado (1) y el polvo de Cu (2) se mezclan primero entre sí y, después de ello, se añade el aglutinante y se realiza después la mezcla adicionalmente.
11. El método de fabricación para el núcleo de polvo metálico de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en el que el polvo de Cu (2) que se debe proporcionar antes de la primera etapa es granular.
12. El método de fabricación para núcleo de polvo metálico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que una película de óxido de silicio se proporciona sobre una superficie de una partícula del polvo pulverizado (1) que se debe proporcionar antes de la primera etapa.
13. El método de fabricación para el núcleo de polvo metálico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que el polvo pulverizado (1) se obtiene pulverizando una cinta de aleación amorfa a base de Fe.
14. El método de fabricación para el núcleo de polvo metálico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que el polvo de Cu (2) es polvo de Cu elemental (2).
15. El método de fabricación para el núcleo de polvo metálico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, en el que el contenido del polvo de Cu (2) es del 0,1 % al 10 % con respecto a una masa total del polvo

pulverizado (1) y el polvo de Cu (2).

- 5 16. El método de fabricación para el núcleo de polvo metálico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, en el que el polvo pulverizado (1) tiene una estructura nanocristalina.
17. El método de fabricación para el núcleo de polvo metálico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 16, en el que el tratamiento térmico para relajar la tensión del polvo pulverizado (1) se realiza después de la segunda etapa.
- 10 18. El método de fabricación para el núcleo de polvo metálico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 16, en el que el tratamiento térmico para la cristalización que causa que el polvo pulverizado (1) presente una estructura nanocristalina se realiza después de la segunda etapa.

FIG. 1

100

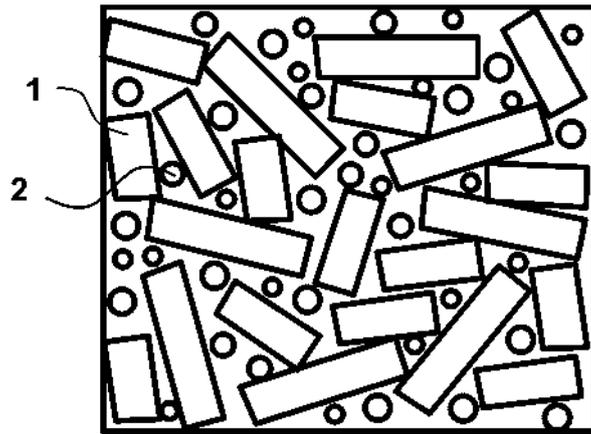


FIG. 2

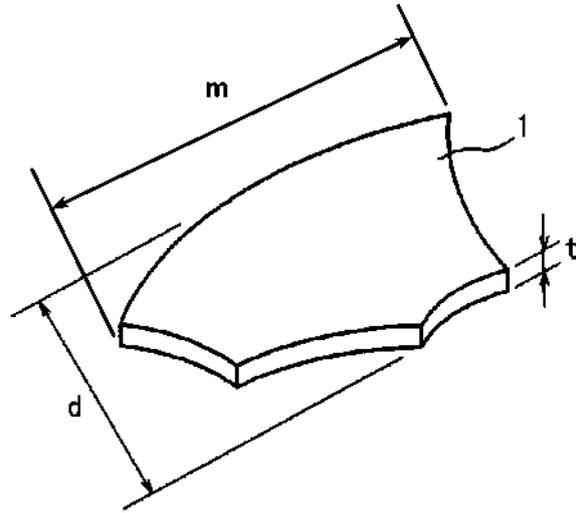


FIG. 3

