

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 013 127**

51 Int. Cl.:

H01F 27/245 (2006.01)

H01F 1/147 (2006.01)

H01F 41/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.01.2018 PCT/JP2018/000364**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.07.2018 WO18131613**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2018 E 18739316 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024 EP 3570305**

54 Título: **Núcleo bobinado y procedimiento de fabricación.**

30 Prioridad:

10.01.2017 JP 2017001829

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

11.04.2025

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL CORPORATION (100.00%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 1008071, JP**

72 Inventor/es:

**MIZUMURA TAKAHITO;
MIZOKAMI MASATO;
YABUMOTO MASAO;
UEMURA TOSHIHIKO;
MINEMATSU EISUKE y
TAKAHASHI FUMIAKI**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 3 013 127 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 bobinado y procedimiento de fabricación.

Campo Técnico de la Invención

La presente invención se refiere a un núcleo bobinado y a un procedimiento de fabricación del mismo.

5 Se reivindica prioridad sobre la Solicitud de Patente Japonesa No. 2017-001829, presentada el 10 de enero de 2017.

Técnica Relacionada

10 Los núcleos bobinados se utilizan ampliamente como núcleos magnéticos para transformadores, reactores, filtros de ruido y similares. La reducción de la pérdida en el núcleo causada por un núcleo de hierro es hasta ahora una de las tareas importantes desde el punto de vista de la alta eficiencia y similares, y se han llevado a cabo exámenes para reducir la pérdida en el núcleo desde varios puntos de vista.

15 Como uno de los procedimientos de fabricación de un núcleo bobinado, por ejemplo, es un procedimiento que consiste en enrollar una lámina de acero en forma cilíndrica, posteriormente presionar las porciones de las esquinas para que tengan una curvatura predeterminada, formar la lámina de acero en una forma sustancialmente rectangular y, posteriormente, realizar un recocido sobre ella para aliviar tensiones y conservar la forma. En un caso de este procedimiento de fabricación, aunque los radios de curvatura de las porciones de las esquinas varían en función de las dimensiones del núcleo bobinado, los radios de curvatura de las mismas son relativamente grandes, de unos 4 mm o más, de tal modo que las porciones de las esquinas forman superficies suavemente curvadas.

20 Como otro procedimiento de fabricación de un núcleo bobinado, se ha examinado un procedimiento de doblado previo de partes de láminas de acero eléctrico que van a convertirse en porciones de las esquinas del núcleo bobinado, y de superposición de las láminas de acero eléctrico dobladas, laminando así las láminas de acero eléctrico en el núcleo bobinado.

25 De acuerdo con el procedimiento de fabricación, el paso de prensado es innecesario. Además, como la lámina de acero eléctrico está doblada, la forma se mantiene y la retención de la forma mediante el paso de recocido no es un paso esencial. Por lo tanto, existe la ventaja de que se facilita la fabricación. En este procedimiento de fabricación, dado que la lámina de acero eléctrico está doblada, se forma en la pieza procesada una región doblada que tiene un radio de curvatura relativamente pequeño de 3 mm o menos.

30 Como núcleo bobinado fabricado mediante un procedimiento de fabricación que incluye el doblado, por ejemplo, el Documento de Patente 1 divulga una estructura de un núcleo bobinado en el que una pluralidad de láminas de acero magnético que están dobladas en una forma anular y tienen diferentes longitudes están formadas de manera que se solapan en una dirección circunferencial exterior, y las superficies extremas enfrentadas de las láminas de acero magnético están desplazadas igualmente por una dimensión predeterminada en una dirección de laminación de las mismas de manera que forman porciones de unión escalonadas.

35 El Documento de Patente 2 describe una lámina de acero eléctrico de grano orientado que tiene una composición química que comprende Si: 1,0~5,0 % en masa y Mn: 0,01~1,0 % en masa y el resto es Fe e impurezas inevitables e incluye una película subyacente compuesta principalmente de forsterita y una película de recubrimiento.

40 El Documento de Patente 3 describe un procedimiento para producir una lámina de acero eléctrico de grano orientado, en el que se forman ranuras en una lámina de acero eléctrico que ha sido recocida en su textura final, o recocida en su textura final y después sometida a un tratamiento de revestimiento aislante, cargando localmente con una carga media de 90 a 220 kg/mm² en un ángulo comprendido entre un ángulo recto y 45° con respecto a una dirección de laminación, y sometiendo a continuación dicha lámina de acero a un tratamiento térmico a una temperatura igual o superior a 750°C.

45 El Documento de Patente 4 divulga otro procedimiento de fabricación de núcleo en el que las láminas de acero individuales se doblan con el fin de comprender cuatro porciones de esquina y luego se apilan para formar un núcleo bobinado. En la realización de la Figura 5, cada porción de esquina exhibe una sola curvatura con un ángulo de curvatura total de aproximadamente 90°.

50 **Documento de la Técnica Anterior**

Documento de Patente

[Documento de Patente 1] Publicación Japonesa de Modelo de Utilidad (Registrada) No. 3081863

[Documento de Patente 2] EP 2 770 075 A1

[Documento de Patente 3] EP 0 202 339 A1

[Documento de Patente 4] JP 3197588 U

Divulgación de la Invención

5 Problemas que Resolverá la Invención

La presente invención se ha realizado teniendo en cuenta las circunstancias anteriores, y un enfoque de la presente invención es proporcionar un núcleo bobinado con pérdida de núcleo suprimida mientras que tiene una región doblada, y un procedimiento de fabricación del mismo.

Medios para Resolver el Problema

10 La presente invención se define en las reivindicaciones. Los aspectos de la presente invención son los siguientes.

1. (1) De acuerdo a un primer aspecto de la presente invención, se forma un núcleo bobinado laminando una pluralidad de cuerpos doblados formados a partir de una lámina de acero eléctrico de grano orientado que tiene un revestimiento que contiene fósforo formado en una superficie, en una dirección de espesor de lámina de la lámina de acero eléctrico de grano orientado, en la que el cuerpo doblado se forma en una forma rectangular teniendo cuatro porciones planas y cuatro porciones de esquina adyacentes a las porciones planas, la porción de esquina tiene una región doblada con un ángulo total de doblado de aproximadamente 90° en una vista lateral, el número de gemelos de deformación presentes en la región doblada en la vista lateral es de cinco o menos por 1 mm de una longitud de una línea central en la región doblada en la dirección del espesor de la lámina, y la cantidad de fósforo eluido de la porción de esquina en un caso de ser hervida en agua durante 30 minutos es de 6,0 mg o menos por 1 m² de área de superficie de la porción de esquina.

2. (2) En el núcleo bobinado de acuerdo con (1), la lámina de acero eléctrico de grano orientado puede ser una lámina de acero en la que se aplica tensión local a una superficie de la lámina de acero, o una lámina de acero en la que se forma una ranura en una superficie de la lámina de acero.

3. (3) En el núcleo bobinado de acuerdo con (1), el contenido de Si de la lámina de acero eléctrico de grano orientado puede ser de 2,0 a 5,0 % en masa.

4. (4) En el núcleo bobinado de acuerdo a (1), la región doblada puede ser una región encerrada por, en una vista lateral del cuerpo doblado, cuando un punto D y un punto E sobre una línea La que representa una superficie interior del cuerpo doblado y un punto F y un punto G sobre una línea Lb que representa una superficie exterior del cuerpo doblado se definen como sigue a continuación, una línea delimitada por el punto D y el punto E sobre la línea La que representa la superficie interior del cuerpo doblado, una línea delimitada por el punto F y el punto G sobre la línea Lb que representa la superficie exterior del cuerpo doblado, una línea recta que une el punto D y el punto G, y una línea recta que une el punto E y el punto F,

<Definiciones de Punto D, Punto E, Punto F, y Punto G>

en la vista lateral, un punto en el que una línea recta AB que conecta un punto central A de un radio de curvatura de una porción curva incluida en la línea La que representa la superficie interior del cuerpo doblado con un punto de intersección B entre dos líneas imaginarias Lb-elongación1 y Lb-elongación2 obtenidas extendiendo porciones de línea recta respectivamente adyacentes a ambos lados una porción curva incluida en la línea Lb que representa la superficie exterior del cuerpo doblado interseca la línea que representa la superficie interior del cuerpo doblado se denomina un origen C,

un punto separado del origen C por una distancia m representada por la Ecuación (1) en una dirección a lo largo de la línea La que representa la superficie interior del cuerpo doblado se denomina como el punto D,

un punto separado del origen C por la distancia m en la otra dirección a lo largo de la línea La que representa la superficie interior del cuerpo doblado se denomina el punto E,

un punto de intersección entre una porción de línea recta opuesta al punto D en la porción de línea recta incluida en la línea Lb que representa la superficie exterior del cuerpo doblado y una línea imaginaria trazada perpendicularmente a la porción de línea recta opuesta al punto D a través del punto D se denomina como el punto G, y

un punto de intersección entre una porción de línea recta opuesta al punto E en la porción de línea recta incluida en la línea Lb que representa la superficie exterior del cuerpo doblado y una línea imaginaria trazada

perpendicularmente a la porción de línea recta opuesta al punto E a través del punto E se denomina como el punto F,

Ecuación (1): $m = r \times (\pi/4)$

5 (en la Ecuación (1), m representa una distancia desde el origen C, y r representa una distancia (radio de curvatura) desde el punto central A hasta el origen C).

10 5. (5) De acuerdo a un segundo aspecto de la presente invención, un procedimiento de fabricación del núcleo bobinado de acuerdo a (1), incluye: preparar una pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado que tienen un revestimiento que contiene fósforo en una superficie; formando una pluralidad de cuerpos doblados que tienen una forma sustancialmente rectangular en una vista lateral doblando cada región de formación de porción de esquina previamente asignada a la pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado en un estado en el que una temperatura de la región de formación de porción de esquina se establece en 150°C o superior y 500°C o inferior; y laminar la pluralidad de cuerpos doblados en una dirección de espesor de lámina de la lámina de acero eléctrico de grano orientado.

15 **Efectos de la Invención**

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar el núcleo bobinado con pérdida de núcleo suprimida mientras se tiene la región doblada, y el procedimiento de fabricación del mismo.

Breve Descripción de los Dibujos

20 La Figura 1 es una vista en perspectiva de un núcleo bobinado de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

La Figura 2 es una vista lateral del núcleo bobinado de acuerdo con la realización.

La Figura 3 es una vista lateral que muestra un primer ejemplo de modificación del núcleo bobinado.

La Figura 4 es una vista lateral que muestra un segundo ejemplo de modificación del núcleo bobinado.

25 La Figura 5 es una vista lateral ampliada de la proximidad de una porción de esquina del núcleo bobinado de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

La Figura 6 es una vista lateral ampliada de la proximidad de una porción de esquina en el núcleo bobinado de acuerdo con el primer ejemplo de modificación.

La Figura 7 es una vista lateral ampliada de la proximidad de una porción de esquina en el núcleo bobinado de acuerdo con el segundo ejemplo de modificación.

30 La Figura 8 es una vista explicativa de una región doblada.

La Figura 9 es una vista lateral de un cuerpo doblado del núcleo bobinado de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

La Figura 10 es una vista lateral que muestra un ejemplo de modificación del cuerpo doblado.

La Figura 11 es una vista lateral que muestra otro ejemplo de modificación del cuerpo doblado.

35 La Figura 12 es una vista lateral que muestra un ejemplo de una posición de toma de una muestra del núcleo bobinado.

La Figura 13 es una vista explicativa de un paso de doblado en un procedimiento de fabricación del núcleo bobinado de acuerdo con una segunda realización de la presente invención.

40 La Figura 14 es una vista esquemática que muestra las dimensiones de un núcleo bobinado fabricado en un ejemplo.

La Figura 15 es una fotografía ampliada obtenida fotografiando una superficie lateral de una región doblada de un cuerpo doblado incluido en un núcleo bobinado en la técnica relacionada, utilizando un microscopio óptico.

Realizaciones de la Invención

Causa de la Pérdida de Núcleo y Mecanismo de Supresión de la misma

45 Los presentes inventores han obtenido los hallazgos de que la pérdida de núcleo aumenta en una región doblada formada cuando se dobla una lámina de acero eléctrico de grano orientado. La Figura 15 es una fotografía ampliada obtenida fotografiando una superficie lateral de una región doblada de un cuerpo doblado

(en lo sucesivo, denominado simplemente cuerpo doblado) formado a partir de láminas de acero eléctrico de grano orientado que constituyen un núcleo bobinado en la técnica relacionada, utilizando un microscopio óptico.

5 Como se muestra en el ejemplo de la Figura 15, en la región doblada del cuerpo doblado, se observaron gemelos de deformación 7 que se extendían hacia el interior desde la superficie de la lámina de acero. Los gemelos de deformación se confirmaron mediante evaluación analítica utilizando un microscopio electrónico de escaneo y un programa informático de análisis de la orientación de los cristales (EBSD). La lámina de acero eléctrico de grano orientado es una chapa de acero en la que la orientación de los granos de la chapa de acero está muy integrada en una orientación { 110} (en lo sucesivo, denominada orientación Goss), pero se suponía que las partes en las que se generan maclas de deformación tienen una orientación cristalina diferente de la orientación Goss y se convierten en la causa de la pérdida de núcleo. Además, aunque el recocido se realice a aproximadamente 750°C después de formar el núcleo bobinado, no se podrían eliminar los gemelos de deformación generados durante el doblado.

15 Los presentes inventores realizaron intensamente exámenes desde el punto de vista de la supresión de la generación de gemelos de deformación durante el doblado, y como resultado, fue obvio que los gemelos de deformación se suprimían realizando el doblado mientras se calentaba una lámina de acero eléctrico de grano orientado. Aunque hay algunos puntos poco claros sobre la acción de exhibir tales efectos, se presume que las piezas procesadas que alcanzaron una temperatura elevada facilitan el movimiento de las dislocaciones introducidas por la deformación plástica, lo que suprime la generación de gemelos de deformación y dificulta el crecimiento de los gemelos de deformación generados, de modo que los gemelos de deformación no se extienden en forma de rayas.

20 Como resultado, se supone que la fracción de área de los gemelos de deformación en toda la lámina de acero disminuye, y la influencia en la pérdida de núcleo disminuye.

25 Además, al aumentar la temperatura de la lámina de acero eléctrico de grano orientado durante el doblado, la generación de gemelos de deformación había tendido a suprimirse. Sin embargo, hubo un caso en el que, a alta temperatura, aunque se suprime la generación de gemelos de deformación, no se suprime la pérdida de núcleo del núcleo bobinado. La causa de esto no está clara. Sin embargo, se presumió que la causa es la aparición de grietas en el revestimiento de la región doblada debido al procesamiento a alta temperatura y a la aparición de adherencias entre las láminas de acero base expuestas a la región doblada.

30 Basándose en los hallazgos, los presentes inventores encontraron que tanto la generación de gemelos de deformación como el agrietamiento de un revestimiento se suprimen ajustando la temperatura de la lámina de acero eléctrico de grano orientado a 150°C a 500°C durante el doblado, y completaron un núcleo bobinado de la presente invención con pérdida de núcleo suprimida mientras que tiene una región doblada.

En lo sucesivo, se describirán en detalle, por orden, el núcleo bobinado de acuerdo con la presente invención fabricado basándose en los hallazgos anteriores, y un procedimiento de fabricación del mismo.

35 Los términos tales como "paralelo", "perpendicular", e "igual", varios tales como longitudes y ángulos, y similares que especifican formas, condiciones geométricas, y grados, que se utilizan en esta especificación, se interpretan como incluyendo rangos en los que se pueden esperar las mismas funciones. Además, en la presente invención, aproximadamente 90° permite un error de $\pm 3^\circ$, y significa un rango de 87° a 93°.

Primera Realización

40 La Figura 1 es una vista en perspectiva que muestra esquemáticamente un núcleo bobinado 10 de acuerdo con una primera realización de la presente invención. La Figura 2 es una vista lateral del núcleo bobinado 10 de acuerdo a la realización.

45 En la presente solicitud, "en una vista lateral" se refiere a la visualización en una dirección de anchura (dirección del eje Y en la Figura 1) de láminas de acero eléctrico de grano largo orientado que constituyen un núcleo bobinado, y una vista lateral es una vista (una vista en la dirección del eje Y en la Figura 1) que muestra una forma vista lateralmente. Además, una dirección del espesor de la lámina es la dirección del espesor de la lámina de acero eléctrico de grano orientado, y significa una dirección perpendicular a la superficie circunferencial del núcleo bobinado en un estado de ser formado en un núcleo bobinado rectangular.

50 El núcleo bobinado 10 de acuerdo con la presente realización se configura laminando una pluralidad de cuerpos doblados 1 formados a partir de lámina de acero eléctrico de grano orientado, en cuya superficie se forma un revestimiento que contiene fósforo, en la dirección de espesor de la lámina del mismo. Es decir, como se muestra en las Figuras 1 y 2, el núcleo bobinado 10 tiene una estructura laminar sustancialmente rectangular de la pluralidad de cuerpos doblados 1. El núcleo bobinado 10 puede utilizarse tal cual como núcleo bobinado. No obstante, en caso necesario, el núcleo bobinado puede fijarse mediante una cinta de atado conocida o una herramienta de fijación.

Como se muestra en las Figuras 1 y 2, cada uno de los cuerpos doblados 1 está formado en forma rectangular uniendo alternativamente cuatro porciones planas 4 y cuatro porciones esquina 3 a lo largo de una dirección circunferencial. El ángulo entre las dos porciones planas 4 adyacentes a cada porción de esquina 3 es de aproximadamente 90°.

5 Como se muestra en la Figura 2, en el núcleo bobinado 10 de acuerdo con esta realización, cada una de las porciones de esquina del cuerpo doblado 1 tiene dos regiones dobladas 5 con un ángulo de doblado total de aproximadamente 90° en una vista lateral. La región doblada 5 es una región que tiene una forma doblada en una vista lateral del cuerpo doblado 1, y más adelante se describirá una definición más específica de la misma.

10 Cada una de las porciones de esquina 3 del cuerpo doblado 1 puede tener tres regiones dobladas 5 como en un núcleo bobinado 10A de acuerdo a un primer ejemplo de modificación mostrado en la Figura 3, o puede tener una región doblada 5 como en un núcleo bobinado 10B de acuerdo a un segundo ejemplo de modificación mostrado en la Figura 4. Es decir, cada una de las porciones de esquina 3 del cuerpo doblado 1 puede tener una o más regiones dobladas 5.

15 La Figura 5 es una vista lateral ampliada de la proximidad de la porción de esquina 3 en el núcleo bobinado 10 de acuerdo con esta realización.

Como se muestra en la Figura 5, en un caso en el que una porción de esquina tiene dos regiones dobladas 5a y 5b, la región doblada 5a (porción curvada) se conecta a una porción de línea recta que representa una porción plana 4a de un cuerpo doblado 10, y luego, desde la punta de la región doblada 5a, se conectan una porción de línea recta, la región doblada 5b (porción curvada), y una porción plana 4b.

20 En el núcleo bobinado 10 de acuerdo con la presente realización, una región desde un segmento A-A' hasta un segmento B-B' en la Figura 5 es la porción de esquina 3. Un punto A es un punto extremo de la porción plana 4a en la región doblada 5a del cuerpo doblado 1a dispuesto en el lado más interno del núcleo bobinado 10, y un punto A' es un punto de intersección entre una línea recta en dirección perpendicular a la superficie de la lámina del cuerpo doblado 1a a través del punto A y la superficie más externa del núcleo bobinado 10. Del mismo modo, un punto B es un punto final en el lado de la porción plana 4b en la región doblada 5b del cuerpo doblado 1a dispuesto en el lado más interno del núcleo bobinado 10, y un punto B' es un punto de intersección entre una línea recta en una dirección perpendicular a la superficie de la lámina del cuerpo doblado 1a a través del punto B y la superficie más externa del núcleo bobinado 10. En la Figura 5, el ángulo entre las dos porciones planas 4a y 4b adyacentes entre sí con la porción de esquina 3 interpuesta entre ellas es θ y en la presente invención es de aproximadamente 90°. Aunque los ángulos de doblado φ de las regiones dobladas 5a y 5b se describirán más adelante, $\varphi_1 + \varphi_2$ en la Figura 5 es de aproximadamente 90°.

30 A continuación, se describirá un caso en el que una porción de esquina 3 tiene tres regiones dobladas 5. La Figura 6 es una vista lateral ampliada de la proximidad de la porción de esquina 3 en el núcleo bobinado 10A de acuerdo al primer ejemplo de modificación mostrado en la Figura 3. En la Figura 6, como en la Figura 5, la región comprendida entre el segmento A-A' y el segmento B-B' es la porción de esquina 3. En la Figura 6, el punto A es el punto final del lado de la porción plana 4a de la región doblada 5a más cercano a la porción plana 4a, y el punto B es el punto final del lado de la porción plana 4b de la región doblada 5b más cercano a la porción plana 4b. En un caso en el que hay tres regiones dobladas 5, una porción de línea recta está presente entre las regiones dobladas. Las partes planas que forman las porciones planas 4a y 4b pueden determinarse teniendo en cuenta que el ángulo θ entre las dos porciones planas adyacentes 4a y 4b con la porción de esquina 3 interpuesta entre ellas es de 90°, y, en consecuencia, se determina la región doblada 5 adyacente a la porción plana 4. En el ejemplo de la Figura 6, $\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3$ se convierte aproximadamente en 90°. En general, en un caso en el que la porción de esquina 3 tiene n regiones dobladas 5, $\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$ se convierte aproximadamente en 90°.

45 A continuación, se describirá un caso en el que una porción de esquina 3 tiene una región doblada 5. La Figura 7 es una vista lateral ampliada de la proximidad de la porción de esquina 3 en un núcleo bobinado 10B de acuerdo a un segundo ejemplo de modificación mostrado en la Figura 4. En la Figura 7, como en las Figuras 5 y 6, la región comprendida entre el segmento A-A' y el segmento B-B' es la porción de esquina 3. En la Figura 7, el punto A es el punto final del lado de la porción plana 4a de la región doblada 5, y el punto B es el punto final del lado de la porción plana 4b de la región doblada 5. En el ejemplo de la Figura 7, φ_1 es aproximadamente 90°.

55 En esta solicitud, puesto que el ángulo θ de la porción de esquina descrita anteriormente es de aproximadamente 90°, φ es de aproximadamente 90° o menos. Desde el punto de vista de la supresión de la pérdida de núcleo mediante la supresión de la generación de gemelos de deformación, φ es preferiblemente 60° o menos, y más preferiblemente 45° o menos. Por lo tanto, es preferible que una porción de esquina 3 tenga dos o más regiones dobladas 5. Sin embargo, es difícil formar cuatro o más regiones dobladas 5 en una porción de esquina 3 debido a restricciones en el diseño de las instalaciones de fabricación. Por lo tanto, el número de regiones dobladas 5 en una porción de esquina es preferiblemente tres o menos.

ES 3 013 127 T3

Como en el núcleo bobinado 10 de acuerdo con esta realización mostrada en la Figura 5, en un caso en el que una porción de esquina tiene dos regiones dobladas 5a y 5b, es preferible que $\varphi 1 = 45^\circ$ y $\varphi 2 = 45^\circ$ se satisfagan desde el punto de vista de la reducción de la pérdida de núcleo. Sin embargo, por ejemplo, $\varphi 1 = 60^\circ$ y $\varphi 2 = 30^\circ$, $\varphi 1 = 30^\circ$ y $\varphi 2 = 60^\circ$, o similares pueden satisfacerse.

- 5 Como en el núcleo bobinado 10A de acuerdo con el primer ejemplo de modificación mostrado en la Figura 6, en un caso en el que una porción de esquina tiene tres regiones dobladas 5a, 5b y 5c, es preferible que $\varphi 1 = 30^\circ$, $\varphi 2 = 30^\circ$ y $\varphi 3 = 30^\circ$ se satisfagan desde el punto de vista de la reducción de pérdida de núcleo.

- Además, puesto que es preferible que los ángulos de doblado sean iguales entre sí desde el punto de vista de la producción eficiente, en un caso en el que una porción de esquina tiene dos regiones dobladas 5a y 5b (Figura 5), $\varphi 1 = 45^\circ$ y $\varphi 2 = 45^\circ$ se satisfacen preferentemente, y en un caso en el que una porción de esquina tiene tres regiones dobladas 5a, 5b y 5c (Figura 6), por ejemplo, $\varphi 1 = 30^\circ$, $\varphi 2 = 30^\circ$, y $\varphi 3 = 30^\circ$ se satisfacen preferentemente desde el punto de vista de la reducción de pérdida de núcleo.

- La región doblada 5 se describirá con más detalle con referencia a la Figura 8. La Figura 8 es una vista que muestra esquemáticamente un ejemplo de la región doblada 5 del cuerpo doblado 1. El ángulo de doblado de la región doblada 5 significa una diferencia angular generada entre una porción de línea recta en el lado trasero y una porción de línea recta en el lado delantero en la dirección de doblado en la región doblada 5 del cuerpo doblado 1. Específicamente, el ángulo de doblado de la región doblada 5 está representado por un ángulo complementario φ del ángulo entre dos líneas imaginarias Lb-elongación1 (Lb-Línea 1) y Lb-elongación2 (Lb-Línea 2) obtenidas extendiendo porciones de línea recta respectivamente adyacentes a ambos lados (un punto F y un punto G) de una porción curvada incluida en una línea Lb que representa la superficie exterior del cuerpo doblado 1, en la región doblada 5.

El ángulo de doblado de cada región doblada 5 es de aproximadamente 90° o menos, y la suma de los ángulos de doblado de todas las regiones dobladas 5 presentes en una porción de esquina 3 es de aproximadamente 90° .

- 25 En la presente solicitud, la región doblada 5 representa una región encerrada por, en una vista lateral del cuerpo doblado 1, cuando un punto D y un punto E sobre una línea La que representa la superficie interior del cuerpo doblado 1 y el punto F y el punto G sobre la línea Lb que representa la superficie exterior del cuerpo doblado 1 se definen como sigue, una línea delimitada por el punto D y el punto E en la línea La que representa la superficie interior del cuerpo doblado 1, una línea delimitada por el punto F y el punto G en la línea Lb que representa la superficie exterior del cuerpo doblado, una línea recta que conecta el punto D y el punto G, y una línea recta que conecta el punto E y el punto F.

Aquí, los puntos D, E, F y G se definen como sigue.

- En una vista lateral, un punto en el que una línea recta AB que conecta el punto central A del radio de curvatura de una porción curva incluida en la línea La que representa la superficie interior del cuerpo doblado 1 con el punto de intersección B entre las dos líneas imaginarias Lb-elongación1 (Lb-Línea 1) y Lb-elongación2 (Lb-Línea 2). Línea 2) obtenidas extendiendo las porciones de línea recta respectivamente adyacentes a ambos lados de una porción curva incluida en la línea Lb que representa la superficie exterior del cuerpo doblado interseca la línea que representa la superficie interior del cuerpo doblado 1 se denomina como el origen C,

- un punto separado del origen C por una distancia m representada por la Ecuación (1) en una dirección a lo largo de la línea La que representa la superficie interior del cuerpo doblado 1 se denomina como el punto D,

un punto separado del origen C por la distancia m en la otra dirección a lo largo de la línea La que representa la superficie interior del cuerpo doblado se denomina como el punto E,

- el punto de intersección entre una porción de línea recta opuesta al punto D en la porción de línea recta incluida en la línea Lb que representa la superficie exterior del cuerpo doblado y una línea imaginaria trazada perpendicularmente a la porción de línea recta opuesta al punto D a través del punto D se denomina como el punto G, y

- el punto de intersección entre una porción de línea recta opuesta al punto E en la porción de línea recta incluida en la línea Lb que representa la superficie exterior del cuerpo doblado y una línea imaginaria trazada perpendicularmente a la porción de línea recta opuesta al punto E a través del punto E se denomina como el punto F.

$$\text{Ecuación (1): } m = r \times (\pi/4)$$

(en la Ecuación (1), m representa la distancia desde el origen C, y r representa la distancia (radio de curvatura) desde el punto central A hasta el origen C).

- Es decir, r representa el radio de curvatura en un caso en el que una curva cerca del origen C se considera como un arco, y en esta solicitud, representa un radio de curvatura del lado de la superficie interior en una vista

lateral de la región doblada 5. A medida que el radio de curvatura r disminuye, la curva de la porción curvada de la región doblada 5 se vuelve afilada, y a medida que el radio de curvatura r aumenta, la curva de la porción curvada de la región doblada 5 se vuelve suave.

5 En esta aplicación, incluso en un caso en el que la región doblada 5 que tiene un radio de curvatura r de 3 mm o menos se forma mediante doblado, se suprimen la generación de gemelos de deformación en la región doblada 5 y el agrietamiento en el revestimiento que contiene fósforo, de modo que se obtiene un núcleo bobinado que tiene una pérdida de núcleo baja.

10 La Figura 9 es una vista que muestra esquemáticamente el cuerpo doblado 1 del núcleo bobinado 10 de acuerdo a esta realización. Como se muestra en la Figura 9, el cuerpo doblado 1 se forma doblando una lámina de acero eléctrico de grano orientado y tiene cuatro porciones esquina 3 y cuatro porciones planas 4, por lo que una lámina de acero eléctrico de grano orientado forma un anillo sustancialmente rectangular en una vista lateral. Más concretamente, el cuerpo doblado 1 tiene una estructura en la que una porción plana 4 tiene una porción de unión 6 (hueco) que es una superficie extrema en la dirección longitudinal, y las otras tres porciones planas 4 no tienen porción de unión 6.

15 Sin embargo, el núcleo bobinado 10 puede tener una estructura laminada sustancialmente rectangular en su conjunto en una vista lateral. Por lo tanto, como un ejemplo de modificación, como se muestra en la Figura 10, puede utilizarse un cuerpo doblado 1A en el que dos porciones planas 4 tienen porciones de unión 6 y las otras dos porciones planas 4 no tienen porción de unión 6. En este caso, dos láminas de acero eléctrico de grano orientado constituían el cuerpo doblado.

20 Como otro ejemplo de modificación en un caso en el que dos láminas de acero eléctrico de grano orientado constituyen un cuerpo doblado, como se muestra en la Figura 11, puede utilizarse un cuerpo doblado 1B en el que una porción plana 4 tenga dos porciones de unión 6 y las otras tres porciones planas 4 no tengan porción de unión 6. Es decir, el cuerpo doblado 1B se configura combinando una lámina de acero eléctrico de grano orientado correspondiente a tres lados de forma sustancialmente rectangular y una lámina de acero eléctrico de grano orientado recta (recta en una vista lateral) correspondiente al lado restante. En un caso en el que dos
25 o más láminas de acero eléctrico de grano orientado constituyen un cuerpo doblado como el descrito anteriormente, se puede combinar un cuerpo doblado de una lámina de acero y una lámina de acero recta (recta en una vista lateral).

30 En cualquier caso, para no provocar que se genere un hueco entre dos capas adyacentes durante la fabricación del núcleo bobinado, en dos capas de los cuerpos doblados adyacentes entre sí, las longitudes de las láminas de acero y las posiciones de las regiones dobladas se ajustan de manera que la longitud circunferencial exterior de la porción plana 4 del cuerpo doblado dispuesta en el lado interior y la longitud circunferencial interior de la porción plana 4 del cuerpo doblado dispuesta en el lado exterior sean iguales entre sí.

Configuración de la Lámina de Acero Eléctrico de Grano Orientado

35 La lámina de acero eléctrico de grano orientado tiene al menos una lámina de acero base y un revestimiento que contiene fósforo en la superficie de la lámina de acero base, y puede tener otras capas según sea necesario dentro del intervalo en el que los efectos de la presente invención no se vean perjudicados. Ejemplos de las otras capas incluyen un revestimiento de vidrio proporcionado entre la lámina de acero base y el revestimiento que contiene fósforo. A continuación, se describirá cada una de las configuraciones de la lámina de acero
40 eléctrico de grano orientado.

(1) Lámina de Acero Base

45 En la lámina de acero eléctrica de grano orientado utilizada en el núcleo bobinado 10 de acuerdo con la presente realización, la lámina de acero base es una lámina de acero en la que la orientación de los granos en la lámina de acero base está altamente integrada en una orientación $\{110\} \langle 001 \rangle$ y tiene excelentes características magnéticas en una dirección de laminación.

La lámina de acero base en la presente invención no está particularmente limitada, y como la lámina de acero eléctrico de grano orientado, puede seleccionarse y utilizarse apropiadamente una lámina de acero eléctrico de grano orientado conocida. A continuación, se describirá un ejemplo de una lámina de acero base preferible, pero la lámina de acero base de la presente invención no se limita a lo siguiente.

50 La composición química de la lámina de acero base no está particularmente limitada, pero incluye preferentemente, por ejemplo, por % en masa, Si: 0,8% a 7%, C: superior a 0% e inferior o igual a 0,085%, Al soluble en ácido: 0% a 0,065%, N: 0% a 0,012%, Mn: 0% a 1%, Cr: 0% a 0,3%, Cu: 0% a 0,4%, P: 0% a 0,5%, Sn: 0% a 0,3%, Sb: 0% a 0,3%, Ni: 0% a 1%, S: 0% a 0,015%, Se: 0% a 0,015%, y un resto formado por Fe e impurezas. La composición química de la lámina de acero base es un componente químico preferible para
55 controlar la textura a una textura Goss en la que la orientación del cristal se integra en una orientación $\{110\} \langle 001 \rangle$. Entre los elementos de la lámina de acero base, el Si y el C son elementos base, y los solubles en ácido Al, N, Mn, Cr, Cu, P, Sn, Sb, Ni, S y Se son elementos selectivos. Estos elementos selectivos pueden estar

5 contenidos para sus fines. Por lo tanto, no es necesario limitar los límites inferiores de los mismos, y los elementos selectivos pueden no estar sustancialmente contenidos. Incluso si estos elementos selectivos están contenidos como impurezas inevitables, los efectos de la presente invención no se ven perjudicados. En la lámina de acero de base, el resto de los elementos de base y los elementos selectivos están formados por Fe e impurezas inevitables.

Sin embargo, en un caso en el que el contenido de Si de la lámina de acero base es del 2,0% o más en términos de % en masa, se suprime la pérdida clásica por corrientes parásitas de un producto, lo que es preferible. El contenido de Si de la lámina de acero base es más preferentemente del 3,0% o más.

10 Además, en un caso en el que el contenido de Si de la lámina de acero base es del 5,0% o menos en términos de % en masa, apenas se produce agrietamiento en la lámina de acero durante un paso de laminación en caliente y laminación en frío, lo que es preferible. El contenido de Si de la lámina de acero base es más preferentemente del 4,5% o menos.

15 En la presente solicitud, por "impurezas inevitables" se entienden elementos incorporados inevitablemente a partir de minerales como materias primas, chatarra, entornos de fabricación y similares cuando la lámina de acero base se produce industrialmente.

20 Además, la lámina de acero eléctrico de grano orientado se somete generalmente a recocido de purificación durante la recristalización secundaria. En el recocido de purificación, los elementos formadores de inhibidores se descargan al exterior del sistema. En particular, las concentraciones de N y S se reducen significativamente y alcanzan 50 ppm o menos. Las concentraciones alcanzan 9 ppm o menos o 6 ppm o menos bajo condiciones típicas de recocido de purificación, y alcanzan un grado (1 ppm o menos) que no puede detectarse por análisis general cuando el recocido de purificación se realiza suficientemente.

25 La composición química de la lámina de acero base puede medirse mediante un procedimiento de análisis general para el acero. Por ejemplo, la composición química de la lámina de acero base puede medirse mediante espectrometría de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES). Específicamente, por ejemplo, la composición química puede especificarse obteniendo una probeta cuadrada de 35 mm de la posición central de la lámina de acero base después de eliminar el revestimiento y realizando la medición bajo condiciones basadas en una curva de calibración creada de antemano por ICPS-8100 (aparato de medición) fabricado por Shimadzu Corporation o similar. Además, el C y el S pueden medirse utilizando un procedimiento de absorción infrarroja por combustión, y el N puede medirse utilizando un procedimiento de conductividad 30 térmica por fusión de gas inerte.

La composición química de la lámina de acero base es una composición obtenida analizando la composición de la lámina de acero como la lámina de acero base, que se obtiene eliminando el revestimiento de vidrio descrito más adelante, el revestimiento que contiene fósforo y similares de la lámina de acero eléctrico de grano orientado mediante un procedimiento descrito más adelante.

35 Un procedimiento de fabricación de la lámina de acero base no está particularmente limitado, un procedimiento de fabricación de una lámina de acero eléctrico de grano orientado, que es conocido en la técnica relacionada, puede ser seleccionado apropiadamente. Un ejemplo específico preferible del procedimiento de fabricación es un procedimiento que consiste en realizar un laminado en caliente calentando un planchón que contiene entre 0,04 y 0,1 % en masa de C y que posee la composición química de la lámina de acero base a 1000 °C o más, 40 posteriormente realizar un recocido de la lámina laminada en caliente según sea necesario, realizar posteriormente un laminado en frío una o más veces con recocidos intermedios entre ellos para formar una lámina de acero laminada en frío, realizar un recocido de descarburación calentando la lámina de acero laminada en frío a una temperatura de entre 700 °C y 900 °C, por ejemplo, en una atmósfera de gas inerte-hidrógeno húmedo, realizar adicionalmente un recocido de nitruración según sea necesario, y realizar un 45 recocido final a aproximadamente 1000 °C.

El espesor de la lámina de acero base no está particularmente limitado, pero puede ser, por ejemplo, de 0,1 mm o más y 0,5 mm o menos o puede ser de 0,15 mm o más y 0,40 mm o menos.

50 Además, como lámina de acero eléctrico de grano orientado, es preferible utilizar una lámina de acero en la que los dominios magnéticos se refinan mediante la aplicación de tensión local a la superficie o la formación de ranuras en la superficie. El uso de una lámina de acero de este tipo permite reducir aún más la pérdida de núcleo.

(2) Revestimiento que Contiene Fósforo

55 La lámina de acero eléctrico de grano orientado tiene el revestimiento que contiene fósforo principalmente para impartir propiedades aislantes. El revestimiento que contiene fósforo se proporciona en la superficie más externa de la lámina de acero eléctrico de grano orientado, y en un caso en el que la lámina de acero eléctrico de grano orientado tiene el revestimiento de vidrio o un revestimiento de óxido, que se describirá más adelante, se proporciona en cada uno de los revestimientos.

El revestimiento que contiene fósforo puede seleccionarse adecuadamente de entre los conocidos en la técnica relacionada. Como revestimiento que contiene fósforo, es preferible un revestimiento a base de fosfato, y es preferible un revestimiento que contenga uno o más de fosfato de aluminio y fosfato de magnesio y como componente principal y que contenga uno o más de cromo y óxido de silicio como componente auxiliar. Con el revestimiento a base de fosfato, las propiedades aislantes de la lámina de acero están aseguradas, y se aplica tensión a la lámina de acero, de modo que la lámina de acero también es excelente en una reducción de la pérdida de núcleo.

Un procedimiento de formación del revestimiento que contiene fósforo no está particularmente limitado, y puede seleccionarse apropiadamente de procedimientos conocidos. Por ejemplo, es preferible un procedimiento consistente en aplicar una solución de revestimiento, en la que se disuelve una composición de revestimiento, sobre la lámina de acero base, y hornear el resultante. De aquí en adelante en el presente documento, se describirá un ejemplo específico preferible, pero el procedimiento de formación del revestimiento que contiene fósforo no está limitado a éste.

Se prepara una solución de revestimiento que contiene de 4 a 16 % en masa de sílice coloidal, de 3 a 24 % en masa de fosfato de aluminio (calculado como bifosfato de aluminio), y de 0,2 a 4,5 % en peso en total de uno o dos o más de anhídrido crómico y dicromato. La solución de revestimiento se aplica sobre la lámina de acero base o los demás revestimientos, tal como el revestimiento de vidrio formado sobre la lámina de acero base, y se hornea a una temperatura de unos 350°C o superior. A continuación, se realiza un tratamiento térmico a 800°C a 900°C, con lo que se puede formar el revestimiento que contiene fósforo. El revestimiento formado como se ha descrito anteriormente tiene propiedades aislantes y puede aplicar tensión a la lámina de acero, mejorando así las características de pérdida de núcleo y magnetostricción.

El espesor del revestimiento que contiene fósforo no está particularmente limitado, pero es preferentemente de 0,5 µm o más y de 3 µm o menos desde el punto de vista de asegurar las propiedades aislantes.

(3) Otros Revestimientos

La lámina de acero eléctrico de grano orientado puede tener además revestimientos distintos de la lámina de acero base y del revestimiento que se forma en la superficie más externa y que contiene fósforo, en un intervalo en el que no se ven perjudicados los efectos de la presente invención. Entre los ejemplos de estos otros revestimientos se incluye el revestimiento de vidrio formado sobre la lámina de acero base. La lámina de acero eléctrico de grano orientado tiene preferentemente el revestimiento de vidrio desde el punto de vista de la mejora de la adherencia del revestimiento que contiene fósforo. Ejemplos del revestimiento de vidrio incluyen revestimientos que tienen uno o más óxidos seleccionados entre forsterita (Mg_2SiO_4) espinela ($MgAl_2O_4$), y cordierita ($Mg_2Al_4Si_5O_{16}$).

Un procedimiento de formación del revestimiento de vidrio no está particularmente limitado, y puede seleccionarse apropiadamente de procedimientos conocidos. Por ejemplo, en un ejemplo específico del procedimiento de fabricación de la lámina de acero base, puede emplearse un procedimiento de aplicación de un agente separador de recocido que contenga una o más magnesia (MgO) y alúmina (Al_2O_3) seleccionadas a una lámina de acero laminada en frío y realizar el recocido de acabado de la misma. El agente separador de recocido también tiene el efecto de suprimir la adherencia entre las láminas de acero durante el recocido de acabado. Por ejemplo, en un caso en el que el recocido de acabado se realiza aplicando el agente separador de recocido que contiene magnesia, el agente separador de recocido reacciona con la sílice contenida en la lámina de acero base de manera que se forma un revestimiento de vidrio que contiene forsterita (Mg_2SiO_4) en la superficie de la lámina de acero base.

El espesor del revestimiento de vidrio no está particularmente limitado, pero es preferentemente de 0,5 µm o más y de 3 µm o menos desde el punto de vista de la adhesión al revestimiento que contiene fósforo y similares.

El espesor de la lámina de acero eléctrico de grano orientado no está particularmente limitado y puede seleccionarse apropiadamente de acuerdo a la solicitud y similares, pero típicamente está en un intervalo de 0,15 mm a 0,35 mm, y preferentemente en un intervalo de 0,18 mm a 0,23 mm.

Características de la Porción Doblada

En el núcleo bobinado 10 de acuerdo con la presente realización, en una vista lateral, el número de gemelos de deformación presentes en la región doblada 5 es de cinco o menos por 1 mm de la longitud de la línea central en la dirección del espesor de la lámina en la región doblada 5.

Es decir, en un caso en el que la longitud de la línea central en la dirección del espesor de la lámina en "todas las regiones dobladas 5 incluidas en una porción de esquina 3 de un cuerpo doblado 1 del núcleo bobinado 10" se denomina L_{Total} (mm) y el número de gemelos de deformación incluidos en "todas las regiones dobladas 5 incluidas en una porción de esquina 3 de un cuerpo doblado 1 del núcleo bobinado 10" se denomina N_{Total} (recuento), el valor de N_{Total}/L_{Total} (recuento/mm) es cinco o menos.

El número de gemelos de deformación presentes en la región doblada 5 es preferentemente cuatro o menos por 1 mm de la longitud de la línea central en la dirección del espesor de la lámina en la región doblada 5 y es más preferentemente tres o menos.

5 Además, en el núcleo bobinado 10 de acuerdo con esta realización, la cantidad de fósforo eluido de la porción de esquina 3 en un caso en el que el núcleo bobinado 10 se hierve en agua durante 30 minutos es de 6,0 mg o menos por 1 m² del área de superficie de la porción de esquina 3.

Es decir, en un caso en el que la cantidad de fósforo eluida de "una porción de esquina 3 de un cuerpo doblado 1 del núcleo bobinado 10" se denomina P_{elución} (mg) y el área de superficie de "una porción de esquina 3 de un cuerpo doblado 1 del núcleo bobinado 10" se denomina S_A (m²), el valor de P_{elución}/S_A (mg/m²) es 6.0 o inferior.

10 La cantidad de fósforo eluida de la porción de esquina 3 por 1 m² del área de superficie de la porción de esquina 3 en un caso en el que el núcleo bobinado 10 se hierve en agua durante 30 minutos es preferentemente 5 mg o menos, y más preferentemente 4 mg o menos.

De ahora en adelante en el presente documento, se describirán en detalle el número de gemelos de deformación y la cantidad de fósforo eluido.

15 (1) Número de Gemelos de Deformación

20 El número de gemelos de deformación presentes en la región doblada 5 en una vista lateral, puede fotografiarse una sección transversal de la región doblada 5 utilizando un microscopio óptico, y puede contarse el número de gemelos de deformación 7 dirigidos desde la superficie de la chapa de acero hacia el interior. Como se muestra en el ejemplo de la Figura 15, se forman gemelos de deformación en la superficie circunferencial exterior del núcleo bobinado y en la superficie circunferencial interior del núcleo bobinado de la lámina de acero. En esta solicitud, se añaden gemelos de deformación formados en la superficie circunferencial exterior y gemelos de deformación formados en la superficie circunferencial interior. Además, los gemelos de deformación pueden confirmarse mediante análisis y evaluación con el microscopio electrónico de escaneo y el programa informático de análisis de la orientación de los cristales (EBSD).

25 Aquí, se describirá un procedimiento de preparación de una muestra para la observación de la sección transversal de la región doblada 5 utilizando el núcleo bobinado 10 de acuerdo con la presente realización como ejemplo.

30 Como se muestra en la Figura 12, la muestra para observar la sección de la región doblada 5 se toma de la porción de esquina 3 (región A mostrada en la figura) correspondiente a cada una de la pluralidad de cuerpos doblados 1 que constituyen el núcleo bobinado 10. De esta región A, se toma una muestra que incluye la región doblada 5 mediante una cizalla. En este momento, la separación de una cuchilla de cizallamiento se ajusta de 0,1 a 2 mm y el cizallamiento se realiza de modo que la sección de cizallamiento no cruce la región doblada 5. Además, es difícil cizallar a la vez los cuerpos doblados 1 solapados, por lo que los cuerpos doblados 1 se cizallan uno a uno.

35 A continuación, en un estado en el que los elementos cortados uno por uno se solapan, un lado del ancho de la lámina se incrusta en una resina epoxi y la superficie incrustada se pule. En el pulido, el papel de lija SiC se cambia del papel de lija #80 con un tamaño de grano en JIS R 6010 al #220, #600, #1000, y #1500 en este orden, y después, se realiza el pulido con diamante para el acabado espejo utilizando polvo de diamante de 6 μm, polvo de diamante de 3 μm, y polvo de diamante de 1 μm en este orden.

40 Por último, para corroer la estructura, la muestra se sumerge en una solución obtenida añadiendo dos o tres gotas de ácido pícrico y ácido clorhídrico al 3% de Nital durante aproximadamente unos 20 segundos para corroer la estructura, con lo que se prepara la muestra para observar la sección transversal de la región doblada 5.

45 Además, la longitud de la línea central en la dirección del espesor de la lámina de acero eléctrico de grano orientado es la longitud de una curva KJ en la Figura 8, y se determina específicamente como sigue. El punto de intersección entre la línea recta AB definida como se ha descrito anteriormente y la línea que representa el lado exterior de la lámina de acero eléctrico de grano orientado se denomina como un punto H, y el punto medio entre el punto H y el origen C se denomina como un punto I. En este momento, la distancia (radio de curvatura) entre el punto medio A y el punto I se denomina r', y m' se calcula mediante la Ecuación (2). En este momento, 50 la longitud de la línea central en la dirección del espesor de la lámina de acero eléctrico de grano orientado pasa a ser el doble de m' (2m'). Además, un punto K es el punto medio de un segmento EF, y un punto J es el punto medio de un segmento GD.

Ecuación (2): $m' = r' \times (\pi/4)$

(en la Ecuación (2), m' representa la longitud desde el punto I al punto K y al punto J, y r' representa la distancia desde el punto medio A al punto I (radio de curvatura)).

5 Como se ha descrito anteriormente, la muestra tomada se forma mediante la superposición de los miembros cizallados uno a uno y, por lo tanto, incluye la pluralidad de regiones dobladas 5. Por lo tanto, el número de gemelos de deformación incluidos en la correspondiente región doblada 5 por 1 mm de la longitud de la línea central en la dirección del espesor de la lámina en la región doblada 5 puede obtenerse basándose en la longitud total de las líneas centrales de todas las regiones dobladas 5 de la muestra y el número de gemelos de deformación presentes en todas las regiones dobladas 5 de la muestra.

(2) Cantidad de Fósforo Eluido

10 En un caso en el que las grietas del revestimiento están presentes en la región doblada 5, el fósforo se eluye de las partes agrietadas cuando el núcleo bobinado 10 se hierve en agua. Por lo tanto, en esta solicitud, la cantidad de fósforo eluido de la correspondiente porción de esquina 3 por 1 m² del área de superficie de la porción de esquina en un caso en el que el núcleo bobinado 10 se hierve en agua durante 30 minutos se utiliza como índice de facilidad de aparición de adherencias entre las láminas de acero en la región doblada 5.

15 Aquí, se describirá un procedimiento de preparación de una muestra para medir la cantidad de fósforo eluido de la porción de esquina 3 usando el núcleo bobinado 10 de acuerdo con la presente realización como un ejemplo.

20 Como se muestra en la Figura 12, la muestra para medir la cantidad de fósforo eluido de la porción de esquina 3 se toma de la porción de esquina 3 (región B1 mostrada en la figura) y de la porción plana 4 (región B2 mostrada en la figura) correspondientes a cada uno de la pluralidad de cuerpos doblados 1 que constituyen el núcleo bobinado 10. De la región B1, se toma una muestra que incluye porciones de la porción de esquina 3 y las porciones planas 4 y 4 adyacentes a la porción de esquina 3, utilizando la cizalla. De la región B2, se toma una muestra que incluye sólo una porción de lámina plana utilizando la cizalla. En este momento, se realiza el cizallado de forma que el área de la porción de lámina plana 4 de la muestra tomada de la región B1 y el área de la porción de lámina plana 4 de la muestra tomada de la región B2 sean iguales. El área de la porción de lámina plana no está particularmente limitada, pero, por ejemplo, el área de una lámina de la muestra tomada de la región B2 se fija adecuadamente en un área con una anchura de 30 mm y una longitud de 280 mm o similar. En cualquier operación de toma, la holgura de la cuchilla de cizallamiento se ajusta a aproximadamente 0,1 a 2 mm, y el cizallamiento se realiza de modo que la sección de cizallamiento no cruce la región doblada 5. Además, es difícil cizallar a la vez los cuerpos doblados 1 solapados, por lo que los cuerpos doblados 1 se cizallan uno a uno.

35 A continuación, las muestras tomadas de la región B1 y de la región B2 se ponen respectivamente en la misma cantidad de agua, y se hierven a aproximadamente 100°C durante 30 minutos, y a partir de entonces el fósforo eluido en el agua se mide como iones fosfato mediante absorciometría de azul de molibdeno (reducción del ácido ascórbico). La cantidad de fósforo eluida de la muestra tomada de la región B1 se denomina P_{B1} , la cantidad de fósforo eluida de la muestra tomada de la región B2 se denomina P_{B2} , y por medio del cálculo de $P_{B1} - P_{B2}$, se obtiene la cantidad de fósforo eluida de la porción de esquina 3.

40 Como se ha descrito anteriormente, puesto que la muestra es un conjunto de los miembros tomados de la pluralidad de cuerpos doblados 1, la cantidad de fósforo eluido de la porción de esquina 3 por 1 m² del área de superficie de la porción de esquina en un caso en el que la porción de esquina se hierve en agua durante 30 minutos puede obtenerse basándose en la suma de las áreas de superficie de los miembros (las porciones de esquina 3 de los cuerpos doblados 1) y la cantidad de fósforo eluido calculada por $P_{B1} - P_{B2}$.

45 El área de superficie de una porción de esquina de un cuerpo doblado puede calcularse mediante la fórmula de cálculo (la longitud en la dirección del lado largo de la línea central en la dirección del espesor del cuerpo doblado 1) \times (la anchura del cuerpo doblado 1) \times 2.

50 Para medir la cantidad de fósforo eluido de la porción de esquina 3, también es concebible cizallar un miembro que incluya solamente la porción de esquina para obtener una muestra entre muestras tomadas de la región B1. Sin embargo, en este caso, existe la preocupación de que una región cercana a una porción doblada pueda ser cizallada, y existe la preocupación de que no se obtengan resultados de medición precisos. Por lo tanto, como se ha descrito anteriormente en esta solicitud, las muestras se toman respectivamente de la región B1 y de la región B2.

55 Además, los presentes inventores midieron la cantidad de fósforo eluido cambiando diversamente el tamaño de la muestra cortada por cizallamiento. Como resultado, se confirmó que el efecto de la elusión de fósforo de una porción de superficie lateral (superficie de corte) de la muestra es extremadamente pequeño, y de acuerdo con el procedimiento descrito anteriormente, cuando el área de la capa superficial de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en la que está presente el revestimiento que contiene fósforo es la misma aunque el área de corte sea diferente, la cantidad de fósforo eluido de la misma por unidad de área es la misma.

Como se ha descrito anteriormente, en el núcleo bobinado 10 de acuerdo con esta realización, el número de gemelos de deformación en la región doblada 5 es pequeño y la cantidad de fósforo eluido de la porción de esquina 3 es pequeña, de manera que se suprime la pérdida de núcleo mientras se proporciona la región doblada 5. Por lo tanto, el núcleo bobinado 10 de acuerdo con esta realización puede ser convenientemente utilizado para cualquiera de las aplicaciones conocidas en la técnica relacionada, tales como núcleos magnéticos de transformadores, reactores, filtros de ruido, y similares.

Segunda Realización

De ahora en adelante en el presente documento, se describirá un procedimiento de fabricación del núcleo bobinado 10.

Un procedimiento de fabricación de un núcleo bobinado de acuerdo a una segunda realización de la presente invención incluye un paso de preparación de preparar una pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado que tienen un revestimiento que contiene fósforo en la superficie, un paso de doblado de formar una pluralidad de cuerpos doblados que tienen una forma sustancialmente rectangular en una vista lateral doblando cada región de formación de porción de esquina previamente asignada a la pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado en un estado en el que la temperatura de la región de formación de porción de esquina se establece en 150°C o superior y 500°C o inferior, y un paso de laminación de laminar la pluralidad de cuerpos doblados en la dirección del espesor de la lámina.

De acuerdo con el procedimiento de fabricación, se puede fabricar el núcleo bobinado con baja pérdida de núcleo mientras que tiene la región doblada 5. De ahora en adelante en el presente documento, se describirá en detalle el procedimiento de fabricación del núcleo bobinado en orden.

Paso de Preparación

En primer lugar, se preparan láminas de acero eléctrico de grano orientado que tienen un revestimiento que contiene fósforo en la superficie. Las láminas de acero eléctrico de grano orientado pueden fabricarse, o pueden obtenerse productos disponibles en el mercado. El procedimiento de fabricación y la composición química de la lámina de acero eléctrico de grano orientado son los descritos anteriormente, por lo que aquí se omitirá la descripción de los mismos.

Paso de Doblado

A continuación, la lámina de acero eléctrico de grano orientado se corta en una longitud deseada según sea necesario, y a partir de entonces se dobla al menos una porción en cada región de formación de porciones de esquina previamente asignada a la lámina de acero eléctrico de grano orientado. En consecuencia, la lámina de acero eléctrico de grano orientado se forma en el cuerpo doblado 1 en el que las porciones planas y las porciones de esquina están conectadas alternativamente y el ángulo entre las dos porciones planas adyacentes a cada porción de esquina es de aproximadamente 90°.

Un procedimiento de doblado de se describirá con referencia a los dibujos. La Figura 13 es una vista esquemática que muestra un ejemplo del procedimiento de doblado en el procedimiento de fabricación del núcleo bobinado 10.

La configuración de una máquina de trabajo no está particularmente limitada, pero, por ejemplo, como se muestra en (A) de la Figura 13, incluye una matriz 22 y un punzón 24 para el trabajo de prensado, y también incluye una guía 23 para fijar una lámina de acero eléctrico de grano orientado 21. La lámina de acero eléctrico de grano orientado 21 se transporta en una dirección de transporte 25 y se fija en una posición preestablecida ((B) de la Figura 13). Posteriormente, la lámina de acero eléctrico de grano orientado 21 es presionada por el punzón 24 a una fuerza predeterminada fijada de antemano, con lo que se obtiene un cuerpo doblado que tiene una región doblada a un ángulo de doblado φ .

En el paso de doblado, la temperatura de la región de formación de la porción de esquina se controla a 150°C o superior y 500°C o inferior. Esto se debe a que, al establecer el intervalo de temperatura, se puede suprimir la generación de gemelos de deformación y suprimir el agrietamiento en el revestimiento que contiene fósforo.

Aquí, una región para la que se controla la temperatura puede ser solamente la región doblada durante el doblado. Es decir, la temperatura de la porción de lámina plana no está particularmente limitada. Sin embargo, en un caso en el que se utiliza como lámina de acero eléctrico de grano orientado una lámina de acero en la que se aplica tensión local a la superficie para refinar los dominios magnéticos, es preferible controlar la temperatura de las regiones que excluyen la región de formación de la porción de esquina a 300°C o menos mientras se controla la temperatura de la región de formación de la porción de esquina a 150°C o más y 500°C o menos.

La temperatura de la región de formación de la porción de esquina se obtiene, por ejemplo, instalando un termopar en el punzón 24 y midiendo la temperatura cuando el punzón 24 entra en contacto con la lámina de

acero eléctrico 21 de grano orientado. Un procedimiento para controlar la temperatura de la región de formación de la porción de esquina en la lámina de acero eléctrico de grano orientado a 150°C o más y 500°C o menos no está particularmente limitado, y, por ejemplo, la temperatura puede ser controlada calentando el miembro que está en contacto con la lámina de acero eléctrico de grano orientado, tal como la matriz 22, o usando un calentador infrarrojo o similar. En el caso del calentamiento de la matriz 22, la temperatura se ajusta adecuadamente en función del grosor, el tiempo de transporte y similares de la lámina de acero, pero como referencia, la temperatura de la matriz 22 puede fijarse entre 200°C y 500°C.

Aquí, la temperatura de la lámina de acero eléctrico de grano orientado durante el doblado se mide como sigue. En primer lugar, en (B) de la Figura 13, suponiendo que la dirección de transporte 25 (la dirección longitudinal de la lámina de acero eléctrico de grano orientado) de la lámina de acero eléctrico de grano orientado 21 es el eje x, la dirección de anchura de la lámina de acero 21 es el eje y, la dirección de espesor de la lámina de acero es el eje z, el origen se define estableciendo una superficie de la matriz 22 en un lado cercano al punzón 24 a $x = 0$, el centro en la dirección de la anchura de la lámina de acero eléctrico de grano orientado a $y = 0$, y la superficie de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en el lado de la matriz 22 a $z = 0$ (las posiciones de $x = 0$, $y = 0$, y $z = 0$ se muestran en (B) de la Figura 11). En este momento, el valor medio de la temperatura del origen (0,0,0) y la temperatura en la superficie (es decir, un punto (0,0,t)) en el lado opuesto a la matriz 22 en el origen se define como la temperatura de la lámina de acero eléctrico de grano orientado durante el doblado. Las temperaturas del origen (0,0,0) y del punto (0,0,t) pueden evaluarse midiendo las temperaturas cuando el punzón entra en contacto con la lámina de acero con el termopar. Además, t es el espesor de la lámina de acero eléctrico de grano orientado.

Paso de Laminación

A continuación, en el paso de laminación, una pluralidad de los cuerpos doblados se laminan en la dirección del espesor de la lámina. Es decir, las porciones de esquina 3 de los cuerpos doblados 1 se alinean entre sí para solaparse y laminarse en la dirección del grosor de la lámina, formando así un laminado que tiene una forma sustancialmente rectangular en una vista lateral. En consecuencia, puede obtenerse un núcleo bobinado. El núcleo bobinado obtenido puede fijarse además utilizando una cinta de atado conocida o una herramienta de fijación, según sea necesario.

La presente invención no se limita a la realización.

Por ejemplo, en la descripción anterior, se describe el caso en el que se laminan cuatro cuerpos doblados 1, pero el número de cuerpos doblados 1 a laminar no está limitado.

Ejemplos

De ahora en adelante en el presente documento, los contenidos técnicos de la presente invención se describirán más detalladamente con referencia a ejemplos de la presente invención. Las condiciones de los siguientes ejemplos son ejemplos de condiciones adoptadas para confirmar la viabilidad y los efectos de la presente invención, y la presente invención no se limita a los ejemplos de condiciones.

Como Ejemplos Experimentales A1 a A14, láminas de acero eléctrico de grano orientado en las que un revestimiento de vidrio (espesor 1,0 μm) que contenía forsterita (Mg_2SiO_4) y un revestimiento (espesor 2,0 μm) que contenía fosfato de aluminio se formaron en este orden sobre una lámina de acero base que tenía un espesor de 0,27 mm y, además, se prepararon dominios magnéticos refinados mediante la realización de irradiación láser en la superficie de la lámina de acero a intervalos de 4 mm en una dirección perpendicular a la dirección de laminación.

Las regiones de formación de porciones de esquina de las láminas de acero eléctrico de grano orientado se doblaron mientras se ajustaban las regiones de formación de porciones de esquina a un intervalo de temperaturas de 25°C a 1000°C, con lo que se obtuvieron cuerpos doblados que tenían regiones dobladas con un ángulo de doblado ϕ de 45°. A continuación, laminando los cuerpos doblados, se obtiene un núcleo bobinado cuyas dimensiones se muestran en la Figura 12.

Además, en los Ejemplos Experimentales B1 a B14, C1 a C14, y D1 a D14, se obtuvieron núcleos bobinados similares utilizando láminas de acero eléctrico de grano orientado en las que los espesores de las láminas de acero base se fijaron respectivamente en 0,23 mm, 0,20 mm, y 0,18 mm.

Medición del Número de Gemelos de Deformación

A partir de los núcleos bobinados de los ejemplos experimentales, se cizallaron muestras de la región A mostrada en la Figura 12. Las muestras se observaron con el microscopio óptico, y se calculó el número de gemelos de deformación presentes en cada región doblada del cuerpo doblado en torno a 1 mm de la longitud de la línea central en la dirección del espesor de la lámina. Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

Además, los gemelos de deformación se confirmaron mediante análisis y evaluación utilizando el microscopio electrónico de escaneo y el programa informático de análisis de orientación de los cristales (EBSD).

Medición de la Cantidad de Fósforo Eluido

5 A partir de los núcleos bobinados de los ejemplos experimentales, se cizallaron muestras de las regiones B1 y B2 mostradas en la Figura 12.

En este momento, se realizó el cizallamiento de manera que la porción de lámina plana de las muestras obtenidas de las regiones B1 y B2 tuviera un tamaño con una anchura de 30 mm y una longitud de 280 mm.

10 Cada una de las muestras se puso en 200 cc de agua y se hirvió a unos 100°C durante 30 minutos, y después, el fósforo eluido en el agua se midió como iones fosfato mediante absorciometría de azul de molibdeno (reducción del ácido ascórbico). La cantidad de fósforo eluido de la porción de esquina se calculó a partir de la diferencia entre la cantidad P_{B1} de fósforo eluido de la muestra tomada de la región B1 y la cantidad P_{B2} de fósforo eluido de la muestra tomada de la región B2. Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

Además, se midieron previamente iones fosfato en agua, y se confirmó que la cantidad era inferior al límite inferior de detección (0,005 mg/lit).

15 Además, en la medición de la cantidad de fósforo eluido, se preparó una muestra que tenía una anchura de 50 mm y una longitud de 336 mm y la medición de la cantidad de fósforo eluido se realizó de manera similar. En consecuencia, se confirmó que la cantidad de fósforo eluida por unidad de área era la misma que la de la muestra que tenía una anchura de 30 mm y una longitud de 280 mm.

Evaluación

20 (1) Medición del Valor de Pérdida de Núcleo del Núcleo Bobinado

Con respecto a cada uno de los núcleos bobinados de los ejemplos experimentales, se realizó la medición en un procedimiento de corriente excitante en un procedimiento de medición de las características magnéticas de una banda de acero magnético laminada plana mediante un probador Epstein descrito en JIS C 2550-1 en las condiciones de una frecuencia de 50 Hz y una densidad de flujo magnético de 1,7 T, y se obtuvo el valor de pérdida de núcleo W_A .

(2) Medición del Valor de Pérdida de Núcleo de la Lámina de Acero Eléctrico de Grano Orientado

30 A partir de los núcleos bobinados de los ejemplos experimentales, se tomaron las láminas de acero eléctrico de grano orientado y se cizallaron, se tomaron muestras formadas únicamente por la porción de lámina plana y que tenían una anchura de 60 mm y una longitud de 300 mm, se realizó la medición en un ensayo de características magnéticas de lámina única de acero eléctrico mediante un método de bobina H descrito en JIS C 2556 en las condiciones de una frecuencia de 50 Hz y una densidad de flujo magnético de 1.7 T, y se obtuvo el valor de pérdida de núcleo W_B .

(3) Factor de Construcción

35 El factor de construcción (BF) se obtuvo dividiendo el valor de pérdida de núcleo W_A del núcleo bobinado obtenido en (1) descrito anteriormente por el valor de pérdida de núcleo W_B de la lámina de acero eléctrica de lámina única obtenido en (2) descrito anteriormente. En la presente invención, a medida que disminuye el BF, no se produce adherencia entre las láminas de acero base durante la laminación, y se puede evaluar que el núcleo bobinado tiene una pérdida de núcleo reducida. En esta solicitud, se toma como ejemplo de invención un caso en el que el valor BF es inferior a 1,00.

40 Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

[Tabla 1]

	Espesor de la lámina (mm)	Temperatura de la lámina durante el trabajo (°C)	Número de gemelo (recuento/mm)	Cantidad de fósforo eluido (mg/m ²)	Pérdida de núcleo W_A de lámina de acero (W/kg)	Pérdida de núcleo W_B de lámina de acero (W/kg)	BF [W_A/W_B]	Clasificación
Ejemplo A1	0,27	25	11	32,0	0,940	0,810	1,16	Ejemplo Comparativo

ES 3 013 127 T3

	Espesor de la lámina (mm)	Temperatura de la lámina durante el trabajo (°C)	Número de gemelo (recuento/mm)	Cantidad de fósforo eluido (mg/m ²)	Pérdida de núcleo W _A de lámina de acero (W/kg)	Pérdida de núcleo W _B de lámina de acero (W/kg)	BF [W _A /W _B]	Clasificación
Ejemplo A2	0,27	<u>50</u>	<u>9</u>	<u>33,0</u>	0,890	0,817	<u>1,09</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo A1	0,27	<u>80</u>	<u>9</u>	<u>39,9</u>	0,870	0,813	<u>1,07</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo A4	0,27	<u>100</u>	6	<u>25,5</u>	0,780	0,780	<u>1,00</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo A5	0,27	150	5	5,5	0,795	0,820	0,97	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo A6	0,27	200	5	4,4	0,797	0,822	0,97	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo A7	0,27	300	3	1,4	0,775	0,807	0,96	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo A8	0,27	400	2	3,1	0,765	0,814	0,94	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo A9	0,27	500	2	3,6	0,758	0,806	0,94	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo A10	0,27	<u>600</u>	2	<u>14,5</u>	0,895	0,814	<u>1,10</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo A11	0,27	<u>700</u>	1	<u>12,7</u>	0,899	0,817	<u>1,10</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo A12	0,27	<u>800</u>	1	<u>16,9</u>	0,901	0,812	<u>1,11</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo A13	0,27	<u>900</u>	2	<u>28,9</u>	0,896	0,800	<u>1,12</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo A14	0,27	<u>1000</u>	1	<u>32,4</u>	0,904	0,800	<u>1,13</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo B1	0,23	<u>25</u>	<u>11</u>	<u>32,0</u>	0,957	0,839	<u>1,14</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo B2	0,23	<u>50</u>	9	<u>33,0</u>	0,827	0,780	<u>1,06</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo B3	0,23	<u>80</u>	9	<u>39,9</u>	0,796	0,765	<u>1,04</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo B4	0,23	<u>100</u>	6	<u>25,5</u>	0,736	0,736	<u>1,00</u>	Ejemplo Comparativo

ES 3 013 127 T3

	Espesor de la lámina (mm)	Temperatura de la lámina durante el trabajo (°C)	Número de gemelo (recuento/mm)	Cantidad de fósforo eluido (mg/m ²)	Pérdida de núcleo W _A de lámina de acero (W/kg)	Pérdida de núcleo W _B de lámina de acero (W/kg)	BF [W _A /W _B]	Clasificación
Ejemplo B5	0,23	150	5	4,8	0,650	0,692	0,94	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo B6	0,23	200	5	3,2	0,664	0,699	0,95	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo B7	0,23	300	3	1,3	0,650	0,692	0,94	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo B8	0,23	400	2	1,5	0,693	0,714	0,97	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo B9	0,23	500	2	2,4	0,678	0,707	0,96	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo B10	0,23	<u>600</u>	2	<u>7,8</u>	0,843	0,788	<u>1,07</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo B11	0,23	<u>700</u>	1	<u>8,2</u>	0,923	0,824	<u>1,12</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo B12	0,23	<u>800</u>	1	<u>7,5</u>	0,957	0,839	<u>1,14</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo B13	0,23	<u>900</u>	2	<u>11,2</u>	0,940	0,832	<u>1,13</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo B14	0,23	<u>1000</u>	1	<u>10,4</u>	0,940	0,832	<u>1,13</u>	Ejemplo Comparativo

[Tabla 2]

	Espesor de la lámina (mm)	Temperatura de la lámina durante el trabajo (°C)	Número de gemelos (recuento/mm)	Cantidad de fósforo eluido (mg/m ²)	Pérdida de núcleo W _A de lámina de acero (W/kg)	Pérdida de núcleo W _B de lámina de acero (W/kg)	BF [W _A /W _B]	Clasificación
Ejemplo C1	0,20	<u>25</u>	<u>11</u>	<u>32,0</u>	0,858	0,752	<u>1,14</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo C2	0,20	<u>50</u>	9	<u>33,0</u>	0,770	0,713	<u>1,08</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo C3	0,20	<u>80</u>	9	<u>39,9</u>	0,700	0,680	<u>1,03</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo C4	0,20	<u>100</u>	6	<u>25,5</u>	0,660	0,660	<u>1,00</u>	Ejemplo Comparativo

ES 3 013 127 T3

	Espesor de la lámina (mm)	Temperatura de la lámina durante el trabajo (°C)	Número de gemelos (recuento/mm)	Cantidad de fósforo eluido (mg/m ²)	Pérdida de núcleo W _A de lámina de acero (W/kg)	Pérdida de núcleo W _B de lámina de acero (W/kg)	BF [W _A /W _B]	Clasificación
Ejemplo C5	0,20	150	3	4,5	0,583	0,620	0,94	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo C6	0,20	200	3	2,9	0,596	0,627	0,95	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo C7	0,20	300	2	1,2	0,583	0,620	0,94	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo C8	0,20	400	2	1,5	0,608	0,634	0,96	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo C9	0,20	500	1	1,8	0,634	0,647	0,98	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo C10	0,20	<u>600</u>	1	<u>7,2</u>	0,756	0,706	<u>1,07</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo C11	0,20	<u>700</u>	1	<u>8,2</u>	0,828	0,739	<u>1,12</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo C12	0,20	<u>800</u>	1	<u>7,5</u>	0,858	0,752	<u>1,14</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo C13	0,20	<u>900</u>	2	<u>11,2</u>	0,843	0,746	<u>1,13</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo C14	0,20	<u>1000</u>	1	<u>10,4</u>	0,843	0,746	<u>1,13</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo D1	0,18	<u>25</u>	<u>11</u>	<u>9,7</u>	0,765	0,683	<u>1,12</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo D2	0,18	<u>50</u>	<u>9</u>	<u>9,5</u>	0,685	0,647	<u>1,06</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo D3	0,18	<u>80</u>	9	<u>10,4</u>	0,647	0,628	<u>1,03</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo D4	0,18	<u>100</u>	6	<u>6,6</u>	0,610	0,610	<u>1,00</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo D5	0,18	150	2	3,3	0,539	0,573	0,94	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo D6	0,18	200	3	2,9	0,551	0,580	0,95	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo D7	0,18	300	3	1,2	0,539	0,573	0,94	Ejemplo Ingenioso

	Espesor de la lámina (mm)	Temperatura de la lámina durante el trabajo (°C)	Número de gemelos (recuento/mm)	Cantidad de fósforo eluido (mg/m ²)	Pérdida de núcleo W _A de lámina de acero (W/kg)	Pérdida de núcleo W _B de lámina de acero (W/kg)	BF [W _A /W _B]	Clasificación
Ejemplo D8	0,18	400	1	1,5	0,574	0,592	0,97	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo D9	0,18	500	1	1,8	0,562	0,586	0,96	Ejemplo Ingenioso
Ejemplo D10	0,18	<u>600</u>	2	<u>7,2</u>	0,698	0,653	<u>1,07</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo D11	0,18	<u>700</u>	1	<u>8,2</u>	0,765	0,683	<u>1,12</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo D12	0,18	<u>800</u>	1	<u>7,5</u>	0,793	0,695	<u>1,14</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo D13	0,18	<u>900</u>	2	<u>11,2</u>	0,779	0,689	<u>1,13</u>	Ejemplo Comparativo
Ejemplo D14	0,18	<u>1000</u>	1	<u>10,4</u>	0,779	0,689	<u>1,13</u>	Ejemplo Comparativo

Conclusiones de los Resultados

5 Se confirmó que, ajustando la temperatura de la región de formación de la porción de esquina durante el doblado a 150°C o superior, el número de gemelos de deformación por unidad de longitud puede suprimirse a cinco o menos. A medida que aumenta la temperatura de la región de formación de la porción de esquina durante el doblado, se puede suprimir el número de gemelos de deformación. Sin embargo, cuando la temperatura de la región de formación de la porción de esquina durante el doblado alcanza los 600°C o más, la cantidad de fósforo eluido de la porción de esquina aumenta y, por lo tanto, el valor BF también aumenta. 10 Del resultado se deduce que en un caso en el que la temperatura de la región de formación de la porción de esquina durante el doblado es de 600°C o superior, se produce agrietamiento en el revestimiento que contiene fósforo en la región doblada, y se produce apilamiento entre las láminas de acero.

15 En el ejemplo de la invención, en el que la temperatura de la región de formación de la porción de esquina durante el doblado se controla entre 150 °C y 500 °C, se observa, en una vista lateral, que el número de gemelos de deformación presentes en la región doblada es de cinco o menos por cada 1 mm de la longitud de la línea central en la dirección del espesor de la lámina en la región doblada, y la cantidad de fósforo eluido de la porción de esquina, en el caso de ser hervida en agua durante 30 minutos, es de 6,0 mg o menos por cada 1 m² del área de superficie de la porción de esquina, por lo que fue evidente que como núcleo bobinado, se obtiene un núcleo bobinado que presenta un bajo valor de pérdida de núcleo y un bajo valor de BF, con una pérdida de núcleo reducida a pesar de la presencia de una región doblada.

20 **Aplicabilidad Industrial**

De acuerdo a la presente invención, es posible proporcionar un núcleo bobinado con pérdida de núcleo suprimida mientras que tiene una región doblada, y un procedimiento de fabricación del mismo.

Breve Descripción de los Símbolos de Referencia

- 1, 1a: lámina de acero eléctrico de grano orientado
- 25 2: laminado
- 3: porción de esquina
- 4, 4a, 4b: porción plana

- 5, 5a, 5b, 5c: región doblada
- 6: porción conjunta
- 7: gemelos de deformación
- 10: núcleo bobinado
- 5 21: lámina de acero eléctrico de grano orientado
- 22: matriz
- 23: guía
- 24: punzón
- 25: dirección de transporte
- 10 26: dirección de prensado

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un núcleo bobinado (10) formado por un laminado de una pluralidad de cuerpos doblados (1) formados a partir de una lámina de acero eléctrico de grano orientado que tiene un revestimiento que contiene fósforo formado en una superficie, que han sido apilados en una dirección de espesor de la lámina de acero eléctrico de grano orientado,
- en el que cada uno de la pluralidad de cuerpos doblados (1) está formado en forma rectangular por tener cuatro porciones planas (4) y cuatro porciones de esquina (3) adyacentes a las porciones planas (4),
- 10 la porción de esquina (3) tiene una o más regiones dobladas (5) teniendo un ángulo de doblado total de 87° a 93° en una vista lateral cuando se observa en una dirección de anchura de las láminas de acero que forman el núcleo bobinado (10),
- el número de gemelos de deformación (7) presentes en una o más regiones dobladas (5) en la vista lateral, que se determina en concordancia con la descripción, es de cinco o menos por cada 1 mm de longitud de una línea central en una o más regiones dobladas (5) en la dirección del espesor de la lámina, y
- 15 la cantidad de fósforo que se eluye de la porción de esquina (3) en el caso ser hervida en agua durante 30 minutos, lo cual es determinado en concordancia con la descripción, es de 6,0 mg o menos por 1 m² de un área de superficie de la porción de esquina (3).
- 20 2. El núcleo bobinado (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la lámina de acero eléctrico de grano orientado es una lámina de acero en la que se aplica tensión local a una superficie de la lámina de acero, o una lámina de acero en la que se forma una ranura en una superficie de la lámina de acero.
3. El núcleo bobinado (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el contenido de Si de la lámina de acero eléctrico de grano orientado es de 2,0 a 5,0 % en masa.
4. El núcleo bobinado (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que un radio de curvatura r de una o más regiones dobladas (5) es de 3 mm o menos.
- 25 5. El núcleo bobinado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada una de las porciones de esquina tiene una región doblada.
6. El núcleo bobinado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada una de las porciones de esquina tiene dos regiones dobladas.
7. El núcleo bobinado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada una de las porciones de esquina tiene tres regiones dobladas.
- 30 8. Un procedimiento de fabricación del núcleo bobinado (10) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:
- preparar una pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado que tengan un revestimiento que contiene fósforo en una superficie;
- 35 asignando cada región de formación de la porción de esquina (3) a la pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado;
- formando una pluralidad de cuerpos doblados (1) que tengan una forma sustancialmente rectangular en una vista lateral por medio de doblar cada región de formación de la porción de esquina (3) previamente asignada a la pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado en un estado en el que una temperatura de la región de formación de la porción de esquina (3) se establece en 150°C o superior y 500°C o inferior; y
- 40 laminando la pluralidad de cuerpos doblados (1) en una dirección de espesor de la lámina, en la que la porción de esquina (3) tiene una o más regiones dobladas (5) que tienen un ángulo de doblado total de 87° a 93° en la vista lateral.

FIG. 1

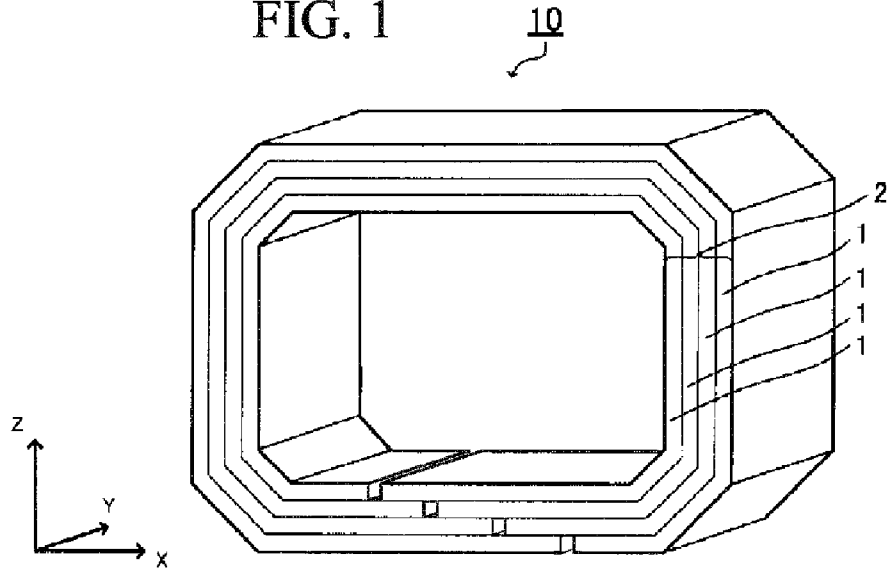


FIG. 2

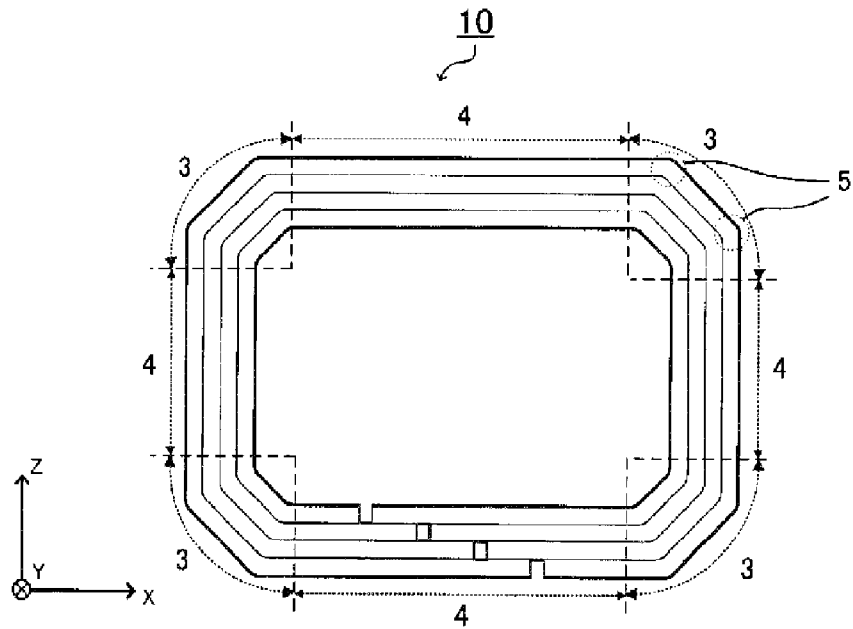


FIG. 3

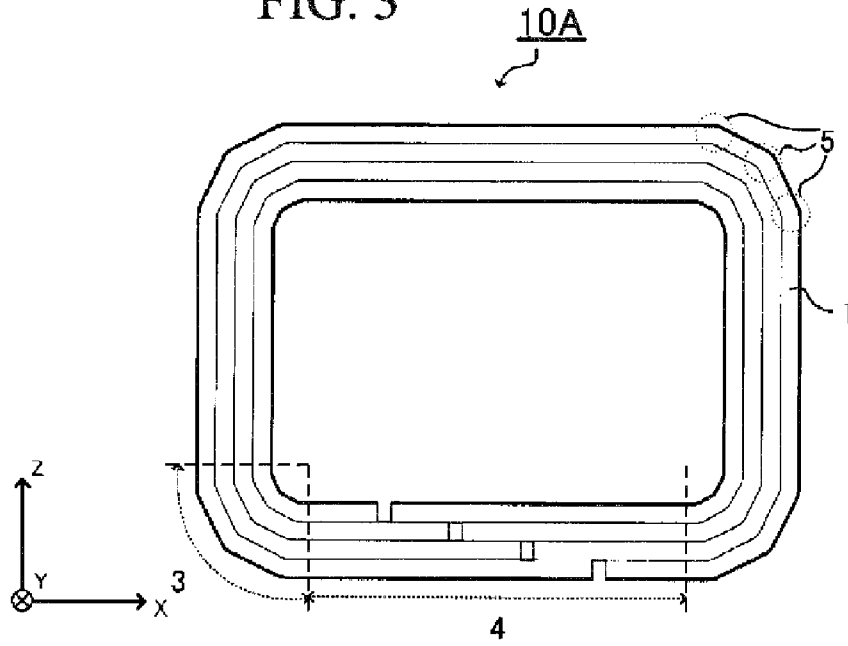


FIG. 4

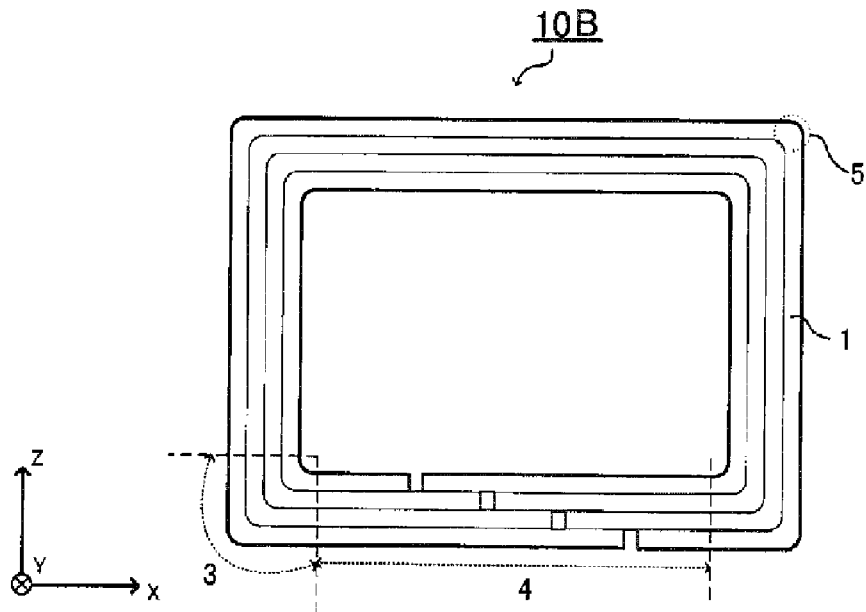


FIG. 5

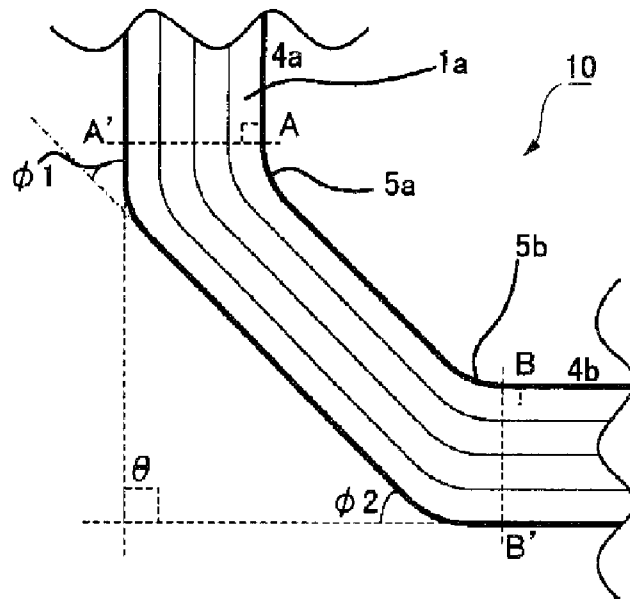


FIG. 6

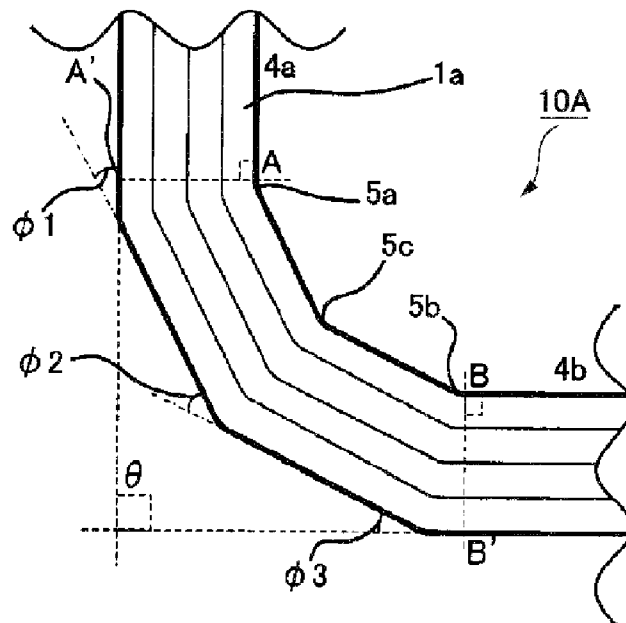


FIG. 7

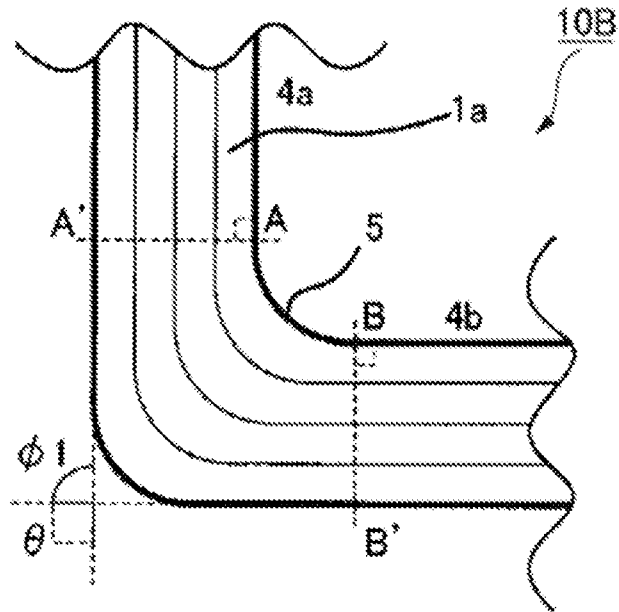


FIG. 8

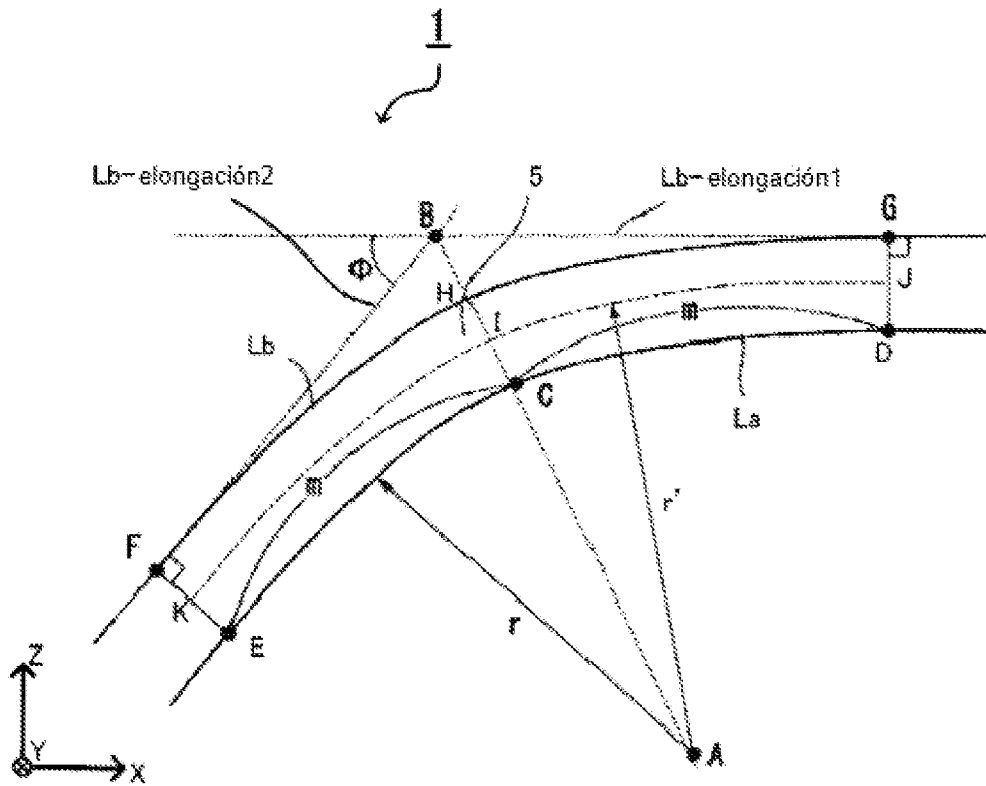


FIG. 9

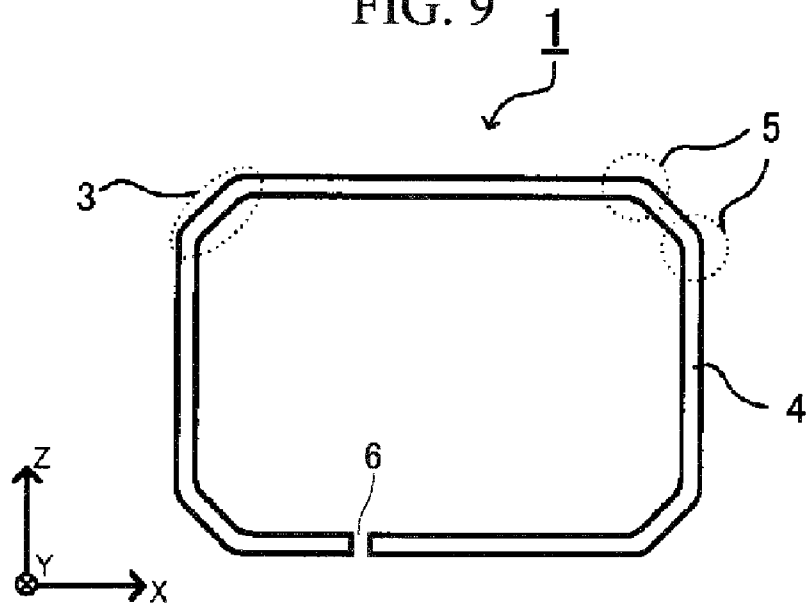


FIG. 10

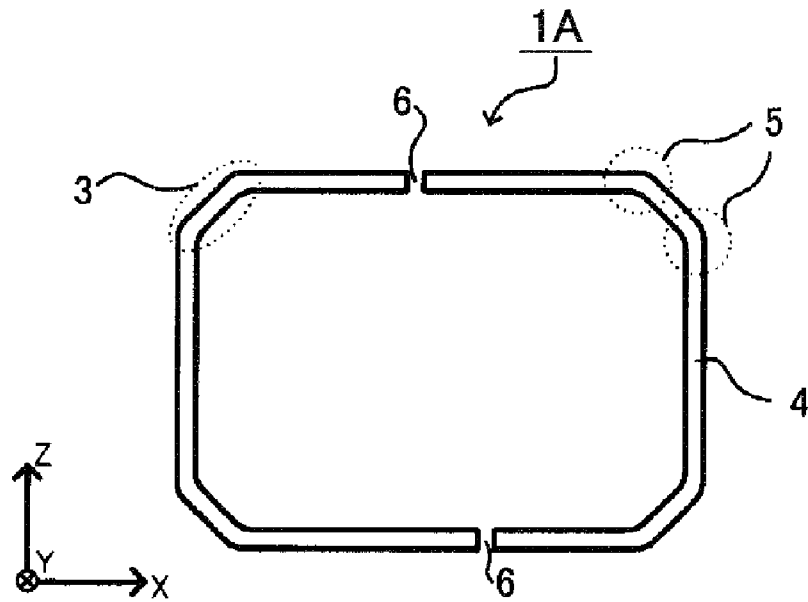


FIG. 11

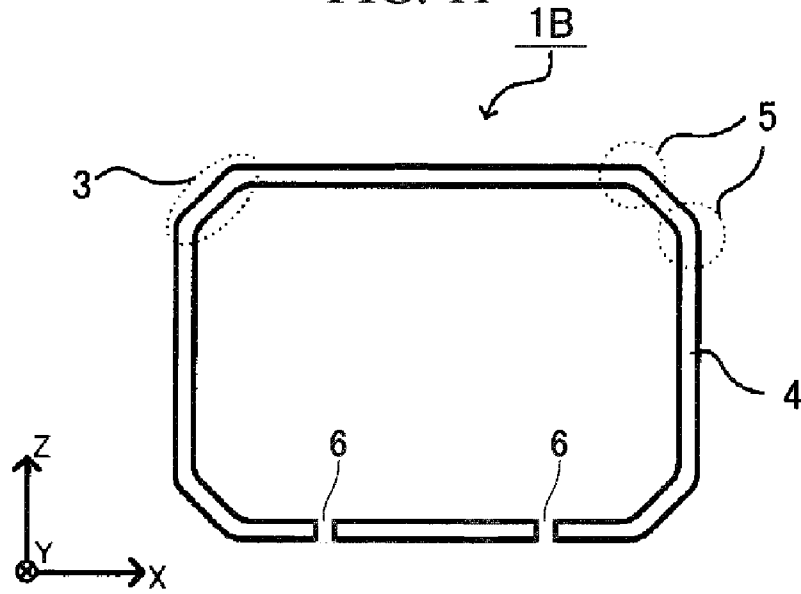


FIG. 12

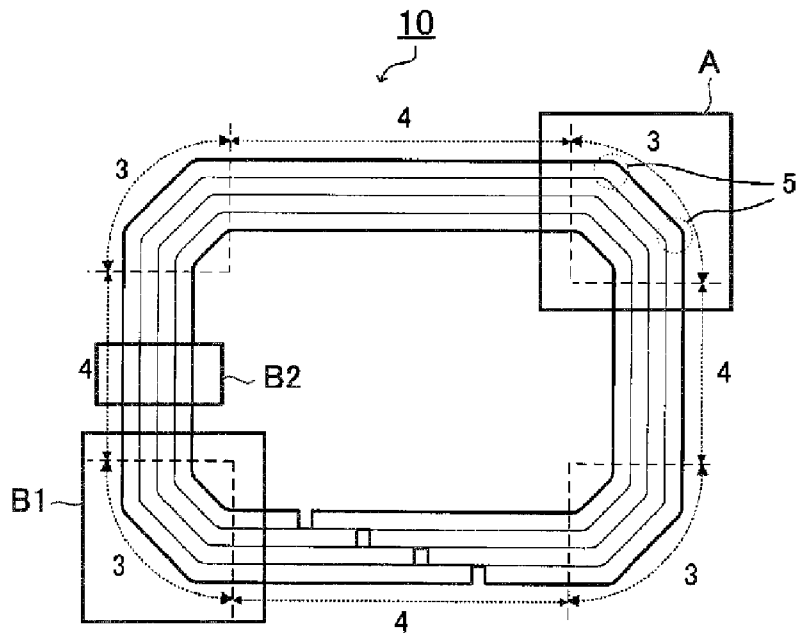


FIG. 13

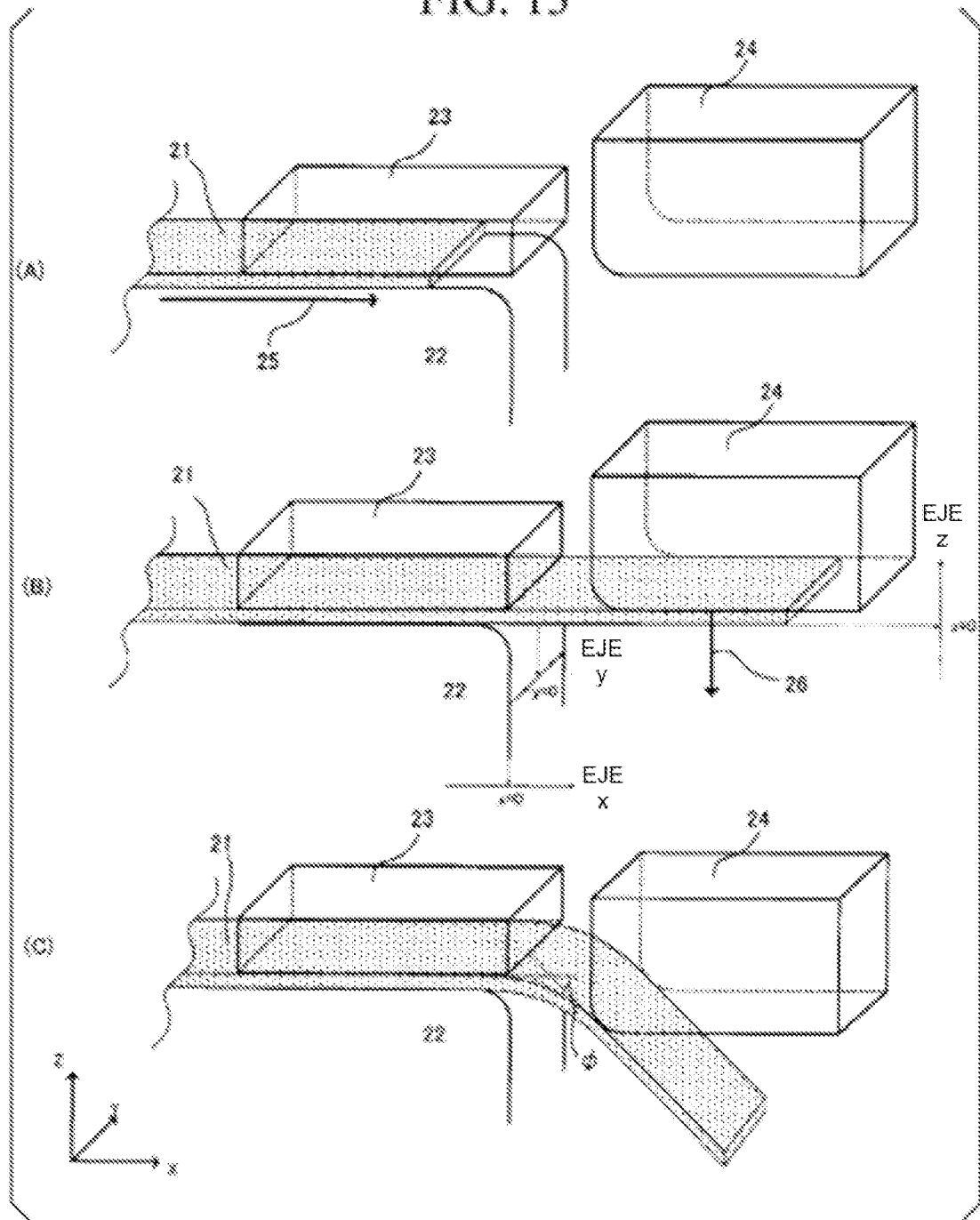


FIG. 14

LONGITUD PROMEDIO DEL NÚCLEO (m)	PESO DEL NÚCLEO (kg)	VOLUMEN (KVA)
0.704	APROX. 37	25

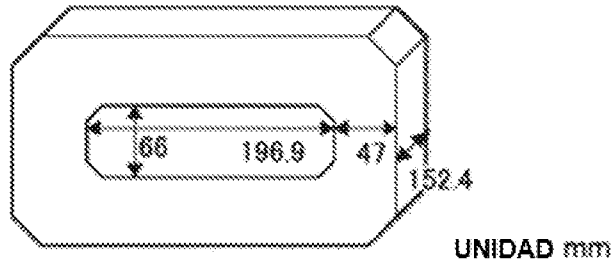


FIG. 15

