

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 021 157**

51 Int. Cl.:

H01F 41/02 (2006.01)

H01F 27/245 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2021** **PCT/JP2021/039519**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.05.2022** **WO22092096**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2021** **E 21886214 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2025** **EP 4235714**

54 Título: **Núcleo enrollado, método de producción de núcleos enrollados y dispositivo de producción de núcleos enrollados**

30 Prioridad:

26.10.2020 JP 2020178561

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

26.05.2025

73 Titular/es:

NIPPON STEEL CORPORATION (100.00%)
6-1, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku Tokyo 100-8071, JP

72 Inventor/es:

IWAKI, MASATAKA;
MIZUMURA, TAKAHITO y
MOGI, HISASHI

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 3 021 157 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 enrollado, método de producción de núcleos enrollados y dispositivo de producción de núcleos enrollados

5 **[Campo técnico]**

La presente invención se refiere a un núcleo enrollado, a un método de producción de un núcleo enrollado y a un dispositivo de producción de núcleos enrollados. Se reivindica la prioridad de la Solicitud de Patente Japonesa n.º 2020-178561, presentada el 26 de octubre de 2020.

10

[Antecedentes de la técnica]

15

Los núcleos de hierro de los transformadores incluyen núcleos de hierro apilados y núcleos enrollados. Entre ellos, el núcleo enrollado generalmente se produce apilando en capas unas chapas de acero eléctrico de grano orientado, enrollándolas en forma de rosquilla (forma enrollada) y, a continuación, presionando el cuerpo enrollado para moldearlo en una forma sustancialmente rectangular (en esta memoria descriptiva, un núcleo enrollado producido de esta manera puede denominarse núcleo troncal). De acuerdo con este proceso de moldeo, se aplica una tensión de procesamiento mecánico (tensión de deformación plástica) en todas las chapas de acero eléctrico de grano orientado, y la tensión de procesamiento es un factor que deteriora en gran medida la pérdida de hierro de la chapa de acero eléctrico de grano orientado, por lo que es necesario realizar un recocido de alivio de tensión.

20

25

Por otro lado, a modo de otro método para producir un núcleo enrollado, se divulgan técnicas tales como las que se encuentran en los Documentos de Patente 1 a 3, en las que porciones de chapas de acero que se convierten en porciones de esquina de un núcleo enrollado se doblan por adelantado, de modo que se forma un área de doblado relativamente pequeña con un radio de curvatura de 3 mm o menos y las chapas de acero dobladas se laminan para formar un núcleo enrollado (en esta memoria descriptiva, el núcleo enrollado producido de esta manera puede denominarse Unicore (marca registrada)). De acuerdo con este método de producción, no es necesario un proceso convencional de prensado a gran escala, la chapa de acero se dobla con precisión para mantener la forma del núcleo de hierro, y la tensión de procesamiento se concentra sólo en la porción doblada (esquina) de modo que es posible omitir la eliminación de la tensión de acuerdo con el proceso de recocido anterior, y tiene grandes ventajas industriales y su aplicación está en progreso.

30

[Lista de citas]

35

[Documento de patente]

[Documento de Patente 1]

Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación n.º 2005-286169

[Documento de Patente 2]

40

Patente japonesa n.º 6224468

[Documento de Patente 3]

Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación n.º 2018-148036

[Sumario de la invención]

45

[Problemas a resolver por la invención]

50

Incidentalmente, en la producción del Unicore, aunque el intervalo de tensión de deformación plástica (tensión de procesamiento) introducido de acuerdo con la flexión de una chapa de acero es limitado, junto con la flexión (introducción de tensión plástica), la forma de la superficie de la porción doblada también cambia a una forma ondulada y se vuelve rugosa y, como resultado, aumenta la fuerza de rozamiento entre las chapas de acero que se superponen unas a otras, y no se puede negar que aumenta el ruido causado por las vibraciones durante la excitación (las propiedades acústicas se deterioran significativamente).

55

La presente invención se ha realizado teniendo en cuenta las circunstancias anteriores, y un objetivo de la presente invención es proporcionar un núcleo enrollado, un método de producción de un núcleo enrollado, y un dispositivo de producción de un núcleo enrollado mediante el cual sea posible reducir el ruido causado por la tensión de deformación plástica introducida de acuerdo con la flexión de una chapa de acero.

60

[Medios para resolver el problema]

65

Con el fin de alcanzar el objetivo anterior, la presente invención proporciona un núcleo enrollado que incluye una porción en la que las chapas de acero eléctrico de grano orientado, en las que las porciones planas y las porciones dobladas son alternativamente continuas en una dirección longitudinal, se apilan en dirección del grosor de una chapa y se forma apilando las chapas de acero eléctrico de grano orientado que se han doblado individualmente en capas y ensamblado en una forma enrollada, en donde, cuando una altura media de un elemento de la curva de rugosidad en

dirección de la anchura que interseca la dirección longitudinal que forma una superficie de la porción doblada de la chapa de acero eléctrico de grano orientado es $Ra(b)$, y una altura media del elemento de la curva de rugosidad en dirección de la anchura que forma una superficie de la porción plana de la chapa de acero eléctrico de grano orientado es $Ra(s)$, se satisface la relación $1,00 < Ra(b)/Ra(s) \leq 5,00$.

El núcleo enrollado que tiene la configuración anterior de la presente invención se forma apilando las chapas de acero eléctrico de grano orientado que se han doblado individualmente en capas y ensamblado en una forma enrollada (el denominado Unicore en el que se puede omitir el recocido de alivio de tensión), y cuando se realiza el doblado mientras se aplica tensión de tracción en toda la superficie de extremo (sección transversal C) de la chapa de acero que se va a doblar en dirección longitudinal (de laminación) (dirección L), la altura media del elemento de la curva de rugosidad en dirección de la anchura que interseca la dirección longitudinal que forma una superficie (contorno) de la porción doblada de la chapa de acero eléctrico de grano orientado es $Ra(b)$, y la altura media del elemento de la curva de rugosidad en dirección de la anchura que forma una superficie (contorno) de la porción plana de la chapa de acero eléctrico de grano orientado es $Ra(s)$, se satisface la relación $1,00 < Ra(b)/Ra(s) \leq 5,00$. Aquí, la superficie de la porción doblada y la superficie de la porción plana se refieren a la superficie (la superficie exterior de la porción doblada y la porción plana) orientada hacia el exterior del núcleo enrollado. Aquí, $Ra(b)$ y $Ra(s)$ son ambas la altura media Rc del elemento de la curva de rugosidad definido en JIS B0601 (2013).

Como se ha descrito anteriormente, en la producción del Unicore, debido a la tensión plástica introducida en la chapa de acero eléctrico de grano orientado de acuerdo con la flexión, aumenta la fuerza de rozamiento entre las chapas de acero superpuestas entre sí y, en consecuencia, existe el problema del ruido causado por la vibración durante el aumento de la excitación. Así pues, los inventores se han centrado en el hecho de que, cuando la chapa de acero eléctrico de grano orientado se dobla mientras se aplica un esfuerzo de tracción en dirección longitudinal (la dirección de laminación), se reduce (alisa) la rugosidad fuera de la región doblada (porción doblada) de la chapa de acero eléctrico de grano orientado, y se constata que, cuando la flexión se realiza mientras se aplica un esfuerzo de tracción en la chapa de acero en dirección longitudinal durante la flexión, se satisface la relación $1,00 < Ra(b)/Ra(s) \leq 5,00$ (o se controla la altura media Ra del elemento de la curva de rugosidad dentro y fuera de la región doblada de la chapa de acero eléctrico de grano orientado), se reduce el ruido causado por la tensión de deformación plástica. Esto se entiende como sigue: cuando la chapa de acero eléctrico de grano orientado se dobla mientras se aplica tracción en dirección longitudinal, aumenta la proporción de tensión plástica debido a la tracción en la tensión de deformación introducida en la región doblada (la relación de tensión por compresión disminuye con respecto a la relación de tensión por tracción), y se reduce (alisa) la altura media ($Ra(b)$) del elemento de la curva de rugosidad fuera de la región doblada de la chapa de acero eléctrico de grano orientado, y en consecuencia, se reduce la fuerza de fricción entre las chapas de acero superpuestas entre sí en un estado laminado y el ruido causado por las vibración durante la excitación (en particular, en la región doblada) se reduce.

Aquí, la altura media del elemento de la curva de rugosidad se determina de acuerdo con la norma industrial japonesa JIS B 0601 (2013). Asimismo, en la configuración anterior, la porción doblada de la chapa de acero eléctrico de grano orientado tiene preferentemente un radio de curvatura de 1 mm o más y de 5 mm o menos. Aquí, el radio de curvatura de la porción doblada es el radio interior de curvatura de la porción doblada en una vista lateral.

Asimismo, la presente invención proporciona un método de producción de un núcleo enrollado que incluye un proceso de doblado en el que las chapas de acero eléctrico de grano orientado se doblan individualmente y un proceso de ensamblaje en el que las chapas dobladas de acero eléctrico de grano orientado se apilan en capas y se ensamblan en una forma enrollada para formar un núcleo enrollado con una forma enrollada que incluye una porción en la que las chapas de acero eléctrico de grano orientado, en las que las porciones planas y las porciones dobladas son alternativamente continuas en dirección longitudinal, se apilan en dirección del grosor de una chapa, en donde, en el proceso de curvado, la chapa de acero eléctrico de grano orientado se dobla mientras se aplica un esfuerzo de tracción en un intervalo de 4 Mpa o más y de 16 Mpa o menos en la chapa de acero eléctrico de grano orientado en dirección longitudinal.

Asimismo, la presente invención proporciona un dispositivo de producción de núcleos enrollados que incluye una unidad de doblado que dobla individualmente chapas de acero eléctrico de grano orientado y una unidad de ensamblaje que apila las chapas de acero eléctrico de grano orientado dobladas en capas y las ensambla en una forma enrollada para formar un núcleo enrollado con una forma enrollada que incluye una porción en la que las chapas de acero eléctrico de grano orientado, en las que las porciones planas y las porciones dobladas son alternativamente continuas en dirección longitudinal, se apilan en dirección del grosor de una chapa, en donde la unidad de doblado dobla la chapa de acero eléctrico de grano orientado mientras aplica un esfuerzo de tracción en un intervalo de 4 MPa o más y 16 MPa o menos en la chapa de acero eléctrico de grano orientado en dirección longitudinal.

En el método de producción y el dispositivo de producción que tienen la configuración anterior, cuando las chapas de acero eléctrico de grano orientado se doblan individualmente, la chapa de acero eléctrico de grano orientado se dobla mientras se aplica un esfuerzo de tracción en un intervalo de 4 Mpa o más y de 16 Mpa o menos en la chapa de acero eléctrico de grano orientado en dirección longitudinal (dirección de laminación) de la chapa de acero. La chapa de acero se dobla mientras se aplica tensión de tracción en esas condiciones y, como resultado, se satisface la relación $1,00 < Ra(b)/Ra(s) \leq 5,00$, y se pueden obtener los mismos efectos operativos que en el núcleo enrollado anterior. Es

decir, debido a la influencia del esfuerzo de tracción aplicado en dirección longitudinal, se reduce (alisa) la altura media (Ra(b)) del elemento de la curva de rugosidad fuera de la región doblada de la chapa de acero eléctrico de grano orientado después del doblado y, en consecuencia, se reduce la fuerza de fricción entre las chapas de acero superpuestas entre sí en un estado laminado y el ruido causado por las vibración durante la excitación (en particular, en la región doblada) se reduce (mejoran las propiedades acústicas). Asimismo, en el método de producción y el dispositivo de producción que tienen la configuración anterior, en la flexión, la chapa de acero eléctrico de grano orientado se dobla preferentemente con una velocidad de deformación de 5 mm/seg o más y 100 mm/seg o menos mientras se aplica una tensión de tracción en un intervalo de 4 MPa o más y 16 MPa o menos en la chapa de acero eléctrico de grano orientado en la dirección longitudinal. Asimismo, en la flexión, la chapa de acero eléctrico de grano orientado se dobla preferentemente de modo que el radio de curvatura de la porción doblada de la chapa de acero eléctrico de grano orientado es de 1 mm o más y de 5 mm o menos.

[Efectos de la invención]

De acuerdo con la presente invención, la chapa de acero eléctrico de grano orientado se dobla mientras se aplica tensión en la dirección longitudinal y se satisface la relación $1,00 < Ra(b)/Ra(s) \leq 5,00$ de modo que se reduce la rugosidad fuera de la región doblada (porción doblada) de la chapa de acero eléctrico de grano orientado después del doblado y, en consecuencia, se reduce la fuerza de fricción entre las chapas de acero que se superponen entre sí en un estado laminado y se reduce el ruido causado por la vibración durante la excitación.

[Breve descripción de los dibujos]

La Figura 1 es una vista en perspectiva que muestra esquemáticamente un núcleo enrollado de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 2 es una vista lateral del núcleo enrollado mostrado en la realización de la Figura 1.

La figura 3 es una vista lateral que muestra esquemáticamente un núcleo enrollado de acuerdo con otra realización de la presente invención.

La Figura 4 es una vista lateral que muestra esquemáticamente un ejemplo de chapa de acero eléctrico de grano orientado de una sola capa que constituye un núcleo enrollado.

La Figura 5 es una vista lateral que muestra esquemáticamente otro ejemplo de la chapa de acero eléctrico de grano orientado de una sola capa que constituye el núcleo enrollado.

La Figura 6 es una vista lateral que muestra esquemáticamente un ejemplo de una porción doblada de la chapa de acero eléctrico de grano orientado que constituye el núcleo enrollado de la presente invención.

La Figura 7 es un diagrama que muestra un ejemplo de un método de medición de una altura media Ra(b) de un elemento de una curva de rugosidad en dirección de la anchura que forma una superficie de una porción doblada y una altura media Ra(s) de un elemento de una curva de rugosidad en dirección de la anchura que forma una superficie de una porción plana.

La Figura 8 es una vista esquemática en perspectiva que muestra un ejemplo de un dispositivo para realizar el doblado en el que se dobla una chapa de acero mientras se aplica tensión de tracción en una porción de chapa de acero que se va a doblar en dirección longitudinal.

La Figura 9 es un diagrama de bloques que muestra esquemáticamente una configuración de un dispositivo para producir un núcleo enrollado de tipo Unicore que incluye chapas de acero eléctrico de grano orientado con deformación elástica en porciones planas.

La Figura 10 es una vista esquemática que muestra los tamaños de un núcleo enrollado producido cuando se evalúan las propiedades.

[Realización o realizaciones para implementar la invención]

En lo sucesivo en el presente documento, se describirá en detalle y de manera ordenada un núcleo enrollado de acuerdo con una realización de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no se limita únicamente a la configuración divulgada en la presente realización y puede modificarse de diversas formas sin apartarse de la esencia de la presente invención. Aquí, los valores límite inferior y superior se incluyen en los intervalos de limitación de valores numéricos que se describen a continuación. Los valores numéricos indicados con "más que" o "menos que" no se incluyen en estos intervalos de valores numéricos. Asimismo, a menos que se especifique lo contrario, "%" relativo a la composición química significa "% en masa".

Asimismo, términos como "paralelo", "perpendicular", "idéntico", y "ángulo recto" y los valores de longitud y ángulo utilizados en esta memoria descriptiva para especificar formas, condiciones geométricas y sus extensiones no se limitan a su significado estricto, y se debe interpretar que incluyen la medida hasta la que se pueden esperar funciones similares.

Asimismo, en esta memoria descriptiva, la expresión "chapa de acero eléctrico de grano orientado" puede describirse simplemente como "chapa de acero" o "chapa de acero eléctrico", y la expresión "núcleo enrollado" puede describirse simplemente como "núcleo de hierro".

El núcleo enrollado de acuerdo con una realización de la presente invención es un núcleo enrollado que incluye un

cuerpo principal del núcleo enrollado sustancialmente rectangular en una vista lateral, y el cuerpo principal del núcleo enrollado incluye una porción en la que chapas de acero eléctrico de grano orientado en las que porciones planas y porciones dobladas son alternativamente continuas en dirección longitudinal están apiladas en dirección del grosor de una chapa y tiene una estructura laminada sustancialmente poligonal en una vista lateral. El radio interior de curvatura r de la porción doblada en una vista lateral es, por ejemplo, de 1 mm o más y de 5 mm o menos. A modo de ejemplo, la chapa de acero eléctrico de grano orientado tiene una composición química que contiene, en % en masa, Si: de 2,0 a 7,0 %, siendo el resto Fe e impurezas, y tiene una textura orientada en la orientación Goss. A modo de chapa de acero eléctrico de grano orientado se puede utilizar, por ejemplo, una banda de acero electromagnético de grano orientado descrita en JIS C 2553: 2019.

A continuación, se describirán en detalle las formas del núcleo enrollado y de la chapa de acero eléctrico de grano orientado de acuerdo con una realización de la presente invención. Las propias formas del núcleo enrollado y de la chapa de acero eléctrico de grano orientado aquí descritas no son particularmente novedosas, y meramente se corresponden a las formas de núcleos enrollados y de chapas de acero eléctrico de grano orientado conocidos.

La Figura 1 es una vista en perspectiva que muestra esquemáticamente un núcleo enrollado de acuerdo con una realización, la Figura 2 es una vista lateral del núcleo enrollado mostrado en la realización de la Figura 1. Asimismo, la Figura 3 es una vista lateral que muestra esquemáticamente otra realización del núcleo enrollado.

Aquí, en la presente invención, la vista lateral es una vista de la chapa de acero eléctrico de grano orientado, de forma alargada, que constituye el núcleo enrollado en dirección de la anchura (dirección del eje Y en la Figura 1). La vista lateral es una vista que muestra una forma visible desde un lado (una vista en la dirección del eje Y en la Figura 1).

Un núcleo enrollado 10 de acuerdo con una realización de la presente invención incluye un cuerpo principal del núcleo enrollado sustancialmente poligonal en una vista lateral. El cuerpo principal del núcleo enrollado 10 tiene una estructura laminada sustancialmente rectangular en una vista lateral en la que las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 están apiladas en dirección del grosor de una chapa. El cuerpo principal del núcleo enrollado 10 puede utilizarse como un núcleo enrollado sin cambios o puede incluir, según sea necesario, por ejemplo, una sujeción conocida, tal como una banda de unión, para fijar integralmente una pluralidad de chapas apiladas de acero eléctrico de grano orientado.

En la presente realización, la longitud del núcleo de hierro del cuerpo principal del núcleo enrollado 10 no está particularmente limitada. Si el número de porciones dobladas 5 es el mismo, incluso si cambia la longitud del núcleo de hierro del cuerpo principal del núcleo enrollado 10, el volumen de la porción doblada 5 es constante de modo que la pérdida de hierro generada en la porción doblada sea constante. Si la longitud del núcleo de hierro es mayor, la relación de volumen entre la porción doblada 5 y el cuerpo principal del núcleo enrollado 10 es menor y la influencia sobre el deterioro por pérdida de hierro también es pequeña. Por lo tanto, es preferible una mayor longitud del núcleo de hierro del cuerpo principal del núcleo enrollado 10. La longitud del núcleo de hierro del cuerpo principal del núcleo enrollado 10 es preferentemente de 1,5 m o más y más preferentemente de 1,7 m o más. Aquí, en la presente invención, la longitud del núcleo de hierro del cuerpo principal del núcleo enrollado 10 es la longitud circunferencial en el punto central en la dirección de laminación del cuerpo principal del núcleo enrollado 10 en una vista lateral.

Tal núcleo enrollado puede utilizarse adecuadamente para cualquier aplicación conocida convencionalmente.

El núcleo de hierro de acuerdo con la presente realización tiene sustancialmente una forma poligonal en una vista lateral. En la descripción, utilizando los siguientes dibujos, se describirá, a efectos de simplificar la ilustración y la descripción, un núcleo de hierro sustancialmente rectangular (cuadrado), que es una forma general, pero se pueden producir núcleos de hierro de diversas formas en función del ángulo y el número de porciones dobladas 5 y de la longitud de la porción plana 4. Por ejemplo, si los ángulos de todas las porciones dobladas 5 son de 45° y las longitudes de las porciones planas 4 son iguales, la vista lateral es octogonal. Asimismo, si el ángulo es de 60°, hay seis porciones dobladas 5, y las longitudes de las porciones planas 4 son iguales, la vista lateral es hexagonal.

Como se muestra en la figura 1 y la figura 2, el cuerpo principal del núcleo enrollado 10 incluye una porción en la que las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1, en las que las porciones planas 4 y 4a y las porciones dobladas 5 son alternativamente continuas en la dirección longitudinal, están apiladas en una dirección del grosor de una chapa y tiene una estructura laminada sustancialmente rectangular 2 que tiene una porción hueca 15 en una vista lateral. Una porción de esquina 3 que incluye la porción doblada 5 tiene dos o más porciones dobladas 5 que tienen una forma curvada en una vista lateral, y la suma de los ángulos doblados de las porciones dobladas 5 presentes en una porción de esquina 3 es, por ejemplo, de 90°. La porción de esquina 3 tiene una porción plana 4a más corta que la porción plana 4 entre las porciones dobladas adyacentes 5 y 5. Por lo tanto, la porción de esquina 3 tiene una forma que incluye dos o más porciones dobladas 5 y una o más porciones planas 4a. Aquí, en la realización de la Figura 2, una porción doblada 5 tiene un ángulo de 45°. En la realización de la Figura 3, una porción doblada 5 tiene un ángulo de 30°.

Como se muestra en estos ejemplos, el núcleo enrollado de la presente realización puede formarse con porciones dobladas que tengan varios ángulos, pero con el fin de minimizar la aparición de distorsiones debido a la deformación

durante el procesamiento y minimizar la pérdida de hierro, el ángulo de flexión $\angle p$ (ϕ_1 , $\angle p_2$, $\angle p_3$) de la porción doblada 5 es preferentemente de 60° o menos y más preferentemente de 45° o menos. El ángulo de flexión $\angle p$ de la porción doblada de un núcleo de hierro puede formarse arbitrariamente. Por ejemplo, se puede establecer que $\phi_1=60^\circ$ y $\phi_2=30^\circ$, pero es preferible que los ángulos de plegado (ángulos de flexión) sean iguales en consideración a la eficiencia de la producción.

La porción doblada 5 se describirá en más detalle con referencia a la Figura 6. La Figura 6 es un diagrama que muestra esquemáticamente un ejemplo de la porción doblada (porción curvada) 5 de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1. El ángulo de flexión de la porción doblada 5 es la diferencia de ángulo que se produce entre la porción recta trasera y la porción recta delantera en la dirección de flexión en la porción doblada 5 de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1, y se expresa, en la superficie exterior de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1, como un ángulo ϕ que es un ángulo suplementario del ángulo formado por dos líneas virtuales Lb-elongación 1 y Lb-elongación 2 obtenidas extendiendo las porciones rectas que son superficies de las porciones planas 4 y 4a a ambos lados a través de la porción doblada 5. En este caso, el punto en el que la línea recta extendida se separa de la superficie de la chapa de acero es el límite entre la porción plana 4 y la porción doblada 5 en la superficie exterior de la chapa de acero, que son el punto F y el punto G en la Figura 6.

Asimismo, las líneas rectas perpendiculares a la superficie exterior de la chapa de acero se extienden desde el punto F y el punto G, y las intersecciones con la superficie interior de la chapa de acero son el punto E y el punto D. El punto E y el punto D son los límites entre la porción plana 4 y la porción doblada 5 en la superficie interior de la chapa de acero.

Aquí, en la presente invención, la porción doblada 5 es una porción de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 rodeada por el punto D, el punto E, el punto F y el punto G, en una vista lateral de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1. En la Figura 6, la superficie de la chapa de acero entre el punto D y el punto E, es decir, la superficie interior de la porción doblada 5, está rotulada La, y la superficie de la chapa de acero entre el punto F y el punto G, es decir, la superficie exterior de la porción doblada 5, está rotulada Lb.

Asimismo, este dibujo muestra el radio interior de curvatura r de la porción doblada 5 en una vista lateral. El radio de curvatura r de la porción doblada 5 se obtiene aproximando la superficie La anterior con un arco circular que pasa por el punto E y el punto D. Un radio de curvatura r más pequeño indica una curvatura más pronunciada de la porción curvada de la porción doblada 5 y un radio de curvatura r más grande indica una curvatura más suave de la porción curvada de la porción doblada 5.

En el núcleo enrollado de la presente invención, el radio de curvatura r en cada porción doblada 5 de las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 laminadas en dirección del grosor de la chapa puede variar en cierta medida. Esta variación puede ser una variación debido a la precisión del moldeo, y es concebible que se produzca una variación no intencionada debido a la manipulación durante la laminación. Este error no intencionado puede minimizarse a aproximadamente 0,3 mm o menos en la producción industrial general actual. Si tal variación es grande, se puede obtener un valor representativo midiendo los radios de curvatura de un número suficientemente grande de chapas de acero y promediándolos. Asimismo, es concebible cambiarlo intencionadamente por algún motivo, y la presente invención no excluye tal forma.

Aquí, el método de medición del radio de curvatura r de la porción doblada 5 no está particularmente limitado y, por ejemplo, el radio de curvatura r puede medirse realizando una observación con un microscopio comercial (Nikon ECLIPSE LV150) con un aumento de 200. Específicamente, el punto central de curvatura A se obtiene a partir del resultado de la observación, y para un método de obtención de éste, por ejemplo, si la intersección del segmento lineal EF y el segmento lineal DG extendido hacia el interior por el lado opuesto al punto B se define como A, la magnitud del radio de curvatura r corresponde a la longitud del segmento lineal AC*. Aquí, cuando el punto A y el punto B están conectados por una línea recta, la intersección en un arco circular DE dentro de la porción doblada de la chapa de acero es C*.

La Figura 4 y la Figura 5 son diagramas que muestran esquemáticamente un ejemplo de una chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 de una sola capa en un cuerpo principal del núcleo enrollado. La chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 utilizada en los ejemplos de la Figura 4 y la Figura 5 está doblada para realizar un núcleo enrollado de tipo Unicore, e incluye dos o más porciones dobladas 5 y la porción plana 4, y forma un anillo sustancialmente poligonal en una vista lateral a través de una parte de unión 6 (hueco) que es una superficie de extremo de una o más chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 en la dirección longitudinal.

En la presente realización, el cuerpo principal de todo el núcleo enrollado 10 puede tener una estructura laminada sustancialmente poligonal en una vista lateral. Como se muestra en el ejemplo de la Figura 4, una chapa de acero eléctrico de grano orientado puede formar una capa del cuerpo principal del núcleo enrollado 10 a través de una parte de unión 6 (una chapa de acero eléctrico de grano orientado está conectada a través de una parte de unión 6 para cada rollo), y como se muestra en el ejemplo de la Figura 5, una chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 puede formar aproximadamente la mitad de la circunferencia del núcleo enrollado, y dos chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 pueden formar una capa del cuerpo principal del núcleo enrollado a través de dos partes de unión 6 (dos

chapas de acero eléctrico de grano orientado están conectadas entre sí a través de dos partes de unión 6 para cada rollo).

El grosor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 utilizada en la presente realización no está particularmente limitado, y puede seleccionarse adecuadamente de acuerdo con las aplicaciones y similares, pero generalmente se encuentra en un intervalo de 0,15 mm a 0,35 mm y preferentemente en un intervalo de 0,18 mm a 0,23 mm.

Asimismo, el método de producción de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 no está particularmente limitado, y puede seleccionarse adecuadamente un método de producción convencional conocido de una chapa de acero eléctrico de grano orientado. Ejemplos específicos de un método de producción preferible incluyen, por ejemplo, un método en el que una losa que contiene de 0,04 a 0,1 % en masa de C, siendo el resto la composición química de la chapa de acero eléctrico de grano orientado, se calienta a 1.000 °C o más y, a continuación, se realiza el recocido de la chapa laminada en caliente, según sea necesario, y se obtiene una chapa de acero laminada en frío mediante un único laminado en frío, dos veces o más con un recocido intermedio, la chapa de acero laminada en frío se calienta, se descarbura y recuece, por ejemplo, de 700 a 900 °C en una atmósfera húmeda de hidrógeno y gas inerte, y según sea necesario, se realiza adicionalmente un recocido de nitruración, se aplica un separador de recocido, a continuación, se realiza un recocido de acabado a unos 1.000 °C y se forma un revestimiento aislante a aproximadamente 900 °C. Además, después de eso, se puede implementar un revestimiento o similar para ajustar el coeficiente de fricción dinámica.

Asimismo, generalmente, los efectos de la presente invención pueden obtenerse incluso con una chapa de acero que haya sido sometida a un tratamiento denominado "control de dominio magnético" utilizando una tensión, ranuras o similares en el proceso de producción de chapas de acero mediante un método conocido.

Asimismo, en la presente realización, el núcleo enrollado 10 compuesto por la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 que tiene la forma anterior se forma apilando en capas las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 que se han doblado individualmente y ensamblado en una forma enrollada, y una pluralidad de chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 se conectan entre sí a través de al menos una parte de unión 6 para cada rollo, pero durante la flexión individual, el doblado se realiza mientras se aplica un esfuerzo de tracción en toda la superficie de extremo (sección transversal C) de la chapa de acero que se va a doblar en la dirección longitudinal, y cuando la altura media del elemento de la curva de rugosidad en dirección de la anchura (dirección del eje Y en la Figura 1) que interseca la dirección longitudinal (dirección de laminado L en la Figura 7) que forma la superficie (contorno) de la porción doblada 5 de la chapa de acero eléctrico de grano orientado es $Ra(b)$ y la altura media del elemento de la curva de rugosidad en dirección de la anchura que forma la superficie (contorno) de la porción plana 4 (4a) de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 es $Ra(s)$, se satisface la relación $1,00 < Ra(b)/Ra(s) \leq 5,00$. Asimismo, en este caso, el radio de curvatura anterior (el radio interior de curvatura de la porción doblada 5 en una vista lateral) r de la porción doblada 5 es preferentemente de 1 mm o más y de 5 mm o menos. Cuando el radio de curvatura r se establece en 1 mm o más y 5 mm o menos, es posible reducir aún más el ruido causado por las vibraciones durante la excitación.

Aquí, en relación con la altura media $Ra(b)$ del elemento de la curva de rugosidad en la dirección de la anchura que forma la superficie de la porción doblada 5 y la altura media $Ra(s)$ del elemento de la curva de rugosidad en la dirección de la anchura que forma la superficie de la porción plana 4 (4a), por ejemplo, utilizando un microscopio digital (VHX-7000, comercialmente disponible en Keyence Corporation), los valores medios se obtienen realizando mediciones en 10 campos de visión en la porción doblada 5 y en la porción plana 4 (4a). Específicamente, por ejemplo, una parte de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 que constituye el núcleo enrollado se cizalla y se corta como se indica con una línea discontinua en la Figura 7(a), y se obtiene una chapa de acero cortada 1A que incluye una porción de esquina 3 y porciones planas 4 a ambos lados de la misma como se muestra en la Figura 7(b). Durante el corte, resulta deseable cortar la porción plana 4 (4a) de modo que la porción doblada 5 no quede aplastada. Aquí, en relación con la chapa de acero cortada 1A, utilizando el microscopio digital, se miden la superficie exterior de la porción plana 4 (4a) y la superficie exterior (Lb) de la porción doblada 5 de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 orientada hacia el exterior del núcleo enrollado. En relación con la posición de medición, resulta deseable realizar mediciones en el centro de la anchura de la chapa de acero (consultar las posiciones de medición P y Q en la Figura 7(b)) lejos de la superficie final de la chapa de acero 1A. Aquí, como se muestra en la Figura 7(c), la porción doblada 5, es decir, una porción de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 rodeada por el punto D, el punto E, el punto F y el punto G de la Figura 6, es decir, en la Figura 7(c) que muestra un plano que se extiende en dirección de la anchura C y una dirección longitudinal L, una porción de superficie exterior (Lb) rodeada por el punto F, el punto F', el punto G y el punto G', se escanea desde arriba utilizando el microscopio digital en dirección de la anchura C, como se indica con una flecha discontinua, y se mide $Ra(b)$. Aquí, si es necesario, la porción doblada 5 que se va a medir puede marcarse por adelantado con un marcador o similar. De manera similar, en relación con la porción plana 4 (4a), la porción de superficie exterior se escanea desde arriba utilizando el microscopio digital en dirección de la anchura C, como se indica con una flecha discontinua, y se mide $Ra(s)$. La porción plana 4 (4a) puede recogerse por separado de la porción plana 4 (4a) del mismo núcleo de hierro o puede recogerse de un aro sobrante tras la producción del núcleo de hierro. En cualquier caso, puede utilizarse una chapa de acero que no se deforme plásticamente. Por ejemplo, en relación con el campo de visión para la medición, por ejemplo, el aumento se establece en 200, de modo que la anchura de un campo de visión mostrado en la Figura 7(c) sea de 500 μm × 500 μm . Las alturas medias $Ra(s)$ y $Ra(b)$ del elemento

de la curva de rugosidad se miden de acuerdo con la norma JIS B 0601

(2013). Cuando la altura media de los elementos de la curva de rugosidad se mide utilizando un microscopio digital, el valor de corte es $\lambda_s=0\text{ }\mu\text{m}$ y el valor de corte $\lambda_c=0\text{ mm}$, y se puede realizar una corrección de la vibración para la medición. El aumento de la medición es preferentemente de 100 o más y más preferentemente de 500 a 700. Luego, se realiza esta medición, por ejemplo, en 10 chapas de acero cortadas 1A, y sus valores medios se definen como $Ra(b)$ y $Ra(s)$. Aquí, $Ra(b)$ es preferentemente de $0,5\text{ }\mu\text{m}$ a $4,0\text{ }\mu\text{m}$. $Ra(b)$ es más preferentemente de $0,6$ a $3,9\text{ }\mu\text{m}$. Asimismo, $Ra(s)$ es preferentemente de $0,5\text{ }\mu\text{m}$ a $1,0\text{ }\mu\text{m}$. $Ra(s)$ es más preferentemente de $0,6\text{ }\mu\text{m}$ a $0,8\text{ }\mu\text{m}$.

Asimismo, la flexión realizada para satisfacer la relación $1,00 < Ra(b)/Ra(s) \leq 5,00$, es decir, la flexión realizada mientras se aplica un esfuerzo de tracción en toda la superficie de extremo (sección transversal C) de la chapa de acero que se va a doblar en la dirección longitudinal L se realiza mediante, por ejemplo, una unidad de doblado 71 que incluye un dispositivo 50 como se muestra en la Figura 8. El dispositivo 50 mostrado en la Figura 8 incluye una unidad de sujeción de la chapa de acero 52 que sujeta y fija una porción lateral 1a de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1, por ejemplo, en un estado de sujeción, y un mecanismo de doblado 54 para realizar el doblado en una dirección Z perpendicular a la dirección longitudinal L y a la dirección de la anchura C mientras se sujeta el otro extremo lateral 1b de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 que se va a doblar y se aplica tensión de tracción en la superficie de extremo del otro extremo lateral 1b en la dirección longitudinal L. Específicamente, el mecanismo de doblado 54 incluye una porción de sujeción 62 que sujeta el otro extremo lateral 1b de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1, por ejemplo, en la dirección Z perpendicular a la dirección longitudinal L y a la dirección de la anchura C a modo de pinza, una unidad de aplicación de tensión de tracción 63 que está provista en un lado de la porción de sujeción 62 en la dirección longitudinal L y aplica una tensión de tracción en un intervalo de 4 MPa o más y 16 MPa o menos en el otro extremo lateral 1b de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 sujeto por la porción de sujeción 62 en la dirección longitudinal L, y una porción de formación de porción doblada 59 que presiona hacia abajo la porción de sujeción 62 en la dirección Z, dobla el otro extremo lateral 1b de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 sujeto por la porción de sujeción 62, por ejemplo, a una velocidad de deformación de 5 mm/seg o más y 100 mm/seg o menos, y forma la porción doblada 5. La unidad de aplicación de tensión de tracción 63 puede controlar la tensión de tracción mediante un medidor de carga 56 utilizando un muelle 55 y puede establecer una carga mediante un mango 57. Asimismo, la porción de formación de la porción doblada 59 incluye un servomotor 58, una bomba 60 que es accionada por el servomotor 58, y una porción de elevación 61 que está conectada al extremo superior de la porción de sujeción 62, y la porción de sujeción 62 puede moverse en la dirección Z subiendo y bajando la porción de elevación 61 con la presión generada por la bomba 60.

La Figura 9 muestra esquemáticamente un dispositivo de producción 70 para un núcleo enrollado de tipo Unicore, y el dispositivo de producción 70 incluye la unidad de doblado 71 que incluye el dispositivo anterior 50 para doblar individualmente la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1, y apila en capas las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 dobladas y las ensambla en una forma enrollada para formar un núcleo enrollado con una forma enrollada que incluye una porción en la que las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1, en las que las porciones planas 4 y las porciones dobladas 5 son alternativamente continuas en la dirección longitudinal, están apiladas en dirección del grosor de chapa. En este caso, puede incluir además una unidad de ensamblaje 72 que apila en capas las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 dobladas y las ensambla en una forma enrollada.

Las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 se alimentan a una velocidad de transporte predeterminada desde una unidad de suministro de chapas de acero 90 que contiene un elemento de aro formado por el enrollado de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 en forma de rollo y se suministra a la unidad de plegado 71. Las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 suministradas de esta manera se cortan adecuadamente en un tamaño adecuado en la unidad de doblado 71 y se someten a un doblado en la que un pequeño número de chapas se doblan individualmente, tal como una chapa cada vez (proceso de doblado). En este doblado, como se ha descrito anteriormente, mientras se aplica en la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 una tensión de tracción en un intervalo de 4 MPa o más y 16 MPa o menos en la dirección longitudinal L, se dobla la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1, por ejemplo, a una velocidad de deformación de 5 mm/seg o más y 100 mm/seg o menos, para formar la porción doblada 5. Cuando se aplica una tensión de tracción en un intervalo de 4 MPa o más y 16 MPa o menos en la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1, se puede satisfacer $1,00 < Ra(b)/Ra(s) \leq 5,00$. Asimismo, en el proceso de curvado, es preferible doblar la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 de modo que el radio de curvatura de la porción doblada sea de 1 mm o más y de 5 mm o menos. En la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 obtenida de esta manera, dado que el radio de curvatura de la porción doblada 5 causado por la flexión es muy pequeño, la tensión de procesamiento aplicada en la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 por flexión es muy pequeña. De esta manera, mientras se espera que aumente la densidad de la tensión de procesamiento, si se puede reducir el volumen influido por la tensión de procesamiento, se puede omitir el proceso de recocido. Asimismo, las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 cortadas y dobladas de esta manera se apilan en capas y se ensamblan en una forma enrollada, por ejemplo, mediante la unidad de ensamblaje 72, para formar un núcleo enrollado (proceso de ensamblaje).

A continuación, se muestran más abajo unos datos que verifican que el ruido se minimiza con el núcleo enrollado 10 que tiene la configuración anterior de acuerdo con la presente realización.

Al adquirir los datos de verificación, los inventores fabricaron los núcleos de hierro, a-f, con las formas que se muestran en la Tabla 1 y en la Figura 10 utilizando como materiales las respectivas chapas de acero.

Aquí, L1 es paralela a la dirección del eje X y es una distancia entre chapas paralelas de acero eléctrico de grano orientado 1 en la periferia más interior del núcleo enrollado en una sección transversal plana que incluye el centro CL (una distancia entre las porciones planas laterales interiores). L2 es paralela a la dirección del eje Z y es una distancia entre chapas paralelas de acero eléctrico de grano orientado 1 en la periferia más interior del núcleo enrollado en una sección transversal vertical que incluye el centro CL (una distancia entre las porciones planas laterales interiores). L3 es paralela a la dirección del eje X y es un grosor de laminación del núcleo enrollado en una sección transversal plana que incluye el centro CL (un grosor en la dirección de laminación). L4 es paralela a la dirección del eje X y es una anchura de las chapas de acero del núcleo enrollado en una sección transversal plana que incluye el centro CL. L5 es una distancia entre porciones planas que son adyacentes entre sí en la porción más interior del núcleo enrollado y dispuestas para formar juntas un ángulo recto (una distancia entre porciones dobladas). En otras palabras, L5 es una longitud de la porción plana 4a en la dirección longitudinal que tiene la longitud más corta entre las porciones planas 4 y 4a de las chapas de acero eléctrico de grano orientado en la periferia más interior, r es el radio de curvatura de la porción doblada 5 en el lado interior del núcleo enrollado, y ϕ es el ángulo de flexión de la porción doblada 5 del núcleo enrollado. Los núcleos n.º a-f de los núcleos de hierro sustancialmente rectangulares de la Tabla 1 tienen una estructura en la que una porción plana con una distancia de porción plana lateral interior de L1 se divide aproximadamente en el centro de la distancia L1 y se conectan dos núcleos de hierro que tienen "sustancialmente forma de U".

Aquí, el núcleo de hierro del núcleo n.º e se utiliza convencionalmente como núcleo enrollado general, y es un núcleo enrollado del tipo denominado núcleo troncal, producido mediante un método de cizallamiento de una chapa de acero, enrollándolo en una forma cilíndrica, a continuación, se prensa el cuerpo laminado cilíndrico sin cambios de modo que la porción de esquina tenga una curvatura constante, y se le da una forma sustancialmente rectangular. Por lo tanto, el radio de curvatura de la porción doblada 5 varía mucho en función de la posición de laminación de la chapa de acero. En relación con el núcleo de hierro del núcleo n.º e, de la Tabla 1, * indica que r aumenta hacia el exterior, r=5 mm en la parte más interior de la periferia y r=60 mm en la parte más exterior de la periferia. Asimismo, el núcleo de hierro del núcleo n.º c es un núcleo enrollado de tipo Unicore que tiene un radio de curvatura r mayor (el radio de curvatura r supera los 5 mm) que los núcleos de hierro de los núcleos n.º a, b y d (núcleo enrollado de tipo Unicore), y el núcleo de hierro del núcleo n.º d es un núcleo enrollado de tipo Unicore que tiene tres porciones dobladas 5 en una porción de esquina 3.

[Tabla 1]

N.º de núcleo	Forma del núcleo						
	L1	L2	L3	L4	L5	r	ϕ
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°
a	197	66	47	152,4	4	1	45
b	197	66	47	152,4	4	5	45
c	197	66	47	152,4	4	6	45
d	197	66	47	152,4	4	2	30
e	197	66	47	152,4	4	*	90
f	197	66	47	152,4	4	2	45

La tablas 2 a 5 muestran, basándose en diversas formas de núcleo, como se ha descrito anteriormente, el valor medio (μm) de Ra(b) medido en 10 ubicaciones (medido en 10 campos de visión) en la porción doblada 5 descrita anteriormente, el valor medio (μm) de Ra(s) medido en 10 ubicaciones (medido en 10 campos de visión) en la porción plana 4 (4a) descrita anteriormente, y la relación Ra(b)/Ra(s) obtenida midiendo 85 materiales ilustrativos en los que el ángulo de flexión objetivo $\phi(^{\circ})$, el grosor de la chapa de acero (mm), y el esfuerzo de tracción (MPa) aplicado en la dirección longitudinal L establecidos, así como el ruido del núcleo de hierro medido y evaluado (dBA). Aquí, la medición anterior en 10 ubicaciones significa que, en el caso de la porción doblada 5, se extrajeron arbitrariamente 10 chapas de acero de un núcleo enrollado, se estableció una ubicación de cada porción doblada como un campo de visión, y se midieron Ra(b) y el ángulo de flexión medido. Las alturas medias Ra(b) y Ra(s) del elemento de la curva de rugosidad son ambas la altura media Rc del elemento de la curva de rugosidad medida utilizando un microscopio digital (VHX-7000, comercialmente disponible en Keyence Corporation). La altura media Rc del elemento de la curva de rugosidad se midió basándose en la norma JIS B 0601 (2013). Los valores de corte fueron $\lambda_s=0$ y $\lambda_c=0$ y se realizó una corrección de la vibración para la medición. Se estableció un aumento de la medición de 500 a 700.

En la evaluación del ruido del núcleo de hierro, se preparó y excitó el núcleo enrollado anterior y se midió el ruido. Esta medición del ruido se realizó en una cámara anecoica con un ruido de fondo de 16 dBA, se instaló un medidor

ES 3 021 157 T3

de ruido en una posición a 0,3 m de la superficie del núcleo de hierro y se utilizó la característica A como corrección de la sensación acústica. Asimismo, en la excitación, la frecuencia se estableció en 50 Hz y la densidad de flujo magnético se estableció en 1,7 T. Se consideró satisfactorio un ruido del núcleo de hierro de 44 dBA o menos.

5

[Tabla 2]

N.º	N.º de núcleo	Ángulo de flexión objetivo ϕ (°)	Grosor de la chapa de acero (mm)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Media de Ra(b) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Media de Ra(s) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Relación Ra(b)/Ra(s)	Ruido del núcleo de hierro (dBA)
1	a	45	0,23	0	6,68	0,78	8,56	47
2	a	45	0,23	1	6,53	0,78	8,37	46
3	a	45	0,23	2,5	6,03	0,77	7,83	48
4	a	45	0,23	3,5	6,04	0,76	7,95	47
5	a	45	0,23	3,8	5,04	0,76	6,63	46
6	a	45	0,23	4	3,75	0,75	5,00	36
7	a	45	0,23	6	3,55	0,76	4,67	35
8	a	45	0,23	9	3,44	0,78	4,41	32
9	a	45	0,23	10	3,24	0,75	4,32	33
10	a	45	0,23	11	3,02	0,77	3,92	27
11	a	45	0,23	13	2,95	0,78	3,78	26
12	a	45	0,23	14	2,56	0,77	3,32	35
13	a	45	0,23	15	1,43	0,75	1,91	36
14	a	45	0,23	16	0,77	0,77	1,00	37
15	a	45	0,23	17	0,74	0,77	0,96	45
16	a	45	0,23	20	0,62	0,77	0,81	47
17	a	45	0,23	30	0,63	0,78	0,81	46
18	a	45	0,23	45	0,53	0,78	0,68	46
19	a	45	0,23	65	0,44	0,77	0,57	52
20	a	45	0,23	10 (esfuerzo de compresión)	8,98	0,78	11,51	58

[Tabla 3]

N.º	N.º de núcleo	Ángulo de flexión objetivo ϕ (°)	Grosor de la chapa de acero (mm)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Media de Ra(b) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Media de Ra(s) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Relación Ra(b)/Ra(s)	Ruido del núcleo de hierro (dBA)
21	b	45	0,23	0	6,61	0,78	8,48	48
22	b	45	0,23	1	6,46	0,78	8,29	47
23	b	45	0,23	2,5	5,97	0,77	7,75	49
24	b	45	0,23	3,5	5,98	0,76	7,87	48
25	b	45	0,23	3,8	4,99	0,76	6,57	47
26	b	45	0,23	4	3,75	0,75	5,00	37

ES 3 021 157 T3

(continuación)

N.º	N.º de núcleo	Ángulo de flexión objetivo ϕ (°)	Grosor de la chapa de acero (mm)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Media de Ra(b) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Media de Ra(s) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Relación Ra(b)/Ra(s)	Ruido del núcleo de hierro (dBA)
27	b	45	0,23	6	3,51	0,76	4,62	36
28	b	45	0,23	9	3,41	0,78	4,37	33
29	b	45	0,23	10	3,21	0,75	4,28	34
30	b	45	0,23	11	0,78	0,77	1,01	28
31	b	45	0,23	13	0,78	0,78	1,00	27
32	b	45	0,23	14	2,53	0,77	3,29	36
33	b	45	0,23	15	1,42	0,75	1,89	37
34	b	45	0,23	16	3,85	0,77	5,00	38
35	b	45	0,23	17	0,73	0,77	0,95	46
36	b	45	0,23	20	0,61	0,77	0,80	48
37	b	45	0,23	30	0,62	0,78	0,80	47
38	b	45	0,23	45	0,52	0,78	0,67	47
39	b	45	0,23	65	0,44	0,77	0,57	53
40	b	45	0,23	10 (esfuerzo de compresión)	8,98	0,78	11,40	59
41	b	45	0,23	2,5	6,03	0,77	7,83	48

[Tabla 4]

N.º	N.º de núcleo	Ángulo de flexión objetivo ϕ (°)	Grosor de la chapa de acero (mm)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Media de Ra(b) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Media de Ra(s) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Relación Ra(b)/Ra(s)	Ruido del núcleo de hierro (dBA)
42	c	45	0,23	30	0,58	0,78	0,74	48
43	d	30	0,23	1	6,53	0,78	8,37	49
44	d	30	0,23	4	3,75	0,75	5,00	36
45	d	30	0,23	10	0,98	0,75	1,31	33
46	d	30	0,23	16	3,85	0,77	5,00	37
47	d	30	0,23	45	6,34	0,78	8,13	51
48	a	45	0,15	0,1	7,33	0,76	9,64	52
49	a	45	0,15	4	3,85	0,77	5,00	36
50	a	45	0,15	16	0,77	0,77	1,00	37
51	a	45	0,18	0,3	6,28	0,77	8,16	48
52	a	45	0,18	4	3,67	0,77	4,77	37
53	a	45	0,18	10	1,02	0,77	1,32	28
54	a	45	0,18	24	0,61	0,77	0,79	56

ES 3 021 157 T3

(continuación)

N.º	N.º de núcleo	Ángulo de flexión objetivo ϕ (°)	Grosor de la chapa de acero (mm)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Media de Ra(b) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Media de Ra(s) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Relación Ra(b)/Ra(s)	Ruido del núcleo de hierro (dBA)
55	a	45	0,2	0,4	6,89	0,77	8,95	51
56	a	45	0,2	7	1,04	0,77	1,35	26
57	a	45	0,2	5 (esfuerzo de compresión)	12,56	0,77	16,31	62
58	a	45	0,27	0,5	7,44	0,78	9,54	50
59	a	45	0,27	4	3,85	0,77	5,00	37
60	a	45	0,27	11	1,10	0,77	1,43	28
61	a	45	0,27	21	0,66	0,77	0,86	52
62	a	45	0,3	9	1,07	0,77	1,39	30

[Tabla 5]

N.º	N.º de núcleo	Ángulo de flexión objetivo ϕ (°)	Grosor de la chapa de acero (mm)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Media de Ra(b) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Media de Ra(s) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Relación Ra(b)/Ra(s)	Ruido del núcleo de hierro (dBA)
63	a	45	0,35	10	1,08	0,78	1,38	31
64	a	45	0,35	30	0,49	0,78	0,63	54
65	a	45	0,35	2 (esfuerzo de compresión)	10,30	0,76	13,55	58
66	e	90	0,23	2,5	6,03	0,77	7,83	48
67	e	90	0,23	6	2,44	0,76	3,21	51
68	e	90	0,23	11	0,78	0,77	1,01	49
69	e	90	0,23	16	3,85	0,77	5,00	52
70	c	45	0,23	3	7,47	0,78	9,58	52
71	c	45	0,23	4	0,92	0,76	1,21	43
72	c	45	0,23	6	1,26	0,77	1,64	41
73	c	45	0,23	12	2,67	0,78	3,42	39
74	c	45	0,23	16	3,85	0,78	4,94	38
75	c	45	0,23	20	6,13	0,78	7,86	53
76	a	45	0,2	17	0,75	0,76	0,99	46
77	a	45	0,27	3	3,79	0,76	4,99	37
78	f	45	0,23	3	7,51	0,78	9,63	54
79	f	45	0,23	4	0,92	0,76	1,21	44
80	f	45	0,23	6	1,28	0,77	1,66	40
81	f	45	0,2	12	2,67	0,78	3,42	39

(continuación)

N.º	N.º de núcleo	Ángulo de flexión objetivo ϕ (°)	Grosor de la chapa de acero (mm)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Media de Ra(b) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Media de Ra(s) medida en 10 ubicaciones de la porción doblada (μm)	Relación Ra(b)/Ra(s)	Ruido del núcleo de hierro (dBA)
82	f	45	0,2	16	3,82	0,78	4,90	38
83	f	45	0,18	20	6,11	0,78	7,83	53
84	f	45	0,18	17	0,75	0,76	0,99	46
85	f	45	0,18	3	3,79	0,76	4,99	37

Como se desprende de las Tablas 2 a 5, en relación con los núcleos de hierro de los núcleos n.º a, b, c, d y f que forman un tipo Unicore, si el grosor de la chapa de acero estaba en un intervalo de 0,15 mm a 0,35 mm, independientemente del grosor de la chapa, se aplicó un esfuerzo de tracción (tracción) dentro de un intervalo de 4 MPa o más y 16 MPa o menos en la dirección longitudinal L, y así se obtuvo una relación Ra(b)/Ra(s) que satisfacía la relación $1,00 < \text{Ra(b)}/\text{Ra(s)} \leq 5,00$. En consecuencia, el ruido del núcleo de hierro se redujo a 44 dBA o menos. Por otro lado, si el esfuerzo de tracción era demasiado fuerte, la rugosidad de la superficie se volvía pequeña, pero había una tendencia a que el ruido se deteriorara en ese momento debido a la tensión o similar. Asimismo, los núcleos de hierro de los núcleos n.º a, b y c que tienen un pequeño radio de curvatura r (5 mm o menos) de la porción doblada tienen ruido en el núcleo de hierro que se redujo más que en el núcleo de hierro del núcleo n.º c con un radio de curvatura de 6 mm. Además, en el caso del núcleo de hierro del núcleo n.º e que forma un tipo de núcleo troncal, cuando se aplicó en la dirección longitudinal L una tensión de tracción dentro de un intervalo de 4 MPa o más y 16 MPa o menos, aunque se satisficiera la relación $1,00 < \text{Ra(b)}/\text{Ra(s)} \leq 5,00$, el ruido del núcleo de hierro no pudo reducirse lo suficiente.

Basándose en los resultados anteriores, se entenderá claramente que, en el núcleo enrollado de la presente invención, dado que la relación $1,00 < \text{Ra(b)}/\text{Ra(s)} \leq 5,00$ se satisfizo cuando la flexión se realizó mientras se aplicaba un esfuerzo de tracción en toda la superficie de extremo (sección transversal C) de la chapa de acero que se iba a doblar en dirección longitudinal, se redujo el ruido causado por la deformación plástica.

[Breve descripción de los símbolos de referencia]

- 1 Chapa de acero eléctrico de grano orientado
- 4, 4a Porción plana
- 5 Porción doblada
- 10 Núcleo enrollado (cuerpo principal del núcleo enrollado)
- 50 Dispositivo
- 70 Dispositivo de producción
- 71 Unidad de doblado
- 72 Unidad de ensamblaje

REIVINDICACIONES

1. Un núcleo enrollado (10) que incluye una porción en la que unas chapas de acero eléctrico de grano orientado (1), en las que las porciones planas (4, 4a) y las porciones dobladas (5) son alternativamente continuas en una dirección longitudinal (L), se apilan en dirección del grosor de una chapa (C) y se forman apilando en capas las chapas de acero eléctrico de grano orientado (1) que se han doblado individualmente y ensamblado en una forma enrollada, en donde, cuando una altura media de un elemento de la curva de rugosidad en dirección de la anchura (C) que interseca la dirección longitudinal (L) que forma una superficie de la porción doblada (5) de la chapa de acero eléctrico de grano orientado (1) es Ra(b), y una altura media del elemento de la curva de rugosidad en dirección de la anchura (C) que forma una superficie de la porción plana (4, 4a) de la chapa de acero eléctrico de grano orientado (1) es Ra(s), se satisface la relación $1,00 < Ra(b)/Ra(s) \leq 5,00$.
2. El núcleo enrollado (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la porción doblada (5) tiene un radio de curvatura de 1 mm o más y de 5 mm o menos.
3. Un método de producción de un núcleo enrollado (10), que comprende:
 - un proceso de doblado en el que unas chapas de acero eléctrico de grano orientado (1) se doblan individualmente; y
 - un proceso de ensamblaje en el que las chapas dobladas de acero eléctrico de grano orientado (1) se apilan en capas y se ensamblan en una forma enrollada para formar un núcleo enrollado (10) que tiene una forma enrollada que incluye una porción, en la que las chapas de acero eléctrico de grano orientado (1) en las que las porciones planas (4, 4a) y las porciones dobladas (5) son alternativamente continuas en una dirección longitudinal (L), se apilan en dirección del grosor (C) de una chapa, en donde, en el proceso de curvado, la chapa de acero eléctrico de grano orientado (1) se dobla mientras se aplica un esfuerzo de tracción en un intervalo de 4 Mpa o más y de 16 Mpa o menos en la chapa de acero eléctrico de grano orientado (1) en dirección longitudinal (L), de tal manera que se satisface la relación definida en la reivindicación 1.
4. El método de producción de un núcleo enrollado (10) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde, en el proceso de curvado, la chapa de acero eléctrico de grano orientado (1) se dobla de modo que el radio de curvatura de la porción doblada (5) de la chapa de acero eléctrico de grano orientado (1) es de 1 mm o más y de 5 mm o menos.
5. Un dispositivo de producción de núcleos enrollados (70), que comprende:
 - una unidad de doblado (71) que dobla individualmente chapas de acero eléctrico de grano orientado (1); y
 - una unidad de ensamblaje (72) que apila en capas las chapas dobladas de acero eléctrico de grano orientado (1) y las ensambla en una forma enrollada para formar un núcleo enrollado (10) que tiene una forma enrollada que incluye una porción en la que las chapas de acero eléctrico de grano orientado (1), en las que las porciones planas (4, 4a) y las porciones dobladas (5) son alternativamente continuas en una dirección longitudinal (L), se apilan en dirección del grosor (C) de una chapa, en donde la unidad de doblado (71) dobla la chapa de acero eléctrico de grano orientado (1) mientras aplica un esfuerzo de tracción en un intervalo de 4 MPa o más y de 16 MPa o menos en la chapa de acero eléctrico de grano orientado (1) en dirección longitudinal (L), de tal manera que se satisface la relación definida en la reivindicación 1.
6. El dispositivo de producción de núcleos enrollados (70) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la unidad de doblado (71) dobla la chapa de acero eléctrico de grano orientado (1) de modo que el radio de curvatura de la porción doblada (5) de la chapa de acero eléctrico de grano orientado (1) es de 1 mm o más y de 5 mm o menos.

FIG. 1

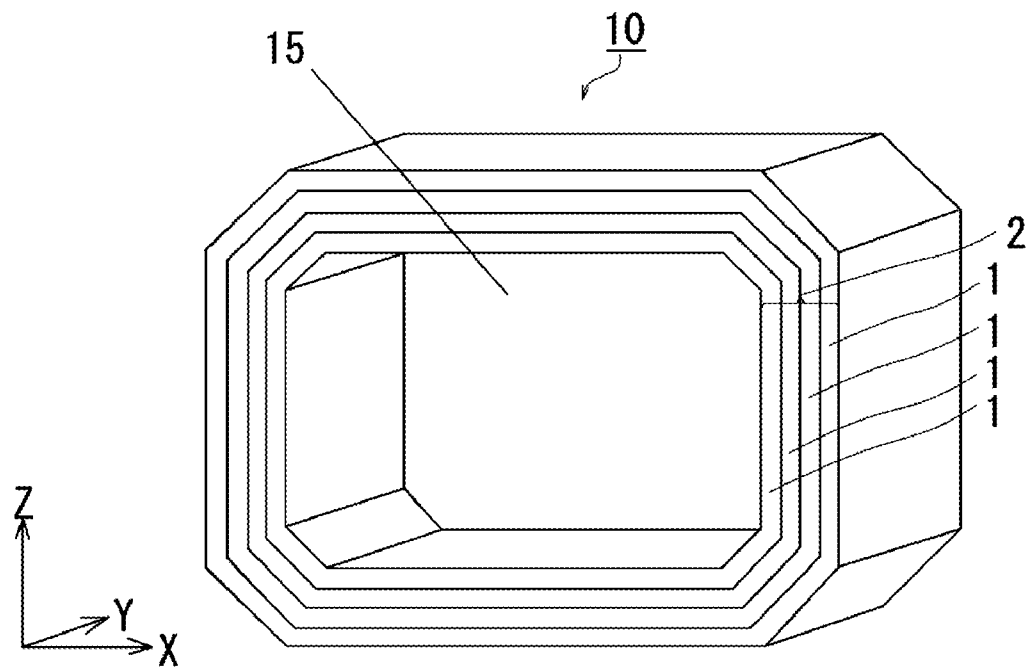


FIG. 2

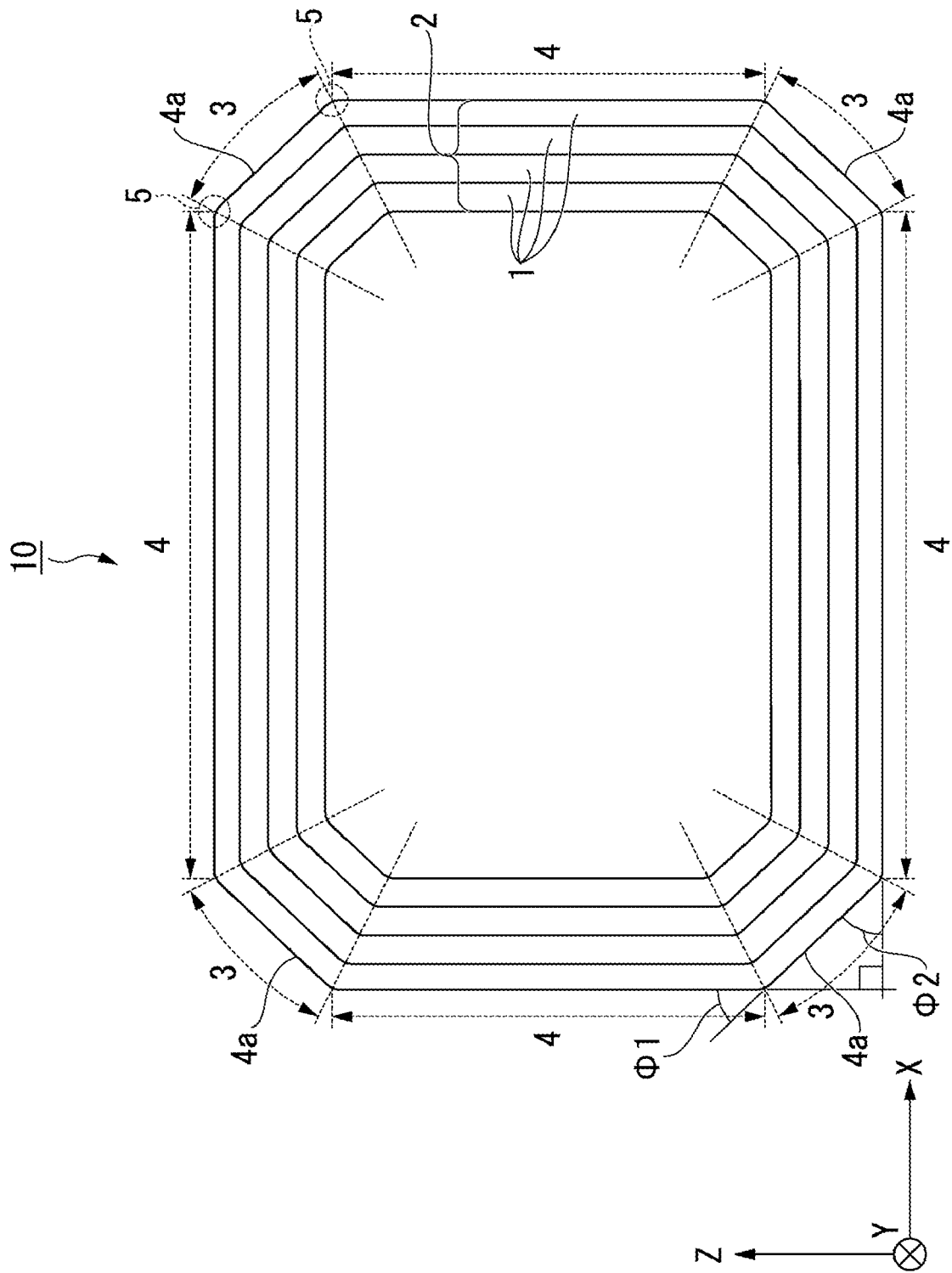


FIG. 3

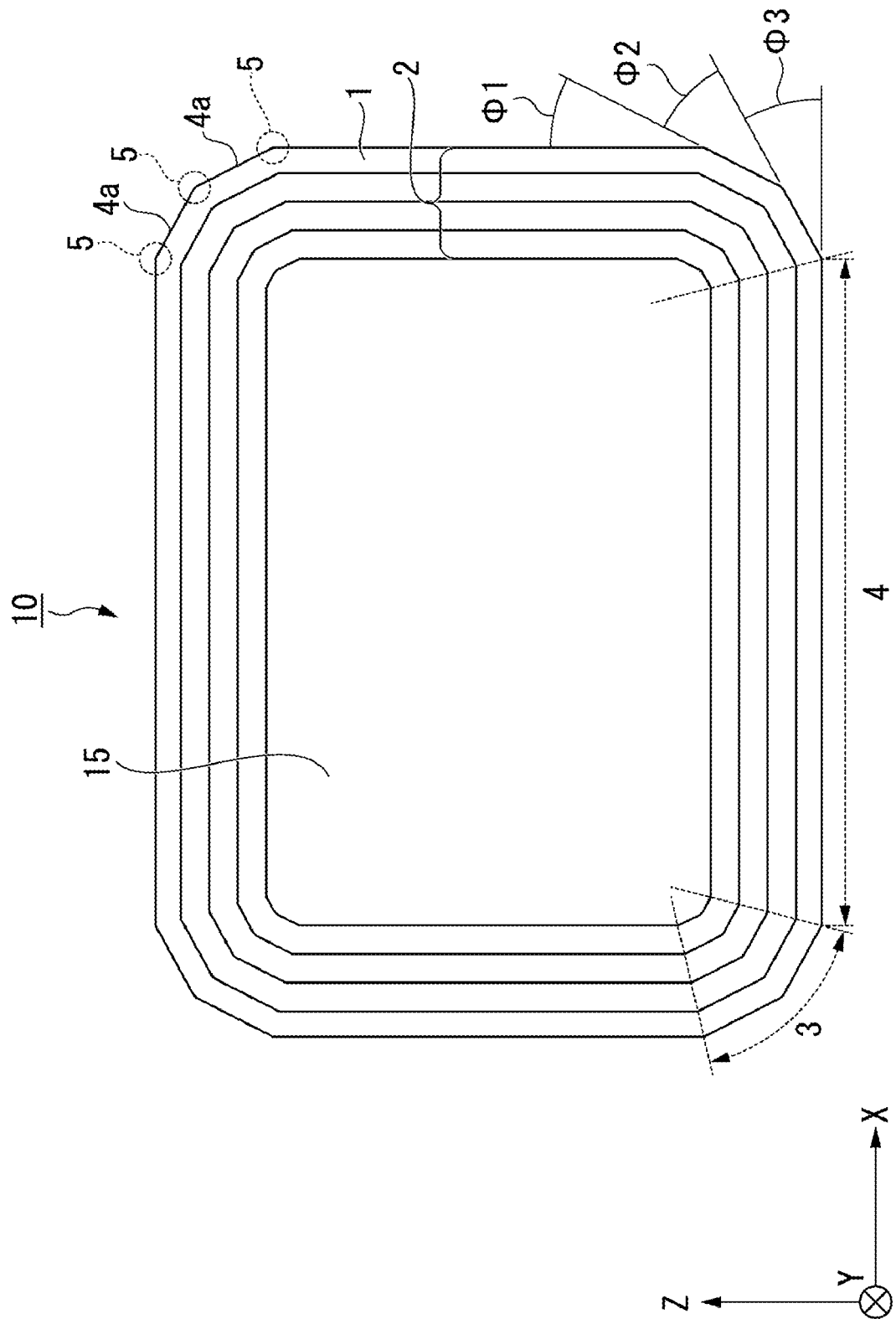


FIG. 4

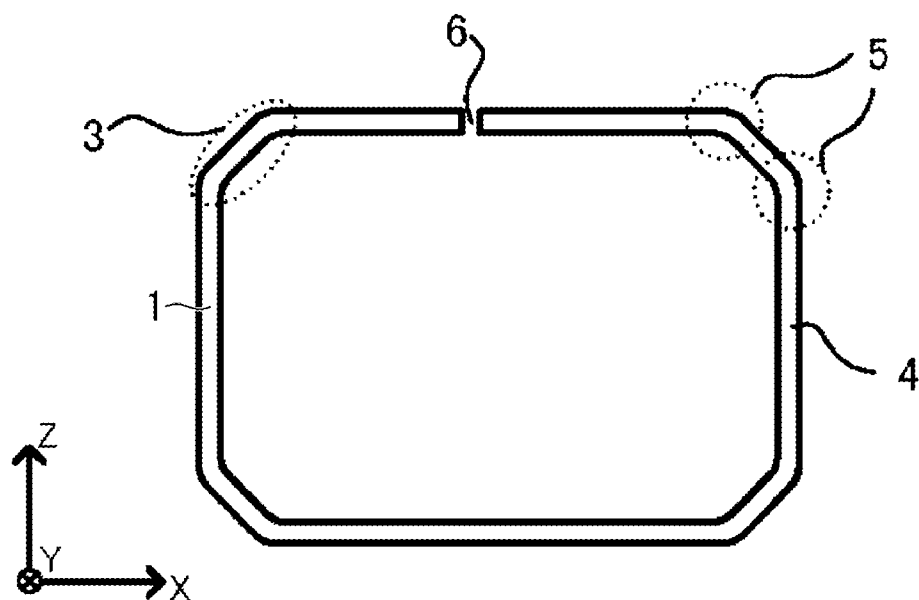


FIG. 5

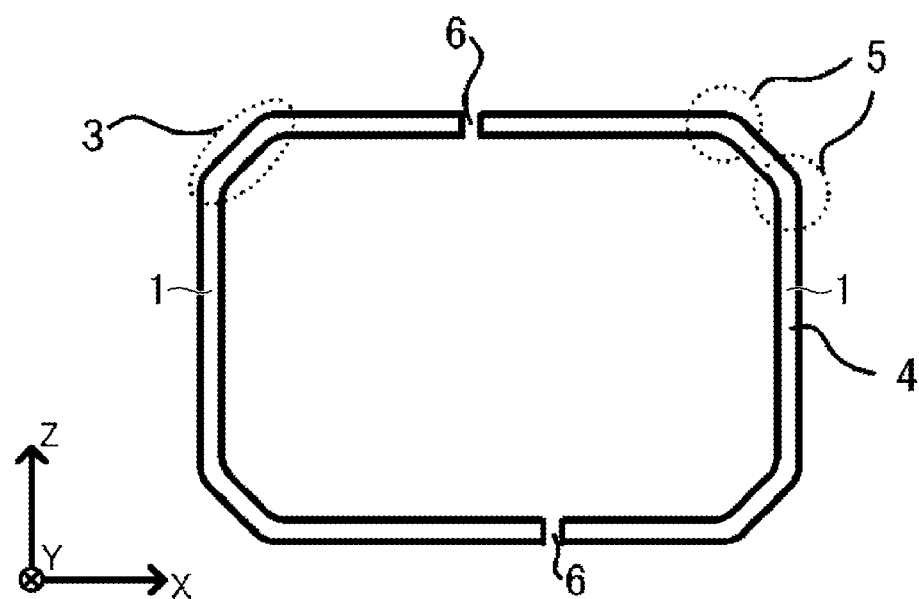


FIG. 6

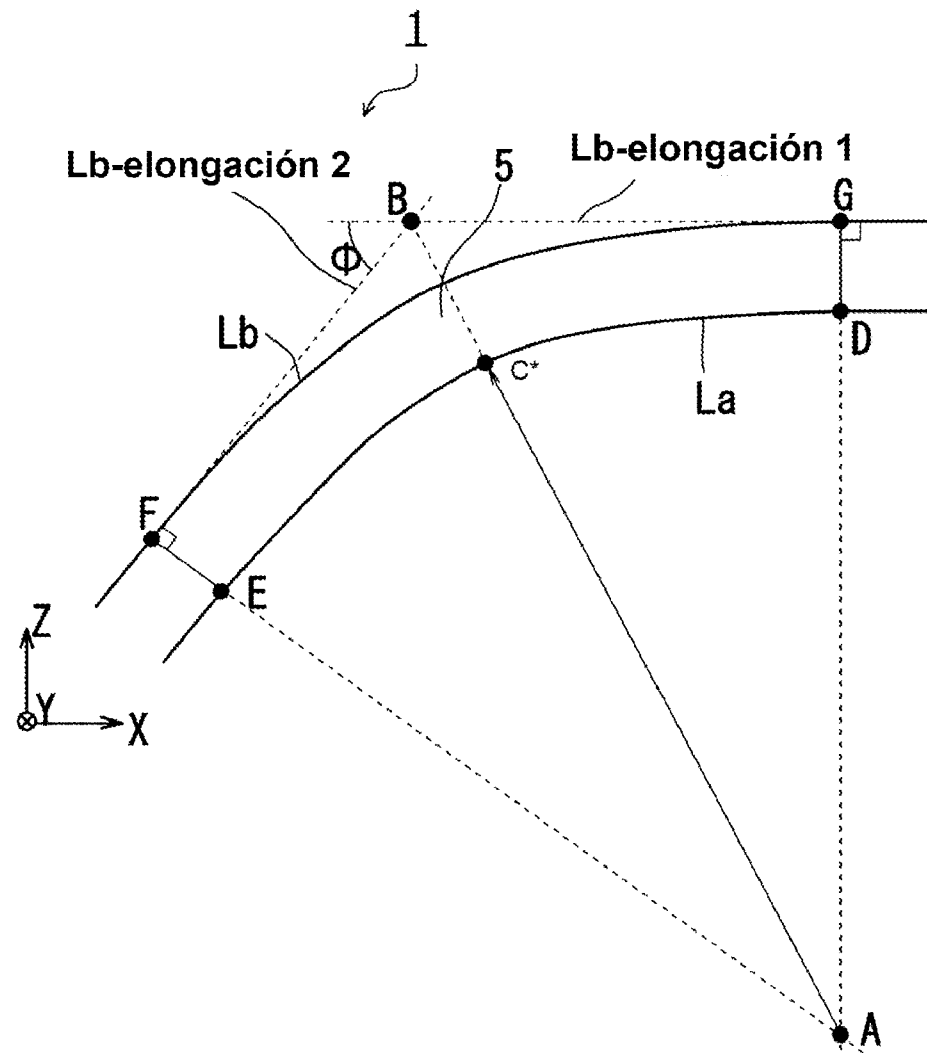


FIG. 7

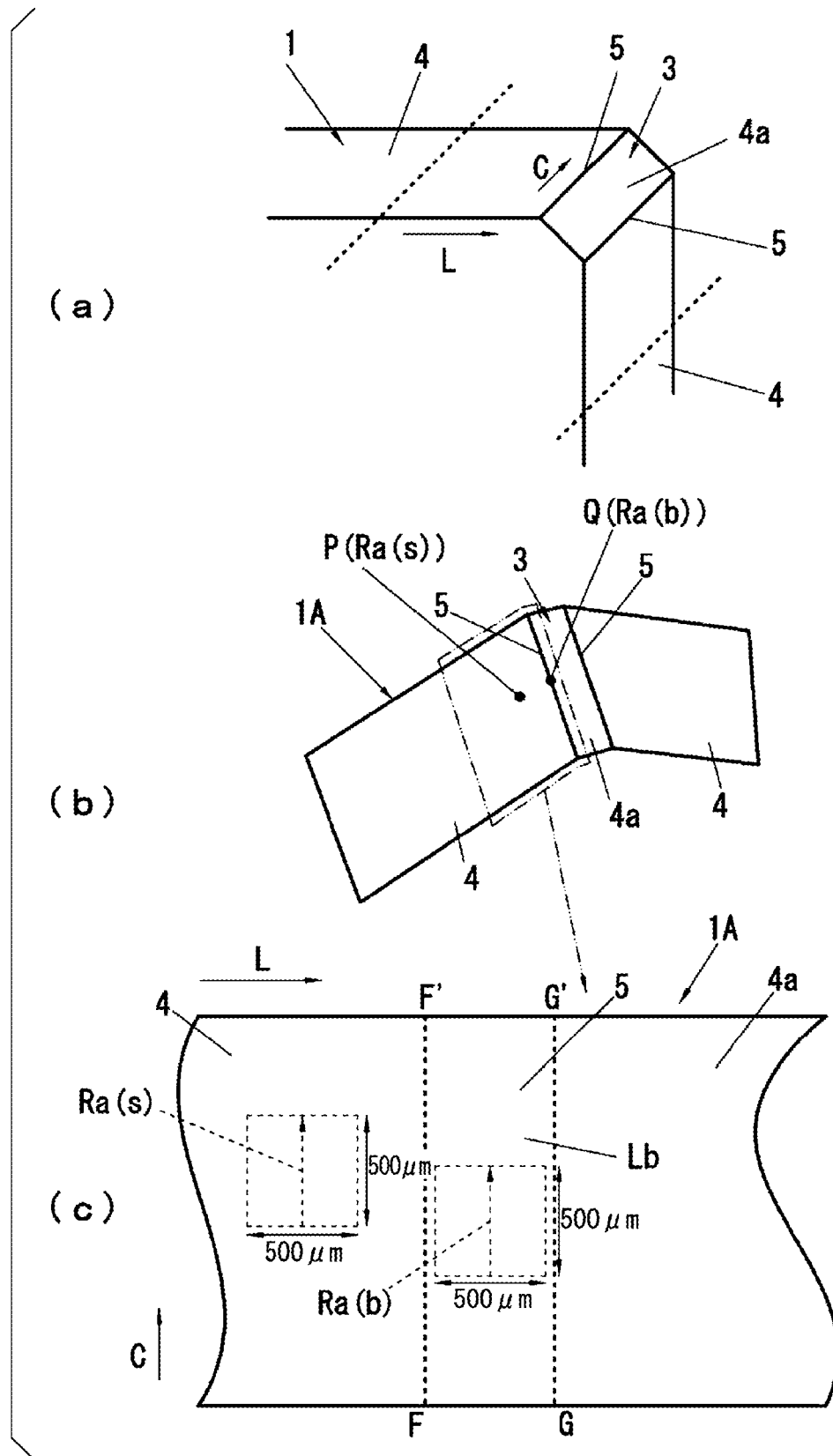


FIG. 8

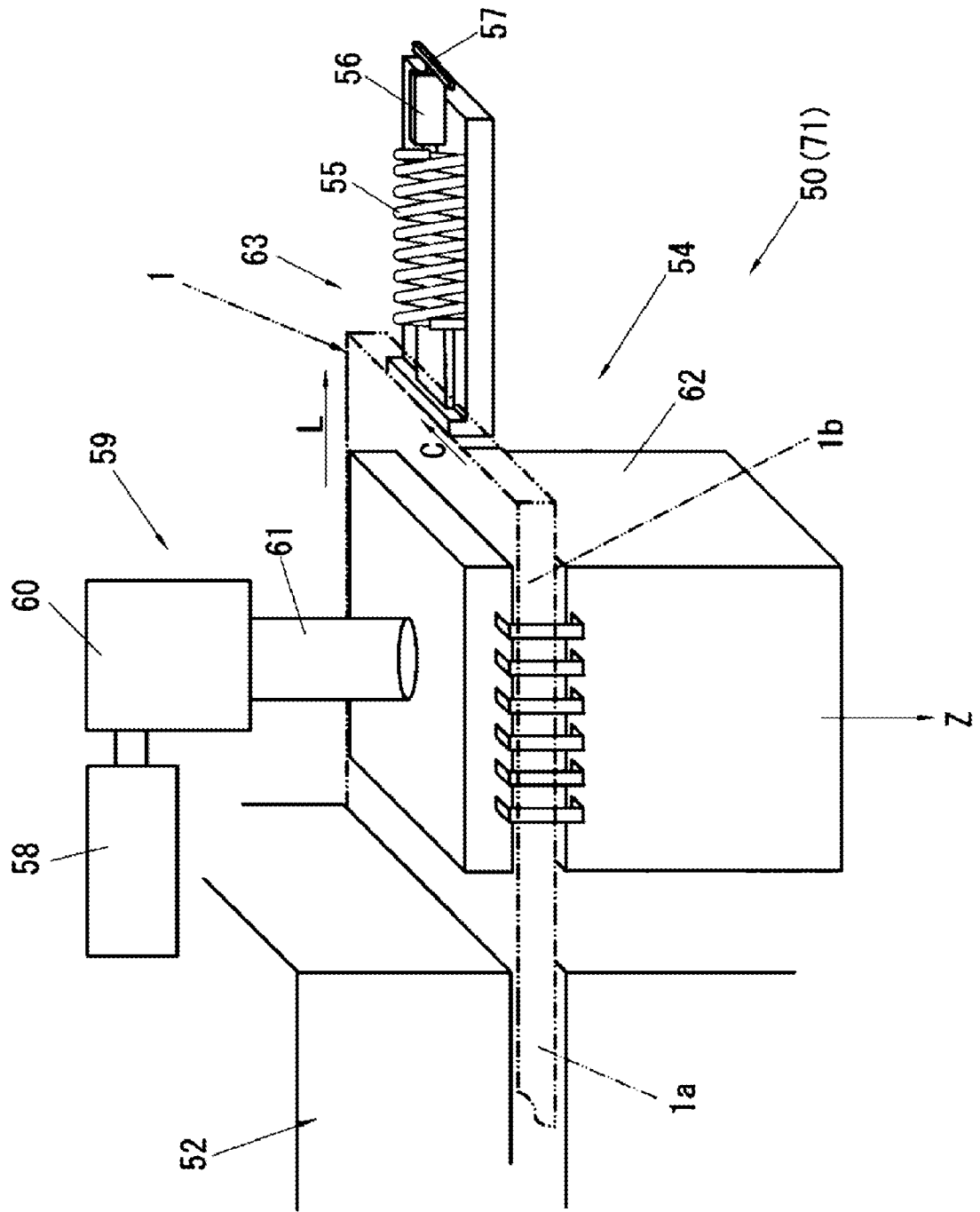


FIG. 9

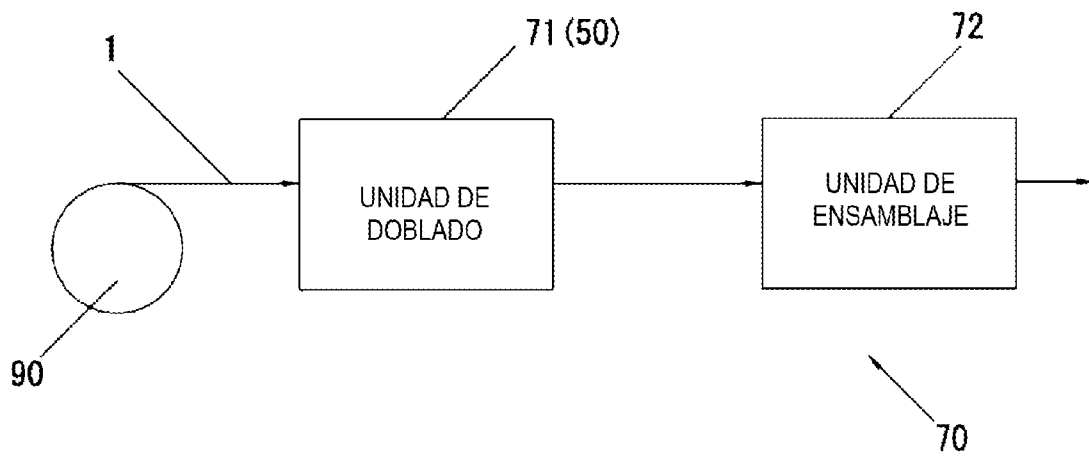


FIG. 10

