

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 023 612**

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/JP2021/039530**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.05.2022** **WO22092101**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2021** **E 21886219 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.04.2025** **EP 4235715**

54 Título: **Núcleo de hierro enrollado, procedimiento de fabricación de núcleo de hierro enrollado y dispositivo de fabricación de núcleo de hierro**

30 Prioridad:

26.10.2020 JP 2020178565

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

02.06.2025

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MIZUMURA, TAKAHITO;
MOGI, HISASHI;
MIZOKAMI, MASATO y
TAKAHASHI, MASARU

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 3 023 612 T3

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

DESCRIPCIÓN

Núcleo de hierro enrollado, procedimiento de fabricación de núcleo de hierro enrollado y dispositivo de fabricación de núcleo de hierro

[Campo técnico]

La presente invención se refiere a un núcleo enrollado, un procedimiento de producción de un núcleo enrollado y un dispositivo de producción de núcleo enrollado. Se reivindica la prioridad en la solicitud de patente japonesa No. 2020-178565, depositada el 26 de octubre de 2020.

[Antecedentes de la técnica]

Los núcleos de hierro del transformador incluyen núcleos de hierro apilados y núcleos enrollados. Entre estos, el núcleo enrollado generalmente se produce apilando láminas de acero eléctrico de grano orientado en capas, 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 Tranco). Según este proceso de moldeo, la deformación de procesamiento mecánico (deformación plástica) se aplica a todas las láminas de acero eléctrico de grano orientado, y la deformación de procesamiento es un factor que deteriora en gran medida la pérdida de hierro de la lámina de acero eléctrico de grano orientado, por lo que es necesario realizar un recocido de alivio de deformación.

Por otro lado, como otro procedimiento para producir un núcleo enrollado, se describen técnicas tales como las que se encuentran en los Documentos de patente 1 a 3 donde las porciones de láminas 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 flexión relativamente pequeña con un radio de curvatura de 3 mm o menos y las láminas 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)). Según este procedimiento de producción, no se requiere un proceso de moldeo a gran escala convencional, la lámina de acero se dobla con precisión para mantener la forma del núcleo de hierro, y la deformación de procesamiento se concentra solo en la porción doblada (esquina), de modo que es posible omitir la eliminación de la deformación según el proceso de recocido anterior, y sus ventajas industriales son grandes y su aplicación está progresando.

[Listado de referencias]

[Documento de patente]

[Documento 1 de patente]

Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación No. 2005-286169

[Documento 2 de patente]

Patente japonesa No. 6224468

[Documento 3 de patente]

Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación No. 2018-148036

[Compendio de la invención]

[Problemas a resolver mediante la invención]

De manera incidental, en el Unicore no recocido, el acero base se expone a una parte de hendidura en una superficie de extremo de láminas de acero laminado, y debido a la deformación en la parte de hendidura, se genera calor en la superficie de extremo cuando el núcleo se usa para producir un transformador. Esta generación de calor dificulta el control de la temperatura del núcleo de hierro y el alambre de bobinado y, por lo tanto, hasta ahora, el núcleo de hierro y el alambre de bobinado se han sumergido en un aceite o incluso si no se sumergen en un aceite según la provisión de un conducto de enfriamiento, se han realizado intentos para minimizar el aumento de temperatura mediante aire circulante. Sin embargo, debido a un gran aumento de temperatura del núcleo de hierro y el alambre de bobinado, sigue siendo difícil controlar el aumento de temperatura.

La presente invención se ha realizado en vista de las circunstancias anteriores, y un objeto de la presente invención es proporcionar un núcleo enrollado, un procedimiento para producir un núcleo enrollado y un dispositivo de producción de núcleo enrollado a través del cual se pueda reducir un aumento de temperatura de un núcleo de hierro y un alambre de bobinado.

[Medios para resolver el problema]

Con el fin de lograr el objeto anterior, la presente invención proporciona un núcleo enrollado que tiene una forma enrollada que incluye una porción hueca rectangular en el centro y una porción donde las láminas de acero eléctrico de grano orientado donde las porciones planas y las porciones dobladas son alternativamente continuas en una dirección longitudinal, se apilan en una dirección de espesor de lámina, que es un núcleo enrollado formado apilando las láminas de acero eléctrico de grano orientado que se han doblado individualmente en capas y ensamblado en una forma enrollada y donde la pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado están conectadas entre sí a través de al menos una parte de unión para cada rodillo, en una sección transversal en L paralela a la dirección longitudinal que es una sección transversal de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en una dirección de espesor, cuando la rugosidad superficial de una porción de lámina de acero a lo largo de una línea recta que conecta un punto arbitrario en una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna de la forma enrollada entre las láminas de acero eléctrico de grano orientado laminadas y un punto arbitrario en una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa es R_{al} , y la rugosidad superficial de una porción de lámina de acero a lo largo de una línea recta que conecta puntos arbitrarios en una superficie de extremo en una dirección de espesor de lámina paralela a la dirección longitudinal en cualquiera de las láminas de acero eléctrico de grano orientado laminadas es R_{ac} , la proporción R_{al}/R_{ac} satisface la relación de $1,5 \leq R_{al}/R_{ac} \leq 12,0$. Aquí, la "sección transversal en L paralela a la dirección longitudinal que es una sección transversal de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en una dirección de espesor" no es una superficie después de cortar el núcleo enrollado, sino una superficie de extremo del núcleo enrollado paralela a la dirección longitudinal de las láminas de acero eléctrico de grano orientado en la dirección de espesor de la lámina de acero eléctrico de grano orientado. La rugosidad superficial R_{al} puede ser una rugosidad superficial de una porción de lámina de acero en una dirección que conecta un centro en la dirección de espesor de lámina de la lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna del núcleo enrollado entre las láminas de acero eléctrico de grano orientado laminadas en la dirección de espesor de lámina de la lámina de acero eléctrico de grano orientado y un centro en la dirección de espesor de lámina de la lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa. La rugosidad superficial R_{ac} puede ser la rugosidad superficial de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en una dirección paralela a la dirección longitudinal en una superficie de extremo de la porción plana de la lámina de acero eléctrico de grano orientado laminada.

Los inventores han tenido en cuenta el hecho de que es difícil controlar la temperatura del núcleo de hierro y el alambre de bobinado a pesar de que el calor generado en la superficie de extremo cuando se usa un Unicore para producir un transformador se sumerge en un aceite, centrado en el hecho de que, si el área superficial de la sección transversal en L del núcleo enrollado se puede aumentar sustancialmente con el mismo volumen de núcleo enrollado, puede aumentar un área de contacto con un aceite o aire, y, por lo tanto, la eficiencia de enfriamiento puede aumentar, y se descubrió que, cuando una o más de las láminas de acero eléctrico de grano orientado que se apilan de modo que cada una de las láminas de acero eléctrico de grano orientado forma una capa correspondiente se ensamblan en toda la longitud en la dirección longitudinal de modo que se desplazan con respecto a las láminas de acero eléctrico de grano orientado que forman otras capas en una dirección de anchura perpendicular a la dirección longitudinal, la rugosidad superficial R_{al} de la sección transversal en L del núcleo enrollado (la rugosidad superficial de una porción de lámina de acero a lo largo de una línea recta que conecta un punto arbitrario en una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna y un punto arbitrario en una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa) se cambia, y por lo tanto la proporción R_{al}/R_{ac} de la rugosidad superficial satisface la relación de $1,5 \leq R_{al}/R_{ac} \leq 12,0$, es posible aumentar eficazmente el área superficial de la sección transversal en L del núcleo enrollado, y cuando se usa un núcleo enrollado (Unicore) como transformador, es posible aumentar un área de contacto con un aceite o aire, y es posible mejorar en gran medida la eficiencia de enfriamiento. Además, descubrieron que, cuando la proporción R_{al}/R_{ac} de la rugosidad superficial es superior a 12,0, el flujo de flujo magnético se vuelve inestable y la pérdida de hierro se deteriora. Aquí, la sección transversal en L del núcleo enrollado no es una superficie cortada del núcleo enrollado, sino una superficie de extremo del núcleo enrollado paralela a la dirección longitudinal de las láminas de acero eléctrico de grano orientado en la dirección de espesor de la lámina de la lámina de acero eléctrico de grano orientado. Aquí, la rugosidad superficial R_{al} puede ser, por ejemplo, en la dirección de espesor de lámina de la lámina de acero eléctrico de grano orientado, conectando la rugosidad superficial de una porción de lámina de acero en una dirección un centro en la dirección de espesor de lámina de la lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna y un centro en la dirección de espesor de lámina de la lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa.

Según dichos hallazgos, en la configuración anterior de la presente invención, dado que la proporción de rugosidad superficial R_{al}/R_{ac} satisface la relación de $1,5 \leq R_{al}/R_{ac} \leq 12,0$, es posible reducir de manera eficaz el aumento de temperatura del núcleo de hierro y el alambre de bobinado.

Aquí, en la configuración anterior, la dirección de la línea recta que conecta un punto arbitrario en una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna y un punto arbitrario en una lámina

de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa se puede establecer arbitrariamente. Particularmente, en la dirección de espesor de lámina de la lámina de acero eléctrico de grano orientado, es preferible una dirección que conecta un centro en la dirección de espesor de lámina de la lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna del núcleo enrollado entre las láminas de acero eléctrico de grano orientado laminadas y un centro en la dirección de espesor de lámina de la lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa. Además, siempre que se pueda satisfacer la relación de $1,5 \leq Ral/Rac \leq 12,0$, el número de láminas de acero eléctrico de grano orientado que se desplazarán en la dirección de anchura es arbitrario, y como un aspecto del desplazamiento de las láminas de acero eléctrico de grano orientado en la dirección de anchura, por ejemplo, es concebible desplazar las láminas de acero eléctrico de grano orientado en la dirección de laminación de manera irregular o regular. En el caso de desplazamiento regular, son concebibles varios aspectos tales como un aspecto donde las láminas de acero eléctrico de grano orientado se desplazan alternativamente entre capas adyacentes y un aspecto de desplazamiento en unidades de múltiples capas, por ejemplo, se desplazan cada dos capas o se desplazan cada tres capas. Además, como un procedimiento para desplazar las láminas de acero eléctrico de grano orientado en la dirección de anchura, como un ejemplo, es concebible un procedimiento donde se proporciona una guía que regula las posiciones de ambos extremos de las láminas de acero eléctrico de grano orientado en la dirección de anchura y guía las láminas de acero eléctrico de grano orientado en la dirección longitudinal y las láminas de acero eléctrico de grano orientado se desplazan en la dirección de anchura cambiando la posición de la guía, pero la presente invención no se limita a esto. Además, por ejemplo, la rugosidad superficial se puede calcular basado en la rugosidad media aritmética Ra definida en la Norma Industrial Japonesa JIS B 0601 (2013).

Además, la presente invención proporciona un procedimiento para producir 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 donde las láminas de acero eléctrico de grano orientado, donde las porciones planas y las porciones dobladas son alternativamente continuas en una dirección longitudinal, se apilan en una dirección de espesor de lámina que es un núcleo enrollado formado apilando las láminas de acero eléctrico de grano orientado que se han doblado individualmente en capas y ensamblado en una forma enrollada y donde la pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado se conectan entre sí a través de al menos una parte de unión para cada rodillo, donde una o más de las láminas de acero eléctrico de grano orientado que se apilan de modo que cada una de las láminas de acero eléctrico de grano orientado forma una capa correspondiente, se ensamblan en toda la longitud en la dirección longitudinal L de modo que se desplazan con respecto a las láminas de acero eléctrico de grano orientado que forman otras capas en la dirección de anchura perpendicular a la dirección longitudinal, y por lo tanto, en una sección transversal en L paralela a la dirección longitudinal que es una sección transversal de las láminas de acero eléctrico de grano orientado en una dirección de espesor, cuando la rugosidad superficial de una porción de lámina de acero a lo largo de una línea recta que conecta un punto arbitrario en una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna de la forma enrollada entre las láminas de acero eléctrico de grano orientado laminadas y un punto arbitrario en una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa es Ral , y la rugosidad superficial de una porción de lámina de acero a lo largo de una línea recta que conecta puntos arbitrarios en una superficie de extremo en una dirección de espesor de lámina paralela a la dirección longitudinal de cualquiera de las láminas de acero eléctrico de grano orientado laminadas es Rac , la proporción Ral/Rac satisface la relación de $1,5 \leq Ral/Rac \leq 12,0$.

El procedimiento de producción puede ser un procedimiento de producción donde, en una superficie de extremo del núcleo enrollado que está en una dirección de espesor de lámina de las láminas de acero eléctrico de grano orientado y paralela a la dirección longitudinal de las láminas de acero eléctrico de grano orientado, en la dirección de espesor de lámina de las láminas de acero eléctrico de grano orientado, cuando la rugosidad superficial de una porción de lámina de acero en una dirección que conecta un centro en la dirección de espesor de lámina de una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna del núcleo enrollado y un centro en el espesor de lámina de una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa del núcleo enrollado es Ral , y la rugosidad superficial de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en una dirección paralela a la dirección longitudinal en una superficie de extremo de la porción plana de la lámina de acero eléctrico de grano orientado laminada es Rac , incluyendo el procedimiento apilar las láminas de acero eléctrico de grano orientado de modo que una proporción Ral/Rac entre Ral y Rac satisfaga la relación de $1,5 \leq Ral/Rac \leq 12,0$ y cada una de las láminas de acero eléctrico de grano orientado forma una capa del núcleo enrollado de la presente descripción y ensamblar una o más de las láminas de acero eléctrico de grano orientado apilada en toda la longitud en la dirección longitudinal de modo que se desplacen con respecto a las láminas de acero eléctrico de grano orientado que forman otras capas en una dirección de anchura perpendicular a la dirección longitudinal de la lámina de acero eléctrico de grano orientado.

Además, la presente invención también proporciona un dispositivo de producción de núcleo enrollado que incluye una unidad de flexión que dobla individualmente láminas de acero eléctrico de grano orientado y una unidad de ensamblaje que apila las láminas de acero eléctrico de grano orientado que han sido dobladas individualmente en capas por la unidad de flexión y las ensambla en una forma enrollada para formar un núcleo enrollado que tiene una forma enrollada que incluye una porción hueca rectangular en el centro, donde la

pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado están conectadas entre sí a través de al menos una parte de unión para cada rollo y que incluye una porción, donde láminas de acero eléctrico de grano orientado, donde porciones planas y porciones dobladas son alternativamente continuas en una dirección longitudinal, se apilan en una dirección de espesor de lámina, donde la unidad de ensamblaje ensambla una o más de las láminas de acero eléctrico de grano orientado que están apiladas de modo que cada una de las láminas de acero eléctrico de grano orientado forma una capa correspondiente en toda la longitud en la dirección longitudinal, de modo que se desplazan con respecto a láminas de acero eléctrico de grano orientado que forman otras capas en una dirección de anchura perpendicular a la dirección longitudinal, y por lo tanto, en una sección transversal en L paralela a la dirección longitudinal que es una sección transversal de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en una dirección de espesor, cuando la rugosidad superficial de una porción de lámina de acero a lo largo de una línea recta que conecta un punto arbitrario en una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna de la forma enrollada entre las láminas de acero eléctrico de grano orientado laminadas y un punto arbitrario en una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa es R_{al} , y la rugosidad superficial de una porción de lámina de acero a lo largo de una línea recta que conecta puntos arbitrarios en una superficie de extremo en una dirección de espesor de lámina paralela a la dirección longitudinal en cualquiera de las láminas de acero eléctrico de grano orientado laminadas es R_{ac} , la proporción R_{al}/R_{ac} satisface la relación de $1,5 \leq R_{al}/R_{ac} \leq 12,0$, y la unidad de ensamblaje incluye una guía que regula las posiciones de ambos extremos de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en la dirección de anchura y guía la lámina de acero eléctrico de grano orientado en la dirección longitudinal, y la lámina de acero eléctrico de grano orientado se desplaza en la dirección de anchura cambiando la posición de la guía.

El dispositivo de producción de núcleo enrollado incluye una unidad de flexión que dobla individualmente láminas de acero eléctrico de grano orientado y una unidad de ensamblaje que apila las láminas de acero eléctrico de grano orientado que han sido dobladas individualmente en capas por la unidad de flexión y las ensambla en una forma enrollada para formar un núcleo enrollado que tiene una forma enrollada que incluye una porción hueca rectangular en el centro, donde la pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado están conectadas entre sí a través de al menos una parte de unión para cada rodillo y que incluye una porción donde láminas de acero eléctrico de grano orientado, donde porciones planas y porciones dobladas son alternativamente continuas en una dirección longitudinal, se apilan en una dirección de espesor de lámina, donde la unidad de ensamblaje incluye una guía que regula las posiciones de ambos extremos de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en la dirección de anchura y guía la lámina de acero eléctrico de grano orientado en la dirección longitudinal, y la unidad de ensamblaje apila las láminas de acero eléctrico de grano orientado de modo que cada lámina forme una capa del núcleo enrollado, y ensambla una o más de las láminas de acero eléctrico de grano orientado apiladas en toda la longitud en la dirección longitudinal de modo que se desplacen con respecto a las láminas de acero eléctrico de grano orientado que forman otras capas en la dirección de anchura perpendicular a la dirección longitudinal cambiando la posición de la guía de modo que en una superficie de extremo del núcleo enrollado que está en una dirección de espesor de lámina de las láminas de acero eléctrico de grano orientado y paralela a la dirección longitudinal dirección de las láminas de acero eléctrico de grano orientado, en la dirección de espesor de lámina, cuando la rugosidad superficial de una porción de lámina de acero en una dirección que conecta un centro en la dirección de espesor de lámina de una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna del núcleo enrollado entre las láminas de acero eléctrico de grano orientado laminadas y un centro en la dirección de espesor de lámina de una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa del núcleo enrollado es R_{al} , y la rugosidad superficial de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en una dirección paralela a la dirección longitudinal en una superficie de extremo de la porción plana de la lámina de acero eléctrico de grano orientado laminada es R_{ac} , una proporción R_{al}/R_{ac} entre R_{al} y R_{ac} satisface la relación de $1,5 \leq R_{al}/R_{ac} \leq 12,0$.

Según dicho procedimiento de producción de un núcleo enrollado y un dispositivo de producción, como en el núcleo enrollado anterior, dado que la proporción de rugosidad superficial R_{al}/R_{ac} satisface la relación de $1,5 \leq R_{al}/R_{ac} \leq 12,0$, es posible reducir de manera eficaz el aumento de temperatura del núcleo de hierro y el alambre de bobinado.

[Efectos de la invención]

Según la presente invención, dado que la proporción de rugosidad superficial R_{al}/R_{ac} satisface la relación de $1,5 \leq R_{al}/R_{ac} \leq 12,0$, es posible reducir de manera eficaz el aumento de temperatura del núcleo de hierro y el alambre de bobinado.

[Breve descripción de los dibujos]

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

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

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

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

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

10

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

15

La FIG. 7(a) es una vista de extremo vertical que muestra un ejemplo de establecimiento de una línea recta que define una rugosidad superficial R_{al} de una superficie de extremo de una estructura laminada de un núcleo enrollado formado mediante la laminación de láminas de acero eléctrico de grano orientado, y

20

La FIG. 7(b) es una vista de extremo lateral que muestra un ejemplo de establecimiento de una línea recta que define una rugosidad superficial R_{ac} en una superficie de extremo que es paralela a una dirección longitudinal de cualquier lámina de acero eléctrico de grano orientado y en una dirección de espesor de lámina.

25

La FIG. 8 es una vista en sección transversal horizontal que es paralela a una dirección de anchura de una estructura laminada de núcleo enrollado formada mediante la laminación de láminas de acero eléctrico de grano orientado y en una dirección de espesor de lámina (una vista de extremo de una porción cortada a lo largo de la línea A-A en la FIG. 1).

La FIG. 9 es un diagrama de bloques que muestra esquemáticamente una configuración de un dispositivo de producción de núcleo enrollado que forma un tipo Unicore.

30

La FIG. 10 es una vista en perspectiva esquemática de un núcleo enrollado alrededor del cual se enrolla un cable de bobinado, que es el contenido de un transformador.

35

La FIG. 11 es una vista en perspectiva del dispositivo de producción de la FIG. 9 que muestra esquemáticamente una unidad de ensamblaje que incluye una guía para desplazar láminas de acero eléctrico de grano orientado suministradas desde una unidad de flexión en una dirección de anchura.

La FIG. 12 es una vista esquemática que muestra los tamaños de un núcleo enrollado producido cuando se evalúan las propiedades.

40

[Realización(es) para implementar la invención]

En lo sucesivo, un núcleo enrollado según una realización de la presente invención se describirá en detalle y en orden. Sin embargo, la presente invención no se limita solo a la configuración descrita en la presente realización, y se puede modificar de diversas maneras sin apartarse de la esencia de la presente invención.

45

Aquí, los valores límite inferior y los valores límite superior se incluyen en los intervalos limitantes de valores numéricos que se describen a continuación. Los valores numéricos indicados por "más que" o "menos que" no se incluyen en estos intervalos de valores numéricos. Además, a menos que se especifique lo contrario, el "%" relacionado con la composición química significa el "% en masa".

50

Además, los términos tales como "paralelo", "perpendicular", "idéntico" y "ángulo recto" y valores de longitud y ángulo usados en esta memoria descriptiva para especificar formas, condiciones geométricas y sus extensiones no están limitados por significados estrictos, y deben interpretarse de modo tal que incluyan la medida en que se pueden esperar funciones similares.

55

Además, en esta memoria descriptiva, "lámina de acero eléctrico de grano orientado" se puede describir simplemente como "lámina de acero" o "lámina de acero eléctrico", y "núcleo enrollado" se puede describir simplemente como "núcleo de hierro".

60

El núcleo enrollado según una realización de la presente invención es un núcleo enrollado que incluye un cuerpo principal de núcleo enrollado sustancialmente rectangular en una vista lateral, y el cuerpo principal de núcleo enrollado incluye una porción donde las láminas de acero eléctrico de grano orientado, donde las porciones planas y las porciones dobladas son alternativamente continuas en la dirección longitudinal, se apilan en una dirección de espesor de lámina y tiene una estructura laminada sustancialmente poligonal en una vista lateral. Aquí, la porción plana es una porción recta que no es la porción doblada. Como ejemplo, la lámina de acero eléctrico de grano orientado tiene una composición química que contiene, en % en masa, Si: del 2,0 al 7,0 %, siendo el resto Fe e impurezas, y tiene una textura orientada en la orientación de Goss. Como lámina

65

de acero eléctrico de grano orientado, por ejemplo, se puede usar una banda de acero electromagnético de grano orientado descrita en el documento JIS C 2553: 2019.

A continuación, se describirán en detalle las formas del núcleo enrollado y la lámina de acero eléctrico de grano orientado según una realización de la presente invención. Las formas en sí mismas del núcleo enrollado y la lámina de acero eléctrico de grano orientado descritas aquí no son particularmente nuevas, y simplemente corresponden a las formas de núcleos enrollados conocidos y láminas de acero eléctrico de grano orientado.

La FIG. 1 es una vista en perspectiva que muestra esquemáticamente un núcleo enrollado según una realización. La FIG. 2 es una vista lateral del núcleo enrollado mostrado en la realización de la FIG. 1. Además, la FIG. 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 lámina de acero eléctrico de grano orientado de forma larga que constituye el núcleo enrollado en la dirección de anchura (dirección del eje Y en la FIG. 1). La vista lateral es una vista que muestra una forma visible desde el lado (una vista en la dirección del eje Y en la FIG. 1).

Un núcleo enrollado según una realización de la presente invención incluye un cuerpo principal de núcleo enrollado sustancialmente poligonal en una vista lateral. El cuerpo principal de núcleo enrollado tiene una estructura laminada sustancialmente rectangular en una vista lateral donde las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado se apilan en una dirección de espesor de lámina. El cuerpo principal de núcleo enrollado puede usarse como un núcleo enrollado sin cambios, o puede incluir, según sea necesario, por ejemplo, un sujetador conocido tal como una banda de unión para fijar integralmente una pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado apiladas. Aquí, la rugosidad superficial que se describirá a continuación es un valor medido para el cuerpo principal de núcleo enrollado, excluyendo la banda de unión y similares.

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

Dicho núcleo enrollado se puede usar de manera adecuada para cualquier aplicación conocida convencionalmente.

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

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

Como se muestra en estos ejemplos, el núcleo enrollado de la presente realización puede formarse con las porciones 5 dobladas que tienen varios ángulos, pero para minimizar la aparición de distorsión debido a la deformación durante el procesamiento y minimizar la pérdida de hierro, el ángulo de flexión ϕ (ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3) de la porción 5 doblada es preferiblemente de 60° o menos y más preferiblemente de 45° o menos. El ángulo de

flexión φ de la porción doblada de un núcleo de hierro se puede formar arbitrariamente. Por ejemplo, se puede establecer que $\varphi_1 = 60^\circ$ y $\varphi_2 = 30^\circ$. Es preferible que los ángulos de plegado (ángulos de flexión) sean iguales considerando la eficiencia de producción, y cuando la pérdida de hierro del núcleo de hierro generado según la pérdida de hierro de la lámina de acero usada se puede reducir si se pueden reducir porciones deformadas iguales o mayores que un determinado tamaño, el procesamiento se puede realizar con una combinación de diferentes ángulos. El diseño se puede seleccionar arbitrariamente a partir de puntos que se enfatizan en el procesamiento del núcleo de hierro.

La porción 5 doblada se describirá con más detalle con referencia a la FIG. 6. La FIG. 6 es un diagrama que muestra esquemáticamente un ejemplo de la porción 5 doblada (porción curva) de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado. El ángulo de flexión de la porción 5 doblada es la diferencia angular que ocurre entre la porción recta trasera y la porción recta delantera en la dirección de flexión en la porción doblada de la lámina de acero eléctrico de grano orientado, y se expresa, en la superficie externa de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado, como un ángulo φ que es un ángulo suplementario del ángulo formado por dos líneas virtuales Lb-elongación1 y Lb-elongación2 obtenidas al extender las porciones rectas que son superficies de las porciones 4 y 4a planas en ambos lados a través de la porción 5 doblada. En este caso, el punto donde la línea recta extendida se separa de la superficie de la lámina de acero es el límite entre la porción 4 plana y la porción 5 doblada en la superficie externa de la lámina de acero, que es el punto F y el punto G en la FIG. 6.

Además, las líneas rectas perpendiculares a la superficie externa de la lámina de acero se extienden desde el punto F y el punto G y las intersecciones con la superficie interna de la lámina de acero son el punto E y el punto D. El punto E y el punto D son los límites entre la porción 4 plana y la porción 5 doblada en la superficie interna de la lámina de acero. 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 lámina de acero es C.

Aquí, en la presente invención, la porción 5 doblada es una porción de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado rodeada por el punto D, el punto E, el punto F y el punto G en una vista lateral de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado. En la FIG. 6, la superficie de la lámina de acero entre el punto D y el punto E, es decir, la superficie interna de la porción 5 doblada, se indica mediante La, y la superficie de la lámina de acero entre el punto F y el punto G, es decir, la superficie externa de la porción 5 doblada, se indica mediante Lb. Además, en el núcleo enrollado según la presente descripción, el radio de curvatura en la porción 5 doblada de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado laminada en la dirección de laminación no está particularmente limitado.

Aquí, el procedimiento para medir el radio de curvatura r de la porción 5 doblada no está particularmente limitado y, por ejemplo, el radio de curvatura r puede medirse mediante observación, con el uso de un microscopio comercialmente disponible (Nikon ECLIPSE LV150) a un aumento de 200. Específicamente, el punto central de curvatura A se obtiene a partir del resultado observado, y para un procedimiento de obtención del mismo, por ejemplo, si la intersección del segmento de línea EF y el segmento de línea DG extendido hacia adentro en el lado opuesto al punto B se define como A, la magnitud del radio de curvatura r corresponde a la longitud del segmento de línea AC.

La FIG. 4 y la FIG. 5 son diagramas que muestran esquemáticamente un ejemplo de una lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado de una sola capa en el cuerpo 10 principal de núcleo enrollado. La lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado usada en los ejemplos de la FIG. 4 y la FIG. 5 se dobla para realizar un núcleo enrollado de tipo Unicore, e incluye dos o más porciones 5 dobladas y la porción 4 plana, y forma un anillo sustancialmente poligonal en una vista lateral a través de una parte 6 de unión (hueco) que es una superficie de extremo de una o más láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado en la dirección longitudinal.

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

El espesor de lámina de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado usada en la presente realización no está particularmente limitado, y puede seleccionarse adecuadamente según las aplicaciones y similares, pero generalmente está dentro de un intervalo de 0,15 mm a 0,35 mm y preferiblemente en un intervalo de 0,18 mm a 0,27 mm.

Además, el procedimiento de producción de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado no está particularmente limitado, y se puede seleccionar de manera adecuada un procedimiento convencionalmente

conocido de producción de una lámina de acero eléctrico de grano orientado. Los ejemplos específicos de un procedimiento de producción preferible incluyen, por ejemplo, un procedimiento donde una plancha que contiene del 0,04 al 0,1 % en masa de C y la otra composición que tiene la composición química de la lámina de acero eléctrico de grano orientado mencionada anteriormente, se calienta a 1000 °C o más y, a continuación, se realiza el recocido de la lámina laminada en caliente según sea necesario y a continuación, se obtiene una lámina de acero laminada en frío mediante laminación en frío una vez, o mediante laminación en frío dos o más veces con recocido intermedio, la lámina de acero laminada en frío se calienta, se descarbura y se recuece, por ejemplo, de 700 a 900 °C en una atmósfera húmeda de gas inerte al hidrógeno, y según sea necesario, se realiza adicionalmente el recocido de nitruración, se aplica un separador de recocido, a continuación, se realiza el recocido de acabado a aproximadamente 1000 °C, y se forma un recubrimiento de aislamiento a aproximadamente 900 °C. Además, después de eso, se puede implementar un recubrimiento o similar para ajustar el coeficiente de fricción dinámica.

Además, en general, los efectos de la presente invención se pueden obtener incluso con una lámina de acero que se ha sometido a un tratamiento llamado "control de dominio magnético" usando deformación, ranuras o similares en el procedimiento de producción de lámina de acero mediante un procedimiento conocido.

Además, en la presente realización, el núcleo 10 enrollado compuesto por la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado que tiene la forma anterior se forma apilando las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado que se han doblado individualmente en capas y ensamblado en una forma enrollada, y una pluralidad de láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado están conectadas entre sí a través de al menos una parte 6 de unión para cada rodillo, y en una sección transversal en L (véase la FIG. 7(a)) paralela a una dirección L longitudinal (dirección X), que es una sección transversal de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado en una dirección T de espesor de lámina, la rugosidad superficial de una porción de lámina de acero a lo largo de una línea L1 recta que conecta un punto P1 arbitrario en una lámina 1a de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna de la forma enrollada entre las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado laminadas y un punto P2 arbitrario en una lámina 1b de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa es Ral, y la rugosidad superficial de una porción de lámina de acero a lo largo de una línea L2 recta que conecta los puntos P3 y P4 arbitrarios en una superficie de extremo (véase una vista de extremo lateral en la FIG. 7(b)) en la dirección T de espesor de lámina paralela a la dirección longitudinal en cualquiera de las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado laminadas es Rac, la proporción Ral/Rac satisface la relación de $1,5 \leq Ral/Rac \leq 12,0$. Aquí, la "sección transversal en L paralela a la dirección L longitudinal (dirección X) que es una sección transversal en la dirección T de espesor de lámina" no es una superficie después de que el núcleo 10 enrollado esté recortado, sino una superficie de extremo del núcleo 10 enrollado paralela a la dirección longitudinal de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado en la dirección T de espesor de lámina de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado del núcleo 10 enrollado. La rugosidad superficial Ral es preferiblemente, en la dirección T de espesor de lámina de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado, la rugosidad superficial de la porción de lámina de acero en una dirección L1a que conecta el centro P1a en la lámina 1a de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna en la dirección de espesor de lámina y el centro P2a en la lámina 1b de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa en la dirección T de espesor de lámina. La rugosidad superficial Ral puede ser, por ejemplo, un valor promedio de los valores obtenidos al realizar la medición en cinco ubicaciones obtenidas al dividir por igual la porción 4 plana de la lámina 1a de acero eléctrico de grano orientado en la dirección longitudinal. Además, con respecto a la rugosidad superficial Rac, dado que la rugosidad superficial de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en la dirección longitudinal tiene una pequeña variación, se puede medir seleccionando cualquier lámina de acero eléctrico de grano orientado, y por ejemplo, se pueden seleccionar y medir tres láminas de acero eléctrico de grano orientado, y se puede usar el promedio de estos valores de medición. La rugosidad superficial Rac puede ser una rugosidad superficial en una dirección paralela a la dirección longitudinal en la superficie de extremo (superficie de extremo de la porción 4 plana paralela a la dirección longitudinal) de la porción 4 plana de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado.

En la presente realización, para que la proporción de rugosidad superficial satisfaga dicha relación, las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado se apilan de modo que cada una de las láminas de acero eléctrico de grano orientado forme una capa correspondiente (una capa del núcleo enrollado), y una o más de las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado que se apilarán se ensamblan en toda la longitud en la dirección L longitudinal de modo que se desplazan con respecto a las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado que forman otras capas en la dirección C de anchura perpendicular a la dirección L longitudinal. Particularmente, en la presente realización, como se muestra en la FIG. 8 (superficie de extremo C paralela a la dirección de anchura; una vista de extremo de una porción cortada a lo largo de la línea A-A en la FIG. 1), las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado se ensamblan de modo que se desplacen alternativamente en la dirección C de anchura (dirección Y) entre capas adyacentes. Aquí, la línea L1 recta para definir la rugosidad superficial Ral puede extenderse paralelamente a la dirección de laminación de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado, pero puede estar inclinada en la dirección vertical como se muestra en la FIG. 7(a). La línea L1 recta para definir la rugosidad superficial Ral se extiende preferiblemente paralela a la dirección de laminación de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado. La línea L2 recta para definir la rugosidad superficial Rac puede extenderse verticalmente en la dirección de laminación de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado,

pero puede estar inclinada en la dirección vertical como se muestra en la FIG. 7(b). La línea L2 recta para definir la rugosidad superficial Rac preferiblemente se extiende verticalmente en la dirección de laminación de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado. Además, por ejemplo, las rugosidades superficiales Ral y Rac se pueden calcular basándose en la rugosidad media aritmética Ra definida en la Norma Industrial Japonesa JIS B 0601 (2013), y particularmente, en la presente realización, en el estado que se muestra en la FIG. 10 donde un cable 75 de bobinado se enrolla alrededor de un núcleo 10 de hierro, en la superficie 10a superior (la superficie de extremo y la sección transversal en L) del núcleo 10 de hierro, por ejemplo, usando un microscopio digital (VHX-7000, disponible comercialmente a través de Keyence Corporation), se miden las rugosidades superficiales Ral y Rac. Específicamente, el aumento se establece de modo que toda la superficie L de extremo de la lámina 1b de acero eléctrico de grano orientado periférica más externa y la superficie L de extremo de la lámina 1a de acero eléctrico de grano orientado periférica más interna estén dentro de un campo de visión, y la medición se realiza usando un microscopio digital mediante el escaneo a lo largo de las líneas L1 y L2 rectas (véase la FIG. 7). En este caso, el corte de la curva de rugosidad se puede configurar adecuadamente. Cuando la rugosidad media aritmética Ra se mide usando un microscopio digital, es posible usar el valor de $\lambda_s=0\text{ }\mu\text{m}$ y el valor de corte $\lambda_c=0\text{ mm}$, y hacer la corrección de vibración para la medición. El aumento de medición es preferiblemente de 100 o más y más preferiblemente de 500 a 700. Cuando se usa la rugosidad media aritmética Ra, la rugosidad superficial Ral puede ser, por ejemplo, de 0,6 a 14,4 μm , y la rugosidad superficial Rac puede ser, por ejemplo, de 0,5 a 1,2 μm .

Además, la FIG. 9 muestra esquemáticamente un diagrama de bloques de un dispositivo que puede producir el núcleo enrollado como se describió anteriormente. La FIG. 9 muestra esquemáticamente un dispositivo 70 de producción para un núcleo enrollado de tipo Unicore. El dispositivo 70 de producción incluye una unidad 71 de flexión que dobla individualmente las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado y una unidad 72 de ensamblaje que apila las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado que han sido dobladas individualmente en capas por la unidad 71 de flexión y ensambladas en una forma enrollada para formar un núcleo enrollado que tiene una forma enrollada que incluye una porción hueca rectangular en el centro donde la pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado están conectadas entre sí a través de al menos una parte de unión para cada rodillo y que incluye una porción donde las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado donde las porciones 4 planas y las porciones 5 dobladas son alternativamente continuas en la dirección longitudinal, se apilan en una dirección de espesor de lámina.

Las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado se alimentan a una velocidad de transporte predeterminada desde una unidad 90 de suministro de lámina de acero que sostiene un miembro de aro formado al enrollar la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado en forma de rodillo y se suministran a la unidad 71 de flexión. Las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado suministradas de esta manera se cortan adecuadamente a un tamaño apropiado en la unidad 71 de flexión y se someten a una flexión donde un pequeño número de láminas se doblan individualmente, tal como una lámina a la vez.

Aquí, como se describió anteriormente, para que la proporción de rugosidad superficial Ral/Rac satisfaga la relación de $1,5 \leq \text{Ral}/\text{Rac} \leq 12,0$, la unidad 72 de ensamblaje apila las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado de modo que cada una de las láminas de acero eléctrico de grano orientado forme una capa correspondiente (una capa del núcleo enrollado), y cambia la posición de una guía 95 en la dirección de anchura, y por lo tanto ensambla una o más de las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado para apilarlas en toda la longitud en la dirección L longitudinal de modo que se desplacen en la dirección C de anchura perpendicular a la dirección L longitudinal con respecto a las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado que forman otras capas. Particularmente, en la presente realización, como se muestra en la FIG. 11, la unidad 72 de ensamblaje incluye una pluralidad de guías 95 que regulan las posiciones de ambos extremos de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado en la dirección C de anchura y guían la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado en la dirección L longitudinal en una porción 97 de recepción de lámina de acero, y desplaza la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado suministrada desde la unidad 71 de flexión en la dirección C de anchura cambiando la posición de la guía 95 en la dirección C de anchura. Por lo tanto, una o más de las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado que se van a apilar se pueden ensamblar en toda la longitud en la dirección longitudinal de modo que se desplacen con respecto a las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado que forman otras capas en la dirección C de anchura perpendicular a la dirección longitudinal. Aquí, particularmente, siempre que se apila una lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado, la guía 95 sobresale de otra posición desplazada en la dirección C de anchura y desplaza una porción posterior de la lámina 1 de acero eléctrico de grano orientado en la dirección C de anchura.

A continuación, se muestran los datos que verifican que se minimiza el aumento de temperatura del núcleo 10 enrollado que tiene la configuración anterior según la presente realización y el alambre enrollado alrededor del mismo.

Los inventores produjeron núcleos de hierro a a d que tienen las formas que se muestran en la Tabla 1 y la FIG. 12 usando las respectivas láminas de acero como materiales al adquirir los datos de verificación.

Aquí, L1 es paralelo a la dirección del eje X y es una distancia entre las láminas 1 de acero eléctrico de grano

orientado paralelas en la periferia más interna del núcleo enrollado en una sección transversal plana que incluye el centro CL (una distancia entre las porciones planas laterales internas). L2 es paralelo a la dirección del eje Z y es una distancia entre las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado paralelas en la periferia más interna del núcleo enrollado en una sección transversal vertical que incluye el centro CL (una distancia entre las porciones planas laterales internas). L3 es paralelo a la dirección del eje X y es un espesor de laminación del núcleo enrollado en una sección transversal plana que incluye el centro CL (un espesor en la dirección de laminación). L4 es paralelo a la dirección del eje X y es una anchura de las láminas de acero laminadas 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 interna del núcleo enrollado y están dispuestas para formar un ángulo recto entre sí (una distancia entre porciones dobladas). En otras palabras, L5 es una longitud de la porción 4a plana en la dirección longitudinal que tiene la longitud más corta entre las porciones 4 y 4a planas de las láminas de acero eléctrico de grano orientado en la periferia más interna. r es el radio de curvatura de la porción 5 doblada en el lado interno del núcleo enrollado. ϕ es el ángulo de flexión de la porción 5 doblada del núcleo enrollado. Los núcleos Nos. a a d de los núcleos de hierro sustancialmente rectangulares en la Tabla 1 tienen una estructura donde una porción plana con una distancia de porción plana lateral interna de L1 se divide aproximadamente en el centro de la distancia L1 y dos núcleos de hierro que tienen "sustancialmente una forma de U" están conectados.

Aquí, el núcleo de hierro del núcleo No. c se usa convencionalmente como un núcleo enrollado general, y es un núcleo enrollado del tipo llamado núcleo Tranco que tiene un radio de curvatura de 25 mm producido mediante un procedimiento de cizallamiento de una lámina de acero, enrollándolo en una forma cilíndrica, a continuación, presionando el cuerpo laminado cilíndrico sin cambio, de modo que la porción de esquina tenga una curvatura constante, y dándole una forma sustancialmente rectangular. Además, el núcleo de hierro del núcleo No. d es un núcleo enrollado de tipo Unicore que tiene un radio de curvatura r de 1 mm que incluye tres porciones 5 dobladas en una porción 3 de esquina, el núcleo de hierro del núcleo No. a es un núcleo enrollado de tipo Unicore que tiene un radio de curvatura r de 1 mm, que incluye dos porciones 5 dobladas en una porción 3 de esquina, y el núcleo de hierro del núcleo No. b es un núcleo enrollado de tipo Unicore que tiene un radio de curvatura r que es considerablemente mayor que los núcleos de hierro de los núcleos Nos. a y d (un radio de curvatura r de 20 mm).

[Tabla 1]

No. 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	20	45
c	197	66	47	152,4	4	25	90
d	197	66	47	152,4	4	1	30

La Tabla 2A y la Tabla 2B muestran, basándose en varias formas de núcleo como se describió anteriormente, la proporción de rugosidad superficial Ra/Rac anterior obtenida midiendo el conjunto de 58 materiales de ejemplo donde se estableció el espesor de lámina de acero (mm) y el aumento de temperatura medido y evaluado $\Delta T(^{\circ}\text{C})$ del núcleo de hierro y el alambre de bobinado. Aquí, las rugosidades superficiales Ra y Rac usadas para calcular Ra/Rac son ambas la rugosidad media aritmética Ra medida usando un microscopio digital (VHX-7000, disponible comercialmente a través de Keyence Corporation). La rugosidad media aritmética Ra 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 la corrección de la vibración para la medición. El aumento de medición se estableció en 500 a 700.

En la evaluación del aumento de temperatura, una muestra mostrada en la FIG. 10 se preparó enrollando el alambre 75 de bobinado alrededor del núcleo 10 de hierro, sumergido en un aceite, operado a una tasa de carga del 40 % y una densidad de flujo magnético establecida de 1,7 T durante 72 horas, a continuación, se midió la temperatura del aceite y se evaluó el aumento de temperatura (temperatura después de 2 horas y temperatura inicial). Se determinó que 6,6 grados o menos era satisfactorio.

[Tabla 2A]

No.	No. de núcleo	Espesor de lámina de acero (mm)	Proporción: Ra1/Rac	Aumento de temperatura $\Delta T(^{\circ}\text{C})$
1	a	0,23	1,0	8,4
2	a	0,23	1,0	8,7

ES 3 023 612 T3

No.	No. de núcleo	Espesor de lámina de acero (mm)	Proporción: Ra1/Rac	Aumento de temperatura ΔT (°C)
3	a	0,23	1,0	8,6
4	a	0,23	1,5	6,6
5	a	0,23	2,0	3,8
6	a	0,23	2,3	2,8
7	a	0,23	4,0	1,6
8	a	0,23	5,5	1,4
9	a	0,23	7,0	1,7
10	a	0,23	8,1	3,2
11	a	0,23	8,6	3,7
12	a	0,23	12,0	6,4
13	a	0,23	14,9	7,8
14	a	0,23	19,9	8,8
15	a	0,23	27,2	9,0
16	a	0,23	39,4	12
17	a	0,23	49,0	11
18	a	0,23	60,6	16
19	a	0,15	1,0	9,4
20	a	0,15	2,3	3,7
21	a	0,15	4,0	2,0
22	a	0,15	7,0	1,7
23	a	0,15	14,9	9,6
24	a	0,18	1,0	8,4
25	a	0,18	2,3	2,2
26	a	0,18	4,0	1,3
27	a	0,18	7,0	1,4
28	a	0,18	14,9	7,3
29	a	0,27	1,0	8,4

[Tabla 2B]

No.	No. de núcleo	Espesor de la lámina de acero (mm)	Proporción: Ra1/Rac	Aumento de temperatura ΔT (°C)
30	a	0,27	2,3	2,2
31	a	0,27	4,0	1,3
32	a	0,27	6,9	1,4
33	a	0,27	14,9	7,3
34	a	0,30	1,0	9,4
35	a	0,30	2,3	3,7
36	a	0,30	4,0	2,0
37	a	0,30	7,0	1,7

No.	No. de núcleo	Espesor de la lámina de acero (mm)	Proporción: Ra1/Rac	Aumento de temperatura ΔT (°C)
38	a	0,30	14,5	9,6
39	a	0,35	1,0	9,4
40	a	0,35	2,3	3,7
41	a	0,35	4,0	2,0
42	a	0,35	7,0	1,7
43	a	0,35	14,9	9,6
44	b	0,23	1,0	8,4
45	b	0,23	2,3	2,2
46	b	0,23	4,0	1,3
47	b	0,23	6,8	1,4
48	b	0,23	14,9	7,3
49	c	0,23	1,0	8,4
50	c	0,23	2,3	2,2
51	c	0,23	4,0	1,3
52	c	0,23	7,0	1,4
53	c	0,23	14,9	7,3
54	d	0,23	1,0	8,4
55	d	0,23	2,3	2,2
56	d	0,23	3,9	1,3
57	d	0,23	7,0	1,4
58	d	0,23	14,9	7,3

Como se puede entender a partir de la Tabla 2A y la Tabla 2B, con respecto a todos los núcleos de hierro de los núcleos Nos. a, b, c y d, independientemente del espesor de lámina, si la proporción de rugosidad superficial Ra1/Rac estaba dentro de un intervalo de $1,5 \leq \text{Ra1/Rac} \leq 12,0$, el aumento de temperatura ΔT (°C) del núcleo de hierro y el alambre de bobinado se redujo a 6,6 °C o menos con algunas excepciones.

Basándose en los resultados anteriores, se puede entender claramente que, en el núcleo enrollado de la presente invención, cuando las láminas 1 de acero eléctrico de grano orientado se ensamblaron de modo que se desplazaron en la dirección de anchura, el área superficial de la sección transversal en L aumentó y la rugosidad superficial Ra1 de la sección transversal en L del núcleo enrollado cambió, por lo tanto, la proporción de rugosidad superficial Ra1/Rac satisfizo la relación de $1,5 \leq \text{Ra1/Rac} \leq 12,0$. Por lo tanto, fue posible reducir eficazmente el aumento de temperatura del núcleo de hierro y el alambre de bobinado.

[Breve descripción de los símbolos de referencia]

1 Lámina de acero eléctrico de grano orientado

4 Porción plana

5 Porción doblada

6 Parte de unión

10 Núcleo enrollado (cuerpo principal de núcleo enrollado)

REIVINDICACIONES

1. Un núcleo (10) enrollado que tiene una forma enrollada que incluye una porción (15) hueca rectangular en el centro y una porción donde las láminas (1) de acero eléctrico de grano orientado, donde las porciones (4) planas y las porciones (5) dobladas son alternativamente continuas en una dirección (L) longitudinal, se apilan en una dirección (T) de espesor de lámina, en donde el núcleo (10) enrollado se forma apilando las láminas (1) de acero eléctrico de grano orientado que se han doblado individualmente en capas y ensamblado en una forma enrollada y donde la pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado están conectadas entre sí a través de al menos una parte (6) de unión para cada rodillo,
caracterizado por que, en una superficie de extremo del núcleo enrollado que está en una dirección (T) de espesor de lámina de las láminas de acero eléctrico de grano orientado y paralela a la dirección (L) longitudinal de las láminas de acero eléctrico de grano orientado,
en la dirección de espesor de lámina,
cuando una rugosidad superficial de una porción de lámina de acero en una dirección que conecta un centro en la dirección (T) de espesor de lámina de una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna del núcleo enrollado entre las láminas de acero eléctrico de grano orientado laminadas y un centro en la dirección (T) de espesor de lámina de una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa del núcleo enrollado es R_{al} , y una rugosidad superficial de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en una dirección paralela a la dirección (L) longitudinal en una superficie de extremo de la porción plana de la lámina de acero eléctrico de grano orientado laminada es R_{ac} , una proporción R_{al}/R_{ac} entre R_{al} y R_{ac} satisface la relación de $1,5 \leq R_{al}/R_{ac} \leq 12,0$.
2. Un procedimiento para producir un núcleo (10) enrollado que es un núcleo enrollado que tiene una forma enrollada que incluye una porción (15) hueca rectangular en el centro y una porción donde las láminas (1) de acero eléctrico de grano orientado, donde las porciones (4) planas y las porciones (5) dobladas son alternativamente continuas en una dirección longitudinal, se apilan en una dirección (T) de espesor de lámina, en donde el núcleo (10) enrollado se forma apilando las láminas de acero eléctrico de grano orientado que se han doblado individualmente en capas y ensamblado en una forma enrollada y donde la pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado están conectadas entre sí a través de al menos una parte (6) de unión para cada rodillo, comprendiendo el procedimiento:
apilar las láminas de acero eléctrico de grano orientado de modo que cada una de las láminas (1) de acero eléctrico de grano orientado forme una capa del núcleo enrollado; y
ensamblar una o más de las láminas de acero eléctrico de grano orientado apiladas en toda la longitud en la dirección (L) longitudinal de modo que se desplacen con respecto a las láminas de acero eléctrico de grano orientado que forman otras capas en una dirección (C) de anchura perpendicular a la dirección (L) longitudinal,
por lo tanto, en una superficie de extremo del núcleo enrollado que está en una dirección (T) de espesor de lámina de las láminas de acero eléctrico de grano orientado y paralela a la dirección (L) longitudinal de las láminas de acero eléctrico de grano orientado, en la dirección de espesor de lámina,
cuando una rugosidad superficial de una porción de lámina de acero en una dirección que conecta un centro en la dirección de espesor de lámina de una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna del núcleo enrollado entre
las láminas de acero eléctrico de grano orientado laminadas y un centro en la dirección de espesor de lámina de una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa del núcleo enrollado es R_{al} , y
una rugosidad superficial de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en una dirección paralela a la dirección longitudinal en una superficie de extremo de la porción plana de la lámina de acero eléctrico de grano orientado laminada es R_{ac} , una proporción R_{al}/R_{ac} entre R_{al} y R_{ac} satisface la relación de $1,5 \leq R_{al}/R_{ac} \leq 12,0$.
3. Un dispositivo de producción de núcleo enrollado, comprendiendo:
una unidad (71) de flexión que dobla individualmente láminas (1) de acero eléctrico de grano orientado; y
una unidad (72) de ensamblaje que apila las láminas de acero eléctrico de grano orientado que han sido dobladas individualmente en capas por la unidad de flexión y las ensambla en una forma enrollada para formar un núcleo enrollado que tiene una forma enrollada que incluye una porción (15) hueca rectangular en el centro donde la pluralidad de láminas de acero eléctrico de grano orientado están conectadas entre sí a través de al menos una parte (6) de unión para cada rodillo y que incluye una porción donde las láminas de acero eléctrico

de grano orientado, donde las porciones (4) planas y las porciones (5) dobladas son alternativamente continuas en una dirección (L) longitudinal, se apilan en una dirección (T) de espesor de lámina,

5 en donde la unidad de ensamblaje incluye una guía (95) que regula las posiciones de ambos extremos de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en una dirección (C) de anchura y guía la lámina de acero eléctrico de grano orientado en la dirección (L) longitudinal,

10 en donde, la unidad de ensamblaje apila las láminas de acero eléctrico de grano orientado de modo que cada una de las láminas de acero eléctrico de grano orientado forme una capa del núcleo enrollado, y

ensambla una o más de las láminas de acero eléctrico de grano orientado apiladas en toda la longitud en la dirección (L) longitudinal de modo que se desplacen con respecto a las láminas de acero eléctrico de grano orientado que forman otras capas en una dirección (C) de anchura perpendicular a la dirección longitudinal cambiando la posición de la guía en la dirección de anchura de modo que

15 en una superficie de extremo del núcleo enrollado que está en una dirección (T) de espesor de las láminas de acero eléctrico de grano orientado y paralela a la dirección longitudinal de las láminas de acero eléctrico de grano orientado, en la dirección de espesor de lámina,

20 cuando una rugosidad superficial de una porción de lámina de acero en una dirección que conecta un centro en la dirección (T) de espesor de lámina de una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más interna del núcleo enrollado entre las láminas de acero eléctrico de grano orientado laminadas y un centro en la dirección de espesor de lámina de una lámina de acero eléctrico de grano orientado colocada en la periferia más externa del núcleo enrollado es R_{al} , y

25 una rugosidad superficial de la lámina de acero eléctrico de grano orientado en una dirección paralela a la dirección (L) longitudinal en una superficie de extremo de la porción plana de la lámina de acero eléctrico de grano orientado laminada es R_{ac} , una proporción R_{al}/R_{ac} entre R_{al} y R_{ac} satisface la relación de $1,5 \leq R_{al}/R_{ac} \leq 12,0$.

30

DIBUJOS

FIG. 1

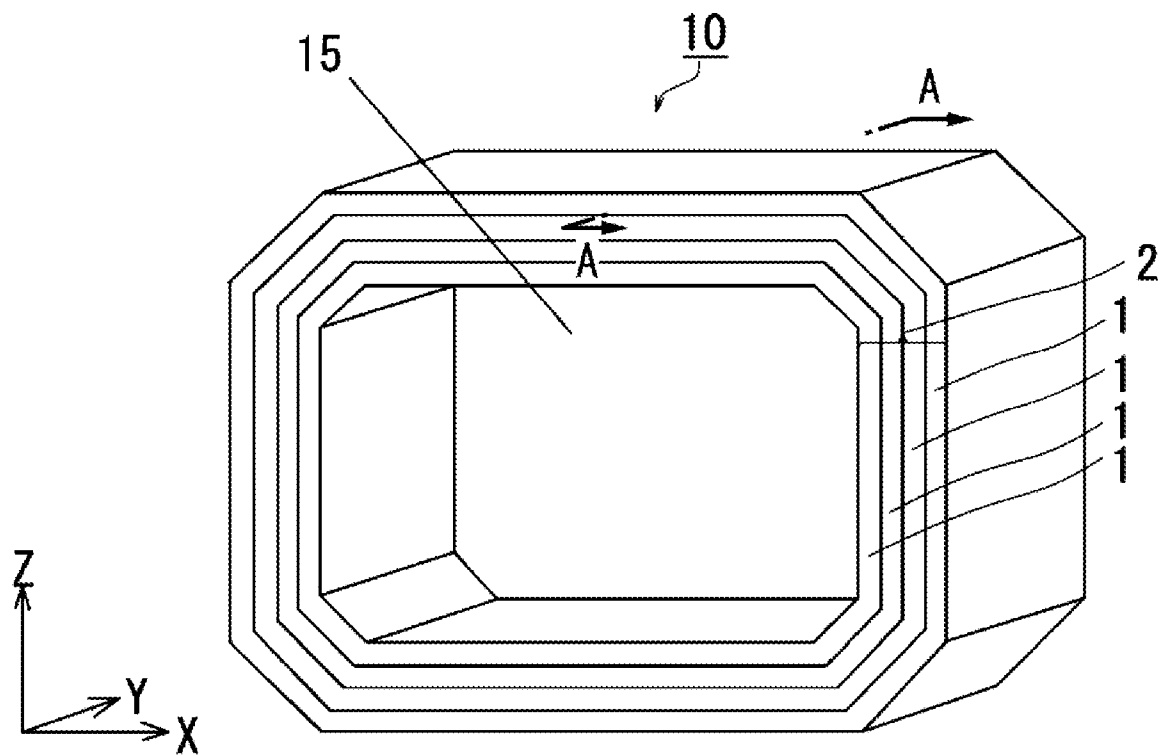


FIG. 2

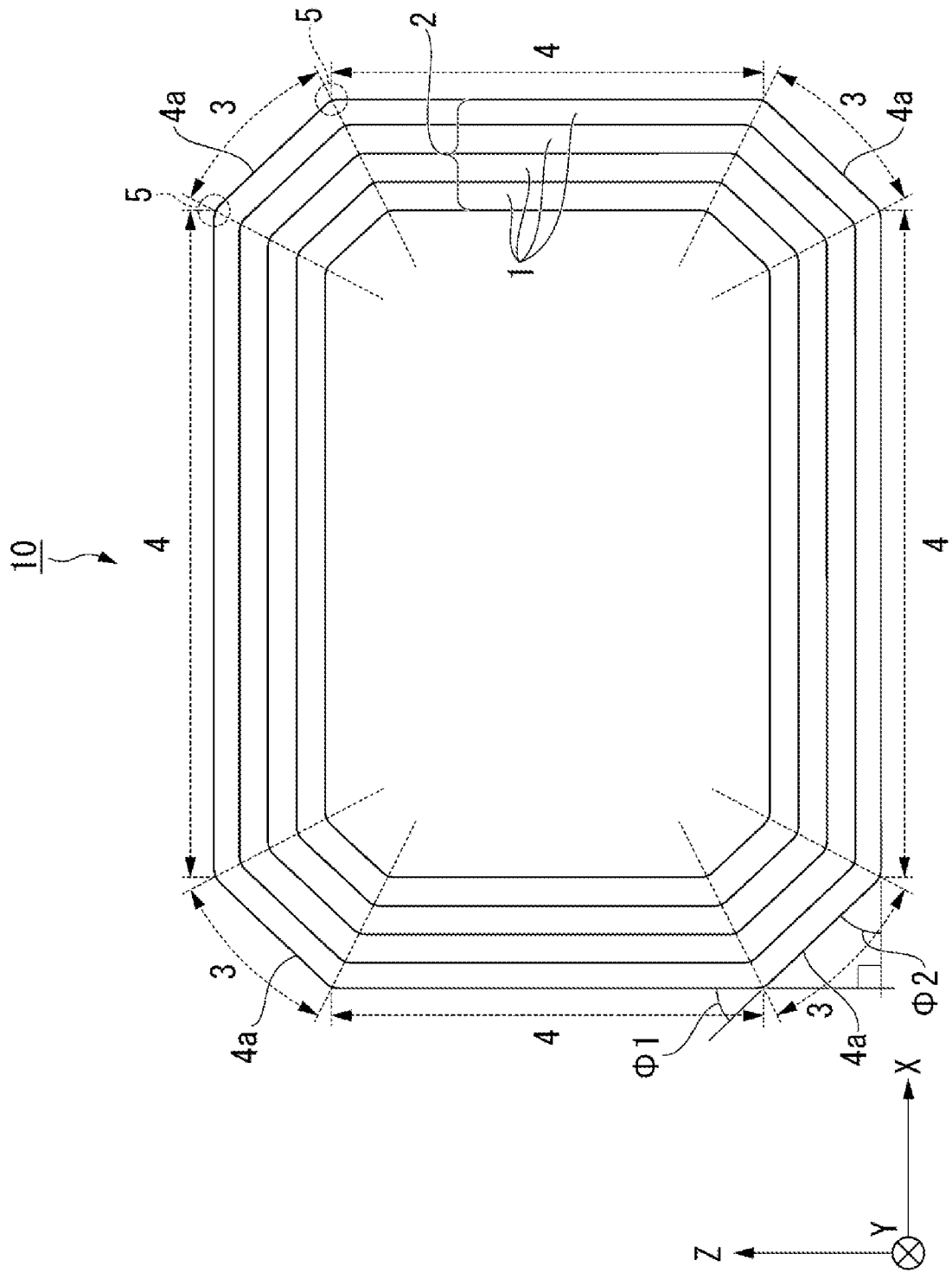


FIG. 3

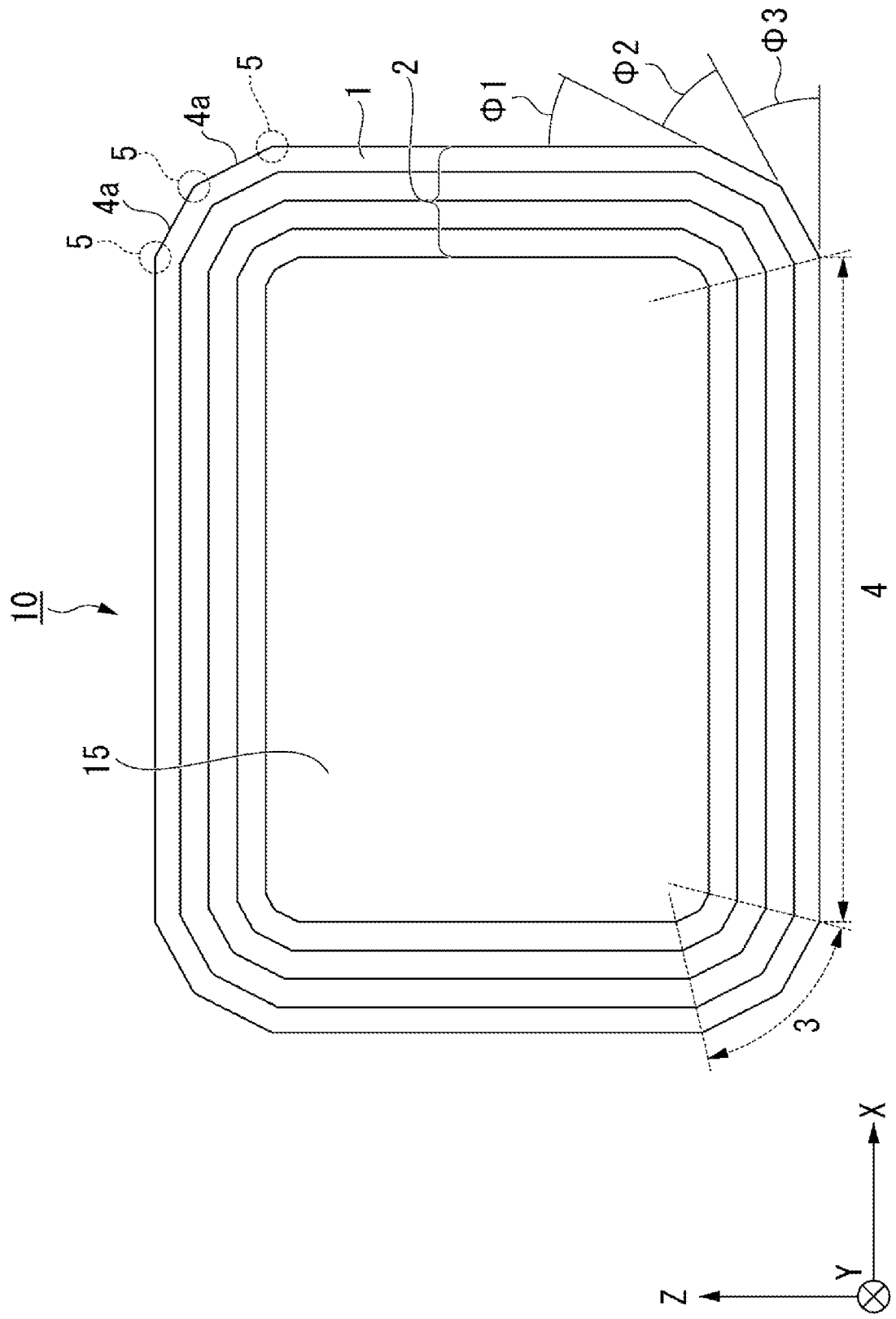


FIG. 4

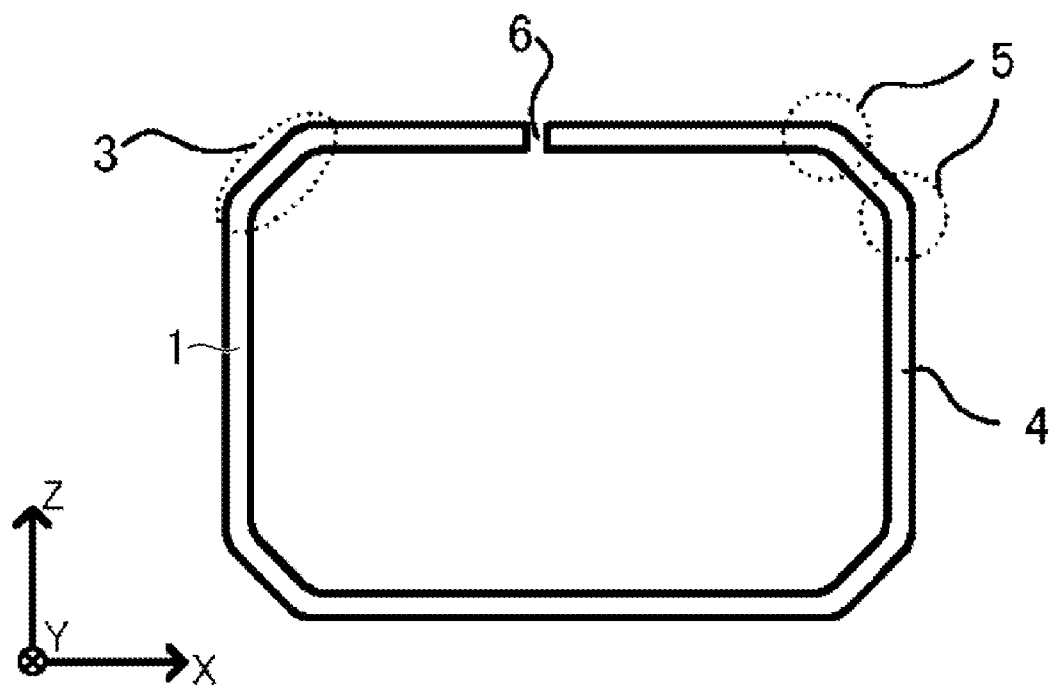


FIG. 5

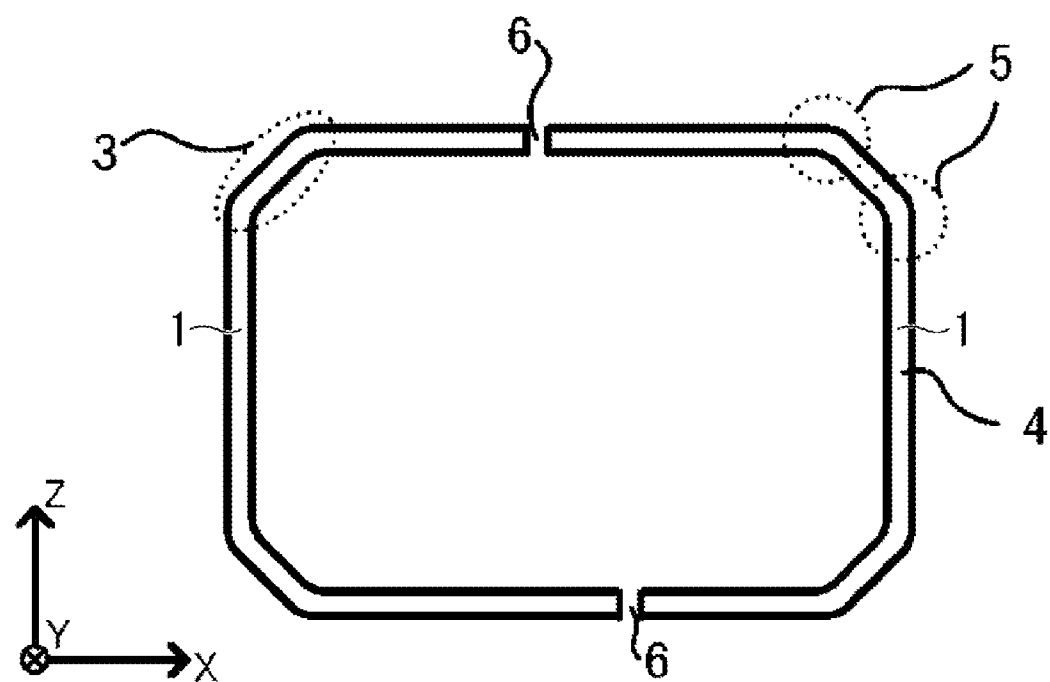


FIG. 6

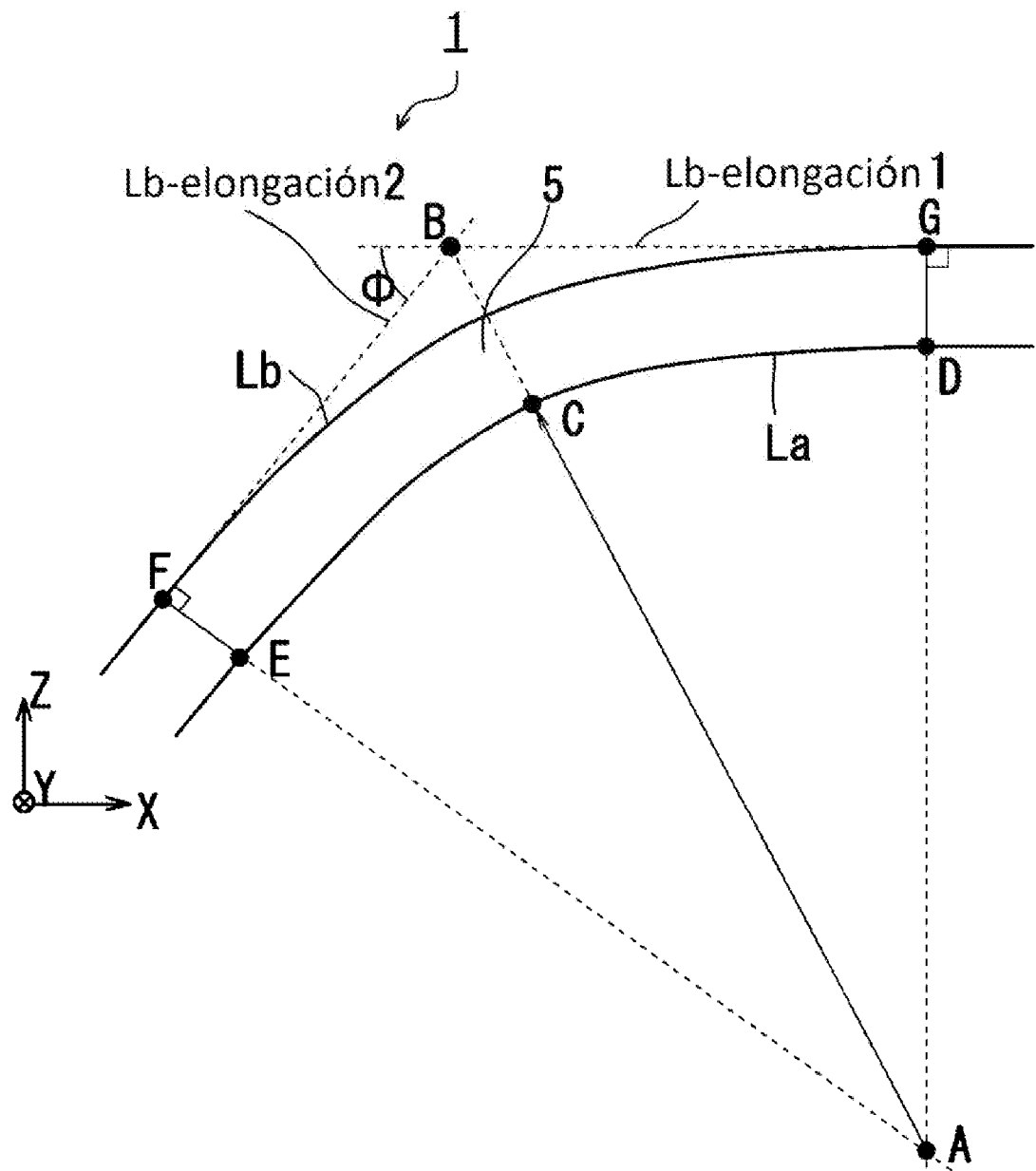


FIG. 7

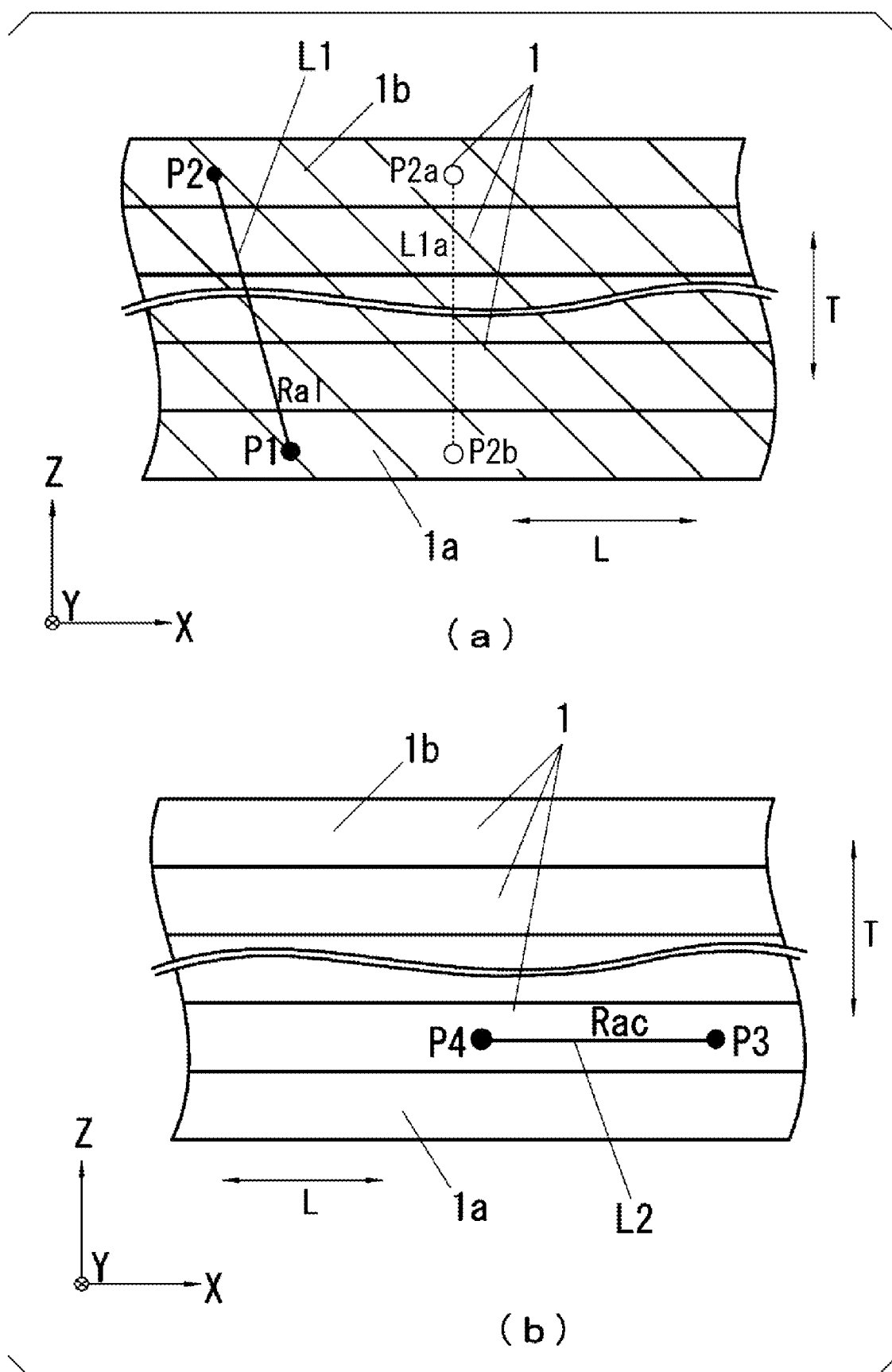


FIG. 8

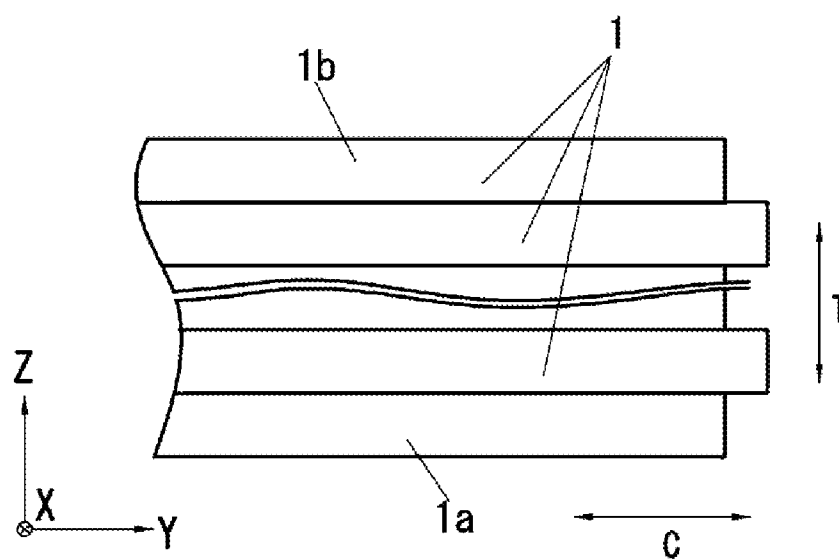


FIG. 9

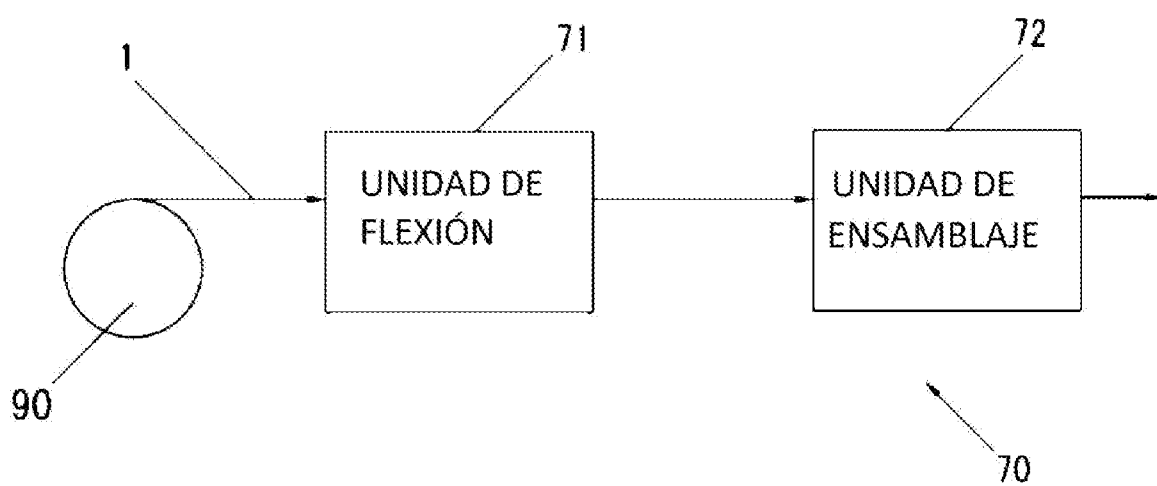


FIG. 10

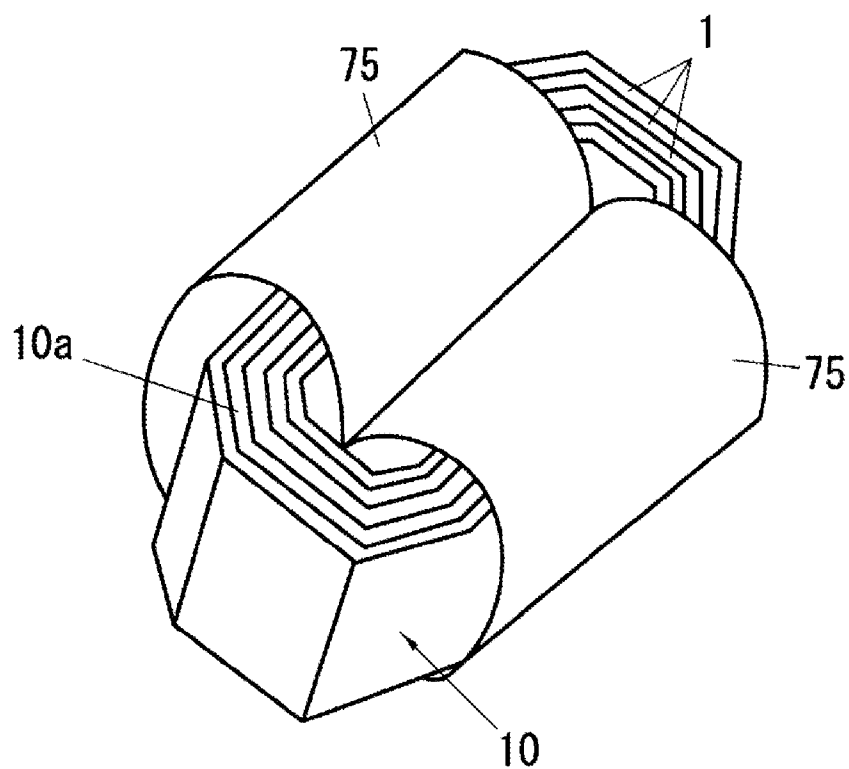


FIG. 11

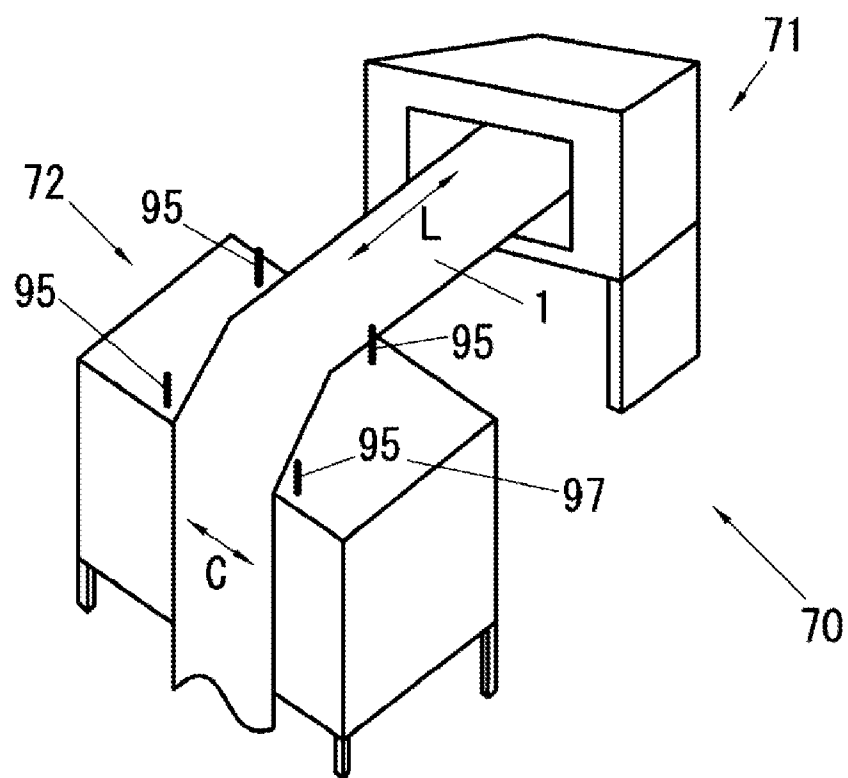


FIG. 12

