

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 597 027**

51 Int. Cl.:

**H05B 6/10** (2006.01)

**H05B 6/44** (2006.01)

**H05B 6/36** (2006.01)

**C21D 1/42** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.01.2011 PCT/JP2011/050093**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2011 WO11083817**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2011 E 11731815 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016 EP 2523530**

54 Título: **Bobina de calentamiento por inducción, dispositivo para fabricación de pieza de trabajo, y método de fabricación**

30 Prioridad:

**06.01.2010 JP 2010001384**

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

**13.01.2017**

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)  
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku  
Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**OKADA NOBUHIRO;  
TOMIZAWA ATSUSHI y  
SHIMADA NAOAKI**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 597 027 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**

Bobina de calentamiento por inducción, dispositivo para fabricación de pieza de trabajo, y método de fabricación

5 Campo técnico

La invención se refiere a una bobina de calentamiento por inducción y a un aparato y un método para fabricar un miembro trabajado. La presente invención se refiere a una bobina de calentamiento por inducción que es adecuada para utilizarse a la hora de fabricar un material de acero templado, tal como un tubo de acero templado, un aparato para la fabricación de un miembro trabajado que tiene esta bobina de calentamiento por inducción, y un método para fabricar un miembro trabajado utilizando esta bobina de calentamiento por inducción.

Técnica anterior

Los miembros resistentes, miembros de refuerzo y miembros estructurales hechos de metal se utilizan en automóviles y diversos tipos de máquinas. Se demandan una alta resistencia, un bajo peso y un tamaño pequeño para estos miembros. En el pasado, estos miembros se han venido fabricando por soldadura de partes de acero trabajadas en prensa, troquelado de gruesas placas de acero, forja de aleaciones de aluminio y métodos similares. Las reducciones de peso y tamaño susceptibles de conseguirse por estos métodos de fabricación están llegando a un límite.

A fin de reducir adicionalmente su peso y su tamaño, estos miembros se fabrican también por hidroconformación, tal como se divulga, por ejemplo, en el Documento de Literatura no Patente 1. La hidroconformación fabrica un artículo conformado que tiene una forma compleja al suministrar un fluido de trabajo a alta presión al interior de un tubo de metal dispuesto dentro de matrices, a fin de expandir el tubo de metal y deformar el tubo de metal de manera que se adapte a la superficie interna de las matrices. Puesto que la hidroconformación es un tipo de trabajo en frío, resulta difícil utilizar este método para conformar un material que tenga una baja ductilidad, tal como uno que presente una resistencia a la tracción de al menos 780 MPa, hasta que adopte una forma complicada. La hidroconformación requiere, habitualmente, las tres etapas de doblamiento, conformación previa e hidroconformación, por lo que las etapas se hacen relativamente complicadas. Por otra parte, la maquinaria que se utiliza para la hidroconformación es de gran tamaño y relativamente cara.

En el Documento de Patente 1, el presente Solicitante divulga un aparato para fabricar un miembro doblado. La Figura 6 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente el aparato de fabricación 0.

Un tubo de metal 1 (en la explicación que sigue se dará un ejemplo del caso en que el tubo de metal es un tubo de acero) es soportado por un mecanismo de soporte 2 con el fin de ser capaz de moverse en su dirección axial. Un mecanismo de alimentación 3 alimenta el tubo de acero 1 desde el lado de aguas arriba hacia el lado de aguas abajo. El aparato de fabricación 0 fabrica un miembro doblado 8 llevando a cabo el doblamiento del tubo de metal 1 en una posición de aguas abajo del mecanismo de soporte 2.

Aguas abajo del mecanismo de soporte 2, una bobina de calentamiento por inducción 5 lleva a cabo localmente un rápido calentamiento por inducción del tubo de acero 1 que está siendo suministrado según su dirección axial, hasta un intervalo de temperaturas en el que es posible el endurecimiento por temple (al menos el punto Ac<sub>3</sub>). Un mecanismo 6 de enfriamiento por agua enfría rápidamente el tubo de acero 1 inmediatamente aguas abajo con respecto a la bobina de calentamiento por inducción 5. Como resultado de ello, se forma localmente en el tubo de acero 1, entre la bobina de calentamiento por inducción 5 y el mecanismo 6 de enfriamiento por agua, una porción a alta temperatura 1a que se desplaza en la dirección axial del tubo de acero 1. La resistencia a la deformación de la porción a alta temperatura 1a es marcadamente más baja que la resistencia a la deformación de otras porciones.

Una matriz 4 de rodillos móviles tiene al menos un conjunto de pares de rodillos 4a. Los pares de rodillos 4a soportan el tubo de acero 1 al tiempo que este es suministrado. La matriz 4 de rodillos móviles se mueve bidimensional o tridimensionalmente en una región situada aguas abajo del aparato 6 de enfriamiento por agua, al tiempo que soporta el tubo de acero 1 para aplicar un momento flector a la porción a alta temperatura 1a.

El aparato de fabricación 0 lleva a cabo el doblamiento del tubo de acero 1 con una elevada eficacia operativa mediante etapas simples que utilizan componentes 2-6 comparativamente baratos, a fin de fabricar un miembro doblado 8 que tiene la forma deseada y una elevada resistencia (tal como una resistencia a la tracción de al menos 780 MPa).

Documentos de la técnica anterior

Documentos de Patente

Documento de Patente 1: WO 2006/093006.

Documentos de Bibliografía no Patente

Documento de Bibliografía no Patente 1: Jidosha Gijutsu (Journal of Society of Automotive Engineers of Japan), Volumen 57, Nº 6 (2003), páginas 23-28.

- 5 El documento de Patente WO 2007/141422 divulga un dispositivo de calentamiento por inducción que incluye una fuente de suministro eléctrica de alta tensión, un inductor adecuado para circundar, al menos parcialmente, un elemento inducido para su calentamiento, por lo que este inductor tiene una inductancia de un valor determinado para la potencia de calentamiento deseada, y un montaje capacitivo, que se utiliza para conectar la fuente de suministro y el inductor.
- 10 El documento de Patente EP 0 589 087 A1 se refiere a un aparato de calentamiento por inducción y, más particularmente, a una estructura de una bobina de calentamiento por inducción, dispuesta en un aparato de calentamiento por inducción configurado para el calentamiento continuo de un objeto de conducción que se ha de calentar. El documento de Patente WO 2001/069977 divulga un dispositivo para el calentamiento por campos longitudinales de artículos metálicos, el cual comprende una bobina a través de la cual son suministrados los artículos. El documento de Patente WO 2005/004559 describe un aparato y un procedimiento para reducir la intensidad de campo electromagnético en regiones seleccionadas para un campo que se produce cuando fluye una corriente de CA [corriente alterna –“AC (alternating current)”–] a través de una o más bobinas de inducción a cuyo través se desplaza una pieza de trabajo para el calentamiento por inducción de la pieza de trabajo.
- 15
- 20 **Exposición de la Invención**  
En general, cuando un miembro de metal macizo que se ha de calentar, tal como una barra, se somete a calentamiento por inducción mediante una bobina de calentamiento por inducción, a fin de calentar uniformemente el miembro que está siendo calentado en la dirección circunferencial, el calentamiento por inducción se lleva a cabo mientras se hace rotar el miembro que se está calentado alrededor de su eje central. Sin embargo, en este aparato de fabricación 0, no es posible hacer rotar el tubo de acero 1 alrededor de su eje central debido a limitaciones en el alcance del movimiento de la matriz 4 de rodillos móviles que se mueve aguas abajo con respecto al mecanismo de soporte 2. Por lo tanto, el aparato de fabricación 0 lleva a cabo el calentamiento por inducción de un tubo de acero 1 con la bobina de calentamiento por inducción 5 al tiempo que suministra el tubo de acero 1 según su dirección axial, sin hacerlo rotar. Como resultado de ello, es difícil calentar uniformemente el tubo de acero 1 según la dirección circunferencial.
- 25
- 30 La potencia eléctrica para calentamiento, a la hora de llevar a cabo el calentamiento por inducción, viene determinada por el producto de la corriente (A) que fluye por el interior de la bobina de calentamiento por inducción 5, y el número de vueltas de la bobina de calentamiento por inducción 5, a saber, por los amperios vuelta (A vuelta).
- 35 El aparato de fabricación 0 es capaz de tratar un tubo de acero 1 con una buena precisión. A fin de aumentar la presión de doblamiento por parte del aparato de fabricación 0, la anchura calentada en la dirección axial del tubo de acero 1 es, preferiblemente, tan estrecha como sea posible. Esta anchura calentada aumenta a medida que se incrementa el número de vueltas de la bobina de calentamiento por inducción. En consecuencia, el número de vueltas de la bobina de calentamiento por inducción 5 se hace, preferiblemente, tan pequeño como sea posible con el fin de reducir la anchura calentada.
- 40 Si bien la corriente que puede pasar por una única bobina de calentamiento por inducción 5 depende del material y del área de la sección transversal de la bobina, y es, por lo común, de un máximo de en torno a 10.000 A. En consecuencia, cuando se necesita una cantidad mayor de energía con el fin de conseguir tanto una elevada productividad como una buena precisión dimensional, la bobina de calentamiento por inducción debe tener, en ocasiones, 2 o más vueltas.
- 45 La Figura 7 es una vista explicativa que muestra un ejemplo de una bobina de calentamiento por inducción 5 basada en un concepto técnico convencional. La Figura 7(a) es una vista en perspectiva de la bobina de calentamiento por inducción 5. La Figura 7(b) es una vista en perspectiva que se ha trazado con una separación aumentada según la dirección paralela a la dirección axial de un tubo de acero 1, entre el cuerpo 9-1 de la primera vuelta de la bobina de calentamiento por inducción 5 y el cuerpo 9-2 de la segunda vuelta, para facilidad de comprensión de la estructura de la bobina de calentamiento por inducción 5. La Figura 7(c) es una vista explicativa que muestra una proyección de la bobina de calentamiento por inducción 5 en la dirección axial del tubo de acero 1, en la cual las flechas en línea continua muestran la dirección de la corriente en el cuerpo 9-1 de la primera vuelta, y las flechas en línea discontinua muestran la dirección de la corriente en el cuerpo 9-2 de la segunda vuelta. La Figura 7(d) es una vista explicativa que muestra un ejemplo de la distribución de temperaturas en una simulación por análisis numérico de un tubo de acero 1 calentado utilizando la bobina de calentamiento por inducción 5.
- 50
- 55 A fin de fabricar un miembro doblado 8 con una elevada precisión dimensional utilizando el aparato de fabricación 0, la porción a alta temperatura 1a del tubo de acero 1 ha de ser tan estrecha como sea posible en la dirección axial del tubo de acero 1, y debe haberse conformado uniformemente en la dirección circunferencial.
- 60 Como se mostrada en las Figuras 7(a) - 7(c), la bobina de calentamiento por inducción 5 tiene unos cuerpos
- 65

anulares 9-1 y 9-2. Los cuerpos 9-1 y 9-2 están dispuestos alrededor del tubo de acero 1 y están separados del tubo de acero 1. El cuerpo 9-1 tiene una porción de aislamiento 9-1a que se ha formado insertando una placa aislante en su interior, y el cuerpo 9-2 tiene una porción aislante 9-2a que se ha formado insertando una placa aislante en su interior. Como se muestra en la Figura 7(c), se han proporcionado dos porciones aislantes 9-1a y 9-2a entre los electrodos 9-3a y 9-3b, los cuales suministran corriente alterna a los cuerpos 9-1 y 9-2.

Como se muestra por las flechas en línea continua de la Figura 7(a), una corriente alterna que se suministra al cuerpo 9-1 a través de uno de los electrodos 9-3a, fluye hacia el cuerpo 9-1. Como se muestra por las flechas en línea discontinua de la Figura 7(c), la corriente que ha fluído por el cuerpo 9-1 fluye secuencialmente a través del cuerpo 9-2 y del electrodo 9-3b. Como resultado de ello, se genera un flujo magnético dentro de los cuerpos 9-1 y 9-2. Puesto que la corriente que está fluyendo es una corriente alterna, la magnitud y la dirección del flujo magnético varían. En consecuencia, se inducen corrientes parásitas en el interior del tubo 1 que generan un flujo magnético que cancela la variación del flujo magnético. La corriente parásita produce calor por efecto Joule como consecuencia de la resistencia eléctrica del tubo de acero 1, y esto provoca que el tubo de acero 1 sea calentado por calentamiento por inducción. Como resultado del denominado efecto de piel, cuanto más alta es la frecuencia de la corriente alterna suministrada, más se concentra el calor generado por el tubo de acero 1 en la capa superficial del tubo de acero.

Como se muestra en las Figuras 7(a) - 7(c), a fin de formar la bobina de calentamiento por inducción 5 de manera que tenga 2 vueltas, es necesario proporcionar una porción 9-4 de conexión de bobina para conectar el cuerpo 9-1 de la primera vuelta y el cuerpo 9-2 de la segunda vuelta. Para este propósito, se han proporcionado dos porciones aislantes 9-1a y 9-2a, cada una de las cuales formadas a partir de una placa aislante. En general, como consecuencia de la forma helicoidal de la bobina, es del común conocimiento de las personas expertas en la técnica conectar el cuerpo 9-1 para la primera vuelta y el cuerpo 9-2 para la segunda vuelta tan cerca como sea posible del miembro que se está calentando y con una separación mínima.

Como se ha mostrado en la Figura 7(c), en una proyección de la bobina de calentamiento por inducción 5 según la dirección axial de un tubo de acero 1, la corriente fluye en la dirección axial del tubo de acero 1 en una región S en la que está dispuesta la porción 9-4 de conexión de bobina (la región comprendida entre las porciones aislantes 9-1a y 9-2a). En esta región S, la corriente que fluye en la dirección circunferencial constituye un único flujo en la dirección axial del tubo de acero, de tal manera que la bobina de calentamiento por inducción 5 tiene, esencialmente, una sola vuelta. En contraste con ello, en las restantes regiones distintas de la región S, la corriente que fluye en la dirección circunferencial es un flujo doble en dos direcciones, de tal manera que la bobina de calentamiento por inducción 5 se convierte esencialmente en dos vueltas. De esta manera, el número de vueltas de la bobina de calentamiento por inducción 5 varía dependiendo de las posiciones en la dirección circunferencial de los cuerpos 9-1 y 9-2.

Por lo tanto, si el tubo de acero 1 experimenta un calentamiento por inducción por parte de la bobina de calentamiento por inducción 5, se desarrolla inevitablemente una diferencia de temperaturas en la dirección circunferencial del tubo de acero 1. Por ejemplo, cuando un tubo de acero 1 hecho de simple acero y que tiene un diámetro exterior de 31,8 mm y un espesor de 1,8 mm experimenta un calentamiento por inducción al pasar a través del interior de la bobina de calentamiento por inducción 5 a una velocidad de transporte de 80 mm/s según su dirección axial, sin rotación, tal como se muestra en la Figura 7(d), la diferencia entre la temperatura de calentamiento del tubo de acero 1 en la porción correspondiente a la región S en la que está dispuesta la porción 9-4 de conexión de bobina (la región entre las porciones aislantes 9-1a y 9-2a), y la temperatura de calentamiento del tubo de acero 1 en las porciones correspondientes a las otras regiones distintas de la región S, alcanza un máximo de aproximadamente 240°C. De esta forma, la bobina de calentamiento por inducción 5 no puede calentar el tubo de acero uniformemente en su dirección circunferencial y en un intervalo estrecho, en su dirección axial, de una manera estable.

Es un propósito de la presente invención proporcionar una bobina de calentamiento por inducción que pueda calentar de forma estable y uniformemente un material metálico tal como un tubo acero según su dirección circunferencial, y en un intervalo estrecho en su dirección axial. Es otro propósito de la presente invención proporcionar un aparato y un método para fabricar un miembro trabajado, que sean capaces de fabricar de forma estable y fiable un miembro trabajado que tenga una elevada precisión dimensional, utilizando esta bobina de calentamiento por inducción.

La estructura de una bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención es como se muestra en la Figura 1. Se trata de una bobina de calentamiento por inducción 10 para llevar a cabo el calentamiento por inducción de un material metálico alargado 1 al tiempo que este experimenta un movimiento relativo con respecto al material metálico 1 en la dirección axial del material metálico. La bobina de calentamiento por inducción 10 comprende; (i) un primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta, el cual rodea la periferia exterior del material metálico 1 según la dirección circunferencial y está separado del material metálico 1, y que tiene una primera porción aislante 11b y un primer conductor de la electricidad; (ii) un segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta, que está dispuesto en paralelo con el primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta en la dirección axial del material metálico 1 y está separado del material metálico 1, de tal manera que el segundo cuerpo 12 de bobina de

una vuelta tiene sustancialmente la misma forma periférica interior que el primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta, y tiene una segunda porción aislante 12b y un segundo conductor de la electricidad; y (iii) una porción 14 de conexión de cuerpo, que conecta una primera porción adjunta 11c, que es adjunta a la primera porción aislante 11b en la dirección circunferencial, y una segunda porción adjunta 12c, que es adjunta a la segunda porción aislante 12b en la dirección circunferencial, de tal modo que la relación entre la longitud efectiva de la bobina,  $L_e$ , y la longitud interior de bobina,  $L_0$ , de la bobina de calentamiento por inducción satisface  $(L_0 - L_e) / L_0 \leq 0,05$ .

La longitud interior  $L_0$  de la bobina quiere decir la longitud de la circunferencia de la superficie interior del primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta o del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta (incluyendo la porción aislante), y la longitud efectiva  $L_e$  de la bobina es la longitud a lo largo de la periferia interior de la región en solapamiento cuando el primer conductor eléctrico y el segundo conductor eléctrico son proyectados sobre una sección transversal que es perpendicular a la dirección del movimiento relativo de la bobina de calentamiento por inducción con respecto al material metálico 1. Es decir, es la longitud de la región de la periferia interior en la que el número efectivo de vueltas en la dirección circunferencial se hace igual al número de vueltas para toda la bobina.

Por ejemplo, la longitud interior de la bobina es  $2\pi R$  para una bobina circular con un radio interior  $R$ , y es  $2(a + b)$  para una bobina rectangular que tiene un lado corto con una longitud  $a$  por su cara interior, y un lado largo con una longitud  $b$  por su cara interior. En el ejemplo de la presente invención que se ha mostrado en la Figura 1, la longitud efectiva  $L_e$  de la bobina es la longitud interior  $L_0$  de la bobina menos la suma  $(L_1 + L_2)$  de las longitudes  $L_1$  y  $L_2$  según la dirección circunferencial de las dos porciones aislantes 11b y 12b. Es decir,  $L_e$  es igual a  $(2\pi R - L_1 - L_2)$ . La longitud no efectiva  $L_n$  de la bobina significa la longitud a lo largo de la periferia interior de la bobina para la que el número efectivo de vueltas que tienen una longitud en la dirección circunferencial es menor que el número total de vueltas para la bobina. Es decir,  $L_n = L_0 - L_e$ .

De acuerdo con ello, la presente invención consiste, preferiblemente, en una bobina de calentamiento para llevar a cabo un calentamiento por inducción de un miembro que es calentado, el cual tiene la forma de un material metálico alargado, al tiempo que experimenta un movimiento relativo con respecto al material metálico alargado, sin la rotación del material metálico alargado, de tal manera que la bobina de calentamiento tiene al menos un primer cuerpo de bobina de una vuelta y un segundo cuerpo de bobina de una vuelta, los cuales rodean la periferia exterior del material metálico alargado en la dirección circunferencial, caracterizada por que, cuando la bobina es proyectada en la dirección del movimiento relativo con respecto al material metálico,  $L_n/L_0$  es al menos 0,05, donde  $L_n$  es la longitud periférica interior de la región de la bobina proyectada en la que el número efectivo de vueltas es menor que el número de vueltas para la bobina en su conjunto, y  $L_0$  es la longitud interior de bobina de la bobina proyectada.

En la presente invención, la primera porción adjunta 11c y la segunda porción adjunta 12c están situadas, preferiblemente, en diferentes posiciones de la sección transversal anteriormente descrita. Específicamente, se encuentran, de preferencia, en posiciones separadas por un ángulo central de entre  $5^\circ$  y  $45^\circ$ , medido desde el centro del primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta o del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta.

En una bobina de calentamiento por inducción basada en un concepto técnico convencional, era del conocimiento técnico común diseñar de una manera tal, que la separación entre el miembro que se estaba calentando y la bobina era uniforme y de tal modo que la longitud total de la bobina se minimizaba con el fin de aumentar la eficiencia del calentamiento. Sin embargo, tal como se muestra por la Figura 1, una bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención tiene una forma que es marcadamente diferente de la forma resultante del conocimiento técnico común para los expertos de la técnica. Es decir, la presente invención se ultimó poniendo el mayor énfasis en hacer que el número de vueltas de la bobina fuese uniforme en la dirección longitudinal, sin prestar atención al incremento de la longitud total de la bobina o de la distancia (separación) entre la bobina y un miembro que se está calentando, y con ello se consigue el efecto inesperado de que esta puede calentar uniformemente la periferia exterior de un miembro no rotativo que está siendo calentado.

Desde otro punto de vista, según se muestra en la Figura 2, la presente invención es un aparato de fabricación 20 para un miembro trabajado, caracterizado por que tiene una bobina de calentamiento por inducción 10, un mecanismo de enfriamiento 23 para enfriar el material metálico 1 que ha experimentado un calentamiento por inducción por parte de la bobina de calentamiento por inducción 10, al tiempo que se desplaza conjuntamente con la bobina de calentamiento por inducción 10 con respecto al material metálico 1, formando con ello una porción a alta temperatura 1a que se desplaza en la dirección axial de un material metálico 1, y mecanismos de trabajo 24 y 29 destinados a aplicar un momento flector a la porción a alta temperatura 1a del material metálico.

Desde otro punto de vista, tal como se muestra en la Figura 2, la presente invención consiste en un método para fabricar un miembro trabajado, caracterizado por llevar a cabo un calentamiento por inducción de un material metálico alargado 1 que no está rotando alrededor de su eje central, utilizando una bobina de calentamiento por inducción 10, al tiempo que se lleva a cabo un movimiento relativo de la bobina de calentamiento por inducción 10 en la dirección axial del material metálico 1, con respecto al material metálico 1, enfriar el material metálico 1, que ha experimentado calentamiento por inducción mediante la bobina de calentamiento por inducción 10, con un mecanismo de enfriamiento 23 que experimenta un movimiento relativo con respecto al material metálico 1,

conjuntamente con la bobina de calentamiento por inducción 10, con lo que se forma en el material metálico 1 una porción a alta temperatura 1a que se desplaza según la dirección axial del material metálico 1, y aplicar entonces un momento flector a la porción a alta temperatura 1a del material metálico.

5 En la presente invención, el material metálico 1 es, preferiblemente, un material de acero hueco que tiene una forma seccional, en corte transversal, cerrada, tal como un tubo de acero.

10 Se hace posible, de acuerdo con la presente invención, calentar de forma estable un material metálico uniformemente en la dirección circunferencial y en una región estrecha, según la dirección longitudinal, de tal manera que un miembro trabajo puede ser fabricado de forma estable y fiable con una elevada precisión dimensional.

Breve explicación de los dibujos

15 La Figura 1 es una vista explicativa que muestra un ejemplo de una bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención, en la que la Figura 1(a) es una vista en perspectiva de la bobina de calentamiento por inducción, la Figura 1(b) es una vista en perspectiva en la que la separación, en la dirección paralela a la dirección axial de una tubería de acero entre un primer cuerpo de bobina de una vuelta y un segundo cuerpo de bobina de una vuelta de la bobina de calentamiento por inducción, se ha aumentado para hacer más fácil la comprensión de la estructura de la bobina de calentamiento por inducción, la Figura 1(c) es una vista explicativa que muestra una proyección de la bobina de calentamiento por inducción según la dirección axial del tubo de acero, y la Figura 1(d) es una vista explicativa que muestra un ejemplo de la distribución de temperaturas en una simulación por análisis numérico de un tubo de acero que se ha calentado utilizando la bobina de calentamiento por inducción.

20 La Figura 2 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un aparato de fabricación para un miembro trabajado que emplea una bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención.

25 Las Figuras 3(a) y 3(b) son vistas explicativas que muestran las posiciones relativas entre una bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención y un tubo de acero, de tal manera que la Figura 3(a) muestra el caso en que la separación entre un primer cuerpo de bobina de una vuelta y un segundo cuerpo de bobina de una vuelta, y una tubería de acero es un valor uniforme de 2,0 mm, y la Figura 3(b) muestra el caso en que la separación entre un tubo de acero y las porciones aislantes de un primer cuerpo de bobina de una vuelta y un segundo cuerpo de bobina de una vuelta es 2,0 mm, y la separación entre el tubo de acero y la bobina de calentamiento por inducción, en posiciones distintas de las de las porciones aislantes, es un valor no uniforme comprendido en el intervalo entre 2,0 mm y 4,0 mm.

30 La Figura 4 es un gráfico que muestra la distribución de temperaturas en la dirección axial cuando un tubo de acero es calentado por una bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención.

35 La Figura 5 es un gráfico que muestra la distribución de temperaturas según la dirección axial cuando un tubo de acero es calentado por un ejemplo comparativo de una bobina de calentamiento por inducción.

40 La Figura 6 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un aparato de doblamiento divulgado en el Documento de Patente 1.

45 La Figura 7 es una vista explicativa que muestra un ejemplo de una bobina de calentamiento por inducción basa en un concepto técnico convencional, en la cual la Figura 7(a) es una vista en perspectiva de la bobina de calentamiento por inducción, la Figura 7(b) es una vista en perspectiva que se ha trazado con una separación aumentada en la dirección paralela a la dirección axial de un tubo de acero, entre el cuerpo de una primera vuelta y el cuerpo de una segunda vuelta de una bobina de calentamiento por inducción, a fin de facilitar la comprensión de la estructura de la bobina de calentamiento por inducción, la Figura 7(c) es una vista explicativa que muestra una proyección de la bobina de calentamiento por inducción en la dirección axial de un tubo de acero, y la Figura 7(d) es una vista explicativa que muestra un ejemplo de la distribución de temperaturas en una simulación por análisis numérico de un tubo de acero que se ha calentado utilizando la bobina de calentamiento por inducción.

Explicación de símbolos

0	aparato de doblamiento
1	tubo de acero
55 2	mecanismo de soporte
3	mecanismo de alimentación
4	matriz de rodillos móviles
4a	par de rodillos
5	bobina de calentamiento por inducción
60 6	mecanismo de enfriamiento por agua
8	miembro doblado
9-1	cuerpo de primera vuelta
9-2	cuerpo de segunda vuelta
9-1a, 9-2a	porciones aislantes
65 9-3a, 9-3b	electrodos

	9-4	porción de conexión de bobina
	10	bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención
	11	primer cuerpo de bobina de una vuelta
5	11b	primera porción aislante
	11c	primera porción adjunta
	12	segundo cuerpo de bobina de una vuelta
	12b	segunda porción aislante
	12c	segunda porción adjunta
	13a, 13c	electrodos
10	14	porción de conexión de cuerpo
	20	aparato de fabricación de acuerdo con la presente invención
	21	mecanismo de alimentación
	22	mecanismo de soporte
	23	mecanismo de enfriamiento
15	24	mecanismo de agarre
	25	mecanismo de garra
	26	cuerpo
	27	primera base
	28	segunda base
20	29	mecanismo móvil

Modos de llevar a cabo la Invención

En la siguiente explicación, se proporcionará un ejemplo del caso en que un material metálico, en la presente invención, es un tubo de acero. Un material metálico, en la presente invención, no está limitado a un tubo de acero. La presente invención se aplica a un miembro de metal hueco que tiene una forma seccional, en corte transversal, cerrada. Ejemplos de este miembro hueco son un material metálico hueco que tiene una forma seccional, en corte transversal, que es rectangular, elíptica, oblonga, poligonal, o una combinación de un polígono y un círculo, o bien uno que tiene una forma seccional, en corte transversal, que es una combinación de un polígono y una elipse.

[Bobina de calentamiento por inducción 10]

La Figura 1 es una vista explicativa que muestra un ejemplo de una bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención. La Figura 1(a) es una vista en perspectiva de una bobina de calentamiento por inducción 10, la Figura 1(b) es una vista en perspectiva que se ha trazado de tal manera que la separación entre un primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta y un segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta pertenecientes a la bobina de calentamiento por inducción 10, en la dirección paralela a la dirección axial del tubo de acero 1, se ha aumentado con el fin de hacer más fácil comprender la estructura de la bobina de calentamiento por inducción, la Figura 1(c) es una vista explicativa que muestra una proyección de la bobina de calentamiento por inducción 10 según la dirección axial del tubo de acero 1, y la Figura 1(d) es una vista explicativa que muestra un ejemplo de la distribución de temperaturas en una simulación por análisis numérico de un tubo de acero 1 que se ha calentado utilizando la bobina de calentamiento por inducción 10. En las notas explicativas de la Figura 1(d), el motivo situado más arriba indica una temperatura que va desde por encima de 950°C hasta 1.000°C, el segundo motivo desde arriba indica una temperatura que va desde por encima de 900°C hasta 950°C, y así sucesivamente, y el motivo de debajo indica una temperatura no mayor que 550°C.

La bobina de calentamiento por inducción 10 lleva a cabo un calentamiento por inducción de un tubo de acero 1 al tiempo que se somete a un movimiento relativo con respecto al tubo de acero 1 en la dirección axial del tubo de acero 1.

La bobina de calentamiento por inducción 10 tiene un primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta y un segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta. Esto es sustancialmente lo mismo que para la bobina de calentamiento por inducción 10 que tiene una primera bobina de calentamiento 11 de una vuelta y una segunda bobina de calentamiento 12 de una vuelta.

El tubo de acero alargado 1 se aporta en su dirección axial, sin hacerlo rotar alrededor de su eje central.

El primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta está hecho de aleación de cobre y tiene una forma exterior anular. El primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta comprende un primer conductor eléctrico y una primera porción aislante 11b en una parte de su circunferencia. La primera porción aislante 11b es, preferiblemente, delgada. Un ejemplo del espesor de la primera porción aislante 11b es en torno a 1 – 2 mm, a fin de garantizar las propiedades aislantes con certeza. El primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta se ha dispuesto de tal manera que rodea la totalidad de la periferia del tubo de acero 1, con una separación predeterminada con respecto a la periferia del tubo de acero 1.

Se ha proporcionado un electrodo 13a adyacente a una primera porción adjunta 11c del primer conductor eléctrico, en una posición cercana a la primera porción aislante 11b. La corriente alterna que se suministra al primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta desde el electrodo 13a, se desplaza alrededor del primer conductor eléctrico del primer

- 5 cuerpo 11 de bobina de una vuelta y, a continuación, fluye al interior de un segundo conductor eléctrico del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta, a través de una porción 14 de conexión de cuerpo que se describe más adelante. Como resultado de ello, se genera un flujo magnético en el interior del primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta. Debido a que la corriente que fluye es una corriente alterna, la magnitud y la dirección del flujo magnético varían, y se induce una corriente parásita en el tubo de acero 1, de tal modo que se genera un flujo magnético que cancela las variaciones en este flujo magnético. La corriente parásita produce calor por efecto Joule debido a la resistencia eléctrica del tubo de acero 1, y tiene lugar el calentamiento por inducción que calienta el tubo de acero 1.
- 10 El segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta está hecho de una aleación de cobre y tiene una forma exterior anular. El segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta tiene un segundo conductor eléctrico, y una segunda porción aislante 12b en una porción de su circunferencia. El espesor de la segunda porción aislante 12b es, preferiblemente, delgado. Un ejemplo del espesor de la segunda porción aislante 12b con el fin de garantizar las propiedades aislantes con certeza es entre 1 mm y 2 mm. El segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta está dispuesto de manera que rodea toda la periferia del tubo de acero 1 con una separación predeterminada con respecto a la periferia del tubo de acero 1. El segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta está dispuesto en paralelo con el primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta según la dirección axial del tubo de acero 1.
- 15 El segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta tiene la misma forma periférica interna que el primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta. El segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta tiene también la misma forma periférica externa que el primer cuerpo 11 de bobina de un arrollamiento.
- 20 Se ha proporcionado un electrodo 13c en posición adyacente a una segunda porción adjunta 12c del segundo conductor eléctrico, que se encuentra adjunta a la segunda porción aislante 12b. La corriente alterna que se suministra desde la porción 14 de conexión de cuerpo que se describe más adelante, hasta el segundo conductor eléctrico del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta, fluye en torno al segundo conductor eléctrico del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta y, a continuación, fluye al interior del electrodo 13c. Como resultado de ello, se genera un flujo magnético en el interior del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta. Debido a la corriente que fluye, que es una corriente alterna, la magnitud y la dirección del flujo magnético varían, y se induce una corriente parásita en el tubo de acero 1 de un modo tal, que se genera un flujo magnético que cancela las variaciones del flujo magnético. La corriente parásita genera calor por efecto Joule como consecuencia de la resistencia eléctrica del tubo de acero 1, y el tubo de acero 1 es calentado por calentamiento por inducción.
- 25 La porción 14 de conexión de cuerpo conecta la primera porción adjunta 11c, que está unida a la primera porción aislante 11b en la dirección circunferencial, y la segunda porción adjunta 12c, que está unida a la segunda porción aislante 12b en la dirección circunferencial.
- 30 Como se establece más adelante, la primera porción adjunta 11c y la segunda porción adjunta 12c están situadas en posiciones diferentes en un corte transversal que es perpendicular a la dirección del movimiento relativo de la bobina de calentamiento por inducción 10 con respecto al tubo de acero 1, y que se proyecta en la dirección axial del tubo de acero 1 (en breve, más adelante en esta descripción, se hará referencia al corte transversal como corte seccional transversal proyectado). En consecuencia, como se muestra en las Figuras 1(a) y 1(b), la porción 14 de conexión de cuerpo tiene una forma seccional, en corte transversal, que constituye un doblez a 90° hasta adoptar la forma aproximada de la letra L.
- 35 La porción 14 de conexión de cuerpo suministra corriente alterna que fluye desde la primera porción adjunta 11c del primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta hasta el segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta, a través de la segunda porción adjunta 12c del segundo cuerpo de bobina de una vuelta.
- 40 Como se muestra en la Figura 1(c), en la bobina de calentamiento por inducción 10, la longitud no efectiva de bobina,  $L_n$ , que es la longitud de la región en la que el número efectivo de vueltas de la bobina según la dirección circunferencial, es menor que el número total de las vueltas de bobina en la longitud total ( $L_1 + L_2$ ) de la anchura  $L_2$  de la segunda porción aislante 12b y de la anchura  $L_1$  de la primera porción aislante 11b. La longitud no efectiva de la bobina,  $L_n$ , es a lo sumo el 5% de la longitud interior  $L_0$  de la bobina. Preferiblemente,  $L_n \leq 0,03 \times L_0$ .
- 45 Como se muestra en la Figura 1(c), en la bobina de calentamiento por inducción 10, la primera porción adjunta 11c y la segunda porción adjunta 12c se encuentran en diferentes posiciones en un corte seccional transversal proyectado. Concretamente, están, de preferencia, separadas por un ángulo central de entre 5° y 45°, medido desde el centro del primer cuerpo 11 de bobina de una sola vuelta o del segundo cuerpo 12 de bobina de una sola vuelta.
- 50 En la bobina de calentamiento por inducción a alta frecuencia 5 que se muestra en la Figura 7(c), de acuerdo con un concepto técnico convencional, la longitud no efectiva de la bobina en la que el número efectivo de vueltas de bobina es 1, es la longitud combinada de las porciones aislantes 9-1a y 9-2a más la longitud de la región S en la que se ha dispuesto la porción 9-4 de conexión de bobina (es decir, la región situada entre las porciones aislantes 9-1a y 9-2a). La anchura es un valor grande que es aproximadamente el mismo que la anchura de la bobina. En contraposición con esto, en la bobina de calentamiento por inducción 10 de acuerdo con la presente invención y que se muestra en
- 55
- 60
- 65

la Figura 1(c), la región en la que el número efectivo de vueltas de bobina es 1 es únicamente la región en la que está presente la primera porción aislante 11b y la región en la que está presente la segunda porción aislante 12b. En consecuencia, la región en la que la corriente fluye únicamente a través de una sola vuelta en la dirección circunferencial se ve reducida en gran medida.

Por ejemplo, en el caso en el que el espesor de cada una de la primera porción aislante 11b y la segunda porción aislante 12b es 2 mm, si el diámetro de la tubería de acero 1 es 31,8 mm y el diámetro interior del primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta y del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta es 37,8 mm, la longitud total (L1 + L2) de la anchura L1 de la segunda porción aislante 12b y de la anchura L2 de la primera porción aislante 11b se hace aproximadamente el 3,4% de la longitud interior de la bobina del primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta o del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta, que es 118,75 mm.

Si el diámetro del tubo de acero 1 es 25,4 mm y el diámetro interior del primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta o del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta es 31,4 mm, la longitud total (L1 + L2) se hace aproximadamente el 4,1% de la longitud interior de la bobina del primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta o del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta.

En la bobina de calentamiento por inducción 5 basada en el concepto técnico convencional, la longitud no efectiva de la bobina es casi la misma que la anchura de la bobina. Cuando el diámetro interior del cuerpo 9.1 de la primera vuelta es 31,4 mm y la anchura de la bobina es 15 mm, la longitud no efectiva de la bobina es aproximadamente el 15% de la longitud interior de la bobina.

Como puede observarse por comparación de la Figura 1(d) y la Figura 7(d), si un tubo de acero 1 se somete a calentamiento por inducción utilizando una bobina de calentamiento por inducción 10 de acuerdo con la presente invención, la diferencia de temperaturas según la dirección circunferencial del tubo de acero 1 es marcadamente reducida en comparación con cuando el calentamiento por inducción del tubo de acero 1 se lleva a cabo utilizando una bobina de calentamiento por inducción 5 basada en un concepto técnico convencional. Por ejemplo, un tubo de acero 1 hecho de simple acero y que tiene un diámetro exterior de 31,8 mm y un espesor de pared de 1,8 mm, se somete a calentamiento por inducción al hacerlo pasar a través del interior de la bobina de calentamiento por inducción 10 o de la bobina de calentamiento por inducción 5 al tiempo que es transportado según su dirección axial, a una velocidad de transporte de transporte de 80 mm/s, sin rotar. En este caso, la diferencia de temperaturas en la dirección circunferencial, producida en el tubo de acero 1 es aproximadamente 240°C con la bobina de calentamiento por inducción 5, pero se ve reducida a aproximadamente 80°C con la bobina de calentamiento por inducción 10. De esta manera, la bobina de calentamiento por inducción 10 puede calentar de forma estable un tubo de acero 1 uniformemente en su dirección circunferencial y en un intervalo estrecho.

La anterior explicación se ha servido como ejemplo de una configuración en la que la bobina de calentamiento por inducción 10 tiene dos cuerpos 11 y 12 de bobina de una vuelta. La presente invención no está limitada a esta configuración. Una bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención puede tener 3 o más cuerpos de bobina de una vuelta. Puede disponerse un tercer cuerpo de bobina de una vuelta en paralelo con el primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta y el segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta, entre el primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta y el segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta, o cerca del primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta o del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta. Por razones tales como reducir la anchura calentada y reducir el espacio de instalación, el número de cuerpos de bobina de una vuelta es, preferiblemente, 2 o 3.

La forma de la bobina de calentamiento por inducción no está limitada a un círculo, y puede tener una forma seccional, en corte transversal, que sea un rectángulo, una elipse, que sea oblonga, un polígono, o una combinación de un polígono y un círculo, o bien puede tener una forma seccional, en corte transversal, que sea una combinación de un polígono y una elipse.

[Aparato de fabricación 20 y método de fabricación]

Se explicará la aplicación de la bobina de calentamiento por inducción 10 al aparato de doblamiento 0, y la situación a la hora de fabricar un miembro trabajado.

La Figura 2 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un aparato de fabricación 20 para un miembro trabajado al que se aplica una bobina de calentamiento por inducción 10 de acuerdo con la presente invención.

Tal como se muestra en esta figura, el aparato de fabricación 20 tiene un mecanismo de alimentación 21, un mecanismo de soporte 22, una bobina de calentamiento por inducción 10, un mecanismo de enfriamiento 23 y un mecanismo de agarre 24. Estos componentes se explicarán en sucesión.

[Mecanismo de alimentación 21]

El mecanismo de alimentación 21 suministra un tubo de acero 1 según su dirección longitudinal.

Como ejemplo del mecanismo de alimentación 21, se ha mostrado un mecanismo que se sirve de un servocilindro eléctrico. El mecanismo de alimentación 21 no está limitado a ningún tipo particular de mecanismo. Por ejemplo, un mecanismo conocido tal como uno que emplee un husillo de bolas o uno que use una correa o cadena de distribución puede ser utilizado igualmente bien que este tipo de mecanismo de alimentación para el tubo de acero 1.

El tubo de acero 1 es soportado por un mecanismo de garra 25 para, así, ser capaz de moverse. El mecanismo de alimentación 21 suministra el tubo de acero 1 según su dirección axial (dirección longitudinal) a una velocidad de alimentación predeterminedada. El mecanismo de garra 25 soporta la tubería de acero 1 con el fin de suministrar el tubo de acero 1. El mecanismo de garra 25 puede ser omitido a la hora de proporcionar el mecanismo de soporte 22 que se describe más adelante.

En el aparato de fabricación 20, el mecanismo de alimentación 21 suministra el tubo de acero 1 según su dirección axial, y la bobina de calentamiento por inducción 10 y el mecanismo de enfriamiento 23 están fijos en su lugar. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esta configuración. La bobina de calentamiento por inducción 10 y el mecanismo de enfriamiento 23 pueden disponerse de un modo tal, que se muevan con respecto al tubo de acero 1. Por ejemplo, es posible que (a) el tubo de acero 1 se fije en su lugar, sin que sea suministrado, y que la bobina de calentamiento por inducción 10 y el mecanismo de enfriamiento 23 se muevan con respecto al tubo de acero 1, o que (b) el tubo de acero 1 sea suministrado según su dirección axial, y la bobina de calentamiento por inducción 10 y el mecanismo de enfriamiento 23 se muevan con respecto al tubo de acero 1.

[Mecanismo de soporte 22]

El mecanismo de soporte 22 soporta el tubo de acero 1 que está siendo suministrado según su dirección axial por el mecanismo de alimentación 21, en una primera posición A, a fin de ser capaz de moverse.

Una guía fija se ha proporcionado como ejemplo del mecanismo de soporte 21. El mecanismo de soporte 21 no está limitado a un tipo particular de mecanismo. Por ejemplo, pueden utilizarse uno o más pares de rodillos no accionados opuestos como mecanismo de soporte 22. Puede utilizarse igualmente bien como mecanismo de soporte 22 cualquier mecanismo de soporte conocido.

El tubo de acero 1 sobrepasa la posición de instalación A del mecanismo de soporte y es suministrado según su dirección axial. El mecanismo de soporte 22 puede ser reemplazado por el mecanismo de garra 25.

[Bobina de calentamiento por inducción 10]

La bobina de calentamiento por inducción 10 calienta rápidamente el tubo de acero 1 en una segunda posición B situada aguas abajo con respecto a la primera posición A en la dirección de suministro del tubo de acero 1.

En la segunda posición B, la bobina de calentamiento por inducción 10 lleva a cabo el calentamiento por inducción del tubo de acero 1 que está siendo suministrado a una velocidad de alimentación de entre 5 mm/s y 150 mm/s, al suministrar una corriente alterna con una frecuencia de entre 5 kHz y 100 kHz al primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta y al segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta.

Al variar la distancia entre la bobina de calentamiento por inducción 10 y el tubo de acero 1 en las direcciones perpendicular y paralela a la dirección axial del tubo de acero 1, una porción del tubo de acero 1 puede no ser calentada uniformemente en su dirección circunferencial.

La Figura 3(a) y la Figura 3(b) son vistas explicativas que muestran las posiciones relativas entre la bobina de calentamiento por inducción 10 y el tubo de acero 1. La Figura 3(a) muestra el caso en que la separación del primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta y del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta con respecto al tubo de acero 1 es un valor uniforme de 3,0 mm, y la Figura 3(b) muestra el caso en que la separación de la porción aislante 11b del primer cuerpo 11 de bobina de una vuelta, y de la porción aislante 12b del segundo cuerpo 12 de bobina de una vuelta, con respecto al tubo de acero 1 es 2,0 mm, en tanto que la separación entre la bobina de calentamiento por inducción 10 y el tubo de acero 1 en posiciones diferentes de la de la primera porción aislante 11b y la de la segunda porción aislante 12b es un valor no uniforme comprendido en el intervalo entre 2,0 mm y 4,0 mm.

En el caso mostrado en la Figura 3(a), la temperatura del tubo de acero 1 en las proximidades de la primera porción aislante 11b y de la segunda porción aislante 12b es más baja que la temperatura del tubo de acero 1 en otras posiciones, y la diferencia de temperaturas según la dirección circunferencial del tubo de acero 1 es en torno a 80°C.

En contraste con esto, en el caso mostrado en la Figura 3(b), la diferencia entre la temperatura del tubo de acero 1 en las proximidades de la primera porción aislante 11b y de la segunda porción aislante 12b, y la temperatura de la tubería de acero 1 en otras posiciones se reduce, y la diferencia de temperaturas según la dirección circunferencial del tubo de acero 1 es en torno a 40°C.

Al proporcionar también al menos unos medios de precalentamiento para el tubo de acero 1 en el lado de aguas

arriba de la bobina de calentamiento por inducción 10, el tubo de acero 1 puede ser calentado una pluralidad de veces. Como resultado de ello, la diferencia de temperaturas según la dirección circunferencial del tubo de acero 1 puede ser reducida.

5 Por otra parte, a proporcionar al menos unos medios de precalentamiento para el tubo de acero 1 en el lado de aguas arriba de la bobina de calentamiento por inducción 10, el tubo de acero 1 que está siendo suministrado puede ser calentado de un modo no uniforme según su dirección circunferencial o axial. Como resultado de ello, la diferencia de temperaturas en la dirección circunferencial del tubo de acero 1 puede ser reducida adicionalmente.

10 Como se muestra en la Figura 1(d), un tubo de acero 1 puede ser rápidamente calentado por la bobina de calentamiento por inducción 10, al tiempo que se reduce de manera acusada la diferencia de temperaturas en la dirección circunferencial.

[Mecanismo de enfriamiento 23]

15 El mecanismo de enfriamiento 23 está dispuesto en una tercera posición C situada aguas abajo de la segunda posición B según la dirección de suministro del tubo de acero 1. El mecanismo de enfriamiento 23 enfría el tubo de acero 1 calentado. El enfriamiento del tubo de acero 1 con el mecanismo de enfriamiento 23 forma localmente una porción a alta temperatura 1a que se desplaza en la dirección axial del tubo de acero 1. La porción a alta temperatura 1a tiene una resistencia a la deformación en gran medida reducida, en comparación con otras porciones.

20 El mecanismo de enfriamiento 23 puede ser cualquier mecanismo que sea capaz de enfriar el tubo de acero 1 a una velocidad de enfriamiento deseada, y no está limitado a ningún tipo particular de mecanismo de enfriamiento. En general, un ejemplo del mecanismo de enfriamiento 23 lo constituye un mecanismo de enfriamiento por agua que enfría el tubo de acero 1 mediante el rociamiento de agua de refrigeración en una posición predeterminada de la superficie exterior del tubo de acero 1.

25 Como se muestra en la Figura 2, el agua de refrigeración es rociada de tal manera que desciende en pendiente según la dirección de suministro del tubo de acero 1. Variando la distancia del mecanismo de enfriamiento 23 con respecto al tubo de acero 1 en una dirección paralela a la dirección perpendicular a la dirección axial del tubo de acero 1, es posible la longitud de la porción a alta temperatura 1a según la dirección axial.

[Mecanismo de agarre 24]

35 El mecanismo de agarre 24 se ha dispuesto en una región D situada aguas abajo con respecto a la tercera posición C según la dirección de suministro del tubo de acero 1. El mecanismo de agarre 24 se mueve de forma tridimensional dentro de un espacio de trabajo que incluye un espacio situado aguas arriba de la tercera posición C según la dirección de suministro del tubo de acero 1, al tiempo que agarra el tubo de acero 1. Como resultado de ello, el mecanismo de agarre 24 aplica un momento flector a la porción a alta temperatura 1a formada en el tubo de acero 1. En general, se utiliza un mecanismo de garra como mecanismo de agarre 24.

40 En la presente invención, el mecanismo de agarre 24 que puede moverse de forma tridimensional, puede, por supuesto, moverse bidimensionalmente. Moviendo el mecanismo de agarre 24 bidimensionalmente, es posible llevar a cabo un doblamiento en el que la dirección de doblamiento varía bidimensionalmente, y fabricar un miembro doblado tal como un miembro doblado en forma de S en el que la dirección de doblamiento varía bidimensionalmente.

«Espacio de trabajo» quiere decir un espacio tridimensional determinado por las Ecuaciones (1), (2) y (3).

50 
$$x < 0 \text{ e } (y = 0 \text{ o } y > 0,5D) \text{ y } 0 < \theta < 360^\circ \quad \dots \quad (1)$$

$$x^2 + (y - R_{\min})^2 > R_{\min}^2 \quad \dots \quad (2)$$

$$x^2 + (y + R_{\min})^2 > R_{\min}^2 - (0,5D - R_{\min})^2 + (0,5D + R_{\min})^2 \quad \dots \quad (3)$$

55 En las Ecuaciones (1) - (3), D significa la dimensión exterior más pequeña (mm) de un miembro doblado,  $R_{\min}$  significa el radio de doblamiento más pequeño (mm) del miembro doblado, y x, y y  $\theta$  son coordenadas cilíndricas que tienen la segunda posición como el origen, La dirección de suministro instantánea del miembro doblado es la dirección de las x positivas, la dirección perpendicular a la x en un plano horizontal es la dirección y, y el ángulo en la dirección circunferencial es  $\theta$ .

60 El doblamiento del tubo de acero 1 se lleva a cabo moviendo el mecanismo de agarre 24 de forma tridimensional dentro del espacio de trabajo. Se fabrica, como resultado de ello, un miembro doblado de forma intermitente o continua que tiene un doble en su dirección longitudinal.

65 El espacio de trabajo es un espacio definido teóricamente, y objetos tales como diversos mecanismos pueden estar

presentes dentro del espacio de trabajo.

El mecanismo de agarre 24 tiene un cuerpo 26 con una forma exterior a modo de pilar y un mecanismo móvil 29.

5 El cuerpo 26 está constituido por un miembro hueco. El miembro hueco tiene una superficie periférica interior con una forma que encaja en la superficie periférica exterior del tubo de acero 1. El cuerpo 26 agarra el tubo de acero 1 por contacto con la superficie exterior del extremo del tubo de acero 1.

10 En contraste con el ejemplo mostrado en la Figura 2, el cuerpo 26 puede estar constituido por un miembro tubular que tiene una superficie periférica con una forma que coincide con la superficie periférica interior del tubo de acero 1. En este caso, el tubo de acero 1 es agarrado insertando el cuerpo 26 en el extremo del tubo de acero 1.

15 El mecanismo móvil 29 está constituido por una primera base 27 y una segunda base 28. La primera base 27 está destinada al montaje sobre ella del cuerpo 26, y es movable en una dirección perpendicular a la dirección de suministro del tubo de acero 1 en una primera posición A (en la dirección vertical en la Figura 2). La segunda base 28, que tiene la primera base 27 sobre ella, es movable en la dirección de suministro anteriormente descrita.

20 Cada movimiento de la primera base 27 y cada movimiento de la segunda base 28 se lleva a cabo utilizando husillo de bolas y un motor de accionamiento. El cuerpo 26 es movable bidimensionalmente en un plano horizontal por este mecanismo móvil 29. El número de referencia 30 de la Figura 2 indica un motor de inclinación en el eje x, el número de referencia 31 indica un motor de desplazamiento en el eje x, el número de referencia 32 indica un motor de inclinación en el eje y, el número de referencia 33 indica un motor de desplazamiento en el eje y, el número de referencia 34 indica un motor de inclinación en el eje z, y el número de referencia 35 indica un motor de desplazamiento en el eje z.

25 En lugar del mecanismo móvil 29 mostrado en la Figura 2, un robot articulado que tiene articulaciones rotativas que pueden rotar alrededor de al menos un eje, puede soportar el cuerpo 26. El uso de un robot articulado facilita el soporte del cuerpo 26 de manera que se mueva de forma tridimensional.

30 Se explicará la situación en la que se fabrica un producto trabajado que tiene una porción doblada que se dobla de forma intermitente o continua en tres dimensiones en su dirección longitudinal utilizando el aparato de fabricación 20.

35 Un tubo de acero alargado 1 que tiene una forma seccional, en corte transversal, cerrada es soportado en la primera posición A por el mecanismo de soporte 22 y es suministrado según su dirección longitudinal por el mecanismo de alimentación 21.

40 En la segunda posición B, se suministra una corriente alterna a una frecuencia de entre 5 kHz y 100 kHz a la bobina de calentamiento por inducción con el fin de llevar a cabo el calentamiento por inducción del tubo de acero 1 que está siendo suministrado a una velocidad de alimentación de entre 5 mm/s y 150 mm/s.

45 En la tercera posición C, el tubo de acero 1 es enfriado con el mecanismo de enfriamiento 23, con lo que se forma una porción a alta temperatura 1a en el tubo de acero 1.

50 Por otra parte, en la región D, la posición del mecanismo de agarre 24 se varía tridimensionalmente dentro de un espacio de trabajo que incluye un espacio situado aguas arriba con respecto a la tercera posición C según la dirección de suministro del tubo de acero 1, a fin de aplicar un momento flector a la porción a alta temperatura 1a del tubo de acero 1, y este procedimiento se lleva a cabo secuencialmente de acuerdo con la forma que se pretende para un producto.

55 Como resultado de ello, se fabrica en continuo un producto doblado que tiene una porción doblada tridimensionalmente de forma intermitente o continua según su dirección longitudinal.

60 Al calentar localmente el tubo de acero 1 en la segunda posición B hasta una temperatura en la que es posible un endurecimiento por temple, y llevar a cabo un enfriamiento a una velocidad de enfriamiento predeterminada, en la tercera posición C, puede endurecerse la totalidad o una parte del tubo de acero 1. Como resultado de ello, un producto doblado tiene una porción endurecida intermitente o continua al menos en su dirección longitudinal y/o en la dirección periférica exterior, en una sección transversal que corta la dirección longitudinal.

65 Es posible fabricar de forma continua un producto doblado

(a) disponiendo el aparato de fabricación 20 en el lado de salida de una unidad de tratamiento ulterior, en un aparato de fabricación de producto doblado continuo que constituye una cadena de fabricación de tubo de acero cosido eléctricamente y que comprende un desenrollador para largar de forma continua una tira de acero, una unidad de conformación para dar la tira de acero largada la forma de un tubo que tiene una forma de sección transversal predeterminada, una unidad de soldadura para soldar los bordes de los lados puestos

en contacto a tope de la tira de acero al objeto de formar un tubo continuo, y la unidad de tratamiento ulterior para recortar las rebabas de soldadura y, si es necesario, realizar un revenido o dimensionamiento ulterior, o (b) disponiendo el aparato de fabricación 20 en el lado de salida de un mecanismo de conformación, en un aparato de fabricación de producto doblado continuo, el cual constituye una cadena de conformación de rodillos y comprende un desenrollador para largar de forma continua una tira de acero, y el mecanismo de conformación para dar a la tira de acero largada una forma de sección transversal predeterminada.

De acuerdo con la presente invención, incluso a la hora de fabricar un producto doblado mediante doblamiento en el que la dirección de doblamiento varía tridimensionalmente, e incluso cuando es necesario doblar un material metálico que tiene una gran resistencia, es posible formar de manera estable una región calentada que es uniforme según la dirección circunferencial de un miembro calentado que se da en la forma de un material metálico y que se extiende en una región estrecha según la dirección axial del material metálico.

Como resultado de ello, es posible fabricar de un modo eficiente y barato un producto doblado que tiene una gran resistencia, una buena capacidad de retención de forma, una distribución de durezas predeterminada y una precisión dimensional deseada, y que no tiene un radio de curvatura constante según su dimensión longitudinal sino que tiene al menos dos porciones de radios de curvatura diferentes entre sí en su dirección longitudinal.

Es más, llevando a cabo el doblamiento de un material metálico mientras se agarra el material metálico con unos medios de agarre que están soportados por un robot articulado o un dispositivo similar, es posible realizar el doblamiento con un ángulo de doblez grande y con una buena precisión de doblamiento y una excelente eficiencia de funcionamiento, al tiempo que se suprime el empeoramiento del estado de la superficie o los defectos superficiales.

La presente invención puede ser ampliamente utilizada como medios de doblamiento para doblar productos para automóviles, por ejemplo, para los que el requisito de doblamiento se haya incrementado adicionalmente.

Un material de acero endurecido por temple que se haya fabricado por la presente invención puede ser utilizado, por ejemplo, en las aplicaciones (i) - (vii) que se listan en lo que sigue.

- (i) Miembros resistentes par automóviles, tales como los brazos inferiores de las suspensiones de los automóviles o los pedales de freno.
- (ii) Miembros de refuerzo para automóviles, tales como diversos tipos de refuerzo y tirantes.
- (iii) Miembros estructurales para automóviles, tales como parachoques, vigas para impactos en puertas, miembros laterales, miembros de montura de la suspensión, pilares y estribos laterales.
- (iv) Bastidores o cigüeñales para automóviles, motocicletas o similares.
- (v) Miembros de refuerzo para trenes, tales como coches eléctricos, y partes del bogie (bastidores de bogie, vigas diversas y elementos similares).
- (vi) Componentes de armazón para miembros de refuerzo para cascos de barco.
- (vii) Miembros resistentes, miembros de refuerzo o miembros estructurales de aparatos eléctricos domésticos.

#### EJEMPLO

Utilizando un aparato de fabricación en el que se aplicó la bobina de calentamiento por inducción 10 mostrada en la Figura 1 en el aparato de fabricación 0 que se ha mostrado en la Figura 6, y un aparato de fabricación en el que se aplicó el ejemplo comparativo de una bobina de calentamiento por inducción 5, mostrada en la Figura 7, al aparato de fabricación 0 que se ha mostrado en la Figura 6, se llevó a cabo un calentamiento por inducción en un tubo de acero 1 hecho de simple acero y que tenía un diámetro exterior de 31,8 mm y un espesor de pared de 1,8 mm, al tiempo que se suministraba el tubo de acero 1 según su dirección axial, sin rotación, a una velocidad de alimentación de 80 mm/s, al hacerlo pasar a través del interior de la bobina de calentamiento por inducción 10, o de la 5. Se montaron una pluralidad de termopares en dos posiciones P1 y P2 según la dirección circunferencial del tubo de acero 1, y se midió la temperatura del tubo de acero 1 durante el calentamiento, al tiempo que se suministraba el tubo de acero 1.

La Figura 4 es un gráfico que muestra los resultados para el ejemplo de la presente invención, y la Figura 5 es un gráfico que muestra los resultados para el ejemplo comparativo.

Las posiciones de medición eran las posiciones P1 y P2, mostradas en los gráficos de las Figuras 4 y 5. La posición P1 era una posición en una región dispuesta entre la primera porción aislante 11b y la segunda porción aislante 12b, en un corte seccional transversal. Es decir, en el ejemplo comparativo de bobina de calentamiento por inducción 5, se trataba de una posición en la que el número efectivo de vueltas de bobina era 1. La posición P2 era una posición separada por un ángulo central de 90° con respecto a la posición P1, medido desde el centro del cuerpo 11. Las líneas continuas de los gráficos de las Figuras 4 y 5 muestran los resultados de la medición en la posición P1, y las líneas discontinuas muestran los resultados de la medición en la posición P2.

La ordenada T de los gráficos de las Figuras 4 y 5 muestra la temperatura (°C) del tubo de acero 1, y la abscisa SP

muestra la posición de alimentación (mm) según la dirección axial del tubo de acero 1.

5 Como se muestra en el gráfico de la Figura 5, la diferencia de temperaturas según la dirección circunferencial del tubo de acero del ejemplo comparativo fue aproximadamente 260°C, en tanto que, como se muestra en el gráfico de la Figura 4, en el ejemplo de la presente invención, la diferencia de temperaturas según la dirección circunferencial del tubo de acero 1 se redujo a aproximadamente 80°C.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Una bobina de calentamiento para llevar a cabo un calentamiento por inducción de un material metálico alargado al tiempo que experimenta un movimiento relativo con respecto al material metálico, sin rotación del material metálico, de tal manera que
- 10 la bobina de calentamiento tiene al menos un primer cuerpo (11) de bobina de una vuelta, configurado para rodear la periferia exterior del material metálico (1) según una dirección circunferencial, y para estar separado del material metálico (1), y que tiene una primera porción aislante (11b) y un conductor eléctrico,
- 15 un segundo cuerpo (12) de bobina de una vuelta, que está dispuesto en paralelo con el primer cuerpo (11) de bobina de una vuelta, según una dirección axial del material metálico (1), y se ha configurado para estar separado del material metálico (1), y que tiene sustancialmente la misma forma periférica interior que el primer cuerpo (11) de bobina de una vuelta, y tiene una segunda porción aislante (12b) y un segundo conductor eléctrico, y
- 20 una porción (14) de conexión de cuerpo, que conecta una primera porción adjunta (11c), que se encuentra adjunta a la primera porción aislante (11b) en la dirección circunferencial, y una segunda porción adjunta (12c), que se encuentra adjunta a la segunda porción aislante (12b) en la dirección circunferencial,
- caracterizada por que**, cuando la longitud no efectiva de bobina es  $L_n$  y la longitud interior de bobina  $L_0$ , entonces  $L_n/L_0$  es, a lo sumo, 0,05, siendo la longitud no efectiva de bobina,  $L_n$ , la longitud a lo largo de la periferia interior de la bobina para la que el número efectivo de vueltas que tienen una longitud en la dirección circunferencial es menor que el número total de vueltas para la bobina.
- 25 2. Una bobina de calentamiento de acuerdo con la reivindicación 1, en la cual la primera porción adjunta (11c) y la segunda porción adjunta (12c) se encuentran en posiciones separadas por un ángulo central de entre  $5^\circ$  y  $45^\circ$ , medido desde el centro del primer cuerpo (11) de bobina de una vuelta o del segundo cuerpo (12) de bobina de una vuelta.
- 30 3. Una bobina de calentamiento de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende, adicionalmente, un primer cuerpo (11) de bobina de una vuelta, configurado de manera que rodea la periferia exterior del material metálico (2) según una dirección circunferencial, y de modo que está separado del material metálico (1), comprendiendo el cuerpo (11) de bobina de una vuelta una primera porción aislante (11b) y un primer conductor eléctrico,
- 35 un segundo cuerpo (12) de bobina de una vuelta, dispuesto en paralelo con el primer cuerpo (11) de bobina de una vuelta, en una dirección axial del material metálico (1), y de manera que está separado del material metálico (1), de tal modo que el segundo cuerpo (12) de bobina de una vuelta tiene sustancialmente la misma forma periférica interior que el primer cuerpo (11) de bobina de una vuelta, y tiene una segunda porción aislante (12b) y un segundo conductor eléctrico, y
- 40 una porción (14) de conexión de cuerpo, la cual conecta una primera porción adjunta (11c) que esta situada adjunta a la primera porción aislante (11b) según la dirección circunferencial, y una segunda porción adjunta (12c), que está situada adjunta a la segunda porción aislante (12b) en la dirección circunferencial.
- 45 4. Un aparato de fabricación de un miembro trabajado, **caracterizado por que** comprende:
- una bobina de calentamiento por inducción (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, un mecanismo de enfriamiento (23) para enfriar un material metálico (1) que se ha sometido a un calentamiento por inducción por la bobina de calentamiento por inducción (10), al tiempo que experimenta un movimiento relativo con respecto al material metálico (1), conjuntamente con la bobina de calentamiento por inducción (10), por lo que se forma en el material metálico (1) una porción a alta temperatura que se mueve en la dirección axial del material metálico (1); y
- 50 un mecanismo de trabajo (24, 29) para aplicar un momento flector a la porción a alta temperatura.
- 55 5. Un método para fabricar un miembro trabajado, **caracterizado por** realizar un calentamiento por inducción de un material metálico alargado (1) que no está rotando alrededor de su eje central, utilizando la bobina de calentamiento por inducción (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, al tiempo que se lleva a cabo un movimiento relativo de la bobina de calentamiento por inducción (10) en la dirección axial del material metálico (1), con respecto al material metálico, enfriar el material metálico (1) que se ha sometido a calentamiento por inducción por la bobina de calentamiento por inducción (10), con un mecanismo de enfriamiento (23) que experimenta un movimiento relativo con respecto al material metálico (1), conjuntamente con la bobina de calentamiento por inducción (1), de tal manera que se forma una porción a alta temperatura en el material metálico (1), que se mueve en la dirección axial del material metálico (1), y aplicar seguidamente un momento flector a la porción a alta temperatura del material metálico (1).
- 60

Fig. 1

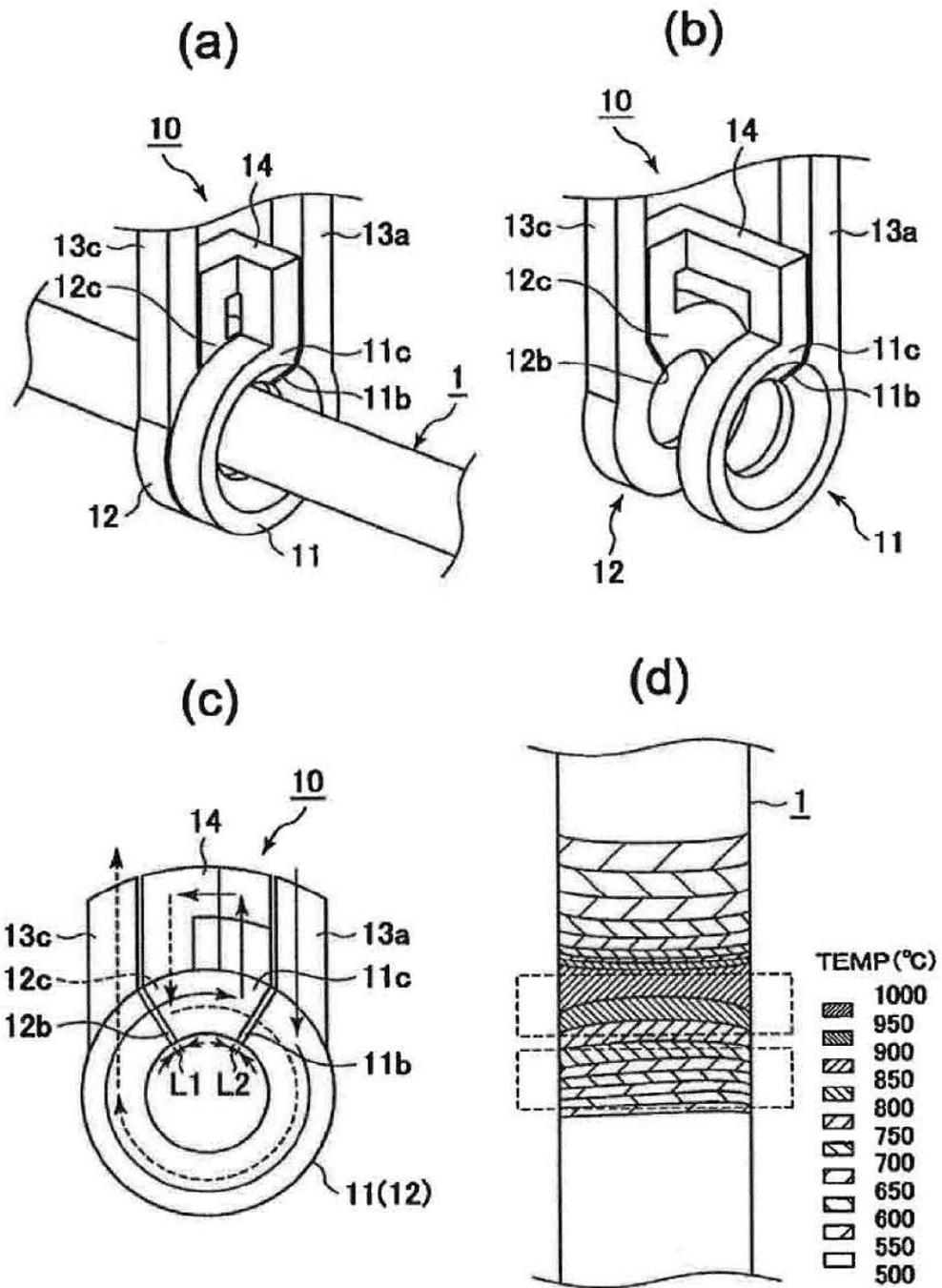


Fig. 2

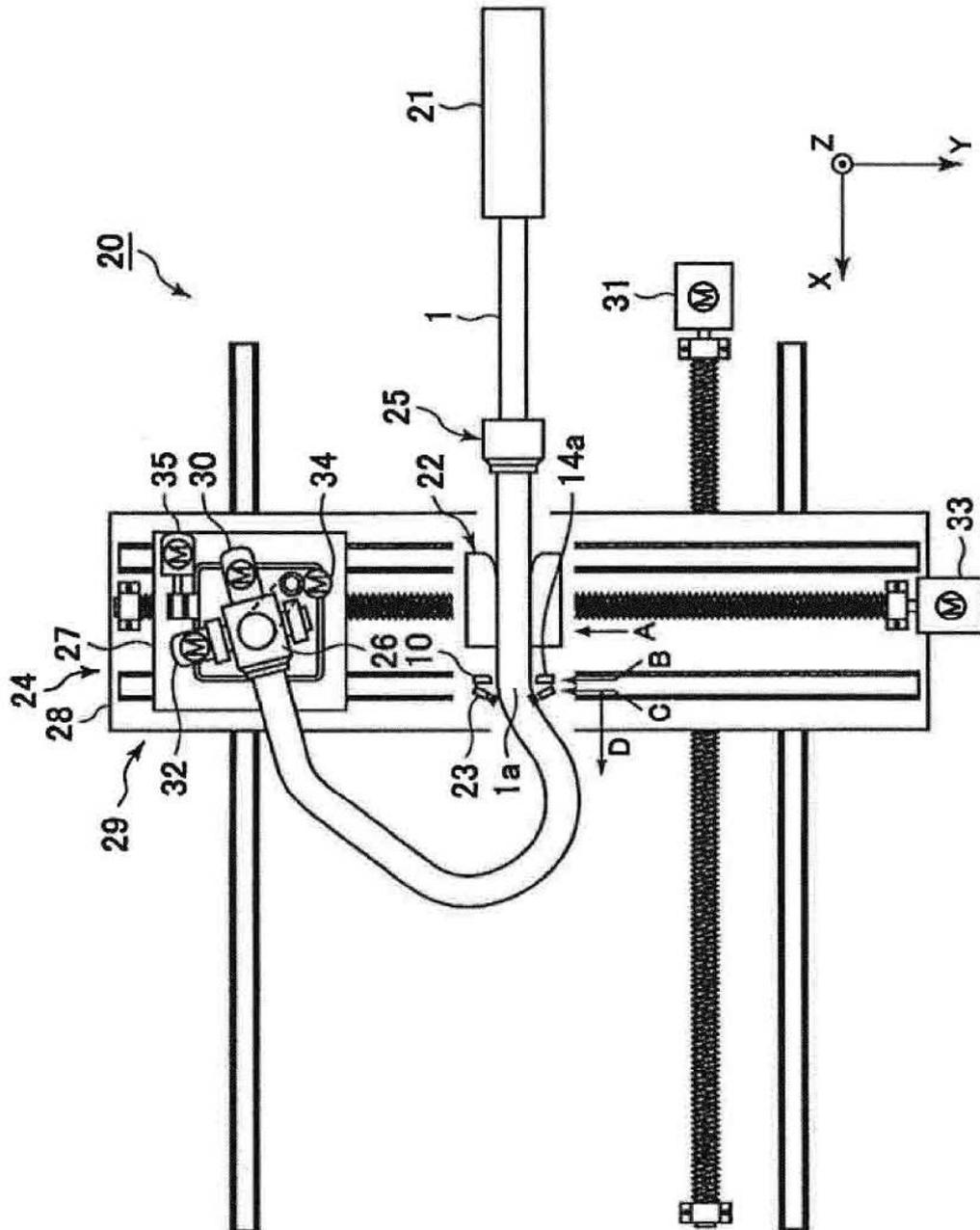


Fig. 3

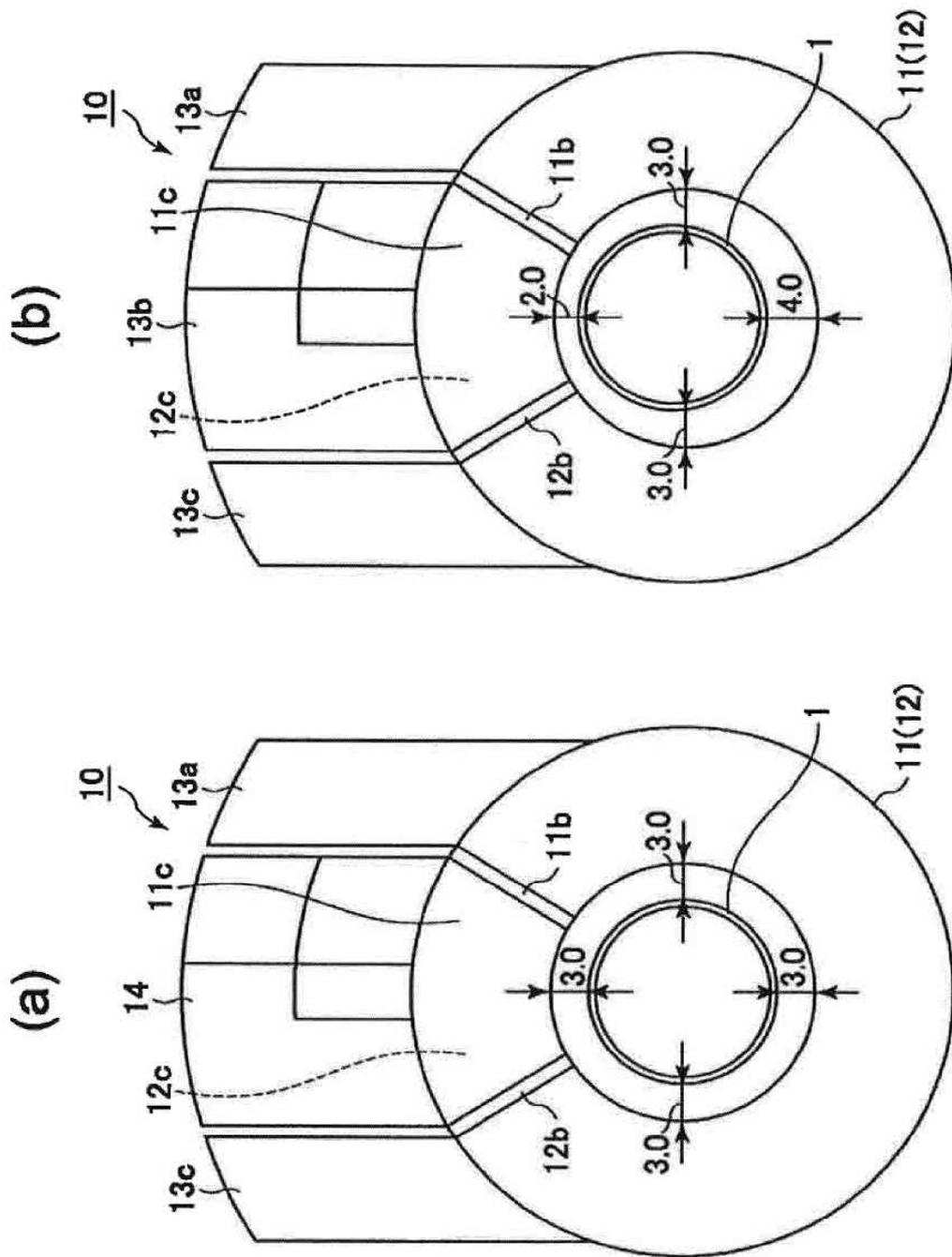


Fig. 4

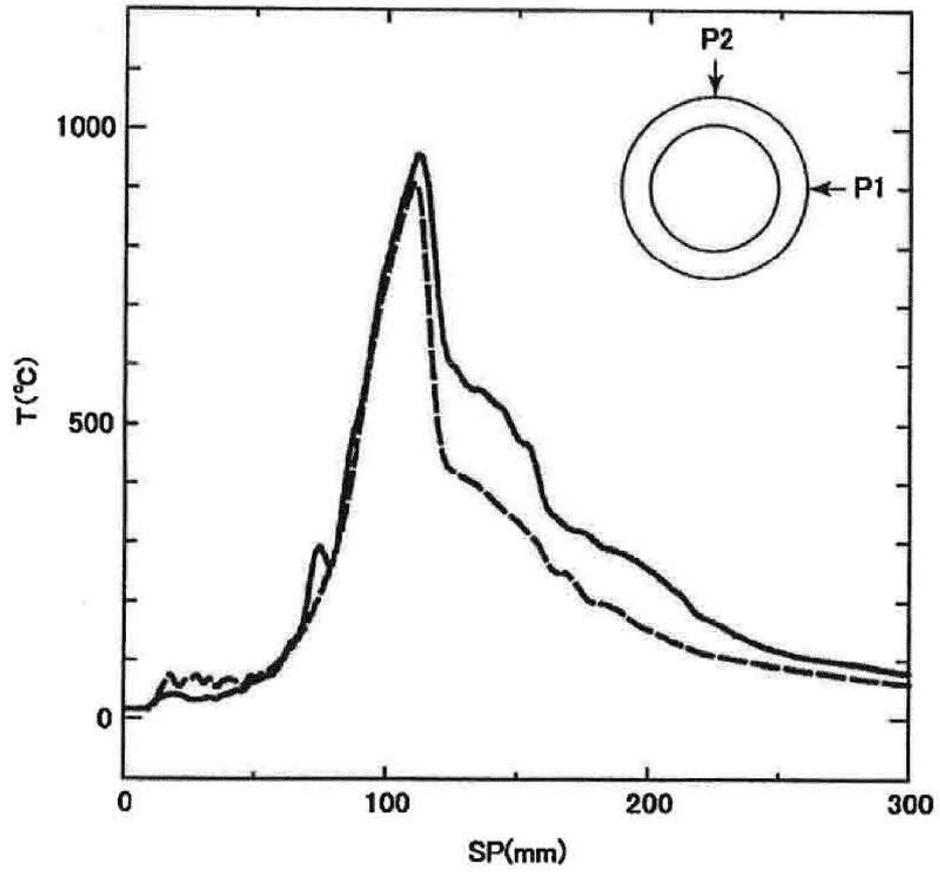


Fig. 5

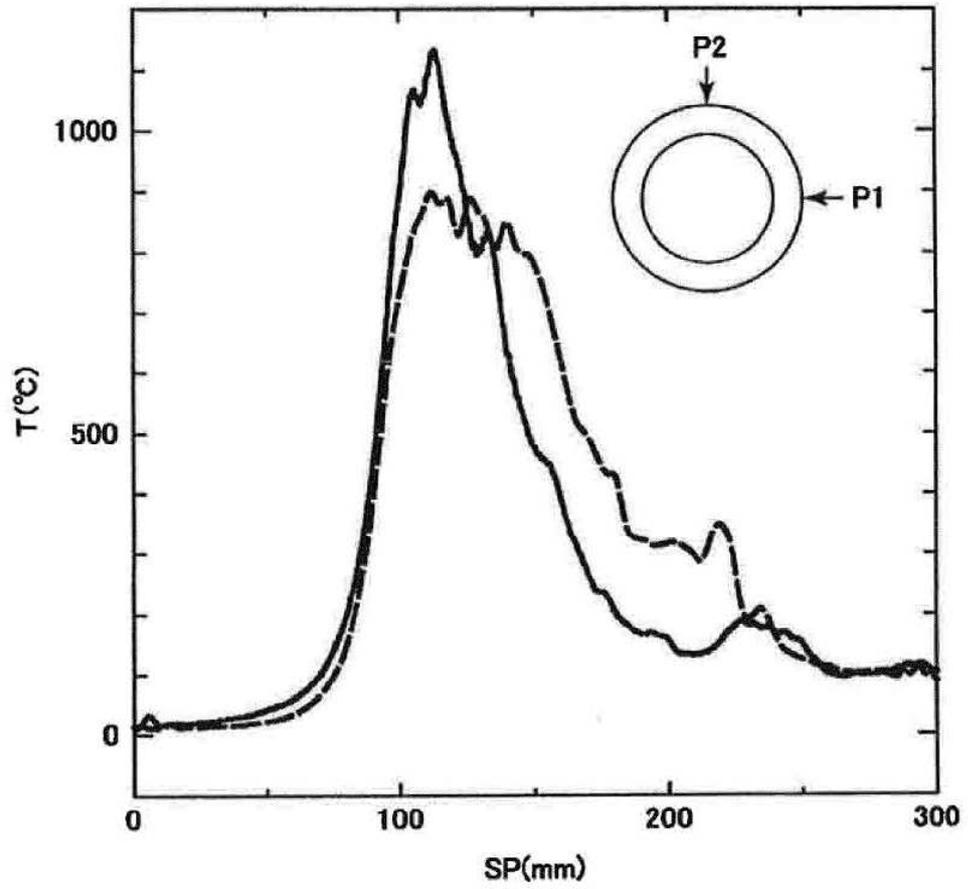


Fig. 6

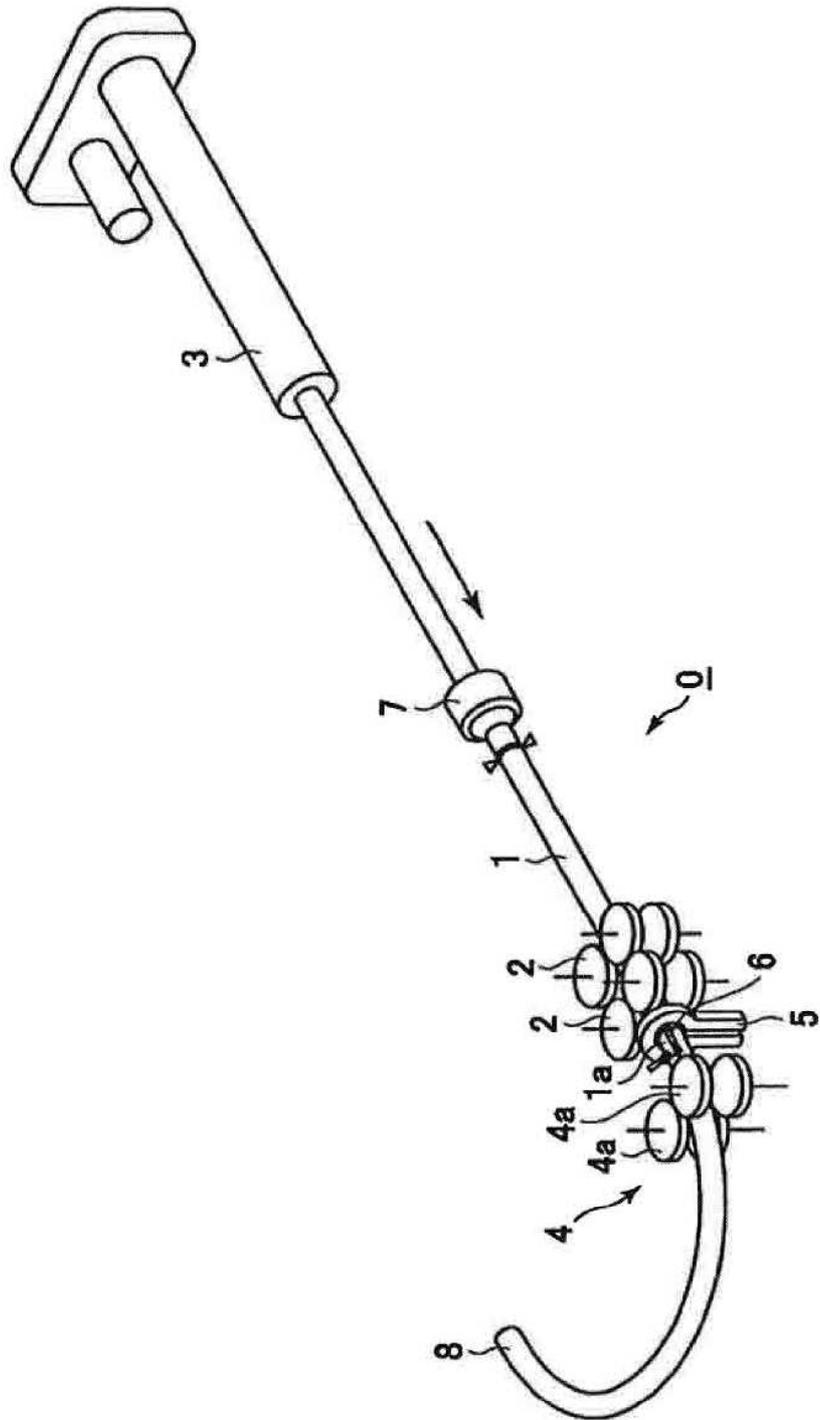


Fig. 7

