

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 013 239**

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/JP2021/039561**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.05.2022** **WO22092121**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2021** **E 21886239 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024** **EP 4235718**

54 Título: **Procedimiento de producción de núcleos de hierro enrollados**

30 Prioridad:

26.10.2020 JP 2020178569

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 100-8071, JP

72 Inventor/es:

TAKAHASHI, MASARU y
MIZUMURA, TAKAHITO

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 3 013 239 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de producción de núcleos de hierro enrollados

Campo técnico

La presente divulgación se refiere a un procedimiento y a un dispositivo de producción de un núcleo enrollado. Se reivindica la prioridad de la Solicitud de patente japonesa número 2020-178569, presentada el 26 de octubre de 2020.

Técnica antecedente

Los núcleos de transformador incluyen un núcleo laminado y un núcleo enrollado. Entre ellos, el núcleo enrollado se produce generalmente apilando láminas de acero eléctrico de grano orientado en capas, enrollándolas en forma de rosquilla (forma enrollada) y, a continuación, presurizando el cuerpo enrollado para darle una forma sustancialmente cuadrada (en la presente memoria, un núcleo enrollado producido de esta manera se denomina a veces núcleo Tranco, que es una forma de núcleo enrollado representativo (sometido a recocido de alivio de tensión) (en lo sucesivo, núcleo Tranco). La deformación de procesos mecánicos (deformación plástica) se genera en la totalidad de las chapas de acero eléctrico de grano orientado a través de este proceso de conformado y causa un deterioro significativo en la pérdida de hierro de las chapas de acero eléctrico de grano orientado, por lo que es necesario realizar un recocido de alivio de tensiones.

Por otro lado, como otros procedimientos de producción de un núcleo enrollado, se han divulgado técnicas tales como las de los Documentos de Patente 1 a 3 en las que porciones de chapa de acero que serán porciones de esquina de un núcleo enrollado se doblan por adelantado, de manera que se forma un área de doblado relativamente pequeña con un radio de curvatura de 3 mm o menor, y las chapas de acero dobladas se laminan para formar un núcleo enrollado (en la presente memoria, un núcleo enrollado producido de esta manera se denomina a veces UNICORE (marca registrada)). Según estos procedimientos de producción, no se requiere un proceso convencional de conformado por prensado a gran escala, las chapas de acero se doblan con precisión para mantener la forma de un núcleo, y la tensión de procesamiento también se concentra únicamente en las partes dobladas (partes de las esquinas). Por lo tanto, también es posible omitir la eliminación de tensiones mediante el proceso de recocido anterior, las ventajas industriales son grandes y su aplicación está progresando.

Lista de citas

Documento de patente

[Documento 1 de Patente] Solicitud de Patente Japonesa No Examinada, Primera Publicación Número 2005-286169

[Documento de patente 2] Patente Japonesa nº 6224468

[Documento 3 de Patente] Solicitud de Patente Japonesa No Examinada, Primera Publicación Número 2018-148036

Sumario de la invención

Problemas a resolver por la invención

Incidentalmente, cuando se dobla y forma una porción de una chapa de acero para formar una porción de esquina de un UNICORE, específicamente, cuando las chapas de acero eléctrico de grano orientado o las tiras obtenidas cortando las chapas de acero eléctrico de grano orientado paralelas a la dirección de laminación de la chapa de acero se doblan en una pluralidad de pliegues (porciones dobladas) a lo largo de la dirección perpendicular a la dirección de laminación de la chapa de acero para formar un núcleo poligonal, si las condiciones de doblado son estrictas, pueden formarse grietas en las porciones dobladas. Además, aunque no se formen grietas, existe la preocupación de que un revestimiento aislante de la superficie de las chapas de acero eléctrico de grano orientado se desprenda o se pulverice y se acumule entre las chapas de acero laminado, o que una matriz (punzón) arañe la superficie de las chapas de acero debido a la repetición del doblado con la misma matriz. Por otra parte, si se suavizan las condiciones de doblado, se producirá un retorno elástico en las partes dobladas y la fijación de la forma será insuficiente. En consecuencia, cuando se prepara un núcleo, puede generarse un gran hueco entre las chapas de acero laminado o el núcleo puede tener una forma insuficiente para ensamblarse como núcleo.

En cualquiera de los dos casos, el problema es que la relación de volumen efectivo del núcleo se vuelve pequeña, y surgen problemas secundarios en términos de calidad, como la forma del núcleo o los arañazos en la superficie.

La presente invención se ha realizado teniendo en cuenta las circunstancias anteriores, y un objeto de la invención es proporcionar un procedimiento y un dispositivo para producir un núcleo enrollado que pueda minimizar el agrietamiento en porciones dobladas de chapas de acero eléctrico de grano orientado durante el doblado de las chapas de acero, evitar arañazos en la superficie de las chapas de acero o desprendimiento o pulverización de un revestimiento en la superficie, y mejorar la fijabilidad de la forma.

Medios para resolver el problema

Para lograr el objeto, la presente invención proporciona un procedimiento de producción de un núcleo enrollado que es un núcleo enrollado que tiene una forma enrollada que incluye una porción hueca rectangular en el centro y una porción en la que se apilan en una dirección de espesor de chapa chapas de acero eléctrico de grano orientado, en las que las porciones planas y las porciones dobladas son alternativamente continuas en una dirección longitudinal, que es un núcleo enrollado formado apilando las chapas de acero eléctrico de grano orientado que han sido dobladas individualmente en capas y ensambladas en una forma enrollada y en la que la pluralidad de chapas de acero eléctrico de grano orientado están conectadas entre sí mediante al menos una parte de unión para cada rollo, comprendiendo el procedimiento: formar al menos una de las porciones dobladas de una o más de las chapas de acero eléctrico de grano orientado laminadas de tal manera que, un lado de la chapa de acero eléctrico de grano orientado se coloca y se constriñe en una matriz y un punzón, se forma a presión contra una porción de la chapa de acero eléctrico de grano orientado que se va a doblar en el otro lado del extremo libre en la dirección del espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado, las superficies exteriores de la matriz y del punzón tienen cada una porción de arco que tiene una curvatura predeterminada en una sección transversal a lo largo de la dirección del espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado, cuando el espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado es T (mm), los ángulos de curvatura de las porciones curvadas son $\theta(^{\circ})$, un radio de curvatura de la porción de arco de la matriz es Rd (mm), y un radio de curvatura de la porción de arco del punzón es Rp (mm), se satisfacen las relaciones de las Ecuaciones (1) a (5) siguientes, y la porción de la chapa de acero eléctrico de grano orientado que se va a doblar es presurizada por la porción de arco del punzón y doblada a lo largo de la porción de arco de la matriz, de manera que se forman cuatro o más de las porciones dobladas en una de las chapas de acero eléctrico de grano orientado.

$$0,02 \leq T / (2R_d + T) \leq 0,15 \quad \dots (1)$$

$$0,5 \leq R_d \leq 3,0 \quad \dots (2)$$

$$0,15 \leq T \leq 0,30 \quad \dots (3)$$

$$2,5 \leq R_p / R_d \leq 10 \quad \dots (4)$$

$$10^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ} \quad \dots (5)$$

En términos de situaciones prácticas en las que, al doblar y formar una porción de una lámina de acero para formar una porción de esquina en un núcleo enrollado en forma de UNICORE, si las condiciones de doblado son estrictas, existe la preocupación de que se formen grietas en las porciones dobladas, los revestimientos de las superficies de las chapas de acero se desprendan o se pulvericen y se acumulen entre las chapas de acero laminadas, o que una matriz arañe la superficie de las chapas de acero; por otra parte, si se suavizan las condiciones de doblado, se producirá un retroceso elástico en las porciones dobladas y la capacidad de fijación de la forma será insuficiente, los presentes inventores se han centrado en el hecho de que la fijabilidad de la forma puede mejorarse aplicando suficiente deformación plástica en la dirección de tracción en el lado exterior de la flexión de las porciones dobladas de las chapas de acero, por otra parte, la formación de grietas en las porciones dobladas de las chapas de acero puede minimizarse reduciendo la deformación plástica en el lado exterior de la flexión de las porciones dobladas de las chapas de acero a un valor determinado o inferior, y el desprendimiento significativo y la pulverización de un revestimiento aislante pueden minimizarse reduciendo la tensión de compresión en el lado interior de la flexión de las porciones dobladas de las chapas de acero. Los presentes inventores han encontrado que la anterior serie de problemas puede resolverse realizando el doblado controlado de forma que se aplique una deformación plástica adecuada dentro de un cierto rango de acuerdo con el espesor de una chapa de acero eléctrico de grano orientado que se va a doblar, específicamente, estableciendo al menos la relación R_p/R_d entre el radio de curvatura Rp de una porción de arco de un punzón y el radio de curvatura Rd de una porción de arco de una matriz al presurizar una porción de una chapa de acero eléctrico de grano orientado que se va a doblar utilizando la porción de arco del punzón para doblarla a lo largo de la porción de arco de la matriz mediante un procedimiento de doblado libre de un solo lado de presurizar y doblar una porción de extremo libre en un lado de la chapa de acero eléctrico de grano orientado de la que el otro lado se coloca en la matriz utilizando el punzón, para que esté dentro de un cierto rango. Además, también se ha comprobado que, en este caso, si R_p/R_d es demasiado pequeño, la fuerza de transformación se hace demasiado grande y, aunque se puede aplicar una deformación plástica suficiente, la fricción entre el punzón y la superficie de la chapa de acero aumenta y es probable que la superficie de la chapa de acero se raye. Por otro lado, también se ha comprobado que, cuando R_p/R_d supera un cierto rango, la fuerza de transformación se vuelve pequeña, lo que dificulta la aplicación de una deformación plástica suficiente.

Más específicamente, en dicho procedimiento de doblado libre de un lado, al menos una de las porciones dobladas de una o más chapas de acero eléctrico de grano orientado laminadas se forma de tal manera que un lado de una chapa de acero eléctrico de grano orientado se coloca y se constriñe sobre una matriz y un punzón se presiona contra una porción de la chapa de acero eléctrico de grano orientado que se va a doblar en el otro lado extremo libre en la dirección del espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado. En este caso, las superficies exteriores de la matriz y del punzón tienen cada una porción de arco con una curvatura predeterminada en una sección transversal a lo largo de la dirección del espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado, y cuando el espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado es T (mm), los ángulos de curvatura de las porciones curvadas son $\theta(^{\circ})$, el radio

de curvatura de la porción de arco de la matriz es R_d (mm), y un radio de curvatura de la porción de arco del punzón es R_p (mm), se satisfacen las relaciones de las Ecuaciones (1) a (5) siguientes.

$$0,02 \leq T/(2R_d + T) \leq 0,15 \quad \dots (1)$$

($T/(2R_d + T)$) es la deformación aplicada calculada)

$$0,5 \leq R_d \leq 3,0 \quad \dots (2)$$

$$0,15 \leq T \leq 0,30 \quad \dots (3)$$

$$2,5 \leq R_p/R_d \leq 10 \quad \dots (4)$$

$$10^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \quad \dots (5)$$

Por consiguiente, la forma de las chapas de acero laminado puede hacerse uniforme en la dirección de la anchura y la forma de las porciones dobladas de las chapas de acero puede hacerse uniforme a lo largo de la dirección de la cresta, con lo que se consigue una excelente calidad de la forma y se mejora la relación de volumen efectivo del núcleo. Además, la deformación introducida en las porciones dobladas de las chapas de acero puede reducirse para disminuir la pérdida de hierro del núcleo. En consecuencia, es posible minimizar el agrietamiento en porciones dobladas de chapas de acero eléctrico de grano orientado durante el doblado de las chapas de acero, evitar arañazos en la superficie de las chapas de acero o el desprendimiento o pulverización de un revestimiento en la superficie, y mejorar la fijabilidad de la forma.

En la presente divulgación, un ángulo de doblado de una porción doblada significa una diferencia de ángulo entre una porción recta delantera y una porción recta trasera en la dirección de doblado en la porción doblada de una lámina de acero eléctrico de grano orientado y es, como se muestra en la Figura 6, expresado como un ángulo ϕ de un ángulo suplementario de un ángulo formado por dos líneas virtuales L_b -elongación1 y L_b -elongación2 obtenidas extendiendo porciones rectas que son superficies de porciones planas 4, 4a en ambos lados que intercalan la porción doblada 5 en la superficie exterior de la chapa de acero eléctrico de grano orientado.

En la presente divulgación, la chapa de acero eléctrico de grano orientado también incluye tiras o flejes de acero obtenidos cortando la chapa de acero paralelamente a su dirección de laminación. Además, la formación de cuatro o más porciones dobladas para una chapa de acero eléctrico de grano orientado (o una pieza de fleje de acero) en un caso en el que los ángulos de doblado θ (°) de las porciones dobladas satisfacen la relación de $10^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ tiene la ventaja de poder formar un núcleo enrollado en paralelepípedo rectangular que es industrialmente fácil de manipular. Además, en la configuración anterior, las porciones dobladas se forman preferentemente doblando las porciones de la chapa de acero eléctrico de grano orientado que se van a doblar a una velocidad de punzonado de 30 mm/min a 3.000 mm/min. En consecuencia, existen desventajas como que la productividad es pobre y la fijación de la forma es menos probable que se obtenga a una velocidad de punzonado inferior a 30 mm/min, el punzón no se ajusta bien cuando entra en contacto con la chapa de acero y la forma de doblado es probable que varíe a una velocidad de punzonado superior a 3.000 mm/min. Es decir, si la velocidad de punzonado está dentro del rango de 30 mm/min a 3.000 mm/min, hay ventajas que la productividad es favorable, una forma es fácil de hacer, y la fijación de la forma está preferiblemente asegurada. Además, en la configuración anterior, es preferible que se proporcione una holgura predeterminada C (mm) entre la matriz y el punzón en la sección transversal a lo largo de la dirección de espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado en una dirección ortogonal a una dirección de conformación a presión del punzón y que la holgura esté dentro de un rango de $0,5T \leq C \leq 1,5T$ en el caso en que el espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado utilizada sea T (mm). En consecuencia, en el caso en que la holgura sea inferior a $0,5T$, aunque es probable que se obtenga la fijabilidad de la forma de la unidad de doblado debido a una mayor presión de la superficie de contacto entre el punzón y la chapa de acero, es probable que la superficie de la chapa de acero se raye debido a la fuerza de fricción entre el punzón y la chapa de acero eléctrico de grano orientado debido a la mayor presión de la superficie de contacto. Si la holgura es superior a $1,5T$, la presión de la superficie de contacto entre el punzón y la chapa de acero disminuye, por lo que es menos probable que se obtenga la fijación de la forma de la unidad de plegado y la forma del núcleo se deteriora. Es decir, cuando la holgura está dentro del rango de $0,5T \leq C \leq 1,5T$, existe la ventaja de que la fijabilidad de la forma del núcleo y la calidad (como los arañazos) de la superficie del núcleo pueden garantizarse de forma equilibrada.

Además, la presente invención también proporciona un dispositivo para producir un núcleo enrollado en forma de UNICORE. Específicamente, dicho dispositivo de producción 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 en 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 una dirección longitudinal se apilan en una dirección de espesor de la chapa, en la que la unidad de doblado tiene una matriz y un punzón, y en la unidad de doblado, una porción de arco que tiene una curvatura predeterminada en una sección transversal a lo largo de la dirección de espesor de las chapas de acero eléctrico de grano orientado se forma en superficies externas de la matriz

y el punzón, y al menos una de las porciones dobladas de una o más de las chapas de acero eléctrico de grano orientado laminadas se forma de tal manera que un lado de la chapa de acero eléctrico de grano orientado se coloca y se constriñe en la matriz y una porción de la chapa de acero eléctrico de grano orientado que se va a doblar en el otro lado del extremo libre se presiona mediante la porción de arco del punzón en la dirección del espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado y se dobla a lo largo de la porción de arco de la matriz, y cuando el espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado es T (mm), los ángulos de doblado de las porciones dobladas son $\theta(^{\circ})$, un radio de curvatura de la porción de arco de la matriz es Rd (mm), y un radio de curvatura de la porción de arco del punzón es Rp (mm), se satisfacen las relaciones de las Ecuaciones (1) a (5) siguientes.

$$0,02 \leq T / (2Rd + T) \leq 0,15 \quad \dots (1)$$

$$0,5 \leq Rd \leq 3,0 \quad \dots (2)$$

$$0,15 \leq T \leq 0,30 \quad \dots (3)$$

$$2,5 \leq Rp / Rd \leq 10 \quad \dots (4)$$

$$10^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ} \quad \dots (5)$$

De acuerdo con el dispositivo para producir un núcleo enrollado que tiene la configuración anterior, la forma de las láminas de acero laminado puede hacerse uniforme en la dirección de la anchura y la forma de las porciones dobladas de las láminas de acero puede hacerse uniforme en toda la dirección de la cresta, con lo que se consigue una excelente calidad de forma y se mejora la relación de volumen efectivo del núcleo. Además, la tensión introducida en las porciones dobladas de las chapas de acero puede reducirse para disminuir la pérdida de hierro del núcleo. En consecuencia, es posible minimizar el agrietamiento en porciones dobladas de chapas de acero eléctrico de grano orientado durante el doblado de las chapas de acero, evitar arañazos en la superficie de las chapas de acero o el desprendimiento o pulverización de un revestimiento en la superficie, y mejorar la fijabilidad de la forma.

Efectos de la invención

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar un procedimiento y un dispositivo para producir un núcleo enrollado que pueda minimizar el agrietamiento en porciones dobladas de chapas de acero eléctrico de grano orientado durante el doblado de las chapas de acero, evitar arañazos en la superficie de las chapas de acero o desprendimiento o pulverización de un revestimiento en la superficie, y mejorar la fijabilidad de la forma.

Breve descripción de los dibujos

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

La Figura 2 es una vista lateral del núcleo 10 enrollado de la Figura 1.

La Figura 3 es una vista lateral que muestra esquemáticamente un núcleo enrollado según otra realización de la presente invención.

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

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

La Figura 7 es una vista en sección transversal que muestra un aspecto de la formación de una porción doblada mediante un procedimiento de doblado libre por un lado de la presente invención.

La Figura 8 es un diagrama de bloques que muestra esquemáticamente la configuración de un dispositivo para producir un núcleo enrollado.

La Figura 9 es un diagrama esquemático que muestra las dimensiones de un núcleo enrollado producido durante la evaluación de las propiedades.

Realizaciones para la implementación de la invención

A continuación, se describirá secuencialmente en detalle un núcleo enrollado según una realización de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no se limita a la configuración divulgada en la presente realización, y se pueden hacer varias modificaciones dentro del ámbito sin apartarse de la esencia de la presente invención. Un valor límite inferior y un valor límite superior se incluyen en un rango límite numérico descrito a continuación. Un valor numérico representado por "más que" o "menos que" no se incluye en el rango numérico. Además, "%" relativo a la composición química significa "% en masa" a menos que se especifique lo contrario.

Además, por ejemplo, términos tales como "paralelo", "perpendicular", "idéntico" y "ángulo recto" y valores de longitud y ángulo utilizados en la presente memoria para especificar formas, condiciones geométricas y sus extensiones no

están vinculados por significados estrictos, y deben interpretarse para incluir la medida en que pueden esperarse funciones similares.

Además, "chapa de acero eléctrico de grano orientado" en la presente memoria se describe a veces simplemente como "chapa de acero" o "chapa de acero eléctrico", y "núcleo enrollado" se describe a veces simplemente como "núcleo".

El núcleo enrollado según la presente realización es un núcleo enrollado que incluye un cuerpo principal de núcleo enrollado sustancialmente rectangular en una vista lateral, en el que el cuerpo principal de núcleo enrollado tiene una estructura laminada sustancialmente rectangular en una vista lateral e incluye una porción en la que láminas de acero eléctrico de grano orientado, en las que porciones planas y porciones dobladas son alternativamente continuas en una dirección longitudinal, están apiladas en una dirección de espesor de la lámina. Un radio de curvatura lateral interior r en una vista lateral de cada una de las porciones dobladas es de 1,0 mm a 5,0 mm. Las chapas de acero eléctrico de grano orientado tienen, por ejemplo, una composición química que contiene, en % en masa, Si: 2,0% a 7,0%, siendo el resto Fe e impurezas, y tienen una textura orientada en la orientación Goss.

De aquí en adelante, se describirán específicamente la chapa de acero eléctrica revestida de grano orientado y el núcleo enrollado en la presente divulgación. Las formas del núcleo enrollado y de las chapas de acero eléctrico de grano orientado que aquí se describen no son particularmente nuevas, y corresponden simplemente a las formas de núcleos enrollados y chapas de acero eléctrico de grano orientado bien conocidos.

La Figura 1 es una vista en perspectiva que muestra un ejemplo de un núcleo enrollado. La Figura 2 es una vista lateral del núcleo 10 enrollado de la Figura 1. Además, Figura 3 es una vista en perspectiva que muestra un ejemplo de un núcleo enrollado.

La vista lateral en la presente realización significa ver láminas de acero eléctrico de grano orientado de forma alargada 1 que constituyen un núcleo enrollado en la dirección de la anchura (dirección del eje Y en la Figura 1). La vista lateral es una vista (vista de Figura 1 en la dirección del eje Y) que muestra una forma visible en una vista lateral.

El núcleo enrollado según la presente realización incluye: un cuerpo principal de núcleo enrollado 10 sustancialmente poligonal (rectangular) en una vista lateral. El cuerpo principal del núcleo enrollado 10 tiene una estructura laminada sustancialmente rectangular 2 en una vista lateral en la que las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 están apiladas en una dirección de espesor de chapa. El cuerpo principal del núcleo enrollado 10 puede utilizarse como un núcleo enrollado tal cual o puede tener elementos de fijación bien conocidos, como una banda de unión, según sea necesario para fijar integralmente una pluralidad de chapas de acero eléctrico de grano orientado apiladas 1.

En la presente realización, la longitud del núcleo del cuerpo principal de núcleo enrollado 10 no está particularmente limitada. Aunque cambie la longitud del núcleo, el volumen de las porciones dobladas 5 es constante, por lo que la pérdida de hierro generada en las porciones dobladas 5 es constante. Cuanto mayor sea la longitud del núcleo, menor será la fracción de volumen de las porciones dobladas 5 con respecto al cuerpo principal del núcleo enrollado 10 y, por tanto, menor será la influencia en el deterioro por pérdida de hierro. En consecuencia, la longitud del núcleo del cuerpo principal del núcleo enrollado 10 es preferiblemente larga. La longitud del núcleo del cuerpo principal del núcleo enrollado 10 es preferiblemente de 1,5 m o más y más preferiblemente de 1,7 m o más. En la presente realización, la longitud del núcleo del cuerpo principal del núcleo enrollado 10 es una longitud circunferencial del cuerpo principal del núcleo enrollado 10 en el punto central en la dirección de laminación en una vista lateral.

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

El núcleo según la presente realización tiene una forma sustancialmente poligonal en una vista lateral. En la siguiente explicación mediante dibujos, aunque se describirá un núcleo con una forma sustancialmente rectangular (cuadrangular) que es una forma general para simplificar la ilustración y la explicación, se pueden producir núcleos con diversas formas dependiendo de las longitudes de las porciones planas 4 y del número o ángulos de las porciones dobladas 5. Por ejemplo, si los ángulos de todas las porciones dobladas 5 son de 45° y las porciones planas 4 tienen la misma longitud, la vista lateral será octogonal. Además, si los ángulos son de 60°, hay seis porciones dobladas 5 y las porciones planas 4 tienen la misma longitud, la vista lateral será hexagonal.

Como se ilustra en las Figuras 1 y 2, el cuerpo principal de núcleo enrollado 10 tiene una estructura laminada sustancialmente rectangular 2 que tiene una porción hueca 15 en una vista lateral e 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, están apiladas en una dirección de espesor de la chapa. Una porción de esquina 3 que incluye las porciones dobladas 5 tiene dos o más porciones dobladas 5 que tienen una forma curva en una vista lateral, y la suma de ángulos doblados de las porciones dobladas 5 existentes en una porción de esquina 3 es, por ejemplo, 90°. La porción angular 3 tiene una porción plana 4a más corta que una porción plana 4 entre porciones dobladas adyacentes 5, 5. En consecuencia, la porción de esquina 3 está formada para tener dos o más porciones dobladas 5 y una o más porciones planas 4a. En el ejemplo de la Figura 2, el ángulo $\phi 1$ de doblado de la región 5 doblada es de aproximadamente 45°. En el ejemplo de la Figura 3, el ángulo $\phi 1$ de doblado de la región 5 doblada es de aproximadamente 30°.

Como se muestra en estos ejemplos, el núcleo enrollado de la presente realización puede formarse con porciones dobladas con varios ángulos, y un ángulo de doblado ϕ (ϕ_1 , ϕ_2 , y ϕ_3) de una porción doblada 5 es preferiblemente 60° o menos y más preferiblemente 45° o menos desde el punto de vista de minimizar la pérdida de hierro minimizando la generación de tensión debido a la deformación durante el procesamiento. Los ángulos de doblado ϕ de las porciones dobladas de un núcleo pueden configurarse arbitrariamente. Por ejemplo, ϕ_1 puede ajustarse a 60° y ϕ_2 a 30° . Los ángulos de plegado (ángulos doblados) son preferiblemente iguales entre sí desde el punto de vista de la eficiencia de la producción. Sin embargo, en un caso en el que se pueda reducir la pérdida de hierro de un núcleo a producir debido a la pérdida de hierro de las chapas de acero utilizadas reduciendo el número de sitios de deformación más allá de un cierto nivel, se pueden procesar porciones dobladas con una combinación de diferentes ángulos. El diseño puede seleccionarse arbitrariamente a partir de los puntos en los que se hace hincapié en el tratamiento del núcleo.

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

Además, líneas rectas perpendiculares a la superficie exterior de la chapa de acero se extienden respectivamente desde los puntos F y G, y las intersecciones con la superficie interior de la chapa de acero son respectivamente un punto E y un punto D. Cada uno de los puntos E y D es un límite entre una porción plana 4 y una porción doblada 5 en la superficie interior de la chapa de acero.

En la presente realización, en una vista lateral de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1, la porción doblada 5 es una porción de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 rodeada por los puntos anteriores D, E, F y G. En la Figura 6, la superficie de la chapa de acero entre los puntos D y E, es decir, la superficie interior de la porción doblada 5, se indica mediante La, y la superficie de la chapa de acero entre los puntos F y G, es decir, la superficie exterior de la porción doblada 5, se indica mediante Eb.

Además, el radio de curvatura lateral interior r en una vista lateral de la porción doblada 5 se muestra en el dibujo. El radio de curvatura r de la porción doblada 5 se obtiene aproximando el La anterior con el arco que pasa por los puntos E y D. Cuanto menor sea el radio de curvatura r, más pronunciada será la curvatura de la porción curvada de la porción doblada 5, y cuanto mayor sea el radio de curvatura r, más suave será la curvatura de la porción curvada de la porción doblada 5.

En el núcleo enrollado de la presente realización, el radio de curvatura r en cada porción doblada 5 de cada lámina de acero eléctrico de grano orientado 1 laminada en la dirección del espesor de la lámina puede variar en cierta medida. Esta variación puede deberse a la precisión del conformado, y puede producirse una variación involuntaria debido a la manipulación o similares durante el laminado. Este error involuntario puede minimizarse a aproximadamente 0,2 mm o menor en la producción industrial normal actual. En caso de que estas variaciones sean importantes, se puede obtener un valor representativo midiendo el radio de curvatura r de un número suficientemente grande de chapas de acero y calculando la media. Además, se piensa que el radio de curvatura podría ser cambiado intencionalmente por alguna razón, y la presente realización no excluye tal forma.

El procedimiento de medición del radio de curvatura r de la porción doblada 5 no está particularmente limitado, pero el radio de curvatura puede medirse mediante observación con un microscopio disponible comercialmente (Nikon ECLIPSE LV150) a un aumento de 200. En concreto, el punto central de curvatura A se obtiene a partir de los resultados de la observación. Como procedimiento para obtenerlo, por ejemplo, si la intersección del segmento de línea EF y el segmento de línea DG que se extiende hacia dentro por el lado opuesto al punto B se define como A, el tamaño del radio de curvatura r corresponde a la longitud del segmento de línea AC.

Las Figuras 4 y 5 son diagramas que muestran esquemáticamente cada uno un ejemplo de lámina de acero eléctrico de grano orientado de una sola capa 1 en un cuerpo principal de núcleo enrollado 10. La chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 utilizada en los ejemplos de las Figuras 4 y 5 está doblada para realizar un núcleo enrollado en forma de UNICORE, tiene dos o más porciones dobladas 5 y porciones planas 4, y forma un anillo sustancialmente poligonal en una vista lateral a través de una parte de unión 6 (hueco) que es una superficie extrema de una o más chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 en la dirección longitudinal.

En la presente realización, es suficiente siempre que el cuerpo principal de núcleo enrollado 10 tenga una estructura laminada 2 con una forma sustancialmente poligonal en su conjunto en una vista lateral. Una lámina de acero eléctrico de grano orientado 1 puede formar una capa del cuerpo principal del núcleo enrollado 10 a través de una parte de unión 6, como se muestra en el ejemplo de la Figura 4 (una chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 se conecta a través de una pieza de unión 6 para cada enrollado). Alternativamente, una lámina de acero eléctrico de grano

orientado 1 puede formar aproximadamente la mitad de la circunferencia de un núcleo enrollado y dos láminas de acero eléctrico de grano orientado 1 pueden formar una capa del cuerpo principal del núcleo enrollado 10 a través de dos partes de unión 6, como se muestra en el ejemplo de la Figura 5 (dos chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 están conectadas entre sí mediante dos piezas de unión 6 para cada enrollado).

- 5 El espesor de la lámina de acero eléctrico de grano orientado 1 utilizada en la presente realización no está particularmente limitado y puede seleccionarse apropiadamente dependiendo de las aplicaciones y similares, pero normalmente está dentro de un intervalo de 0,15 mm a 0,30 mm y preferiblemente dentro de un intervalo de 0,18 mm a 0,27 mm.

- Además, el procedimiento de producción de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 no está particularmente limitado, y puede seleccionarse apropiadamente un procedimiento conocido convencionalmente de producción de una chapa de acero eléctrico de grano orientado. Ejemplos específicos preferidos del procedimiento de producción incluyen un procedimiento en el que un planchón que contiene de 0,04 a 0,1 % en masa de C y que tiene la composición química de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 anterior para el resto se calienta a 1.000°C o más para realizar el laminado en caliente y, a continuación, se realiza el recocido de banda en caliente según sea necesario, obteniéndose posteriormente una chapa de acero laminada en frío mediante laminado en frío una vez o laminado en frío dos veces o más, incluido el recocido intermedio, se calienta entre 700°C y 900°C en, por ejemplo, una atmósfera húmeda de hidrógeno y gas inerte, se somete a recocido de descarburación, se somete además a recocido de nitruración según sea necesario, y se somete a recocido de acabado a unos 1.000°C después de que se aplique un separador de recocido a la chapa de acero laminada en frío recocida por nitruración para formar un revestimiento aislante a aproximadamente 900°C. Además, después de esto, puede realizarse un recubrimiento o similar para ajustar el coeficiente de fricción dinámica.

Además, el efecto de la presente realización puede obtenerse incluso con una lámina de acero sometida a un procesamiento generalmente denominado "control de dominio magnético" utilizando deformaciones, ranuras o similares mediante un procedimiento bien conocido en la etapa de producción de una lámina de acero.

- Además, en la presente realización, el núcleo enrollado 10 compuesto por las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 que tienen la forma anterior se forma apilando individualmente dobladas las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 en capas y ensamblándolas en una forma enrollada, una pluralidad de las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 están conectadas entre sí mediante al menos una parte de unión 6 (referirse a las Figuras 4 y 5) para cada enrollado, y al menos una de las porciones dobladas 5 de una o más de las chapas laminadas de acero eléctrico de grano orientado 1 se produce como sigue. Es decir, como se muestra en las Figuras 7, las porciones dobladas 5 se forman mediante doblado utilizando un procedimiento de doblado libre por un lado. Específicamente, como se muestra en el dibujo, un punzón 40 se presiona hacia abajo como indica la flecha contra una porción de extremo libre de un lado 1a que es una porción a doblar en un lado de extremo libre de la lámina de acero eléctrico de grano orientado 1 de la cual el otro lado 1b se coloca en una matriz 30 para presurizar y doblar esta porción de extremo libre de un lado 1a en su dirección T de espesor. En este caso, la cara 1b de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 colocada en la matriz 30 se sujeta en un estado fijo presionando un miembro de presión 38 hacia abajo contra esta cara 1b, como indica la flecha. Además, en la sección transversal ilustrada a lo largo de la dirección del espesor T de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 (sección transversal a lo largo de ambas direcciones de la dirección del espesor T y la dirección longitudinal de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1), la matriz 30 tiene una porción de arco 30a que tiene una curvatura predeterminada en una porción de sujeción (superficie exterior de una porción de esquina) para intercalar la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 entre sí y el punzón 40. Esta porción de arco 30a conecta una porción de colocación lineal 30b sobre la que se coloca y fija la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 con una porción de extensión ortogonal lineal 30c que se extiende sustancialmente ortogonal a la porción de colocación 30b. Dicha matriz 30 coopera con el punzón 40 que se empuja hacia abajo y tiene la misma porción de arco 40a en una porción de sujeción (superficie exterior) para intercalar la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 entre sí y la matriz 30. Específicamente, la porción de extremo libre de un lado 1a de la lámina de acero eléctrico de grano orientado 1 es presurizada por la porción de arco 40a del punzón 40 y doblada a lo largo de la porción de arco 30a de la matriz 30 para doblar la porción de extremo libre de un lado la de la lámina de acero eléctrico de grano orientado 1 con una curvatura predeterminada. El ángulo de curvatura de la porción doblada 5 en este momento es $\theta(^{\circ})$. La porción doblada 5 se forma preferentemente doblando la porción de extremo libre de un lado la de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 a una velocidad de punzonado de 30 mm/min a 3.000 mm/min. Aquí, la velocidad de punzonado es una velocidad relativa de movimiento del punzón 40 con respecto a la matriz 30. El punzón 40 se desplaza linealmente con respecto a la matriz 30. Además, es preferible que se formen cuatro o más porciones dobladas 5 mediante dicho doblado para una lámina de acero eléctrico de grano orientado 1. Puede formarse al menos una porción doblada 5 de una o más chapas de acero eléctrico de grano orientado 1 laminadas.

Aquí, cuando el espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 es T (mm), los ángulos de curvatura de las porciones dobladas 5 son $\theta(^{\circ})$, el radio de curvatura de la porción de arco 30a de la matriz 30 es Rd (mm), y el radio de curvatura de la porción de arco 40a del punzón 40 es Rp (mm), se satisfacen las relaciones de las Ecuaciones (1) a (5) siguientes.

60
$$0,02 \leq T/(2R_d + T) \leq 0,15 \quad \dots (1)$$

($T/(2R_d+T)$ es la deformación aplicada calculada)

$$0,5 \leq R_d \leq 3,0 \quad \dots (2)$$

$$0,15 \leq T \leq 0,30 \quad \dots (3)$$

$$2,5 \leq R_p/R_d \leq 10 \quad \dots (4)$$

$$10^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \quad \dots (5)$$

Además, en la sección transversal ilustrada a lo largo de la dirección del espesor T de la lámina de acero eléctrico de grano orientado 1, se proporciona un espacio libre predeterminado C entre la matriz 30 y el punzón 40 en la dirección ortogonal a la dirección de conformación por prensado (dirección vertical en la Figura 7) del punzón 40. Es decir, la porción de extensión ortogonal 30c de la matriz 30 y una porción de superficie enfrentada 40b del punzón 40 que se enfrentan durante la presurización utilizando el punzón 40 se separan entre sí con una holgura predeterminada C (mm) en la dirección ortogonal a la dirección de prensado del punzón. En este caso, la holgura C se fija en un rango de $0,5T \leq C \leq 1,5T$.

Además, en la Figura 8 se muestra esquemáticamente un diagrama de bloques de un dispositivo que permite la producción de un núcleo enrollado con el procedimiento de doblado libre por un lado como se ha descrito anteriormente. La Figura 8 muestra esquemáticamente un dispositivo 70 para producir un núcleo enrollado en forma de UNICORE. Este dispositivo de producción 70 incluye una unidad de doblado 71 que dobla individualmente la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 y puede incluir una unidad de ensamblado 72 que apila las chapas de acero eléctrico de grano orientado dobladas 1 en capas y las ensambla en una forma enrollada para formar un núcleo enrollado en forma de enrollado que incluye una porción en la que las chapas de acero eléctrico de grano orientado 1, en la que las porciones planas 4, 4a y las porciones dobladas 5 son alternativamente continuas en la dirección longitudinal, están apiladas en la dirección del espesor de la chapa.

Una chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 se dispensa desde una unidad de suministro de chapa de acero 50, que mantiene un material de aro formado enrollando la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 en forma de rollo, a una velocidad de transporte predeterminada y se suministra a la unidad de doblado 71. La chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 suministrada de esta manera se corta a un tamaño adecuado en la unidad de doblado 71 y se somete a un doblado en el que un pequeño número de chapas, por ejemplo, una chapa cada vez, se doblan individualmente. En la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 obtenida de este modo, dado que el radio de curvatura r de una porción doblada 5 causado por la flexión se hace significativamente pequeño, la deformación de procesado aplicada a la chapa de acero eléctrico de grano orientado 1 debido a la flexión se hace significativamente pequeña. De este modo, se puede omitir una etapa de recocido si se puede reducir el volumen afectado por la deformación de transformación mientras se espera que aumente la densidad de la deformación de transformación.

Además, la unidad de doblado 71 tiene la matriz 30 y el punzón 40 como se ha descrito anteriormente, y al menos una porción doblada 5 de una o más láminas de acero eléctrico de grano orientado 1 laminadas se forma de tal manera que un lado 1b de una lámina de acero eléctrico de grano orientado 1 se coloca y se constriñe en la matriz 30 y una porción de la lámina de acero eléctrico de grano orientado 1 que se va a doblar en el otro lado de extremo libre (porción de extremo libre de un lado 1a) se presiona mediante la porción de arco 40a del punzón 40 en la dirección T de espesor de la lámina de acero eléctrico de grano orientado para doblar la porción a lo largo de la porción de arco 30a de la matriz 30.

Ejemplos

En lo sucesivo, los detalles técnicos de la presente invención se describirán con más detalle con referencia a ejemplos de la presente invención. Las condiciones de los ejemplos que se muestran a continuación son ejemplos de condiciones empleadas para confirmar la viabilidad y el efecto de la presente invención, y la presente invención no se limita a estos ejemplos de condiciones. Además, la presente invención puede adoptar diversas condiciones siempre y cuando no se desvíe la esencia de la presente invención y se logre el objeto de la presente invención.

En estos ejemplos, se utilizaron chapas de acero eléctrico de grano orientado (chapas de acero N° 1 a 8) mostradas en la Tabla 1 para preparar los núcleos mostrados en la Tabla 2, y se midieron las propiedades de los núcleos. En la Tabla 3 se detallan las condiciones de producción y las propiedades.

Específicamente, las propiedades magnéticas y la composición química (% en masa) de las chapas de acero eléctrico de grano orientado se muestran en la Tabla 1. Las propiedades magnéticas de las chapas de acero eléctrico de grano orientado se midieron mediante un procedimiento de ensayo de propiedades magnéticas de una sola chapa (Single Sheet Tester: SST) especificado en JIS C 2556: 2015. Como propiedades magnéticas, se midieron la densidad de flujo magnético B8 (T) en la dirección de laminación de una chapa de acero cuando la excitación se realizaba a 800 A/m y la pérdida de hierro (W17/50 (W/kg)) a una frecuencia de corriente alterna de 50 Hz y una densidad de flujo magnético de excitación de 1,7 T.

Además, el espesor de la chapa de acero (mm) y la presencia o ausencia de control del eje del láser para cada una de las chapas de acero N° 1 a 8 también se muestran en la Tabla 1.

[Tabla 1]

No. de acero	Espesor de chapa (mm)	Composición química de la chapa de producto (% en masa)								Control de dominio magnético láser	B8	W 17/50 (W/kg)
		C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cu			
1).	0,23	0,001	3,34	0,1	0,01	0,002	0,004	0,002	0,2	Hecho	1,92	0,72
2.	0,20	0,001	3,34	0,1	0,01	0,002	0,004	0,002	0,2	Hecho	1,92	0,67
3.	0,18	0,001	3,34	0,1	0,01	0,002	0,004	0,002	0,2	Hecho	1,92	0,63
4.	0,15	0,001	3,34	0,1	0,01	0,002	0,004	0,002	0,2	Hecho	1,91	0,58
5.	0,27	0,001	3,34	0,1	0,01	0,002	0,004	0,002	0,2	Hecho	1,93	0,83
6.	0,30	0,001	3,34	0,1	0,01	0,002	0,004	0,002	0,2	Hecho	1,93	0,90
7.	0,35	0,001	3,34	0,1	0,01	0,002	0,004	0,002	0,2	Hecho	1,93	1,02
8.	0,23	0,001	3,34	0,1	0,01	0,002	0,004	0,002	0,2	Ninguno	1,93	0,83

Además, los presentes inventores produjeron los núcleos Nos. a a c que tenían las formas mostradas en la Tabla 2 y la Figura 9 utilizando como materiales cada una de las chapas de acero números 1 a 8. Aquí, L1 es paralela a la dirección del eje X y es la distancia entre chapas de acero eléctrico de grano orientado paralelas 1 en la periferia más interna de un núcleo enrollado en una sección transversal plana que incluye el centro CL (distancia entre porciones planas laterales internas). L2 es paralela a la dirección del eje Z y es la distancia entre chapas paralelas de acero eléctrico de grano orientado 1 en la periferia más interna de un núcleo enrollado en una sección transversal vertical que incluye el centro CL (distancia entre porciones planas laterales internas). L3 es paralelo a la dirección del eje X y es el espesor de laminación (espesor en la dirección de laminación) de un núcleo enrollado en una sección transversal plana que incluye el centro CL. L4 es paralela a la dirección del eje X y es una anchura de láminas de acero de un núcleo enrollado en una sección transversal plana que incluye el centro CL. L5 es la distancia entre porciones planas (distancia entre porciones dobladas) que son adyacentes entre sí en la porción más interna de un núcleo enrollado y dispuestas para formar juntas un ángulo recto. En otras palabras, L5 es la longitud más corta de la porción plana 4a en la dirección longitudinal entre las porciones planas 4, 4a de una lámina de acero eléctrico de grano orientado en la periferia más interna. r es el radio de curvatura de una porción doblada 5 en el lado interno de un núcleo enrollado, y ϕ es un ángulo de doblado $\theta(^{\circ})$ de la porción doblada 5 anterior del núcleo enrollado. Los núcleos sustancialmente rectangulares Nos. a a c de la Tabla 2 en los que las porciones planas que tienen una distancia de porción plana lateral interior L1 se dividen aproximadamente en el centro de la distancia L1 tienen una estructura en la que se unen dos núcleos que tienen una "forma sustancialmente de U".

Aquí, el núcleo con núcleo N° c es un núcleo enrollado en forma de un denominado núcleo de Trance que se utiliza convencionalmente como un núcleo enrollado general y se produce mediante un procedimiento en el que las láminas de acero se enrollan en una forma cilíndrica, las porciones de esquina del cuerpo laminado cilíndrico se prensan posteriormente de manera que tengan una curvatura constante, y el cuerpo laminado cilíndrico se forma en una forma sustancialmente rectangular. Por esta razón, el radio de curvatura r de la porción doblada 5 varía mucho en función de la posición de laminación de las chapas de acero. Por otro lado, el núcleo con núcleo No. a es un núcleo enrollado en forma de UNICORE que tiene dos porciones dobladas 5 en una porción de esquina 3, y el núcleo con núcleo No. b es un núcleo enrollado en forma de UNICORE que tiene tres porciones dobladas 5 en una porción de esquina 3. Además, el radio de curvatura r de la Tabla 2 se muestra en detalle en la Tabla 3.

Tabla 2

N° de núcleo	Forma del núcleo							Sitios doblados	
	L1	L2	L3	L4	L5	r mm	ϕ°	porción de esquina	Todo el núcleo
A	197	66	45	150	16	Consulte	45	2	8
B	197	66	45	150	18	Tabla 3	30	3	12
C	197	66	55	150			90	1	4

Como se muestra en la Tabla 3, los presentes inventores aplicaron un procedimiento de flexión libre de un lado como procedimiento de flexión a 38 muestras de ensayo de los núcleos Nos. a a c producidos utilizando cada una de las chapas de acero Nos. 1 a 8 como material, obtuvieron la pérdida sin carga para los núcleos utilizando cada lámina de acero como material cambiando diversamente el espesor T de cada lámina de acero eléctrico de grano orientado 1, el ángulo de curvatura $\phi(^{\circ})$ de una porción curvada 5 de cada núcleo enrollado, el radio de curvatura Rd (mm) de una porción de arco 30a de cada matriz 30 y el radio de curvatura Rp (mm) de una porción de arco 40a de cada punzón 40 (en consecuencia, Rp/Rd), la holgura C (mm) y la velocidad de punzonado, y se obtuvo un factor de construcción (BF) calculando la relación entre la pérdida en vacío y las propiedades magnéticas de las láminas de acero material que se muestran en la Tabla 1. En las formas de los núcleos de la Tabla 3, O indica una forma favorable que puede enrollarse y permite la medición de BF, Δ indica una forma que puede enrollarse y permite la medición de BF, pero es ligeramente deficiente, y X indica una forma deficiente que no puede enrollarse y no permite la medición de BF. Además, en las superficies de los núcleos de la Tabla 3, O indica una superficie favorable con pocos arañazos, Δ indica una superficie que tiene arañazos y formación de polvo pero que se puede enrollar y permite la medición de BF, y X indica una superficie deficiente que tiene arañazos y desprendimiento de revestimientos y no permite la medición de BF debido a un cortocircuito.

Como puede observarse en los ejemplos que satisfacen los requisitos dimensionales anteriores, es decir, las relaciones $0,02 \leq T/(2Rd+T) \leq 0,15$ (Ecuación (1)), $0,5 \leq Rd \leq 3,0$ (Ecuación (2)), $0,15 \leq T \leq 0,30$ (Ecuación (3)), $2,5 \leq Rp/Rd \leq 10$ (Ecuación (4)), y $10^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ}$ (Ecuación (5)) y los ejemplos comparativos que no satisfacen las relaciones, los factores de construcción (BF) se minimizan a 1,12 o menos en los ejemplos (se minimiza la pérdida de hierro de los núcleos enrollados). De este modo, se mejora la relación de volumen efectivo y la pérdida de hierro de los núcleos enrollados, así como su calidad.

[Tabla 3]

Test No.	Hoja de acero	Espesor de hoja (mm)	Doblar						Propiedades principales BF		Observaciones			
			Ángulo de doblado (°)			Radio de curvatura (mm)	Núcleo objetivo	Velocidad de punzonado (mm/min)	Núcleo					
			matriz						Forma	Superficie				
			rd (mm)	tp (mm)	rp/rd	C								
1	1.	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	A	300	o	o	1.09	Ejemplo
2	1.	0.23	0.5	5.0	16.0	0.28	45	0.7	A	300	X	o	-	Ejemplo Comparativo
3	1.	0.23	0.2	5.0	25.0	0.28	45	0.3	A	300	X	o	-	Ejemplo Comparativo
4	1.	0.23	1.5	7.5	5.0	0.28	45	1.7	A	300	o	o	1.09	Ejemplo
5	1.	0.23	2.0	7.5	3.8	0.28	45	22	A	300	o	o	1.09	Ejemplo
6	1.	0.23	3.0	7.5	2.5	0.28	45	3.3	A	300	o	o	1.08	Ejemplo
7	1.	0.23	4.0	7.5	1.9	0.28	45	5.2	A	300	X	o	-	Ejemplo Comparativo
8	1.	0.23	1.0	7.5	7.5	0.28	45	1.1	A	300	o	o	1.08	Ejemplo
9	1.	0.23	1.0	10.0	10.0	0.28	45	1.1	A	300	o	X	1.08	Ejemplo
10	1.	0.23	1.0	12.0	12.0	0.28	45	1.3	A	300	X	o	-	Ejemplo Comparativo
11	1.	0.23	1.0	4.0	4.0	0.28	45	1.1	A	300	o	o	1.10	Ejemplo
12	1.	0.23	1.0	2.0	2.0	0.28	45	1.1	A	300	o	X	-	Ejemplo Comparativo
13	2.	0.2	0.5	5.0	10.0	0.25	45	0.7	A	300	X	o	1.09	Ejemplo Comparativo
14	3.	0.18	0.5	5.0	10.0	0.23	45	0.6	A	300	o	o	1.08	Ejemplo
15	6.	0.3	10.0	25.0	2.5	0.37	45	15.0	A	300	X	o	-	Ejemplo Comparativo
16	7.	0.35	10.0	15.0	1.5	0.44	45	15.0	A	300	o	X	-	Ejemplo Comparativo
17	8.	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	A	300	o	o	1.06	Ejemplo
18	1.	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	30	1.1	B	300	o	o	1.12	Ejemplo

[Continuación]

Test No.	Hoja de acero	Espesor de hoja (mm)	Doblar						Núcleo	Propiedades principales BF	Observaciones			
			matriz		Ángulo de doblado (°)	Radio de curvatura (mm)	Núcleo objetivo	Velocidad de punzonado (mm/min)				Forma	Superficie	
			rd (mm)	rp (mm)										rp/rd
19	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	90	1.1	C	300	0	0	1.09	Ejemplo
20	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.2	A	30	Δ	0	1.09	Ejemplo
21	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	A	100	0	0	1.09	Ejemplo
22	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	A	1000	0	0	1.09	Ejemplo
23	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	A	2000	0	0	1.09	Ejemplo
24	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	A	3000	0	0	1.08	Ejemplo
25	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	A	5000	0	Δ	1.09	Ejemplo
26	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.1	45	1.1	A	300	0	Δ	1.09	Ejemplo
27	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.12	45	1.1	A	300	0	0	1.09	Ejemplo
28	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.17	45	1.1	A	300	0	0	1.09	Ejemplo
29	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.23	45	1.1	A	300	0	0	1.09	Ejemplo
30	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.34	45	1.1	A	300	0	0	1.09	Ejemplo
31	1).	0.23	1.0	5.0	5.0	0.38	45	1.2	A	300	Δ	0	1.09	Ejemplo
32	2.	0.2	0.8	5.0	6.3	0.26	45	0.9	A	300	0	0	1.09	Ejemplo
33	3.	0.18	0.8	5.0	6.3	0.23	45	0.9	A	300	0	0	1.08	Ejemplo
34	3.	0.18	0.5	5.0	6.3	0.23	45	0.6	A	300	0	0	1.11	Ejemplo
35	4.	0.15	0.8	5.0	6.3	0.18	45	0.9	A	300	0	0	1.09	Ejemplo
36	4.	0.15	0.5	5.0	6.3	0.18	45	0.6	A	300	0	0	1.12	Ejemplo
37	5.	0.27	1.2	6.0	5.0	0.33	45	1.3	A	300	0	0	1.09	Ejemplo
38	6.	0.3	1.2	6.0	5.0	0.37	45	1.3	A	300	0	0	1.09	Ejemplo

Aplicabilidad industrial

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar un procedimiento y un dispositivo para producir un núcleo enrollado que pueda minimizar el agrietamiento en porciones dobladas de chapas de acero eléctrico de grano orientado durante el doblado de las chapas de acero, evitar arañazos en la superficie de las chapas de acero o desprendimiento o pulverización de un revestimiento en la superficie, y mejorar la fijabilidad de la forma.

Breve descripción de los símbolos de referencia

- 1 Chapa de acero eléctrica de grano orientado
- 4 Porción plana
- 5 Porción doblada
- 10 10 Núcleo enrollado (cuerpo principal del núcleo enrollado)
- 30 Matriz
- 30a Porción de arco
- 40 Punzón
- 40a Porción de arco
- 15 71 Unidad de doblado
- 72 Unidad de montaje

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de producción de un núcleo enrollado (10) que es un núcleo enrollado que tiene una forma enrollada que incluye una porción hueca rectangular (15) en el centro y una porción en la que se apilan, en la dirección del espesor de la chapa, 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, que es un núcleo enrollado formado apilando las chapas de acero eléctrico de grano orientado que han sido dobladas individualmente en capas y ensambladas en una forma enrollada y en el que la pluralidad de chapas de acero eléctrico de grano orientado están conectadas entre sí mediante al menos una parte de unión (6) para cada rollo, comprendiendo el procedimiento: formación de al menos una de las porciones dobladas de una o más de las chapas de acero eléctrico de grano orientado laminadas, de manera que, un lado (1b) de la chapa de acero eléctrico de grano orientado se coloca y se constriñe en una matriz (30) y un punzón (40), se forma a presión contra una porción de la chapa de acero eléctrico de grano orientado que se va a doblar en el otro lado extremo libre (1a) en la dirección del espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado, en el que las superficies exteriores de la matriz y del punzón tienen cada una una porción de arco (30a, 40a) con una curvatura predeterminada en una sección transversal a lo largo de la dirección del espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado, en el que, cuando el espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado es T en mm, los ángulos de curvatura de las porciones curvadas son θ en $^{\circ}$, un radio de curvatura de la porción de arco (30a) de la matriz es Rd en mm, y un radio de curvatura de la porción de arco (40a) del punzón es Rp en mm, se satisfacen las relaciones de las Ecuaciones (1) a (5), siguientes, y en el que la porción de la chapa de acero eléctrico de grano orientado que se va a doblar es presurizada por la porción de arco del punzón y doblada a lo largo de la porción de arco de la matriz, de manera que se forman cuatro o más de las porciones dobladas en una de las chapas de acero eléctrico de grano orientado.

$$0,02 \leq T / (2R_d + T) \leq 0,15 \quad \dots (1)$$

$$0,5 \leq R_d \leq 3,0 \quad \dots (2)$$

$$0,15 \leq T \leq 0,30 \quad \dots (3)$$

$$2,5 \leq R_p / R_d \leq 10 \quad \dots (4)$$

$$10^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ} \quad \dots (5)$$

2. El procedimiento de producción de un núcleo enrollado según la reivindicación 1, en el que las porciones dobladas se forman doblando las porciones de las chapas de acero eléctrico de grano orientado que se van a doblar a una velocidad del punzonado de 30 mm/min a 3.000 mm/min.

3. El procedimiento de producción de un núcleo enrollado según la reivindicación 1 o 2, en el que se proporciona una holgura predeterminada C en mm dentro de un intervalo de $0,5T \leq C \leq 1,5T$ entre la matriz y el punzón en la sección transversal a lo largo de la dirección de espesor de las chapas de acero eléctrico de grano orientado en una dirección ortogonal a una dirección de conformado a presión del punzón.

4. Un dispositivo de producción de un núcleo (10) enrollado, 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 las chapas de acero eléctrico de grano orientado dobladas en capas y las ensambla en una forma enrollada para formar un núcleo enrollado (10) que incluye una porción en la que las chapas de acero eléctrico de grano orientado en las que las porciones planas (4, 4a) y las porciones dobladas (5) son alternativamente continuas en una dirección longitudinal están apiladas en una dirección de espesor de la chapa, en el que la unidad de doblado tiene una matriz (30) y un punzón (40), y en la unidad de doblado se forma en las superficies exteriores de la matriz y del punzón una porción de arco (30a, 40a) que tiene una curvatura predeterminada en una sección transversal a lo largo de la dirección del espesor de las chapas de acero eléctrico de grano orientado, y al menos una de las porciones dobladas de una o más de las chapas laminadas de acero eléctrico de grano orientado se forma de tal manera que un lado (1b) de la chapa de acero eléctrico de grano orientado se coloca y se constriñe en la matriz y una porción de la chapa de acero eléctrico de grano orientado que se va a doblar en el otro lado del extremo libre (1a) se presiona mediante la porción de arco (40a) del punzón en la dirección del espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado y se dobla a lo largo de la porción de arco (30a) de la matriz, y en el que, cuando el espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado es T en mm, los ángulos de curvatura de las porciones curvadas son θ en $^{\circ}$, un radio de curvatura de la porción de arco de la matriz es Rd en mm, y un radio de curvatura de la porción de arco del punzón es Rp en mm, se satisfacen las relaciones de las Ecuaciones (1) a (5), siguientes.

$$0,02 \leq T / (2R_d + T) \leq 0,15 \quad \dots (1)$$

$$0,5 \leq R_d \leq 3,0 \quad \dots (2)$$

$$0,15 \leq T \leq 0,30 \quad \dots (3)$$

$$2,5 \leq R_p/R_d \leq 10 \quad \dots (4)$$

$$10^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \quad \dots (5)$$

5 El dispositivo de producción de un núcleo enrollado según la reivindicación 4,
10 en el que la unidad de doblado forma las porciones dobladas doblando las porciones de la chapa de acero eléctrico de grano orientado a doblar a una velocidad de punzonado de 30 mm/min a 3.000 mm/min.

6. El dispositivo de producción de un núcleo enrollado según la reivindicación 4 o 5, en el que se proporciona una holgura predeterminada C en mm dentro de un intervalo de $0,5T \leq C \leq 1,5T$ entre la matriz y el punzón en la sección transversal a lo largo de la dirección de espesor de la chapa de acero eléctrico de grano orientado en una dirección ortogonal a una dirección de conformado a presión del punzón.

FIG. 1

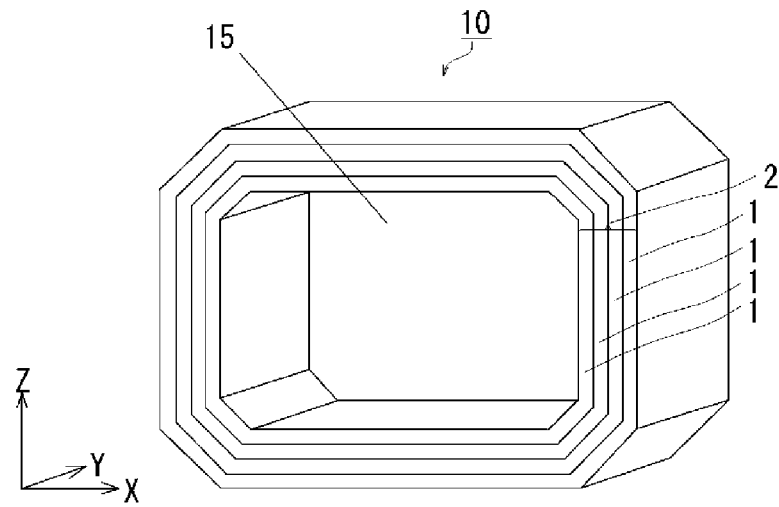


FIG. 2

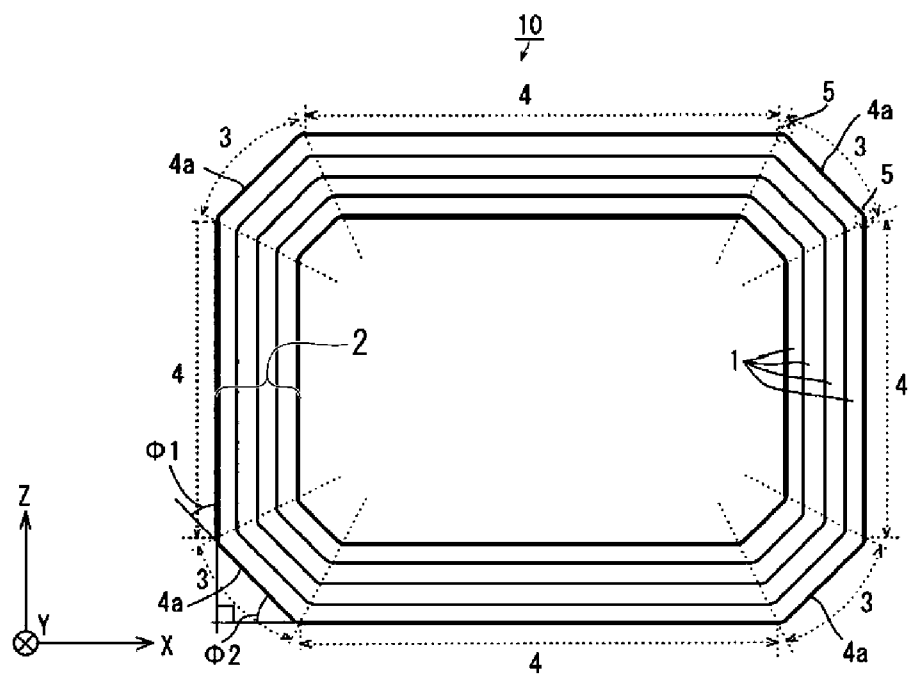


FIG. 3

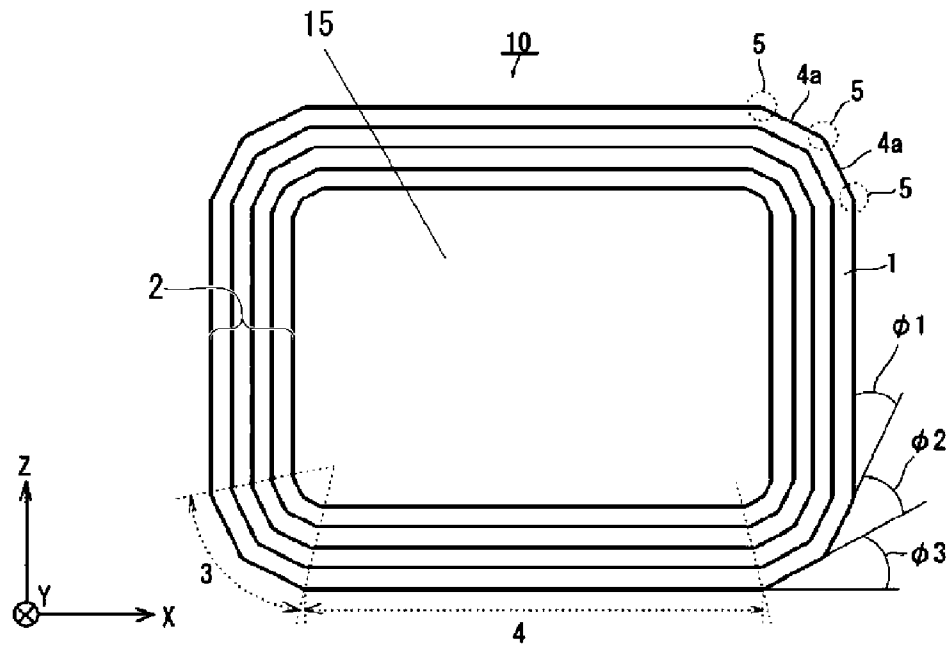


FIG. 4

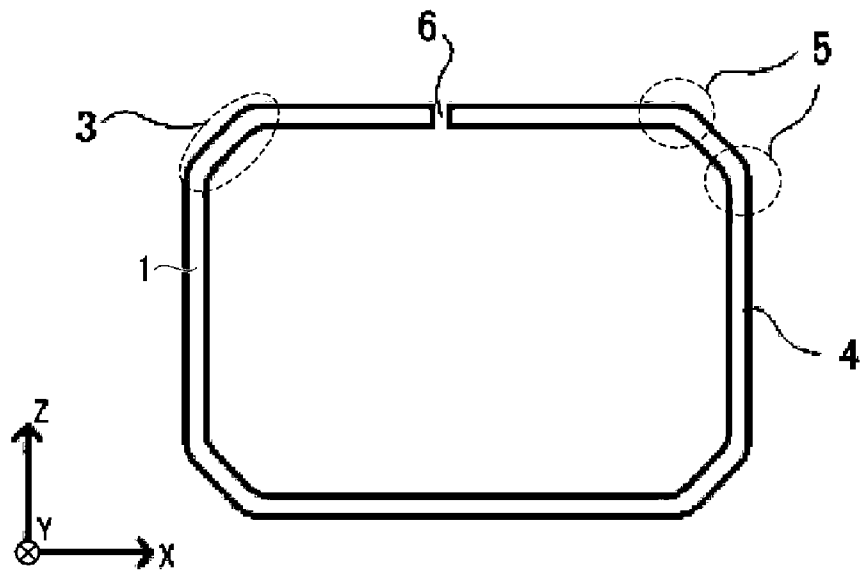


FIG. 5

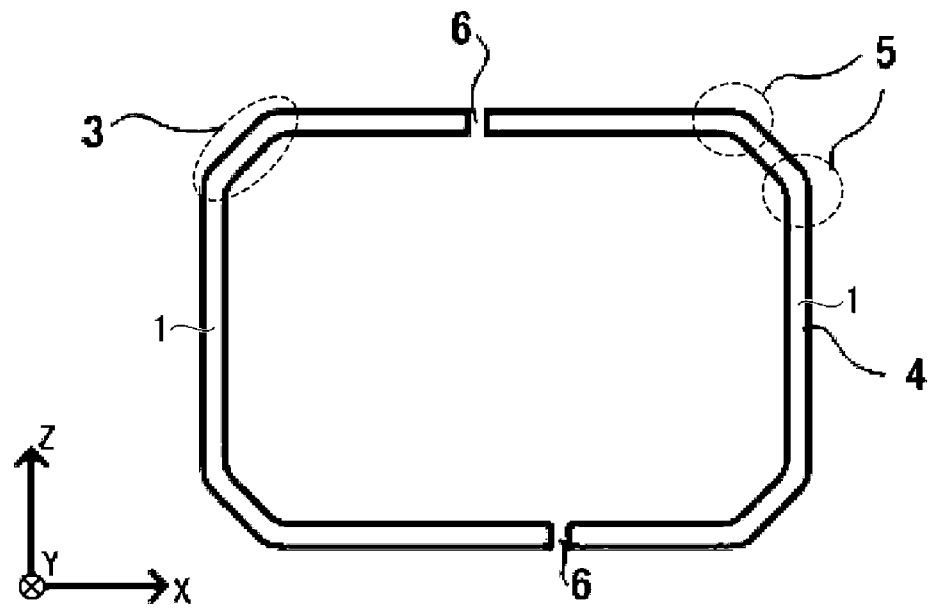


FIG. 6

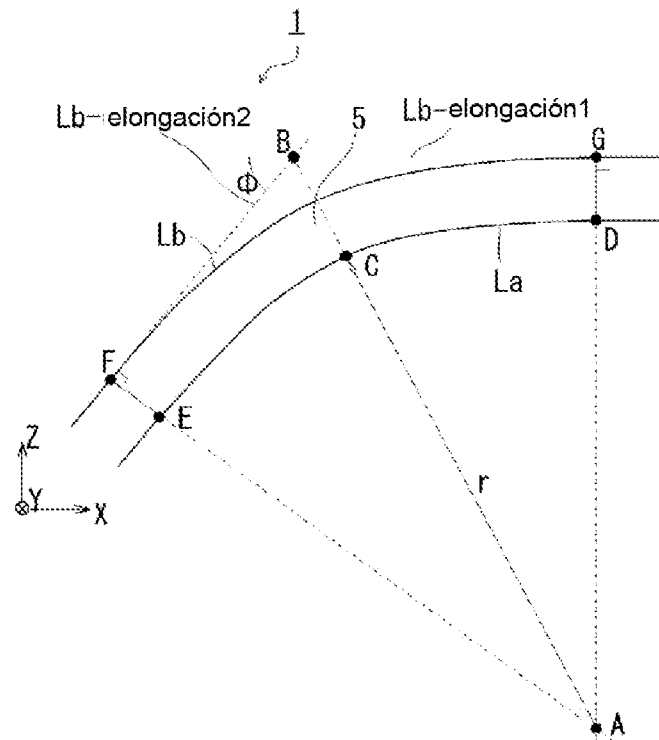


FIG. 7

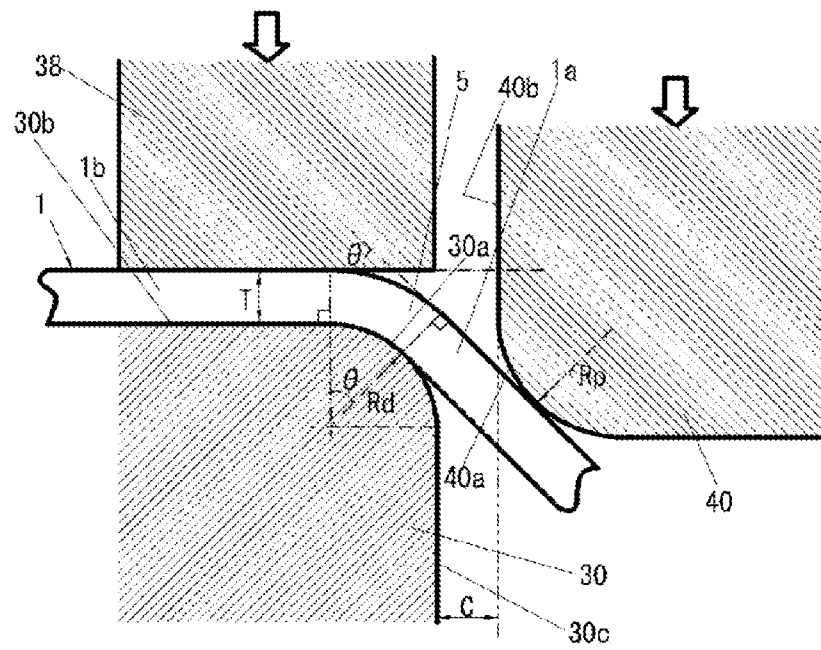


FIG. 8

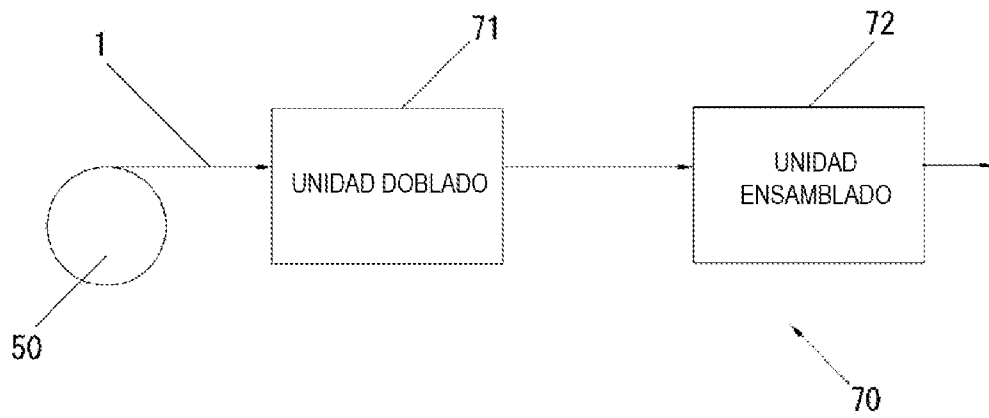


FIG. 9

