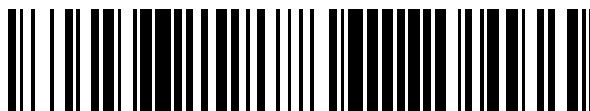


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 667**

51 Int. Cl.:

C21D 6/00	(2006.01)	C22C 38/00	(2006.01)
C21D 7/02	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)
C21D 7/10	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)
C21D 9/08	(2006.01)	C22C 38/42	(2006.01)
C21D 8/10	(2006.01)	C22C 38/44	(2006.01)
B21B 19/06	(2006.01)	F16L 9/02	(2006.01)
B21D 3/02	(2006.01)		
B21B 19/04	(2006.01)		
B21C 1/00	(2006.01)		
C21D 9/14	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2012 PCT/JP2012/057041**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.09.2012 WO12128258**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2012 E 12759950 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2019 EP 2690188**

54 Título: **Conducto de aleación de sistema austenítico y método de fabricación del mismo**

30 Prioridad:

24.03.2011 JP 2011065895

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

06.05.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SAWAWATARI, NAOKI;
KURODA, KOUICHI;
SUWABE, HITOSHI y
UEYAMA, MASAKI**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 711 667 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

Conducto de aleación de sistema austenítico y método de fabricación del mismo

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un conducto de aleación y a un método para producir el mismo y, más particularmente, a un conducto de aleación austenítica y a un método para producir el mismo.

10 **Antecedentes de la técnica**

Para los pozos petroleros y los pozos de gas (en esta descripción, los pozos petroleros y los pozos de gas se denominan generalmente "pozos petroleros"), se utilizan materiales tubulares para pozos de petróleo. Dado que los pozos petroleros tienen ambientes corrosivos, se requiere que los materiales tubulares para pozos de petróleo sean resistentes a la corrosión. Por otra parte, una aleación austenítica representada por un acero inoxidable austenítico tiene una excelente resistencia a la corrosión. Por lo tanto, el conducto de aleación austenítica se utiliza como los materiales tubulares para pozos de petróleo.

Los materiales tubulares para pozos de petróleo incluyen dos tipos: tubería de entubado y tubería de producción. La tubería de entubado se inserta en el pozo. Entre la tubería de entubado y una pared del pozo, se rellena cemento y, por lo tanto, la tubería de entubado se fija en el pozo. La tubería de producción se inserta en la tubería de entubado para permitir que fluya un fluido producido, tal como aceite o gas.

Los materiales tubulares para pozos de petróleo también deben tener una alta resistencia además de la excelente resistencia a la corrosión. El grado de resistencia de los materiales tubulares para pozos de petróleo se define generalmente en términos de límite elástico en tracción en la dirección axial del conducto. El usuario de materiales tubulares para pozos de petróleo deduce los ambientes (presión de estrato, temperatura y presión del fluido producido) del pozo a perforar a partir de una perforación con carácter exploratorio y un estudio geológico, y selecciona materiales tubulares para pozos de petróleo de un grado de resistencia duradero.

"Temperature and texture effects on properties for CRA's, Corrosion 92 The NACE Annual Conference and Corrosion Show Paper No. 58" describe que para el conducto de aleación resistente a la corrosión trabajado en frío, el límite elástico en compresión en la dirección axial del conducto es inferior al límite elástico en tracción en la dirección axial del conducto. Como se ha descrito anteriormente, el grado de resistencia de los materiales tubulares para pozos de petróleo se define generalmente en términos de límite elástico en tracción. Por lo tanto, la diferencia entre el límite elástico en compresión y el límite elástico en tracción es preferentemente menor.

Los documentos JP10-80715A y JP11-57842A proponen producir métodos para mejorar el límite elástico en compresión en la dirección axial del conducto.

El documento JP10-80715A se describe como se describe a continuación. En el método para producir un tubo de acero descrito en este documento de patente, la relación Q de la relación de trabajo del espesor de la pared a la relación de trabajo del diámetro exterior ($Q = R_T/R_D$: R_T es la reducción del área del espesor de la pared, R_D es la reducción del área del diámetro exterior) en el tiempo de trabajo en frío se regula a 1,5 o menos. De este modo, se puede obtener un tubo de acero con una excelente resistencia a la compresión en la dirección axial del tubo. Específicamente, la resistencia a la compresión en la dirección axial del tubo del tubo de acero es del 80 % o más de la resistencia a la tracción (0,2 % de límite elástico).

El documento JP11-57842A se describe como se describe a continuación. En el método para fabricar un conducto de acero desvelado en este documento de patente, un conducto de acero trabajado en frío se somete a un tratamiento térmico a una temperatura de 200 a 400 °C. La resistencia a la compresión en la dirección axial del conducto se mejora con el tratamiento térmico ya que la dislocación introducida en el acero por trabajo en frío se reubica mediante el tratamiento térmico. Específicamente, con el método de fabricación de este documento de patente, la resistencia a la compresión en la dirección axial del conducto del conducto de acero llega a ser de 80 % o más de la resistencia a la tracción (0,2 % de límite elástico).

El documento EP-A1-1.541.252 desvela un conducto de acero UOE formado por el método de producción UOE y un método para formar este conducto de acero UOE, dicho conducto de acero UOE en el que una relación entre la compresión y la tracción del límite elástico en la dirección circunferencial está al menos 1,05 cerca de la superficie interior y está al menos 0,9 a no más de 1,0 desde el centro del espesor de la placa hasta la superficie exterior.

El documento JP 2005-015823 desvela un conducto de acero de alta resistencia para una canalización que tiene una excelente capacidad de deformación, en el que la relación entre el límite elástico LE_L en la dirección longitudinal del conducto de acero y el límite elástico LE_C en la dirección circunferencial, LE_L/NS_C , es del 70 al 95 %. El conducto de acero comprende cantidades adecuadas de C, Si, Mn, P, S, Nb, Ti, LC Al y N, y comprende además uno o más tipos de metales seleccionados entre Ni, Mo, Cr, Cu, V, B, Ca, metales de las tierras raras y Mg. El conducto de

acero tiene una microestructura que consiste en 30 a 80 % de ferrita en una relación de área, y el resto de martensita y/o bainita, y preferentemente tiene un LE_C de ≥ 80 psi. En el método de producción, una plancha se calienta a ≥ 850 °C, se lamina en caliente, se enfría con aire a ≤ 500 °C, se recalienta a partir de entonces de 740 a 850 °C, y se enfría a ≤ 400 °C a ≥ 10 °C/s. El conducto puede ser expandido de 0,8 a 3 %.

5 El documento EP-A1-2.163.655 desvela un método para fabricar un conducto de alta aleación que comprende conformar, mediante trabajo en caliente, un conducto de material de alta aleación que tiene una composición química que consiste, en porcentaje en masa, en C: 0,03 % o menos, Si: 1,0 % o menos, Mn: 0,05 a 1,5 %, P: 0,03 % o menos, S: 0,03% o menos, Ni: más del 22 % y no más del 40 %, Cr: 20 a 30 %, Mo: no menos de 0,01 % y
10 menos de 4,0 %, Cu: 0 a 4,0 %, Al: 0,001 a 0,30 %, N: más de 0,05 % y no más de 0,30 %, y O: 0,010 % o menos, el resto es Fe e impurezas, y que cumple con la fórmula (1) para el producto del contenido de N y el contenido de O, y posteriormente se realiza el trabajo en frío para formar el conducto de alta aleación, en el que el proceso de trabajo en frío final se realiza bajo la condición de que una relación de trabajo R_d en la reducción de áreas cumple con la fórmula (2):

$$15 \quad N \times O \leq 0,001 \dots (1)$$

$$15 \leq R_d (\%) \leq 370 \times (C+N) \dots (2)$$

en la que N, O y C son los contenidos (en porcentaje de masa) de los elementos respectivos, y R_d es la relación de trabajo (%) en la reducción de áreas. El conducto de alta aleación también puede contener uno o más de Ca, Mg y
20 elementos de tierras raras.

El documento JP 63-210236 desvela una tarraja de pozo petrolero de tubo de acero sin soldadura o conducto soldado por resistencia que se somete a un tratamiento de enfriado y templado y que luego se somete a un enderezado a una aspiración ≤ 5 % y a un tratamiento térmico a 200-500 °C o, en lugar de enderezado en frío y
25 tratamiento térmico, para calentar el enderezado a 200-500 °C. Mediante estos tratamientos anteriores, se puede mejorar en gran medida una alta relación de rendimiento asegurada por medio del tratamiento de enfriado y templado, y se puede obtener el tubo de pozo petrolero de alto colapso que tiene una resistencia ácida en la que la resistencia de SSC se une a la resistencia al colapso a un nivel elevado.

30 **Divulgación de la invención**

En el caso de que un conducto de aleación austenítica se utilice como materiales tubulares para pozos de petróleo, la distribución de las tensiones aplicadas a los materiales tubulares para pozos de petróleo varía de acuerdo con el
35 entorno de uso de los materiales tubulares para pozos de petróleo. Por lo tanto, incluso si se utilizan los materiales tubulares para pozos de petróleo cuyo límite elástico en compresión en la dirección axial del conducto se ha mejorado mediante los métodos de producción descritos en los documentos de patentes descritos anteriormente, dependiendo del entorno de uso de los materiales tubulares para pozos de petróleo, se puede aplicar una mayor tensión desde una dirección diferente a la dirección axial del conducto. Por lo tanto, es preferible que los materiales tubulares para pozos de petróleo sean duraderos contra tal tensión. Además, en los métodos de producción
40 descritos en los documentos de patentes descritos anteriormente, la diferencia entre el límite elástico en compresión y el límite elástico en tracción en la dirección axial del conducto del conducto de aleación austenítica puede no ser lo suficientemente pequeña en algunos casos.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un método para producir un conducto de aleación austenítica
45 que sea duradero incluso si se aplica una distribución de tensión diferente de acuerdo con el entorno de uso.

El conducto de aleación austenítica descrito en lo sucesivo tiene un límite elástico de al menos 689,1 MPa. El límite elástico en tracción LE_{LT} (MPa) en la dirección axial del conducto de la aleación, el límite elástico en compresión LE_{LC} (MPa) en la dirección axial del conducto del mismo, el límite elástico en tracción LE_{CT} (MPa) en la dirección
50 circunferencial del conducto del conducto de aleación, y el límite elástico en compresión LE_{CC} (MPa) en la dirección circunferencial del mismo cumple con las fórmulas (1) a (4),

$$0,90 \leq LE_{LC}/LE_{LT} \leq 1,11 \quad (1)$$

$$0,90 \leq LE_{CC}/LE_{CT} \leq 1,11 \quad (2)$$

$$0,90 \leq LE_{CC}/LE_{LT} \leq 1,11 \quad (3)$$

$$0,90 \leq LE_{CT}/LE_{LT} \leq 1,11 \quad (4)$$

en la que la reducción de áreas en el momento del trabajo en frío es 15,0 % o más.

- 5 El conducto de aleación austenítica tiene una baja anisotropía de límites elásticos debido a que se cumplen con las Fórmulas (1) a (4). Por lo tanto, el conducto de aleación austenítica de acuerdo con la presente invención es duradero incluso si se aplica una distribución de tensión diferente de acuerdo con el entorno de uso.

- 10 El conducto de aleación austenítica tiene una composición química que comprende, en porcentaje en masa, C: a lo sumo 0,03 %, Si: a lo sumo 1,0 %, Mn: 0,3 a 5,0 %, Ni: 23 a 52 %, Cr: 20 a 30 %, N: 0,005 a 0,50 %, Mo: a lo sumo 9 % y Cu: a lo sumo 3 %, el resto es Fe e impurezas.

- 15 El conducto de aleación austenítica puede comprender, en lugar de una determinada cantidad de Fe, uno o más tipos seleccionados entre un grupo que consiste, en porcentaje en masa, en Ca: a lo sumo 0,01 %, Mg: a lo sumo 0,01 % y metales de las tierras raras (MTR): a lo sumo 0,20 %.

- 20 El método para producir un conducto de aleación austenítica de acuerdo con la presente invención incluye: un proceso de producción de un conducto de material de aleación austenítica que consiste, en porcentaje en masa, en: C: a lo sumo 0,03 %, Si: 0,1 a 1,0 %, Mn: 0,3 a 5,0 %, Ni: 23 a 52 %, Cr: 20 a 30 %, N: 0,005 a 0,50 %, Mo: 1,5 a 9 %, y Cu: 0,5 a 3 %, y opcionalmente al menos un tipo seleccionado entre un grupo que consiste, en porcentaje en masa, en Ca: a lo sumo 0,01 %, Mg: a lo sumo 0,01 %, and MTR (metales de las tierras raras): a lo sumo 0,20 %, el resto es Fe e impurezas; un proceso para el trabajo en frío del conducto de material y un proceso de producción de un conducto de aleación austenítica, en el cual al someter el conducto de material trabajado en frío a un enderezado con una relación de machacado de 2,0 a 15,0 % a un tratamiento térmico a baja temperatura de 300 a 550 °C durante al menos 5 minutos, el conducto de aleación es proporcionado con un límite elástico en tracción LE_{LT} de al menos 689,1 MPa en una dirección axial del conducto del conducto de aleación, y en el que para el conducto de aleación, el límite elástico en tracción LE_{LT} , un límite elástico en compresión LE_{LC} (MPa) en la dirección axial del conducto, un límite elástico en tracción LE_{CT} (MPa) en la dirección circunferencial del conducto, y un límite elástico en compresión LE_{CC} (MPa) en la dirección circunferencial del conducto cumple con las Fórmulas (1) a (4),

30

$$0,90 \leq LE_{LC}/LE_{LT} \leq 1,11 \quad (1)$$

$$0,90 \leq LE_{CC}/LE_{CT} \leq 1,11 \quad (2)$$

$$0,90 \leq LE_{CC}/LE_{LT} \leq 1,11 \quad (3)$$

$$0,90 \leq LE_{CT}/LE_{LT} \leq 1,11 \quad (4)$$

- 35 en la que el proceso de producción del conducto de material de aleación austenítica está comprendido por trabajo en frío, y el conducto de material se produce a partir de una palanquilla redonda (i) por un método de producción del conducto de extrusión representado por el proceso de Ugine-Sejourmet o (ii) por el proceso de fabricación de un conducto de Mannesmann, el proceso de trabajo en frío del conducto de material se realiza bien por estirado en frío o bien por laminación en frío, y la reducción del área en el momento del trabajo en frío es 15,0 % o más.

- 40 El conducto de aleación austenítica producido por el método de la presente invención tiene una baja anisotropía de límites elásticos, y por lo tanto es duradero incluso si se aplica una distribución de tensión diferente de acuerdo con el entorno de uso.

Breve descripción de los dibujos

- 45 La Figura 1 es una vista esquemática de un pozo petrolero y materiales tubulares para pozos de petróleo;
La Figura 2 es una vista en sección de los materiales tubulares para pozos de petróleo que se muestran en la Figura 1;
La figura 3 es otra vista en sección de los materiales tubulares para pozos de petróleo que se muestran en la Figura 1, que es diferente de la Figura 2;

La Figura 4 es una vista esquemática para explicar el trabajo en frío de un conducto de aleación;

La Figura 5 es una vista esquemática para explicar el comportamiento de la dislocación dentro de un grano de cristal del conducto de aleación mostrado en la Figura 4;

5 La Figura 6 es una vista esquemática para explicar el comportamiento de la dislocación dentro de un grano de cristal cuando se aplica una carga de compresión a un conducto de aleación trabajado en frío;

La Figura 7 es una vista esquemática para explicar el comportamiento de la dislocación dentro de un grano de cristal cuando se realiza un enderezado en un conducto de aleación trabajado en frío;

10 La Figura 8 es un gráfico que muestra la relación entre la temperatura del tratamiento térmico en el tratamiento térmico a baja temperatura y el límite elástico en tracción y el límite elástico en compresión en la dirección axial del conducto;

La Figura 9 es una vista esquemática de una enderezadora; y

La Figura 10 es una vista frontal de un soporte de la enderezadora que se muestra en la Figura 9.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

15 Una realización de la presente invención se describirá ahora en detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Los mismos símbolos se aplican a elementos iguales o equivalentes, y la explicación de los mismos no se repite. En adelante, el símbolo "%" relativo al contenido de cada elemento significa "porcentaje en masa".

20 Los presentes inventores realizaron varios estudios y exámenes y obtuvieron los hallazgos descritos a continuación.

Los materiales tubulares para pozos de petróleo utilizados como una tubería de entubado o de producción reciben una carga de tracción y una carga de compresión en la dirección axial del conducto. La Figura 1 es una vista esquemática de un pozo petrolero y materiales tubulares para pozos de petróleo. Con referencia a la Figura 1, se insertan materiales tubulares para pozos de petróleo 101 en un estrato 100. El extremo inferior de los materiales tubulares para pozos de petróleo 101 está dispuesto en un pozo petrolero 102. En este momento, los materiales tubulares para pozos de petróleo 101 reciben una carga de tracción en la dirección axial del conducto debido al peso propio del conducto. Además, un fluido 103 producido fluye en los materiales tubulares para pozos de petróleo 101. Dado que el fluido 103 producido tiene una temperatura elevada, los materiales tubulares para pozos de petróleo 101 se expanden térmicamente. Por lo general, los extremos superior e inferior de los materiales tubulares para pozos de petróleo 101 son fijos. Por lo tanto, cuando se hace que el fluido 103 producido fluya en los materiales tubulares para pozos de petróleo 101, los materiales tubulares para pozos de petróleo 101 reciben una carga de compresión en la dirección axial del conducto. Por ende, los materiales tubulares para pozos de petróleo reciben la carga de tracción y la carga de compresión en la dirección axial del conducto.

35 Además, se requiere que los materiales tubulares para pozos de petróleo tengan resistencia a la presión interna y una resistencia a la presión externa. La Figura 2 es una vista en sección de los materiales tubulares para pozos de petróleo 101 que se muestran en la Figura 1. Con referencia a la Figura 2, cuando se hace que el fluido 103 producido fluya en los materiales tubulares para pozos de petróleo 101, se aplica una presión interna PI a los materiales tubulares para pozos de petróleo 101 mediante el fluido 103 producido. Por medio de esta presión interna PI, se aplica una carga de tracción FT en la dirección circunferencial del conducto de los materiales tubulares para pozos de petróleo 101. Es más, debido a la carga de tracción FT en la dirección circunferencial del conducto, se aplica una carga de compresión en la dirección axial del conducto.

45 Del mismo modo, en referencia a la Figura 3, en el caso de que los materiales tubulares para pozos de petróleo 101 sean una tubería de entubado, se aplica una presión de estrato PO, que es una presión externa, a la superficie exterior de los materiales tubulares para pozos de petróleo 101. Mediante este estrato de presión PO, se aplica una carga de compresión FI en la dirección circunferencial del conducto de los materiales tubulares para pozos de petróleo 101. Debido a la carga de compresión FI, se aplica una carga de tracción en la dirección axial del conducto.

50 Dicha distribución de tensión también cambia en función del lugar de disposición de los materiales tubulares para pozos de petróleo. Por ejemplo, en el momento de la perforación, se excava una tubería de producción y ésta avanza hacia adelante en el terreno mientras gira alrededor del eje del conducto. En este momento, la parte más frontal del borde de la tubería de producción recibe repetidamente una carga de tracción y una carga comprimida en la dirección axial del conducto. Además, los materiales tubulares para pozos de petróleo dispuestos cerca de la superficie de la tierra están sujetos a una carga de tracción en la dirección axial del conducto, y también reciben una alta presión interna.

60 Por lo tanto, se requiere que el conducto de aleación austenítica utilizada como materiales tubulares para pozos de petróleo no solo tenga límites elásticos equilibrados en la dirección axial del conducto, sino también que tenga resistencia a la presión interna y resistencia a la presión externa.

65 Para que el conducto de aleación austenítica logre estas propiedades, la anisotropía del límite elástico en tracción y el límite elástico en compresión en la dirección axial del conducto y la dirección circunferencial del conducto de la aleación solo tiene que reducirse.

Para que la anisotropía sea inferior, el enderezado se realiza en el conducto de aleación trabajado en frío utilizando una enderezadora con rodillo de inclinación, y el tratamiento térmico a baja temperatura se realiza a una temperatura de 300 a 550 °C. Al realizar un enderezado y un tratamiento térmico a baja temperatura, la anisotropía de los límites elásticos del conducto de aleación austenítica producido se reduce. Específicamente, el límite elástico en tracción LE_{LT} (MPa) en la dirección axial del conducto del conducto de aleación, el límite elástico en compresión LE_{LC} (MPa) en la dirección axial del conducto del mismo, el límite elástico en tracción LE_{CT} (MPa) en la dirección circunferencial del conducto del conducto de aleación, y el límite elástico en compresión LE_{CC} (MPa) en la dirección circunferencial del conducto del mismo cumplen con las fórmulas (1) a (4)

$$0,90 \leq LE_{LC}/LE_{LT} \leq 1,11 \quad (1)$$

$$0,90 \leq LE_{CC}/LE_{CT} \leq 1,11 \quad (2)$$

$$0,90 \leq LE_{CC}/LE_{LT} \leq 1,11 \quad (3)$$

$$0,90 \leq LE_{CT}/LE_{LT} \leq 1,11 \quad (4)$$

La razón por la cual la anisotropía de los límites elásticos del conducto de aleación austenítica se reduce al realizar un enderezado utilizando una enderezadora con rodillo de inclinación y el tratamiento térmico a baja temperatura se supone como se describe a continuación.

El trabajo en frío alarga el conducto de aleación en la dirección axial al tiempo que reduce el diámetro del mismo. Por lo tanto, el trabajo en frío introduce una deformación por tracción en la dirección axial del conducto de aleación, e introduce una deformación por compresión en la dirección circunferencial. Como se muestra en la Figura 4, se presta atención a cualquier grano de cristal 10 en un conducto de aleación 1. Cuando se realiza el trabajo en frío, se aplica una carga de tracción FT en la dirección axial del conducto del conducto de aleación 1. Como resultado, como se muestra en la Figura 5, una pluralidad de dislocaciones 12 ocurren en un sistema de deslizamiento 11. Las dislocaciones 12 se mueven en la dirección X1 que se muestra en la Figura 5 en el sistema de deslizamiento 11, y se acumulan cerca de un límite de grano LG. Entre las dislocaciones acumuladas 12, actúa una fuerza repulsiva FR.

A continuación, se aplica una carga de compresión FI en la dirección axial del conducto del conducto 1 de aleación trabajado en frío. En este caso, como se muestra en la Figura 6, las dislocaciones 12 se mueven en la dirección X2 opuesta a la dirección X1 en el sistema de deslizamiento 11 debido al uso de la fuerza repulsiva FR además de una tensión de carga σ_{FI} basada en la carga de compresión FI. En este caso, el verdadero límite elástico σ_t se define mediante la siguiente fórmula.

$$\sigma_t = \sigma_{FI} + FR$$

Por lo tanto, debido a la fuerza repulsiva FR introducida de antemano por trabajo en frío, las dislocaciones 12 comienzan a estar activas debido a la tensión de carga σ_{FI} inferior al verdadera límite elástico σ_t . De hecho, el efecto Baushinger es provocado por el trabajo en frío, y el límite elástico en compresión LE_{LC} en la dirección axial del conducto disminuye.

El enderezado que utiliza la enderezadora con rodillo de inclinación suprime el efecto Baushinger y mejora el límite elástico en compresión LE_{LC} en la dirección axial del conducto del conducto de aleación de austenítica. La razón de esto no es cierta, pero se presume que es como se describe a continuación.

En el enderezado utilizando la enderezadora con rodillo de inclinación, el conducto de aleación 1 se mantiene entre los rodillos de inclinación y avanza mientras gira alrededor del eje del conducto. En este momento, el conducto de aleación 1 recibe una fuerza externa de la dirección diferente de la dirección de trabajo en frío (principalmente de la dirección radial) a causa de los rodillos de inclinación. Por lo tanto, en el enderezado, como se muestra en la Figura 7, debido a una fuerza externa FO, las dislocaciones 14 se producen en un sistema de deslizamiento 13 diferente del sistema de deslizamiento 11 introducido por trabajo en frío, y se activan.

Las dislocaciones 14 introducidas por enderezado funcionan como dislocaciones de monte en relación con las dislocaciones 12. Además, las dislocaciones 12 y 14 se entrecruzan entre sí y se cortan entre sí. Como resultado, se forman las dislocaciones 12 y 14 que tienen una parte de torsión y una parte de desplazamiento. La parte de torsión y la parte de desplazamiento se forman en una superficie de deslizamiento diferente de otras partes de dislocación. Por lo tanto, los movimientos de las dislocaciones 12 y 14 que tienen la parte de torsión y la parte de desplazamiento están restringidos. Como resultado, incluso si la carga de compresión FI se aplica como se muestra en la Figura 6,

las dislocaciones 12 son menos propensas a moverse, y la disminución del límite elástico en compresión LE_{LC} está restringida.

5 Además, si se realiza un tratamiento térmico a baja temperatura de 300 a 550 °C, la anisotropía de los límites elásticos en la dirección axial del conducto y la dirección circunferencial del conducto de aleación austenítica trabajado en frío se vuelve baja. Se presume que la razón de esto es como se describe a continuación.

10 El conducto de aleación austenítica de acuerdo con la presente invención contiene carbono (C) y nitrógeno (N). Cada uno de estos elementos es más pequeño que los elementos de Fe, Ni y similares. Por lo tanto, C y N se dispersan en la aleación debido al tratamiento térmico a baja temperatura y se adhieren a una parte cerca del núcleo de dislocación. El C y N que se adhieren a la parte cerca del núcleo de dislocación dificultan la actividad de las dislocaciones debido al efecto Cottrell.

15 La Figura 8 es un gráfico que muestra la relación entre el límite elástico en tracción LE_{LT} y el límite elástico en compresión LE_{LC} en la dirección axial del conducto de aleación austenítica y la temperatura de tratamiento térmico (°C). La Figura 8 se obtuvo mediante el método descrito a continuación.

20 Una palanquilla con la composición química de la aleación A en la Tabla 1, descrita más adelante, se trabajó en caliente para producir un conducto de material. El conducto de material fue sometido a un estiramiento en frío. La reducción del área en este momento fue del 24 %. La reducción del área descrita en la presente memoria se definió por la Fórmula (I).

25 Reducción del área =
$$\frac{(\text{Área de la sección transversal del conducto de material antes del trabajo en frío} - \text{Área de la sección transversal del conducto de material después del trabajo en frío})}{\text{Área de la sección transversal del conducto de material antes del trabajo en frío}} \times 100 \quad (I)$$

30 El conducto de aleación trabajado en frío se sometió a un tratamiento térmico a baja temperatura a diversas temperaturas de tratamiento térmico. El tiempo de remojo fue de 10 minutos. Después del tratamiento térmico, se tomaron muestras de un espécimen de ensayo de tracción y un espécimen de ensayo de compresión del conducto de aleación. El tamaño del espécimen de ensayo se determinó de conformidad con las normas ASTM-E8 y ASTM-E9. Al utilizar los especímenes de ensayo muestreados, se llevaron a cabo un ensayo de tracción y un ensayo de compresión a temperatura normal (25 °C) en la atmósfera para determinar el límite elástico en tracción LE_{LT} (MPa) y el límite elástico en compresión LE_{LC} (MPa) en la dirección axial del conducto, por lo que se obtuvo la Figura 8.

35 En la Figura 8, la marca "◆" indica el límite elástico en tracción LE_{LT} en la dirección axial del conducto, y la marca "■" indica el límite elástico en compresión LE_{LC} en la dirección axial del conducto. Con referencia a la Figura 8, si se realiza un tratamiento térmico a baja temperatura, el límite de elasticidad en compresión LE_{LC} en la dirección axial del conducto aumenta por el efecto Cottrell. Por otra parte, el límite elástico en tracción LE_{LT} en la dirección axial del conducto es casi constante a una temperatura de tratamiento térmico de 550 °C o inferior.

40 A partir de los resultados anteriores, se presume que si el tratamiento térmico a baja temperatura se realiza en el intervalo de temperatura de 300 a 550 °C, las dislocaciones introducidas al trabajar antes del tratamiento térmico (en este ejemplo, trabajo en frío) se vuelven menos propensas a ser activas debido al efecto Cottrell. Por lo tanto, el tratamiento térmico a baja temperatura restringe la disminución del límite elástico causado por el efecto Baushinger.

45 Como se ha descrito anteriormente, al realizar un enderezado y un tratamiento térmico a baja temperatura, se puede restringir la disminución del límite elástico causado por el efecto Baushinger, que se produce en el tiempo de trabajo en frío. Específicamente, como se muestra en la Figura 7, al enderezarse, las dislocaciones 14 se forman en el sistema de deslizamiento 13 diferente del sistema de deslizamiento 11 en el tiempo de trabajo frío, por lo que la actividad de las dislocaciones 12 se ve obstaculizada. Además, mediante el tratamiento térmico a baja temperatura, se hace que C y N se adhieran a una parte cerca del núcleo de dislocación para impedir la actividad de las dislocaciones. Sobre la base de los hallazgos descritos anteriormente, se completó la presente invención. A continuación, se describe en detalle el conducto de aleación austenítica de acuerdo con la presente invención.

55 El conducto de aleación de acuerdo con esta realización es un conducto de aleación austenítica. En la aleación austenítica, la microestructura de la misma consiste esencialmente en austenita. Específicamente, la microestructura de la aleación austenítica consiste en austenita e inclusiones y/o precipitados.

60 Preferentemente, el conducto de aleación austenítica tiene una composición química que se describe a continuación.

[Composición química preferible del conducto de aleación austenítica]

C: a lo sumo 0,03 %

65 El carbono (C) aumenta la resistencia de la aleación. Sin embargo, si C está contenido en exceso, los carburos de

ES 2 711 667 T3

Cr se forman en los límites de grano cristalino. Los carburos de Cr aumentan la sensibilidad al agrietamiento de la aleación en los límites de grano. Por lo tanto, el contenido de C es a lo sumo de 0,03 %. El contenido de C es preferentemente inferior al 0,03 %, más preferentemente, a lo sumo de 0,02 %. El límite inferior del contenido de C es preferentemente del 0,001 %, más preferentemente del 0,003 %.

5 Si: 0,10 a 1,0 %

El silicio (Si) es un elemento selectivo. Es decir, Si no necesita necesariamente ser contenido. El silicio desoxida una aleación. Sin embargo, si Si está contenido en exceso, la trabajabilidad en caliente de la aleación disminuye. Por lo tanto, el contenido de Si es a lo sumo de 1,0 %. El contenido de Si preferible es inferior al 1,0 %. El límite superior del contenido de Si es preferentemente del 0,5 %, más preferentemente del 0,4 %. El límite inferior del contenido de Si es preferentemente del 0,10 %.

15 Mn: 0,3 a 5,0 %

El manganeso (Mn) desoxida una aleación. Además, Mn es un elemento formador de austenita, y estabiliza una fase austenítica. Además, Mn aumenta la solubilidad de N en una aleación. Por lo tanto, particularmente cuando se aumenta el contenido de N para mejorar la resistencia de la aleación, Mn impide que se formen aberturas muy pequeñas cerca de la superficie. Sin embargo, si Mn está contenido en exceso, la trabajabilidad en caliente de la aleación disminuye. Por lo tanto, el contenido de Mn es de 0,3 a 5,0 %. El contenido de Mn preferible es superior al 0,3 % e inferior al 5,0 %. El límite superior del contenido de Mn es preferentemente del 3,0 %, más preferentemente del 1,0 %. El límite inferior del contenido de Mn es preferentemente del 0,4 %.

25 Ni: 23 a 52 %

El níquel (Ni) es un elemento formador de austenita y estabiliza una fase austenítica. Además, Ni forma una película de sulfuro de Ni en la superficie de la aleación y mejora la resistencia al agrietamiento por corrosión del sulfuro (resistencia de SSC) de la aleación. Sin embargo, si el contenido de Ni es excesivo, los efectos se saturan. Por lo tanto, el contenido de Ni es de 23 a 52 %. El contenido de Ni preferible es superior al 23 % e inferior al 52 %. El límite superior del contenido de Ni es preferentemente del 50 %, más preferentemente del 40 %. El límite inferior del contenido de Ni es preferentemente del 25 %, más preferentemente del 29 %.

Cr: 20 a 30 %

35 El cromo (Cr) mejora la resistencia del SSC en coexistencia con Ni. Además, Cr aumenta la resistencia de la aleación debido al fortalecimiento del sólido-solución. Por otra parte, si Cr está contenido en exceso, los efectos se saturan y la trabajabilidad en caliente de la aleación disminuye. Por lo tanto, el contenido de Cr es de 20 a 30 %. El contenido de Cr preferible es superior al 20 % e inferior al 30 %. El límite superior del contenido de Cr es preferentemente del 27 %, más preferentemente del 26 %. El límite inferior del contenido de Cr es preferentemente del 23 %, más preferentemente del 24 %.

Mo: 1,5 a 9 %

45 El molibdeno (Mo) es un elemento selectivo. Por lo tanto, Mo no necesita necesariamente ser contenido. Mo mejora la resistencia de SSC de la aleación bajo coexistencia con Cr y Ni. Además, Mo aumenta la resistencia de la aleación debido al fortalecimiento del sólido-solución. Sin embargo, si Mo está contenido en exceso, los efectos se saturan y la capacidad de trabajo en caliente de la aleación disminuye. Por lo tanto, el contenido de Mo es a lo sumo del 9 %. El contenido de Mo preferible es inferior al 9 %. El límite superior del contenido de Mo es preferentemente del 4 %. El límite inferior del contenido de Mo es del 1,5%.

50 Cu: 0,5 a 3 %

El cobre (Cu) es un elemento selectivo. Por lo tanto, no es necesario que el Cu esté contenido. Cu aumenta la resistencia de SSC de la aleación en un ambiente de sulfuro de hidrógeno. Sin embargo, si Cu está contenido en exceso, el efecto se satura y, además, la trabajabilidad en caliente disminuye. Por lo tanto, el contenido de Cu es a lo sumo del 3 %. El contenido de Cu preferible es inferior al 3 %. El límite superior del contenido de Cu es preferentemente del 2 %. El límite inferior del contenido de Cu es del 0,5 %.

N: 0,005 a 0,50 %

60 El nitrógeno (N) aumenta la resistencia de la aleación debido al fortalecimiento del sólido-solución. Para el conducto de aleación austenítica de acuerdo con la presente invención, como se ha descrito anteriormente, el contenido de C se suprime para mejorar la resistencia a la corrosión. Por lo tanto, al contener mucho N en lugar de C, se mejora la resistencia de la aleación. Si se contiene N y se realiza un tratamiento térmico con solución sólida, se puede obtener un conducto de aleación con una alta resistencia. Si se utiliza el conducto de aleación que tiene una alta resistencia, incluso si se realiza un trabajo en frío con una relación de trabajo baja, se puede dar una resistencia deseada al

conducto de aleación trabajado en frío. Sin embargo, si contenido de N es excesivo, las aberturas muy pequeñas pueden formarse cerca de la superficie en el momento de la solidificación de la aleación. Además, N disminuye la trabajabilidad en caliente de la aleación. Por lo tanto, el contenido de N es de 0,005 a 0,50 %. El contenido de N preferible es superior al 0,005 % e inferior al 0,50 %. El límite superior del contenido de N es preferentemente del 0,30 %, más preferentemente del 0,22 %. El límite inferior de contenido de N es preferentemente del 0,05 %, más preferentemente del 0,06 %, y todavía más preferentemente del 0,16 %.

El conducto de aleación austenítica de acuerdo con la presente invención puede contener además, en lugar de una cierta cantidad de Fe, uno o más tipos seleccionados entre un grupo que consiste en Ca, Mg y metales de las tierras raras (MTR). Todos estos elementos mejoran la trabajabilidad en caliente de la aleación.

Ca: a lo sumo 0,01 %

El calcio (Ca) es un elemento selectivo. El calcio se adhiere a S como sulfuros y mejora la trabajabilidad en caliente de la aleación. Sin embargo, si Ca está contenido en exceso, se forman óxidos gruesos y la trabajabilidad en caliente de la aleación disminuye. Por lo tanto, el contenido de Ca es a lo sumo de 0,01 %. El contenido de Ca preferible es inferior al 0,01 %. El límite inferior del contenido de Ca es preferentemente de 0,0005 %.

Mg: a lo sumo 0,01 %

El magnesio (Mg) es un elemento selectivo. Al igual que Ca, Mg se adhiere a S como sulfuros y mejora la trabajabilidad en caliente de la aleación. Sin embargo, si Mg está contenido en exceso, se forman óxidos gruesos y la trabajabilidad en caliente de la aleación disminuye. Por lo tanto, el contenido de Mg es a lo sumo de 0,01 %. El contenido de Mg preferible es inferior al 0,01 %. El límite inferior del contenido de Mg es preferentemente del 0,0005 %.

Metales de las tierras raras (MTR): a lo sumo 0,20 %

Los metales de las tierras raras (MTR) es un elemento selectivo. Al igual que Ca y Mg, MTR se adhiere a S como sulfuros y mejora la trabajabilidad en caliente de la aleación. Sin embargo, si MTR está contenido en exceso, se forman óxidos gruesos y la trabajabilidad en caliente de la aleación disminuye. Por lo tanto, el contenido de MTR es a lo sumo de 0,20 %.

MTR es el término general de 17 elementos que consiste en 15 elementos de lantanoides, itrio (Y) y escandio (Sc). El conducto de aleación austenítica de acuerdo con la presente invención puede contener uno o más tipos de estos 17 elementos como MTRs. El contenido de MTR significa el contenido total de uno o más tipos de estos 17 elementos. Como método de adición, se pueden agregar uno o más tipos de MTR, o en una base industrial, se pueden agregar como un metal mixto.

El contenido de MTR preferible es inferior al 0,20 %. El límite inferior del contenido de MTR es preferentemente de 0,001 %.

El resto de la composición química del conducto de aleación austenítica de acuerdo con la presente invención consiste en Fe e impurezas. Las "impurezas" descritas en la presente memoria significan elementos que se introducen de manera mixta a partir del mineral o desecho utilizado como materia prima de aleación, el entorno del proceso de producción, o similares. Preferentemente, de las impurezas, P, S y O tienen un contenido restringido como se describe a continuación.

P: a lo sumo 0,03 %

El fósforo (P) es una impureza. P mejora la susceptibilidad al agrietamiento por corrosión bajo tensión de la aleación en un ambiente de sulfuro de hidrógeno. Por lo tanto, el contenido de P es preferentemente lo más bajo posible. El contenido de P es preferentemente a lo sumo del 0,03 %, más preferentemente inferior al 0,03 %, y aún más preferentemente a lo sumo del 0,025 %.

S: a lo sumo 0,03 %

El azufre (S) es una impureza. S disminuye la trabajabilidad en caliente de la aleación. Por lo tanto, el contenido de S es preferentemente lo más bajo posible. El contenido de S es preferentemente a lo sumo del 0,03 %, más preferentemente inferior al 0,03 %, y aún más preferentemente a lo sumo de 0,005 %.

O: a lo sumo 0,010 %

El oxígeno (O) es una impureza. O disminuye la trabajabilidad en caliente de la aleación. Por lo tanto, el contenido de O es preferentemente lo más bajo posible. El contenido de O es preferentemente a lo sumo del 0,010 %, más preferentemente inferior al 0,010 %.

[Método de producción]

Se explica un ejemplo del método para producir el conducto de aleación austenítica de acuerdo con la presente invención.

5 En primer lugar, una aleación austenítica se funde para producir una aleación fundida. Para fundir la aleación, se puede usar un horno eléctrico, un horno de descarburación que sopla de gas de fondo mezclado con Ar-O₂ (horno AOD), un horno de descarburación al vacío (horno VOD) o un horno similar.

10 Un material colado se produce utilizando la aleación fundida. El material colado es, por ejemplo, un lingote, una plancha o una impresión. Específicamente, un lingote es producido por el proceso de fabricación de lingotes. Alternativamente, se produce una plancha o una impresión por el proceso de colada continua.

15 El material colado se somete a un trabajo en caliente para producir una palanquilla redonda. El trabajo en caliente es, por ejemplo, laminación en caliente o forja en caliente. La palanquilla redonda producida se trabaja en caliente para producir un conducto de material. Específicamente, el conducto de material se produce a partir de la palanquilla redonda mediante el método de producción del conducto de extrusión representado por el proceso de Ugine-Sejournet. Alternativamente, el conducto de material se produce a partir de la palanquilla redonda mediante el proceso de fabricación de conductos de Mannesmann.

20 El conducto de material producido se somete a un trabajo en frío. La razón de esto es que la resistencia del conducto de aleación austenítica aumenta y el límite elástico en tracción LE_{LT} en la dirección axial del conducto aumenta a 689,1 MPa o más.

25 El trabajo en frío incluye el estiramiento en frío y la laminación en frío representado por laminación Pilger. En la presente invención, se puede adoptar cualquiera de los estiramientos en frío y laminación en frío. El estiramiento en frío le da al conducto de aleación una deformación por tracción alta en la dirección axial del conducto en comparación con laminación en frío. La laminación en frío le da al conducto de aleación una deformación por tracción alta no solo en la dirección axial del conducto sino también en la dirección circunferencial del conducto de material. Por lo tanto, la laminación en frío le da al conducto de aleación una alta deformación por compresión en la dirección circunferencial del conducto del material en comparación con el estiramiento en frío.

30 La reducción preferible de área en el momento del trabajo en frío es del 15,0 % o más. La reducción de área está definida por la Fórmula (I). Si el trabajo en frío se realiza en la reducción del área descrita anteriormente, el límite elástico en tracción LE_{LT} puede aumentarse a 689,1 MPa o más. El límite inferior preferible de la reducción de área es 20,0 %. Si la reducción de área es demasiado alta, la redondez del conducto de aleación disminuye. Por lo tanto, el límite superior preferible de reducción de área en el estiramiento en frío es 50,0 %, y el límite superior preferible de reducción de área en laminación en frío es 80,0 %.

40 Entre el trabajo en caliente y el trabajo en frío, se puede realizar cualquier otro tratamiento. Por ejemplo, el conducto de material trabajado en caliente se somete a un tratamiento térmico con solución sólida. El conducto de material sometido a tratamiento térmico con solución sólida se descalcifica para eliminar la incrustación. El conducto de material descalcificado se somete a trabajo en frío.

45 Además, el trabajo en frío puede realizarse una pluralidad de veces. En el caso de que el trabajo en frío se realice una pluralidad de veces, entre el trabajo en frío y el siguiente trabajo en frío, se puede realizar un tratamiento térmico con solución sólida como tratamiento térmico suavizante. En el caso de que el trabajo en frío se realice varias veces, después del trabajo en frío final, el conducto de material se somete a los tratamientos descritos a continuación.

50 El conducto de material laminado en frío se somete a enderezado utilizando una enderezadora con rodillo de inclinación y un tratamiento térmico a baja temperatura. Cualquiera de los estiramientos y el tratamiento térmico a baja temperatura se pueden realizar primero. Es decir, el enderezado se realiza después del trabajo en frío, y posteriormente se puede realizar el tratamiento térmico a baja temperatura. Alternativamente, el tratamiento térmico a baja temperatura se realiza después del trabajo en frío, y posteriormente se puede realizar el enderezado.

55 Además, el enderezado puede realizarse una pluralidad de veces, o el tratamiento térmico a baja temperatura puede realizarse una pluralidad de veces. Por ejemplo, el trabajo en frío, el primer enderezado, el tratamiento térmico a baja temperatura y el segundo enderezado pueden realizarse en ese orden, o el trabajo en frío, el primer tratamiento térmico a baja temperatura, el enderezado y el segundo tratamiento térmico a baja temperatura se pueden realizar en ese orden. A continuación, se explican los detalles del enderezado y el tratamiento térmico a baja temperatura.

60 [Enderezado]

La Figura 9 es una vista esquemática de una enderezadora 200. Con referencia a la Figura 9, la enderezadora 200 utilizada en este ejemplo es del tipo de rodillo de inclinación. La enderezadora 200 mostrada en la Figura 9 tiene una pluralidad de soportes ST1 a ST4. La pluralidad de soportes ST1 a ST4 están dispuestos en una fila.

65

Cada uno de los soportes ST1 a ST4 está provisto de un par de rodillos de inclinación 22 o un rodillo de inclinación 22. Específicamente, el soporte ST4 último está provisto de un rodillo de inclinación 22, y los otros soportes ST1 a ST3 cuentan con un par de rodillos de inclinación que están dispuestos hacia arriba y hacia abajo.

5 Cada uno de los rodillos de inclinación 22 incluye un eje de rodillo 221 y una superficie de rodillo 222. El eje del rodillo 221 se inclina oblicuamente con respecto a una línea de paso LP. Los ejes de rodillo 221 de los rodillos de inclinación emparejados 22 en cada uno de los soportes ST1 a ST3 se intersecan entre sí. Dado que los ejes de los rodillos 221 de los rodillos de inclinación 22 dispuestos en la parte superior e inferior se inclinan oblicuamente con respecto a la línea de paso LP y se intersecan entre sí, los rodillos de inclinación 22 pueden ofrecer a un conducto
10 de material 30 rotaciones en la dirección circunferencial del conducto. La superficie del rodillo 222 tiene una forma cóncava.

El centro P0 de un espacio entre los rodillos de inclinación 22 en el soporte ST2 está dispuesto de manera que se compense con la línea de paso LP. Por lo tanto, los soportes ST1 y ST2 doblan el conducto de material 30, y los
15 soportes ST2 y ST3 doblan hacia atrás el conducto de material 30. De este modo, la enderezadora 200 endereza la curva del conducto de material 30.

La enderezadora 200 presiona aún más el conducto de material 30 en la dirección radial utilizando los rodillos de inclinación 22 emparejados de cada soporte STi (i = 1 a 3). De este modo, la redondez del conducto de material 30
20 aumenta y la enderezadora 200 disminuye la anisotropía de los límites elásticos del conducto de material 30.

La Figura 10 es una vista frontal de los rodillos de inclinación 22 y el conducto de material 30 en el soporte STi que tiene los rodillos de inclinación emparejados 22. Mediante los rodillos de inclinación emparejados 22, el conducto de material 30 es presionado (laminado). Cuando el diámetro exterior de un conducto de material 30A antes de laminarse en el soporte STi se toma como DA, y el diámetro exterior de un conducto de material 30B después de laminarse en el soporte STi se toma como DB, una cantidad de aplastamiento AC (mm) se define por Fórmula (II).
25

$$AC = DA - DB \quad (II)$$

30 Además, la relación de aplastamiento RC (%) se define por la Fórmula (III).

$$RC = DA - DB/DA \times 100 \quad (III)$$

Cada soporte STi lamina el conducto de material 30, que gira en la dirección circunferencial, en la cantidad de aplastamiento establecida por AC para cada soporte, lo que le da una deformación al conducto de material 30. Las dislocaciones que ocurren en el conducto de material 30 debido a la laminación están activas en un sistema de deslizamiento diferente al de las dislocaciones que ocurren en el momento del trabajo en frío, como se muestra en la Figura 7. Por lo tanto, las dislocaciones que ocurren en el momento del enderezado y las dislocaciones que ocurren en el momento del trabajo en frío chocan entre sí y se cortan entre sí, y como resultado, las dislocaciones se vuelven
40 menos propensas a moverse. Por lo tanto, el enderezado restringe el límite elástico en compresión LE_{LC} en la dirección axial del conducto para que no disminuya por el efecto Baushinger.

Como se ha descrito anteriormente, con el fin de disminuir la anisotropía de los límites elásticos, especialmente, la anisotropía de los límites elásticos en la dirección axial del conducto, la laminación con los rodillos de inclinación 22 es efectiva. Como la relación de aplastamiento RC es mayor, se puede aplicar deformación a la dirección radial del conducto de material 30. El máximo de las relaciones de aplastamiento RC de los soportes STi se define como la relación de aplastamiento máxima. La laminación en la relación de aplastamiento máxima puede dar al conducto de material 30 la deformación más alta. Por lo tanto, se presume que la relación de aplastamiento máxima es efectiva para disminuir la anisotropía de los límites elásticos en la dirección axial del conducto. La relación máxima de aplastamiento es de 2,0 a 15,0 %. El límite inferior de la relación de aplastamiento máxima es, además, preferentemente 5,0 %, y el límite superior de la relación de aplastamiento máxima es, preferentemente, 12,0 %.
50

En la Figura 9, la enderezadora 200 está provista de siete rodillos de inclinación 22 y cuatro soportes ST1 a ST4. Sin embargo, el número de rodillos de inclinación 22 no se limita a siete, y el número de posiciones no se limita a cuatro.
55 El número de rodillos de inclinación 22 puede ser diez o cualquier otro número plural. En el caso de que el número de rodillos de inclinación sea un número impar, el soporte último está provisto de un rodillo de inclinación, y los otros soportes cuentan con un par de rodillos de inclinación. En el caso de que el número de rodillos de inclinación sea un número par, todos los soportes cuentan con un par de rodillos de inclinación.

60 [Tratamiento térmico a baja temperatura]

En el tratamiento térmico a baja temperatura, el conducto de material se carga en un horno de tratamiento térmico. En el horno, el conducto de material se empapa a una temperatura de 300 a 550 °C. Al sumergirse en el intervalo de temperatura descrito anteriormente, C y N en el conducto de material se dispersan y se hace que se adhieran a una parte cerca del núcleo de dislocación. Como resultado, las dislocaciones se vuelven menos propensas a moverse y disminuyen la anisotropía de los límites elásticos en la dirección axial del conducto y la dirección circunferencial del
65

conducto.

Si la temperatura del tratamiento térmico excede los 550 °C, el límite elástico disminuye. Se supone que la razón de esto es que la temperatura es alta y, por lo tanto, las dislocaciones se incorporan entre sí y desaparecen.

La temperatura de tratamiento térmico preferible es de 400 a 500 °C. En el caso de este intervalo de temperatura, el límite elástico en compresión, especialmente en la dirección axial del conducto aumenta. Por lo tanto, la anisotropía de los límites elásticos en la dirección axial del conducto disminuye. El tiempo de remojo preferible es de cinco minutos o más. En el caso de este tiempo de remojo, C y N en la aleación se dispersan suficientemente. El límite superior preferible de tiempo de remojo es de 60 minutos. Dado que la temperatura del tratamiento térmico en el tratamiento térmico a baja temperatura es baja, es menos probable que se produzca la curvatura del conducto de material tratado térmicamente.

Mediante los procesos descritos anteriormente, se produce el conducto de aleación austenítica que cumple con las Fórmulas (1) a (4).

Como se ha descrito anteriormente, el orden de enderezado y el tratamiento térmico a baja temperatura no está sujeto a ninguna restricción especial. Preferentemente, sin embargo, el enderezado se realiza después del trabajo en frío, y el tratamiento térmico a baja temperatura se realiza después del enderezado. En este caso, C y N se adhieren no solo a las dislocaciones que se producen debido al trabajo en frío, sino también a las dislocaciones que se producen debido al enderezado, y se logra el efecto Cottrell. Por lo tanto, la anisotropía de los límites elásticos en la dirección axial del conducto y la dirección circunferencial del conducto también es probable que disminuya.

Ejemplos

Se fabricaron varios conductos de aleación austenítica bajo diferentes condiciones de producción. Se examinaron las anisotropías de los límites elásticos de los conductos de aleación producidos.

Las aleaciones A a D que tienen cada una la composición química dada en la Tabla 1 se fundieron para producir lingotes.

[Tabla 1]

TABLA 1

Aleación	Composición química (unidad: % en masa, el resto es Fe e impurezas)								
	C	Si	Mn	Ni	Cr	N	Mo	Cu	Nd
A	0,018	0,26	0,63	30,3	24,7	0,08	2,85	0,75	-
B	0,017	0,24	0,70	31,2	25,4	0,08	3,02	0,79	-
C	0,020	0,25	0,62	32,3	26,7	0,08	3,30	0,81	-
D	0,014	0,29	0,56	32,5	24,8	0,2	3,11	0,74	0,03

Las composiciones químicas de todas las aleaciones A a D estaban dentro del intervalo preferible de la presente invención. En las aleaciones A a D, el contenido de P era a lo sumo del 0,03 %, el contenido de S era a lo sumo del 0,03 % y el contenido de O era a lo sumo del 0,010 %.

Los lingotes producidos se extruyeron en caliente para producir una pluralidad de conducto de material para el trabajo en frío. Los conductos de material para el trabajo en frío se sometieron a los procesos de producción dados en la Tabla 2 para producir conductos de aleación austenítica de la marca 1 a la marca 21.

[Tabla 2]

TABLA 2

Marca	Aleación	Diámetro exterior (mm)	Proceso de producción	Temperatura del tratamiento térmico (°C)	Número de rodillos	Relación máx. de aplastamiento	LE _{LT} (MPa)	LE _{CT} (MPa)	LE _{LC} (MPa)	LE _{CC} (MPa)	F1 (LE _{LC} /LE _{LT})	F2 (LE _{CC} /LE _{CT})	F3 (LE _{CC} /LE _{LT})	F4 (LE _{CT} /LE _{LT})
1	A	893	AsP/D	-	-	-	823	784	595	847	<u>0,72</u>	1,08	103	0,95
2	B	60,0	LF	-	-	-	773	661	677	783	<u>0,88</u>	<u>1,18</u>	101	<u>0,86</u>
3	B	60,0	LF	-	-	-	784	668	690	787	<u>0,88</u>	<u>1,18</u>	1,00	<u>0,85</u>
4	C	890	LF→END	-	10	40	779	640	719	756	0,92	<u>1,18</u>	0,97	<u>0,82</u>
5	C	89,0	LF→END	-	10	4,0	768	654	727	776	0,95	<u>1,19</u>	1,01	<u>0,85</u>
6	A	893	P/D→trata miento térmico	350	-	-	876	823	713	846	<u>0,81</u>	103	0,97	0,94
7	A	89,3	P/D→trata miento térmico	400	-	-	879	818	720	838	<u>0,82</u>	102	0,95	0,93
8	A	89,3	P/D→trata miento térmico	450	-	-	877	825	734	853	<u>0,84</u>	103	0,97	0,94
9	A	89,3	P/D→trata miento térmico	500	-	-	880	817	754	840	<u>0,86</u>	1,03	0,95	0,93
10	A	89,3	P/D→trata miento térmico→END	350	10	2,2	833	851	758	876	0,91	103	1,05	1,02
11	A	893	P/D→trata miento térmico→END	350	10	4,0	823	835	762	872	0,93	1,04	106	101
12	A	89,3	P/D→trata miento térmico→END	350	10	4,0	802	837	758	874	0,95	104	1,09	1,04
13	A	893	P/D→END→trata miento térmico	500	10	4,0	823	817	833	851	101	104	1,03	0,99

Marca	Aleación	Diámetro exterior (mm)	Proceso de producción	Temperatura del tratamiento térmico (°C)	Número de rodillos	Relación máx. de aplastamiento	LE _{LT} (MPa)	LE _{CT} (MPa)	LE _{LC} (MPa)	LE _{CC} (MPa)	F1 (LE _{LC} /LE _{LT})	F2 (LE _{CC} /LE _{CT})	F3 (LE _{CC} /LE _{LT})	F4 (LE _{CT} /LE _{LT})
14	A	89,3	P/D→END→tratamiento térmico	500	10	4,0	831	837	855	1,01	105	1,03	0,98	
15	A	89,3	P/D→tratamiento térmico→END	350	7	6,7	827	802	741	868	0,90	108	105	0,97
16	A	69,3	P/D→tratamiento térmico→END	350	7	11,2	845	825	778	872	0,92	1,06	103	0,98
17	A	89,3	P/D→tratamiento térmico→END	350	7	11,2	813	796	780	886	0,96	111	1,09	0,98
18	A	89,3	P/D →1 ^{er} END →tratamiento térmico →2 ^o END	500	7	1 ^{er} END: 6,7 2 ^o END: 11,2	835	815	825	853	0,99	105	102	0,98
19	B	60,0	LF→ END →tratamiento térmico	500	7	10	755	702	749	777	0,99	111	1,03	0,93
20	B	60,0	LF→ END →tratamiento térmico	500	7	10	764	708	756	783	0,99	1,11	1,02	0,93
21	D	89,3	LF→ END →tratamiento térmico	500	7	10	854	826	864	833	101	101	0,98	0,97

Con referencia a la Tabla 2, en la columna "Aleación", se describe el tipo (aleaciones A a D) de la palanquilla utilizada. En la columna "Diámetro exterior", se describe el diámetro exterior del conducto de aleación austenítica producido.

5 En la columna "Proceso de producción", se describe el proceso de producción realizado en el conducto de material para el trabajo en frío. Refiriéndose a la columna del proceso de producción, el símbolo "P/D" significa estiramiento en frío. El símbolo "LF" significa laminación en frío. El símbolo "END" significa enderezado. "Tratamiento térmico" significa tratamiento térmico a baja temperatura.

10 En los ejemplos, la reducción del área en el estiramiento en frío fue del 24 %, y la reducción del área en laminación en frío fue del 34 %. La reducción del área (%) se determinó mediante la Fórmula (I) mencionada anteriormente.

15 En la columna "Temperatura de tratamiento térmico", se describe la temperatura de tratamiento térmico del tratamiento térmico a baja temperatura realizado durante el proceso de producción. En la columna "Número de rodillos", se describe el número de rodillos con inclinación de la enderezadora utilizada para enderezar. En la columna "Relación de aplastamiento máx.", se describe la relación de aplastamiento máxima en el tiempo de enderezado.

20 Específicamente, los conductos de material para el trabajo en frío (en adelante, denominados simplemente conductos de material) se sometieron a los procesos de producción descritos a continuación. El conducto de material de la marca 1 se sometió a estiramiento en frío solo para producir un conducto de aleación austenítica. Es decir, el conducto de aleación austenítica de la marca 1 era un material estirado en frío. Los conductos de material de las marcas 2 y 3 se sometieron a laminación en frío solo para producir conductos de aleación austenítica.

25 Los conductos de material de las marcas 4 y 5 se sometieron a laminación en frío y, posteriormente, se sometieron a enderezado a la relación de aplastamiento máxima dada en la Tabla 2. Los conductos de material de las marcas 6 a 9 se sometieron a estiramiento en frío, y posteriormente se sometieron a tratamiento térmico a baja temperatura a las temperaturas de tratamiento térmico descritas en la Tabla 2.

30 Los conductos de material de las marcas 10 a 12 y 15 a 17 se sometieron a estiramiento en frío. Los conductos de material estirado en frío se sometieron a tratamiento térmico a baja temperatura. Los conductos de material tratado térmicamente fueron sometidos a enderezado. Los conductos de material de las marcas 13 y 14 se sometieron a estiramiento en frío, y posteriormente se sometieron a enderezado. Después de ser enderezados, los conductos de material se sometieron a un tratamiento térmico a baja temperatura.

35 El conducto de material de la marca 18 se sometió a enderezado dos veces. Específicamente, después de someterse a estiramiento en frío, el conducto de material se sometió a un primer enderezado. La relación máxima de aplastamiento en el primer tiempo de enderezado fue de 6,7 %. Después de someterse a un primer enderezado, el conducto de material se sometió a un tratamiento térmico a baja temperatura. El conducto de material tratado térmicamente se sometió a un segundo enderezado. La relación máxima de aplastamiento en el segundo tiempo de enderezado fue de 11,2 %.

40 Los conductos de material de las marcas 19 a 21 se sometieron a laminación en frío, y posteriormente se sometieron a enderezado. Después de ser enderezados, los conductos de material se sometieron a un tratamiento térmico a baja temperatura.

45 Del conducto de aleación austenítica producida de cada marca, se tomaron muestras de los especímenes de ensayo de compresión y del ensayo de tracción. Específicamente, se tomaron muestras de un espécimen de ensayo de tracción y un espécimen de ensayo de compresión que se extendían en la dirección axial del conducto de cada marca, y se tomaron muestras de un espécimen de ensayo de tracción y un espécimen de ensayo de compresión que se extendían en la dirección circunferencial del conducto de cada marca.

50 Las dimensiones de cada espécimen de prueba fueron conformes a las normas ASTM-E8 y ASTM-E9. Los diámetros exteriores de los especímenes de ensayo de compresión y los especímenes de ensayo estándar de los especímenes de ensayo de compresión fueron de 6,35 mm, y las longitudes de calibre de los mismos fueron de 12,7 mm. En cada marca, cuando el espécimen de ensayo estándar no pudo ser muestreado, se tomó una muestra de un espécimen de ensayo proporcional.

55 Al utilizar los especímenes de ensayo de compresión muestreados y los especímenes de ensayo de tracción, se realizó un ensayo de compresión y un ensayo de tracción a temperatura normal (25 °C) en la atmósfera para determinar los límites elásticos en compresión y los límites elásticos en tracción. Específicamente, al utilizar el espécimen de ensayo de tracción que se extiende en la dirección axial del conducto, se obtuvo el límite elástico en tracción LE_{LT} (MPa) en la dirección axial del conducto. Al utilizar el espécimen de ensayo de tracción que se extiende en la dirección circunferencial del conducto, se obtuvo el límite elástico en tracción LE_{CT} (MPa) en la dirección circunferencial del conducto. Al utilizar el espécimen de ensayo de compresión que se extiende en la dirección axial del conducto, se obtuvo el límite elástico en compresión LE_{LC} (MPa) en la dirección axial del

conducto. Al utilizar el espécimen de ensayo de compresión que se extiende en la dirección circunferencial del conducto, se obtuvo el límite elástico en compresión LE_{CC} (MPa) en la dirección circunferencial del conducto. Cada límite de elasticidad se definió en términos del 0,2 % de tensión del límite elástico en el ensayo de tracción y en el ensayo de compresión. Los límites elásticos obtenidos (LE_{LT} , LE_{CT} , LE_{LC} y LE_{CC}) se dan en la Tabla 2.

5 Usando los límites elásticos obtenidos, se determinaron F1 a F4 que se describen a continuación para cada marca.

$$F1 = LE_{LC}/LE_{LT}$$

10 $F2 = LE_{CC}/LE_{CT}$

$$F3 = LE_{CC}/LE_{LT}$$

15 $F4 = LE_{CT}/LE_{LT}$

Los F1 a F4 obtenidos se dan en la Tabla 2.

[Resultados de los exámenes]

20 Con referencia a la Tabla 2, para los conductos de aleación austenítica de las marcas 10 a 21, los valores de F1 a F4 cumplen con las fórmulas (1) a (4). En particular, en las marcas 13, 14, 19, 20 y 21, dado que el tratamiento térmico a baja temperatura se realizó después del enderezado, la anisotropía de los límites elásticos en la dirección axial del conducto fue extremadamente baja.

25 Por otra parte, para los conductos de aleación austenítica de las marcas 1 a 9, uno o más de F1 a F4 no cumplían con las Fórmulas (1) a (4). Específicamente, el valor F1 de la marca 1 fue inferior a 0,90. Se presume que la razón de esto es como se describe a continuación. El conducto de material de la marca 1 se alargó en dirección axial mediante estiramiento en frío; por lo tanto, debido al efecto Baushinger, el límite elástico en compresión LE_{LC} en la dirección axial del conducto se volvió excesivamente más bajo que el límite elástico en tracción LE_{LT} en la dirección axial del conducto.

30 El valor F1 y el valor F4 de las marcas 2 y 3 fueron inferiores a 0,90, y el valor F2 del mismo excedió 1,11. Los conductos de material de las marcas 2 y 3 se sometieron a laminación en frío solamente. El conducto de material durante la laminación en frío se deforma de modo tenso en la dirección axial y se deforma de modo comprimido en la dirección circunferencial. En particular, la deformación por compresión en la dirección circunferencial del conducto de material en la laminación en frío es mayor que en el estiramiento en frío. En las marcas 2 y 3, debido al efecto Baushinger, el límite elástico en compresión LE_{LC} en la dirección axial del conducto se volvió excesivamente más bajo que el límite elástico en tracción LE_{LT} en la dirección axial del conducto, y el límite elástico en tracción LE_{CT} en la dirección circunferencial del conducto se volvió excesivamente inferior al límite elástico en compresión LE_{CC} en la dirección circunferencial del conducto. Por lo tanto, se presume que las Fórmulas (1), (2) y (4) no se cumplieron.

35 En las marcas 4 y 5, el valor F2 y el valor F4 no cumplían con las Fórmulas (2) y (4), respectivamente. Se presume que al realizar el enderezado, se mejoró el límite elástico en compresión LE_{LC} en la dirección axial del conducto; sin embargo, la anisotropía de los límites elásticos en la dirección circunferencial del conducto no mejoró, por lo que las Fórmulas (2) y (4) no se cumplieron.

40 En las marcas 6 a 9, el valor F1 no cumplió con la fórmula (1). Se presume que aunque el límite elástico en compresión en la dirección axial del conducto mejoró con el tratamiento térmico a baja temperatura, el valor F1 no resultó satisfactorio para la Fórmula (1).

50 Lo anterior es la explicación de una realización de la presente invención. La realización es simplemente una ilustración para llevar a cabo la presente invención. Por lo tanto, la presente invención no se limita a la realización, y la realización se puede llevar a cabo cambiando de acuerdo con sea apropiado.

55 **Aplicabilidad industrial**

El conducto de aleación austenítica de acuerdo con la presente invención se puede usar ampliamente como materiales tubulares para pozos de petróleo. Especialmente, se puede utilizar como una tubería de entubado y una tubería de producción.

60

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir un conducto de aleación austenítica, que comprende:

- 5 un proceso de producción de un conducto de material de aleación austenítica que consiste, en porcentaje en masa, en C: a lo sumo 0,03 %, Si: 0,10 a 1,0 %, Mn: 0,3 a 5,0 %, Ni: 23 a 52 %, Cr: 20 a 30 %, N: 0,005 a 0,50 %, Mo: 1,5 a 9 % y Cu: 0,5 a 3 %, y opcionalmente al menos un tipo seleccionado entre un grupo que consiste, en porcentaje en masa, en Ca: a lo sumo 0,01 %, Mg: a lo sumo 0,01 %, y MTR (metales de las tierras raras): a lo sumo 0,20 %, siendo el resto Fe e impurezas;
- 10 un proceso de trabajo en frío del conducto de material; y
un proceso de producción de un conducto de aleación austenítica, en el que al someter el conducto de material trabajado en frío a un enderezado con una relación de aplastamiento máxima de 2,0 a 15,0 % y a un tratamiento térmico a baja temperatura de 300 a 550 °C durante al menos 5 minutos, el conducto de aleación está provisto de un límite elástico en tracción LE_{LT} de al menos 689,1 MPa en una dirección axial de conducto del conducto de aleación, y en el que para el conducto de aleación, el límite elástico en tracción LE_{LT} , un límite elástico en compresión LE_{LC} (MPa) en la dirección axial del conducto, un límite elástico en tracción LE_{CT} (MPa) en la dirección circunferencial del conducto y un límite elástico en compresión LE_{CC} (MPa) en la dirección circunferencial del conducto cumplen con las Fórmulas (1) a (4),

$$0,90 \leq LE_{LC}/LE_{LT} \leq 1,11 \quad (1)$$

$$0,90 \leq LE_{CC}/LE_{CT} \leq 1,11 \quad (2)$$

$$0,90 \leq LE_{CC}/LE_{LT} \leq 1,11 \quad (3)$$

20
$$0,90 \leq LE_{CT}/LE_{LT} \leq 1,11 \quad (4)$$

- en el que el proceso de producción del conducto de material de aleación austenítica comprende el trabajo en caliente, y el conducto de material se produce a partir de una palanquilla redonda (i) por un método de producción de conducto de extrusión representado por el proceso de Ugine-Sejournet, o (ii) por el proceso de fabricación de conducto de Mannesmann,
- 25 el proceso de trabajo en frío del conducto de material es estiramiento en frío o laminación en frío y la reducción de un área en el momento del trabajo en frío es del 15,0 % o más.

- 30 2. El método para producir un conducto de aleación austenítica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que someter el conducto de material al tratamiento térmico a baja temperatura se produce después del enderezado del material de conducto.

FIG. 1

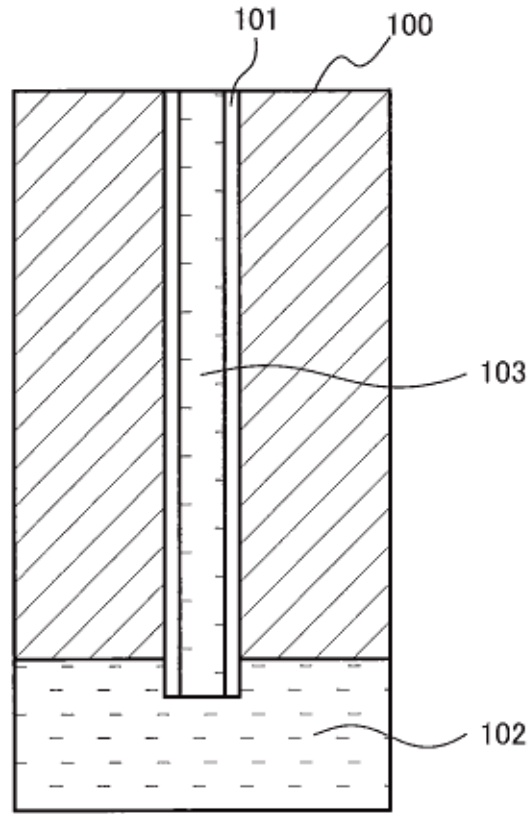


FIG. 2

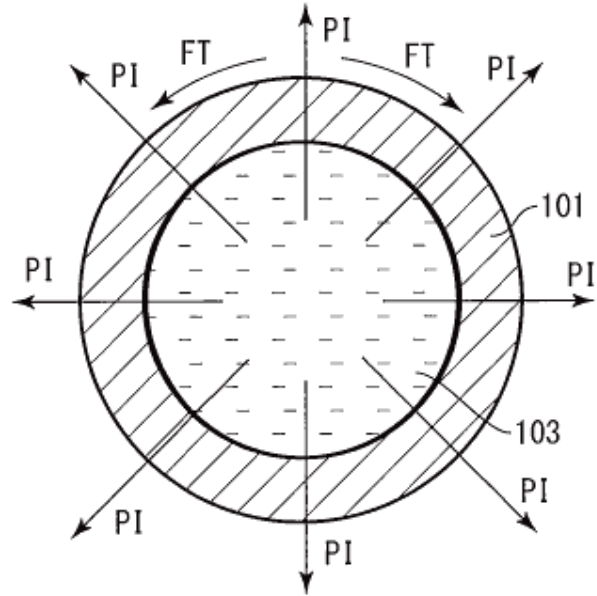


FIG. 3

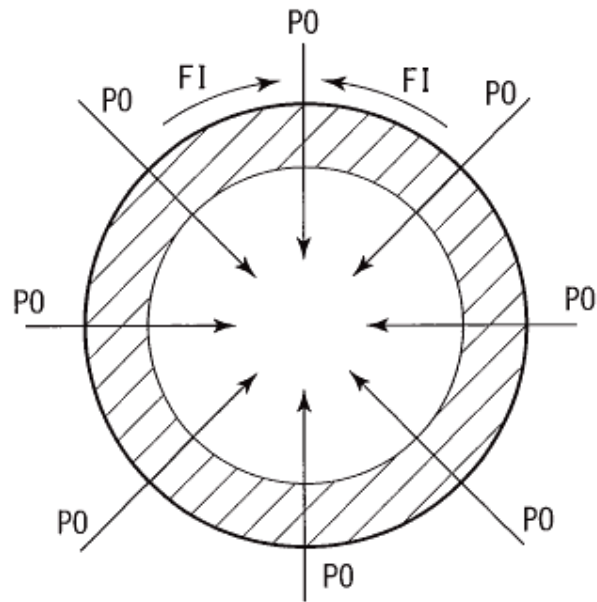


FIG. 4

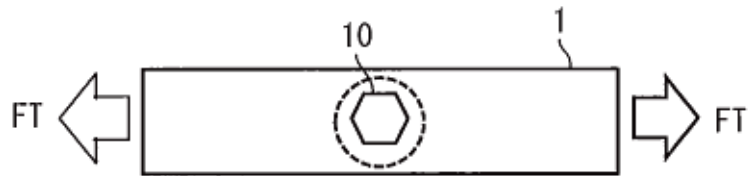


FIG. 5

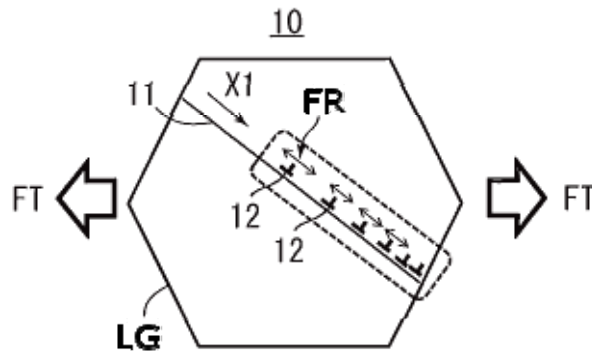


FIG. 6

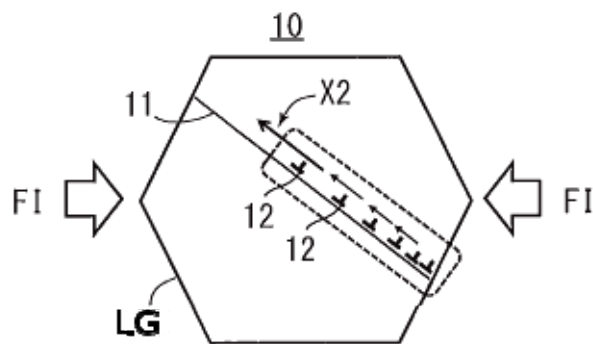


FIG. 7

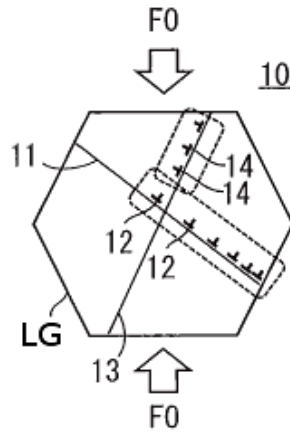


FIG. 8

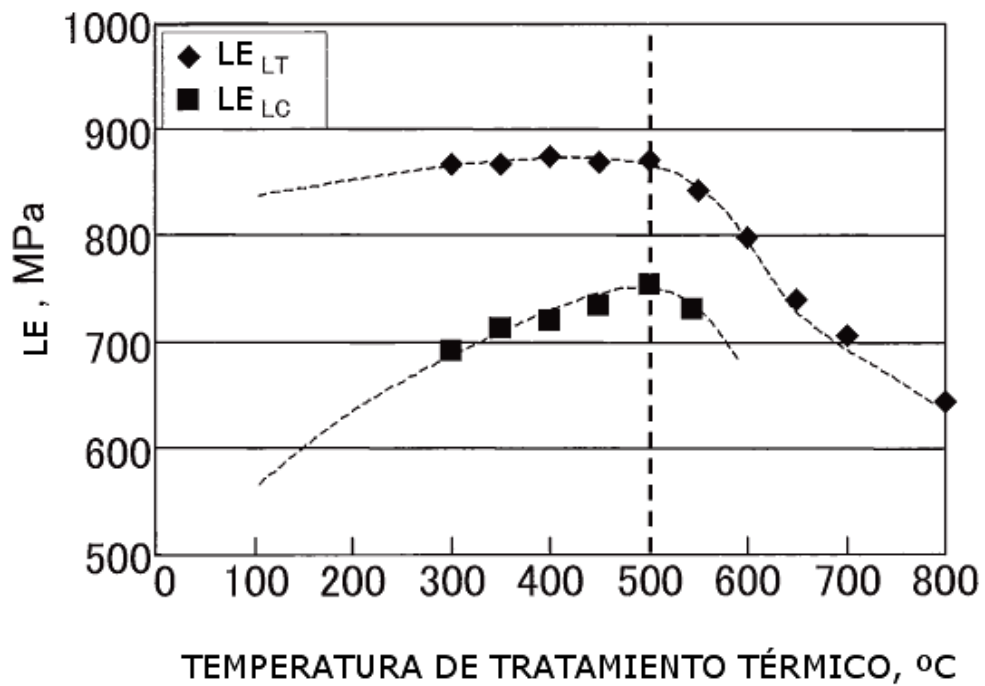


FIG. 9

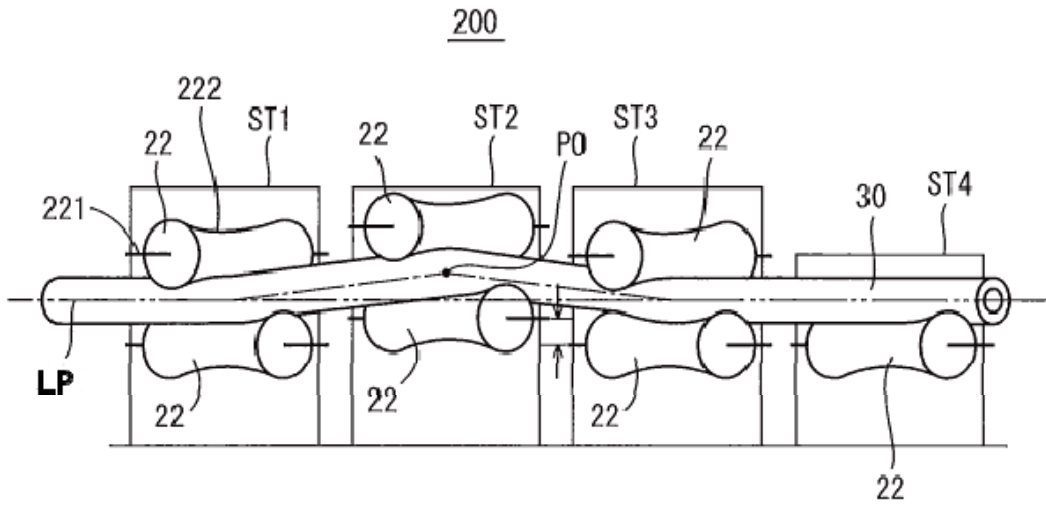


FIG. 10

