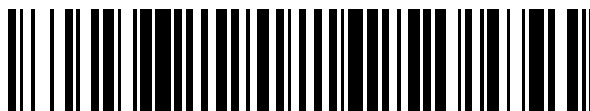


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 024**

51 Int. Cl.:

<b>B21B 3/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/24</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/26</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/28</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/38</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/32</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/58</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/34</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/46</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/48</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/50</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/20</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/60</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/22</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.03.2014 PCT/JP2014/056879**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14142302**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2014 E 14765146 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2975151**

54 Título: **Chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento de la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento, y un método para producir la misma**

30 Prioridad:

**14.03.2013 JP 2013052423**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.10.2019**

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMIKIN STAINLESS STEEL CORPORATION (100.0%)**  
**6-1, Otemachi 2-chome Chiyoda-ku**  
**Tokyo 100-0004, JP**

72 Inventor/es:

**KIMURA, KEN;**  
**HAMADA, JUNICHI;**  
**ISHIMARU, EIICHIRO;**  
**YAMAGISHI, AKIHITO y**  
**HANSAKI, NAOTO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 728 024 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

Chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento de la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento, y un método para producir la misma

**Campo técnico**

- 5 La presente invención se refiere a una chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento de la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento, y a un método para producir la misma. Específicamente, la presente invención se refiere a una chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene la capacidad de suprimir el endurecimiento al llevar a cabo un tratamiento térmico de envejecimiento en una chapa de acero, tal como el acero inoxidable ferrítico que contiene generalmente una gran cantidad de Cr, y a un método para producir la misma.

**Técnica anterior**

- 10 Dado que el acero inoxidable ferrítico tiene una excelente resistencia a la corrosión, se utiliza para diversas aplicaciones, tales como en cocinas o similares. En el caso del acero inoxidable, los estados de C y N presentes en el acero y la resistencia a la corrosión están estrechamente relacionados. Es decir, cuando C y N están presentes en un estado de disolución sólida en el acero, se forman los carbonitruros de Cr durante el tratamiento térmico o en un procedimiento de enfriamiento después de la soldadura para formar una capa empobrecida en Cr en las inmediaciones de los carbonitruros de Cr y, por lo tanto, se produce en algunos casos el deterioro de la resistencia a la corrosión denominada "sensibilización". Con el fin de suprimir dicha sensibilización, en la producción de acero inoxidable, se han tomado contramedidas para reducir las cantidades de C en disolución sólida y N en disolución sólida en granos, reduciendo las cantidades de C y N tanto como sea posible y añadiendo un elemento que tenga mayor capacidad de formación de carbonitruro (tal como Nb o Ti) que la del Cr. Como se describió anteriormente, el acero inoxidable ferrítico se utiliza para producir una chapa de acero en la que se reducen las cantidades de C en disolución sólida y N en disolución sólida tanto como sea posible.

- 25 Por otro lado, se sabe que C y N en disolución sólida que permanecen en los granos afectan las propiedades del material después del envejecimiento. En el acero con bajo contenido en carbono, se produce un fenómeno de endurecimiento por hornado (BH) en el que la resistencia del material aumenta al llevarse a cabo un tratamiento térmico en el acero con bajo contenido en carbono a baja temperatura después de aplicar tensión al acero en algunos casos. Se ha considerado que BH se produce debido a lo siguiente. El C (N) en disolución sólida que queda en los granos se fija a la dislocación introducida al aplicar tensión y luego se convierte en un obstáculo para el movimiento de dislocación. Por lo tanto, aumenta la cantidad de esfuerzo requerido para la deformación, es decir, aumenta la resistencia del material. Se sabe que hay una correlación preferida entre la cantidad de C presente en los granos y la cantidad de esfuerzo incrementada por BH (cantidad de endurecimiento por hornado, cantidad de BH)  $\Delta\sigma$ . Se ha desarrollado una tecnología para controlar una cantidad de BH mediante el ajuste de la cantidad de C en disolución sólida (véase DNP 1).

- 35 Con respecto al BH que se produce en el tipo de acero que contiene Cr, se conocen los conocimientos descritos en DNP 2. El DNP 2 describe que después de que el tipo de acero que contiene Ti en una cantidad suficiente para fijar C y N como carbonitruros (acero 18Cr-0,197Ti-0,0028C-0,0054N) es sometido a una tensión del 7,5 % y envejecido luego a 200 °C durante 30 minutos, su índice de envejecimiento es superior a 10 MPa. Este resultado muestra que incluso cuando se añade Ti en una cantidad suficiente para fijar C y N como precipitados en el acero inoxidable, el C o N en disolución sólida está presente en el mismo.

- 40 Como se describió anteriormente, como una contramedida para la sensibilización de una chapa delgada de acero inoxidable ferrítico, se adoptó un método en el cual las cantidades de C en disolución sólida y N en disolución sólida se reducen en los granos al reducir las cantidades de C y N tanto como sea posible, y al añadir un elemento que tenga mayor capacidad de formación de carbonitruro (tal como Nb o Ti) que la del Cr. Sin embargo, como se describe en el DNP 2, incluso cuando se añade una cantidad suficiente de Ti, en algunos casos permanece C o N en disolución sólida.

- 45 En este caso, dicha chapa delgada de acero inoxidable ferrítico se somete en muchos casos a laminación en frío, recocido y, luego, laminación de pasada superficial. Cuando esta chapa de acero se trabaja después de ser almacenada durante un largo período de tiempo en un entorno de temperatura relativamente alta (aproximadamente hasta 50 °C), se forma una especie de arrugas (marcas de estiramiento) debido a la aparición de un punto de fluencia, lo que en algunos casos da lugar a un problema. Las marcas de estiramiento es un defecto de la superficie que se produce porque una parte de la dislocación ya está fijada por el C en disolución sólida y el N en disolución sólida antes del procesamiento (antes de que se aplique la tensión) (envejecimiento natural) para producir el alargamiento en el punto de fluencia en el momento del procesamiento. Las marcas de estiramiento dan lugar a un problema porque las propiedades del producto se deterioran notablemente. Además, dado que las marcas de estiramiento dañan el aspecto exterior, se requiere un pulido para eliminar las marcas de estiramiento. Por lo tanto, es importante suprimir la aparición de las marcas de estiramiento.

Es decir, se conservan restos de C en disolución sólida o de N en disolución sólida y se producen marcas de estiramiento, incluso en una chapa delgada de acero ferrítico de alta pureza a la que se añade un elemento formador

de carbonitruro, tal como Ti o Nb. Por lo tanto, como una contramedida se utiliza un método riguroso para almacenar una chapa delgada de acero después de la laminación en frío.

Por otro lado, se conocen técnicas de los DPT 1 a 3 tal como la técnica para aumentar varias propiedades al definir los detalles de una condición de tratamiento térmico en el acero inoxidable ferrítico al que se añade Sn.

- 5 El DPT 1 describe un método para obtener una chapa de acero que cumple satisfactoriamente tanto la resistencia a la corrosión como la trabajabilidad, al revisar las condiciones del recocido de acabado. El DPT 2 describe un método para obtener una chapa de acero que tiene una excelente resistencia al óxido mediante el control del punto de rocío y la atmósfera en el momento del recocido de acabado. El DPT 3 describe un método para obtener una chapa de acero que tiene una excelente resistencia a la oxidación y resistencia a altas temperaturas al definir las condiciones para el recocido de chapa laminada en caliente y enfriamiento después del recocido. El DPT 4 se refiere a un acero inoxidable ferrítico que contiene, en peso, del 0,001 al 0,1 % de C, del 0,001 al 0,05 % de N, del 10 al 25 % de Cr,  $\leq$  0,01 % de S,  $\leq$  0,04 % de P, del 0,01 al 2 % de Mn, del 0,01 al 2 % de Si,  $\leq$  0,01 % de O, del 0,05 al 2 % de Sn, y el resto es Fe con impurezas inevitables.

#### Lista de citas

- 15 Documentos de patente

[DPT 1] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación nº. 2009-174036

[DPT 2] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación nº. 2010-159487

[DPT 3] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación nº. 2012-172161

[DPT 4] Solicitud de Patente Japonesa, publicación nº. 2000-169943

- 20 Documentos de no patente

[DNP 1] Atsuki Okamoto, Kouichi Takeuchi, "Sumitomo Metals" vol. 41, nº. 2 (1989) pp. 195-206

[DNP 2] " Characteristics of High Purity Fe-Cr Alloy" (editado por el High Purity Fe-Cr Alloy Research Department of Special Base Research Association of The Iron and Steel Institute of Japan, (1995) pp. 54-59)

#### Compendio de la invención

- 25 Problema técnico

En los hallazgos descritos anteriormente de la técnica anterior y los DPT 1 a 3, es difícil suprimir las marcas de estiramiento en chapas de acero inoxidable ferrítico y no se ha realizado ninguna descripción de una técnica para suprimir las marcas de estiramiento.

- 30 En este caso, un objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero inoxidable que muestre un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento, y un método para producir la misma, que pueda suprimir las marcas de estiramiento que se producen cuando se mantiene a una temperatura alta durante un largo período de tiempo, al controlar el sistema de componentes del acero y cada condición de un método de producción.

Solución al problema

- 35 Con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente, los autores de la presente invención investigaron los efectos de los componentes del acero sobre las marcas de estiramiento que se producen después del envejecimiento. En la investigación, cuando se produjeron las marcas de estiramiento, se observó claramente un fenómeno de fluencia. Por lo tanto, los autores de la presente invención investigaron en qué medida la cantidad de resistencia (resistencia a la fluencia) aumentó después del envejecimiento, es decir, se requiere que la cantidad de BH se reduzca con el fin de
- 40 limitar las marcas de estiramiento.

- Se preparó una chapa de acero laminada en frío de 1,0 mm de espesor de acero inoxidable ferrítico de alta pureza, llevándose a cabo en el acero un cambio de la cantidad de C en el intervalo del 0,0005 % al 0,020 % y que tiene una composición química de 16Cr-C. Se cambiaron la temperatura y el tiempo del tratamiento térmico en el recocido final para ajustar la estructura metalográfica (la cantidad de C en disolución sólida). De este modo, se prepararon las
- 45 muestras. Se tomaron probetas de ensayo de tracción de estas muestras en una dirección paralela a la dirección de laminación, y se sometieron a una predeformación que impartió una deformación plástica por tracción con un 7,5 % de deformación plástica. A continuación, las probetas de ensayo se sometieron a un tratamiento térmico (tratamiento térmico de envejecimiento) a 200 °C durante 30 minutos, y después se sometieron a tensión nuevamente. Se midió la resistencia a la fluencia. Además, se investigó si se observaban marcas de estiramiento, utilizando las probetas de
- 50 ensayo después de haber sido sometidas a tensión nuevamente.

Como resultado, se confirmó que no se observaron marcas de estiramiento cuando la relación entre el esfuerzo  $\sigma_1$  ( $\text{N/mm}^2$ ), después de la predeformación que impartió una deformación plástica por tracción con un 7,5 % de deformación plástica, y el límite aparente de elasticidad superior  $\sigma_2$  ( $\text{N/mm}^2$ ), cuando las probetas de ensayo se sometieron a tratamiento térmico a 200 °C durante 30 minutos y luego de nuevo a tensión después de la deformación plástica por tracción, cumplió satisfactoriamente con la siguiente Ecuación (2).

$$\sigma_2 - \sigma_1 \leq 8 \dots (2)$$

Es decir, se confirmó que la cantidad de BH después de impartir a la probeta la predeformación anterior y someterla a un tratamiento térmico de envejecimiento, es decir, el valor de  $\sigma_2 - \sigma_1$  se pudo ajustar para que fuese de 8 ( $\text{N/mm}^2$ ) o menos, con el fin de evitar la aparición de las marcas de estiramiento después del tratamiento térmico de envejecimiento.

A continuación, se investigaron el sistema de componentes (composición del acero) para reducir la cantidad de BH y un método de producción. En general, se sabe que la cantidad de BH se correlaciona con la cantidad de C en disolución sólida, y la cantidad de C en disolución sólida se puede reducir añadiendo un elemento formador de carburo (Ti o Nb). Por lo tanto, se investigaron los cambios en la cantidad de BH debidos al cambio de los procedimientos de producción utilizando acero 17Cr-0,003C-0,006N-0,10Ti (Acero A), acero 17Cr-0,003C-0,006N-0,19Nb (Acero B) y tipos de acero obtenidos añadiendo respectivamente el 0,2 % de Sn al Acero A y Acero B (Acero C y Acero D, respectivamente).

Usando los aceros desde A hasta D, se prepararon respectivas chapas de acero laminadas en frío de 0,8 mm y luego se sometieron a recocido de acabado a la temperatura de recocido de 900 °C, y se midió la cantidad de BH de la misma manera que en la descripción anterior. Se llevaron a cabo dos tipos de procedimientos de producción. En el Procedimiento 1, se llevó a cabo un recocido de chapa de acero laminada en caliente después de la laminación en caliente. En el Procedimiento 2, la laminación en frío se llevó a cabo sin recocido después de la laminación en caliente. La relación entre los tipos de acero, los procedimientos de producción, y la cantidad de BH se muestran en la Figura 1. Los números "1" y "2" marcados en el eje horizontal en el dibujo indican "Procedimiento 1" y "Procedimiento 2" de los procedimientos de producción.

Tanto el Acero A como el Acero B tuvieron una cantidad de BH tan grande como de 10  $\text{N/mm}^2$  en todos los procedimientos. Por otro lado, las cantidades de BH del Acero C y del Acero D se pudieron suprimir hasta menos de 8  $\text{N/mm}^2$  en el Procedimiento 1, lo que requirió un recocido de chapa laminada en caliente.

Además, el efecto de la condición de producción por la cual se ve afectada la cantidad de BH se investigó usando el Acero C. Como resultado, se confirmó que la cantidad de BH dependía en gran medida de las condiciones para la laminación de acabado en el momento de la laminación de la chapa en caliente y del recocido de la chapa laminada en caliente realizadas posteriormente.

La presente invención se define en las reivindicaciones anexas. Los siguientes artículos se dan a conocer como referencia.

(1) Una chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento, que incluye, como la composición de acero, en % en masa: C: el 0,020 % o menos; Si: del 0,01 % al 2,0 %; Mn: el 2,0 % o menos; P: menos del 0,050 %; S: menos del 0,010 %; Cr: del 10,0 % al 25,0 %; N: el 0,020 % o menos; Sn: del 0,010 % al 0,50 %; uno o más de Ti: el 0,60 % o menos, Nb: el 0,60 % o menos, V: el 0,60 % o menos, y Zr: el 0,60 % o menos para cumplir satisfactoriamente la siguiente Ecuación (1); y el resto que consiste sustancialmente en Fe e impurezas inevitables, en la que la relación entre el esfuerzo  $\sigma_1$  ( $\text{N/mm}^2$ ), después de que la predeformación imparte una deformación plástica por tracción con un 7,5 % de deformación plástica, y el límite aparente de elasticidad superior  $\sigma_2$  ( $\text{N/mm}^2$ ), cuando la chapa de acero se somete a tratamiento térmico a 200 °C durante 30 minutos y luego se vuelve a tensar después de que la predeformación imparte deformación plástica por tracción, cumple satisfactoriamente la siguiente Ecuación (2).

$$(\text{Ti}/48 + \text{V}/51 + \text{Zr}/91 + \text{Nb}/93)/(\text{C}/12 + \text{N}/14) \geq 1,0 \dots (1)$$

$$\sigma_2 - \sigma_1 \leq 8 \dots (2)$$

En la ecuación (1), cada nombre de elemento representa la cantidad (% en masa) del mismo. Además, en la Ecuación (1), la cantidad de un elemento no presente en el acero es sustituida por 0.

(2) La chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con el apartado (1), que además incluye, en % en masa, Al: del 0,003 % al 1,0 %.

(3) La chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con los apartados (1) o (2), que además incluye, en % en masa, uno o más de Ni: del 0,01 % al 2,0 %, Cu: del 0,01 % al 2,0 %, y Mo: del 0,01 % a 2,0 %.

(4) La chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con uno cualquiera de los apartados (1) a (3), que además incluye, en % en masa, uno o más de, B: del 0,0003 % al 0,0025 %, Mg: del 0,0001 % al 0,0030 %, Ca: del 0,0003 % al 0,0030 %, Sb: del 0,001 % al 0,50 %, Ga: del 0,0003 % al 0,1 %, REM (metales de tierras raras): del 0,002 % al 0,2 % y Ta: del 0,005 % al 0,50 %.

(5) Un método para producir una chapa de acero inoxidable ferrítico que muestra un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento, que incluye: un procedimiento de laminación en caliente para realizar una laminación de acabado, que se realiza después de una laminación en bruto e incluye varias pasadas, con una reducción total por laminación del 40 % o más en las tres últimas pasadas de la laminación de acabado y una temperatura de laminación de 950 °C o menos en la última pasada de la laminación de acabado, y para realizar un tratamiento de bobinado a 500 °C o menos después de la laminación de acabado; y un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente para calentar la chapa de acero a una temperatura de 850 °C a 1.100 °C a una velocidad de calentamiento de 3 °C/s o más en un intervalo de 500 °C a 700 °C, y luego realizar un tratamiento térmico a una velocidad de enfriamiento de 50 °C/s o menos en un intervalo de 850 °C a 550 °C después del procedimiento de laminación en caliente, en donde el método se utiliza cuando una chapa de acero inoxidable ferrítico incluye, como la composición de acero, en % en masa, C: el 0,020 % o menos, Si: del 0,01 % al 2,0 %, Mn: el 2,0 % o menos, P: menos del 0,050 %, S: menos del 0,010 %, Cr: del 10,0 % al 25,0 %, N: el 0,020 % o menos, Sn: del 0,010 % al 0,50 %, uno o más de Ti: el 0,60 % o menos, Nb: el 0,60 % o menos, V: el 0,60 % o menos, y Zr: el 0,60 % o menos para cumplir satisfactoriamente la siguiente ecuación (3), y se produce un resto que consiste sustancialmente en Fe e impurezas inevitables.

$$(Ti/48 + V/51 + Zr/91 + Nb/93)/(C/12 + N/14) \geq 1,0 \dots (3)$$

En la Ecuación (3), cada nombre de elemento representa la cantidad (en % en masa) del mismo. Además, en la Ecuación (3), la cantidad de un elemento no presente en el acero es sustituido por 0.

(6) El método para producir una chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con el apartado (5), en el que la temperatura de recalentamiento de un desbaste plano que tiene la composición de acero de antes del procedimiento de laminación en caliente se ajusta a 1.100 °C o más.

(7) El método para producir una chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con los apartados (5) o (6), en el que la chapa de acero además incluye, en % en masa, Al: del 0,003 % al 1,0 % como la composición de acero.

(8) El método para producir una chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con uno cualquiera de los apartados (5) a (7), en el que la chapa de acero además incluye, en % en masa, uno o más de Ni: del 0,01 % al 2,0 %, Cu: del 0,01 % al 2,0 % y Mo: del 0,01 % al 2,0 % como la composición de acero.

(9) El método para producir una chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con uno cualquiera de los apartados (5) a (8), en el que la chapa de acero además incluye, en % en masa, uno o más de B: del 0,0003 % al 0,0025 %, Mg: del 0,0001 % al 0,0030 %, Ca: del 0,0003 % al 0,0030 %, Sb: del 0,001 % al 0,50 %, Ga: del 0,0003 % al 0,1 %, REM (metales de tierras raras): del 0,002 % al 0,2 %, y Ta: del 0,005 % al 0,50 % como la composición del acero.

#### Efectos ventajosos de la invención

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar una chapa de acero inoxidable ferrítico que muestre un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento, y un método para producir la misma, que pueda limitar eficazmente las marcas de estiramiento que se producen cuando se mantiene a una temperatura alta durante un largo período de tiempo, controlando el sistema de componentes del acero y cada condición de un método de producción.

#### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un gráfico que muestra una relación entre los componentes de los aceros (A: acero a base de Ti, B: acero a base de Nb, C: acero a base de Ti-Sn, D: acero a base de Nb-Sn) y la presencia de recocido de chapa de acero laminada en caliente (1: presencia, 2: ausencia), y cantidad de BH.

#### Descripción de las realizaciones

A continuación, se describirá una chapa de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con esta realización y un método para producir la misma.

La chapa de acero inoxidable ferrítico de la presente invención se define en la reivindicación 1.

En la siguiente descripción, primero, se describirá el motivo para limitar los elementos componentes de la chapa de acero inoxidable ferrítico de la realización y el motivo para limitar la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento. En la composición, la notación %, significa % en masa, a menos que se indique lo contrario.

< C: del 0,0005 % al 0,020 % >

- 5 Dado que C es un elemento que produce marcas de estiramiento, se prefiere más cuanto más pequeña sea la cantidad de C. Sin embargo, cuando se reduce excesivamente la cantidad de C, aumentan los costes en la etapa de fabricación del acero. Por lo tanto, su límite inferior es del 0,0005 %. Desde el punto de vista de la producibilidad estable, la cantidad de C se establece preferiblemente en el 0,0015 % o más y se establece más preferiblemente en el 0,0025 % o más. Además, cuando se añade una gran cantidad de C, es probable que se produzcan marcas de estiramiento y la cantidad de un elemento que se añade para fijar C como carburos también aumenta lo que produce un aumento en el coste de la materia prima. Por lo tanto, el límite superior se establece en el 0,020 %. Desde el punto de vista de la producción estable, la cantidad de C se establece preferiblemente en el 0,0080 % o menos y se establece más preferiblemente en el 0,0060 % o menos.

< Si: del 0,01 % al 2,0 % >

- 15 El Si se utiliza, en algunos casos, como un elemento de desoxidación o se añade positivamente para mejorar la resistencia a la oxidación. Debido a que la reducción excesiva de Si aumenta los costes, el límite inferior de los mismos se establece en el 0,01 %. Desde este punto de vista, la cantidad de Si se establece preferiblemente en el 0,05 % o más y se establece más preferiblemente en el 0,10 % o más. Además, la adición de una gran cantidad de Si endurece el material y deteriora la tenacidad en el momento de la producción. Por lo tanto, el límite superior se establece en el 2,0 %. Desde el punto de vista de la trabajabilidad y la producibilidad estable, la cantidad de Si se establece preferiblemente en el 0,50 % o menos y se establece más preferiblemente en el 0,30 % o menos.

< Mn: del 0,01 % al 2,0 % >

- 25 El Mn se utiliza, en algunos casos, como un elemento de desoxidación, similar al Si. Dado que la reducción excesiva de Mn aumenta los costes, el límite inferior del mismo es del 0,01 %. Desde este punto de vista, la cantidad de Mn se establece preferiblemente en el 0,05 % o más, y se establece más preferiblemente en el 0,10 % o más. Además, la adición de una gran cantidad de Mn endurece el material y deteriora la resistencia a la corrosión. Por lo tanto, el límite superior se establece en el 2,0 %. Desde el punto de vista de la trabajabilidad y la producibilidad estable, la cantidad de Mn se establece preferiblemente en el 0,50 % o menos y se establece más preferiblemente en el 0,30 % o menos.

< P: el 0,0005 % o más y menos del 0,050 % >

- 30 El P se mezcla, en algunos casos, en el acero como un elemento de impureza a partir de materias primas. Es más preferible, cuanto menor sea la cantidad de P. Cuando hay una gran cantidad de P, se deteriora la trabajabilidad secundaria. Por lo tanto, el límite superior está limitado a menos del 0,050 %. Desde el punto de vista de suprimir el deterioro de la capacidad de trabajo, la cantidad de P se establece preferiblemente en el 0,035 % o menos y se establece más preferiblemente en menos del 0,030 %. Por otro lado, no se requiere establecer particularmente el límite inferior de la cantidad de P. Sin embargo, la reducción excesiva de P aumenta los costes de la materia prima y los costes de fabricación del acero. Por este motivo, el límite inferior se establece en el 0,005 %, y la cantidad de P se establece preferiblemente en el 0,010 % o más.

< S: el 0,0002 % o más y menos del 0,010 % >

- 40 Dado que S es un elemento que deteriora la resistencia a la corrosión, es más preferible cuanto más pequeña sea la cantidad de S. Por lo tanto, el límite superior está limitado a menos del 0,010 %. Además, cuanto menor es la cantidad de S, mejor es la resistencia a la corrosión. Por lo tanto, la cantidad de S se establece preferiblemente en menos del 0,0030 % y se establece más preferiblemente en menos del 0,0010 %. Por otro lado, dado que la reducción excesiva de S aumenta los costes del afino, el límite inferior se establece en el 0,0002 %, y la cantidad de S se establece preferiblemente en el 0,0005 % o más.

- 45 < Cr: del 10,0 % al 25,0 % >

El Cr es un elemento muy importante para asegurar la resistencia a la corrosión, y se requiere un 10,0 % o más de Cr para obtener una resistencia a la corrosión estable al formar una película pasiva. Desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión y la producción estable, la cantidad de Cr se establece preferiblemente en el 12,0 % o más, se establece más preferiblemente en el 13,5 % o más, y se establece aún más preferiblemente en el 15,5 % o más.

- 50 Por otra parte, dado que la adición de una gran cantidad de Cr deteriora la tenacidad en el momento de la producción, el límite superior se establece en el 25,0 %. Desde el punto de vista de la productividad estable, que incluye la tenacidad, la cantidad de Cr se establece preferiblemente en el 22,0 % o menos, se establece más preferiblemente en el 19,3 % o menos, y se establece aún más preferiblemente en el 18,0 % o menos.

< N: del 0,0005 % al 0,020 % >

Dado que N es un elemento que produce marcas de estiramiento similares a las del C, es más preferible cuanto más pequeña sea la cantidad de N.

Sin embargo, dado que la reducción excesiva de N aumenta los costes en una etapa de fabricación de acero, el límite inferior del mismo se establece en el 0,0005 %. Desde el punto de vista de la producibilidad estable, la cantidad de N se establece preferiblemente en el 0,0015 % o más y se establece más preferiblemente en el 0,0030 % o más. Además, cuando se añade una gran cantidad de N, es probable que se produzcan unas marcas de estiramiento y que se incremente la cantidad de un elemento añadido para fijar N como nitruros dando lugar a un aumento en el coste de la materia prima. Por lo tanto, el límite superior se establece en el 0,020 %. Desde el punto de vista de la producción estable, la cantidad de N se establece preferiblemente en el 0,015 % o menos y se establece más preferiblemente en el 0,010 % o menos.

< Sn: del 0,010 % al 0,22 % >

Sn es un elemento importante en la realización y tiene el efecto de reducir la cantidad de BH después del envejecimiento y evitar la aparición de marcas de estiramiento. Con el fin de obtener este efecto, se requiere que contenga el 0,010 % o más de Sn y, por lo tanto, el 0,010 % se establece como un límite inferior. Con el fin de garantizar de manera más estable el efecto, la cantidad de Sn se establece preferiblemente en el 0,05 % o más y se establece más preferiblemente en el 0,08 % o más.

La adición del 0,50 % de Sn agota el efecto descrito anteriormente de reducir la BH. Teniendo en cuenta el coste y la estabilidad de la materia prima para reducir BH, la cantidad de Sn se establece en el 0,22 % o menos.

< Uno o más de Ti, Nb, V, y Zr >

En la realización, estos elementos se requieren para fijar C y N como precipitados y se añaden para cumplir satisfactoriamente la siguiente Ecuación (1).

$$(Ti/48 + V/51 + Zr/91 + Nb/93)/(C/12 + N/14) \geq 1,0 \dots (1)$$

Cuando no se cumple la Ecuación (1), no se fijan cantidades suficientes de C y N como precipitados. Por lo tanto, aumentan las cantidades de C en disolución sólida y N en disolución sólida restantes y, en consecuencia, aumenta la cantidad de BH. Por consiguiente, esto es necesario para cumplir satisfactoriamente esta ecuación.

Además, el límite inferior de la cantidad de adición de cada elemento de Ti, Nb, V y Zr se establece en 0,03 %. Cuando la cantidad de cada elemento es superior al 0,03 %, aparece el efecto. Con el fin de obtener el efecto de manera más estable, es preferible añadir el 0,08 % o más de cada elemento. Por otro lado, desde el punto de vista de la formación de carburos, el límite superior está determinado por las cantidades de C y N. Sin embargo, dado que la adición de grandes cantidades de estos elementos, en algunos casos, endurece el material y deteriora la trabajabilidad, el límite superior de cada elemento se establece en el 0,60 %. El límite superior se establece más preferiblemente en el 0,45 % o menos.

Asimismo, en la realización, además de los elementos descritos anteriormente, es preferible añadir Al: del 0,003 % al 1,0 %.

El Al se usa, en algunos casos, como elemento de desoxidación y se sabe que el Al mejora la resistencia a la oxidación. Por lo tanto, se puede añadir Al según sea necesario. La cantidad eficaz de Al para la desoxidación es del 0,003 % y es preferible establecer el 0,003 % como límite inferior. Además, cuando la cantidad de Al es superior al 1,0 %, el grado de endurecimiento aumenta y se puede deteriorar la conformabilidad. Por lo tanto, es preferible establecer el límite superior en el 1,0 %. Un intervalo preferido de la cantidad de Al es del 0,005 % al 0,15 % con el fin de obtener un cierto grado de efecto de desoxidación y no una conformabilidad significativamente menor.

Asimismo, en la realización, además de los elementos descritos anteriormente, es preferible añadir uno o más de Ni: del 0,01 % al 2,0 %, Cu: del 0,01 % al 2,0 % y Mo: del 0,01 % al 2,0 %.

Estos elementos de Ni, Cu y Mo son elementos que mejoran la resistencia a la corrosión y se pueden añadir según sea necesario. Cuando se añade el 0,01 % o más de cada elemento, se obtiene el efecto. Por lo tanto, es preferible establecer el límite inferior de cada elemento en el 0,01 % o más. Además, dado que la adición de grandes cantidades de elementos endurece el material y deteriora la ductilidad, es preferible establecer el límite superior de cada uno de Ni, Cu y Mo en el 2,0 %. Desde el punto de vista de obtener resistencia a la corrosión y garantizar la calidad del material, un intervalo de adición más preferido de Ni y Cu se establece en el 0,05 % al 0,60 %, y un intervalo de adición más preferido de Mo se establece en el 0,20 % al 1,30 %. Un intervalo aún más preferido de Ni y Cu se establece en el 0,10 % al 0,30 %, y un intervalo aún más preferido de Mo se establece en el 0,30 % al 0,60 %.

Asimismo, en la realización, además de los elementos descritos anteriormente, es preferible añadir uno o más de B: del 0,0003 % al 0,0025 %, Mg: del 0,0001 % al 0,0030 %, Ca: del 0,0003 % al 0,0030 %, Sb: del 0,001 % al 0,50 %, Ga: del 0,0003 % al 0,1 %, REM (metales de tierras raras): del 0,002 % al 0,2 %, y Ta: del 0,005 % al 0,50 %.

5 B, Mg y Ca son elementos que tienen el efecto de mejorar la trabajabilidad secundaria y la resistencia a la formación de cordón. Dado que el efecto se obtiene cuando la cantidad de B es del 0,0003 % o más, la cantidad de Mg es del 0,0001 % o más, y la cantidad de Ca es del 0,0003 % o más, siendo preferible establecer estos valores como límites inferiores de los mismos. Por otro lado, cuando se reduce una gran cantidad de elementos se reduce, en algunos casos, la velocidad de producción en el momento de la producción. Por lo tanto, se prefiere establecer el límite superior de la cantidad de B en el 0,0025 % y los límites superiores de Mg y Ca en el 0,0030 %. Un intervalo de adición más preferido de B y Ca se establece en el 0,0003 % al 0,0010 %, y un intervalo de adición más preferido de Mg se establece en el 0,0002 % al 0,0008 %.

10 El Sb es eficaz en mejorar la resistencia a la corrosión y se puede añadir un 0,50 % o menos de Sb según sea necesario. En particular, desde el punto de vista de la corrosión de las grietas, el límite inferior de la cantidad de Sb se establece en el 0,001 %. Desde el punto de vista de la producción y los costes, es preferible establecer el límite inferior en el 0,01 %. Desde el punto de vista de los costes, es preferible establecer el límite superior en el 0,1 %.

15 Se puede añadir el 0,1 % o menos de Ga para mejorar la resistencia a la corrosión y suprimir la fragilidad por hidrógeno. Desde el punto de vista de la formación de sulfuros, el límite inferior se establece en el 0,0003 %. Desde el punto de vista de la productividad y los costes, la cantidad de Ga se establece preferiblemente en el 0,0010 % o más. La cantidad de Ga se establece más preferiblemente en el 0,0020 % o más.

20 El REM (metales de tierras raras) es un elemento que presenta un efecto de mejorar la resistencia a la oxidación y la adhesión de una película de óxido. Para obtener el efecto, el límite inferior del mismo se establece preferiblemente en el 0,002 % o más. Dado que el efecto se agota con el 0,2 % de REM, este valor se establece como un límite superior de la cantidad de REM (metales de tierras raras). De acuerdo con una definición general, REM (elemento de tierras raras) es el término general de los elementos que consta de 2 elementos entre escandio (Sc) e itrio (Y) y 15 elementos (lantanoideos) desde lantano (La) hasta lutecio (Lu). El REM (elemento de tierras raras) se puede añadir solo o se puede añadir una mezcla del mismo, dentro de un intervalo del 0,002 % al 0,2 %.

25 El Ta es un elemento que mejora la resistencia a altas temperaturas y se puede añadir según sea necesario. Para obtener el efecto, se añade el 0,005 % o más de Ta. Sin embargo, dado que la adición excesiva de Ta deteriora la ductilidad a temperatura normal y la tenacidad, el 0,50 % se establece como un límite superior. Con el fin de cumplir satisfactoriamente con la resistencia a alta temperatura, la ductilidad y la tenacidad, la cantidad de Ta es preferiblemente del 0,05 % o más y del 0,50 % o menos.

30 Los componentes distintos de los componentes descritos anteriormente no se definen particularmente en la presente invención. Sin embargo, en la presente invención, Hf, Bi y similares se pueden añadir en una cantidad del 0,001 % al 0,1 % según se requiera. Es preferible reducir la cantidad de un elemento generalmente dañino tal como As o Pb y un elemento de impureza tanto como sea posible.

35 La composición del acero (elementos componentes) y el motivo para limitar la composición del acero se han descrito anteriormente. Sin embargo, el resto de la chapa de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la realización que excluye los elementos descritos anteriormente consiste en Fe e impurezas inevitables. En la realización, se puede añadir una cantidad traza de un elemento que no perjudique los efectos de la presente invención que incluyen impurezas inevitables.

40 En la chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene la composición de acero descrita anteriormente, la relación entre el esfuerzo  $\sigma_1$  (N/mm<sup>2</sup>) y el límite aparente de elasticidad superior  $\sigma_2$  (N/mm<sup>2</sup>) cumple satisfactoriamente la relación de la siguiente ecuación (2). En la que,  $\sigma_1$  indica el esfuerzo cuando se aplica el 7,5 % de deformación plástica. En un ensayo de tracción, la deformación aumenta y el esfuerzo cambia gradualmente en un proceso de deformación.  $\sigma_1$  indica el esfuerzo cuando la deformación plástica alcanza el 7,5 %. En la deformación plástica por tracción descrita anteriormente, las probetas de ensayo de tracción JIS 13B de acuerdo con la norma JIS Z 2241: 2011 (correspondientes a la norma ISO 6892-1: 2009) se utilizan como probetas de ensayo de tracción, y la velocidad de tensión durante el ensayo de tracción se establece en un intervalo de 1 mm/min a 3 mm/min. Otras condiciones se establecen de acuerdo con la norma JIS Z 2241.

$$\sigma_2 - \sigma_1 \leq 8 \dots (2)$$

Cuando no se cumple satisfactoriamente la Ecuación (2), se producen marcas de estiramiento durante la conformación (procesamiento). Por lo tanto, es importante cumplir satisfactoriamente la Ecuación (2).

50 El motivo por el que no se producen marcas de estiramiento cuando la relación cumple satisfactoriamente la Ecuación (2) no está claro. Sin embargo, se puede considerar que el comportamiento de C en el acero cambia, ya que el acero tiene la composición de acero descrita anteriormente, en particular, contiene Sn. Se sabe que Sn no reacciona con C para formar un compuesto y más bien presenta una interacción repulsiva con C. Además, C y Sn son conocidos como elementos que tienen una fuerte tendencia a segregarse en los límites de grano. Teniendo en cuenta estos hechos, se considera que cuando Sn está presente en los límites de grano, se potencia la precipitación de C y se reduce la cantidad de C en disolución sólida que da lugar a las marcas de estiramiento.



A continuación, se describirá un método para producir la chapa de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la realización.

El método para producir la chapa de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la realización incluye: un procedimiento de laminación en caliente para realizar una laminación de acabado, que se realiza después de un laminación en bruto e incluye varias pasadas, con una reducción total por laminación del 40 % o más de las tres últimas pasadas en la laminación de acabado y a una temperatura de laminación de 780 °C a 950 °C de la última pasada en la laminación de acabado, y se realiza un tratamiento de bobinado a una temperatura de 250 °C a 450 °C después de la laminación de acabado; y se realiza un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente para calentar la chapa de acero a una temperatura de 850 °C a 1.100 °C, a una velocidad de calentamiento de 3 °C/s a 20 °C/s en un intervalo de temperatura de 500 °C a 700 °C, y luego se realiza el enfriamiento a una velocidad de enfriamiento de 5 °C/s o más a 50 °C/s o menos en un intervalo de temperatura de 850 °C a 550 °C después del procedimiento de recocido de la chapa laminada en caliente, en donde la temperatura de recalentamiento de un desbaste plano que tiene la composición de acero anterior al procedimiento de laminación en caliente se establece en un intervalo de 1.100 °C a 1.250 °C, por lo que se obtiene una chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene la composición de acero descrita anteriormente de modo que cumpla satisfactoriamente la siguiente Ecuación (3):

$$(Ti/48 + V/51 + Zr/91 + Nb/93)/(C/12 + N/14) \geq 1,0 \dots (3)$$

En la Ecuación (3), cada nombre de elemento representa la cantidad (en % en masa) del mismo. Además, en la Ecuación (3), la cantidad de un elemento no presente en el acero es sustituida por 0.

A continuación, se describirá con detalle cada condición de producción.

20 "Calentar la pieza de acero hasta 1.100 °C o más en un procedimiento de laminación en caliente"

Primero, se prepara el acero que tiene la composición de acero descrita anteriormente y luego se somete a moldeo por colada para obtener una pieza de acero (desbaste plano).

Posteriormente, se realiza un procedimiento de laminación en caliente.

25 Se ajusta la temperatura de recalentamiento de la pieza de acero a 1.100 °C o más antes del procedimiento de laminación en caliente. Cuando la temperatura de recalentamiento es inferior a 1.100 °C, puede aumentar la carga de laminación en la laminación en caliente y causar fallas en el momento de la laminación.

30 Por lo tanto, se establece una temperatura de límite inferior de 1.100 °C. Por otro lado, cuando la temperatura de recalentamiento es excesivamente alta, la pieza de acero se puede ablandar y dar lugar un cambio de forma. Por consiguiente, la temperatura de límite superior se establece en 1.250 °C. Desde el punto de vista de la carga de laminación y la forma de la pieza de acero, el intervalo de la temperatura de recalentamiento es de 1.150 °C a 1.200 °C.

"Establecer la reducción total por laminación de las tres últimas pasadas de laminación de acabado en el 40 % o más y establecer la temperatura de laminación de la última pasada de laminación de acabado en un intervalo de 780 °C a 950 °C"

35 Después de recalentar la pieza de acero descrita anteriormente, se realiza un procedimiento de laminación en caliente sobre la pieza de acero. El procedimiento de laminación en caliente se compone aproximadamente de laminación en bruto, laminación de acabado que incluye varias pasadas, específicamente, 3 o más pasadas, y un procedimiento de bobinado posterior. En la realización, en la laminación de acabado, se establece una reducción total por laminación de las tres últimas pasadas en el 40 % o más y se establece la temperatura de laminación de la última pasada en la laminación de acabado en un intervalo de 780 °C a 950 °C. Es importante realizar el procedimiento de bobinado a una temperatura de bobinado de 500 °C o inferior después de la laminación de acabado.

A continuación, se describirá cada condición de estos procedimientos.

45 En lo que respecta a la reducción por laminación de la laminación de acabado, la reducción total por laminación de las tres últimas pasadas (en lo sucesivo, también denominada simplemente reducción total por laminación) se establece en el 40 % o más. En la realización, es importante someter la pieza de acero a una alta reducción por laminación para aumentar el número de núcleos de recristalización, reduciendo de este modo el tamaño de los granos recristalizados. El motivo para limitar la reducción por laminación se describirá más adelante. Al aumentar la reducción por laminación, se puede asegurar suficientemente el número de núcleos de recristalización y se reduce el tamaño de los granos recristalizados en el procedimiento de recocido posterior, de modo que se puede provocar la segregación de los límites de Sn. Como resultado, se considera que se puede reducir la cantidad de BH. Sin embargo, cuando la reducción total por laminación es inferior al 40 %, no se puede asegurar suficientemente el número de núcleos de recristalización. Como resultado, dado que la cantidad de BH se incrementa, la reducción total por laminación se establece en el 40 % o más. Desde el punto de vista de aumentar el número de núcleos de recristalización, el límite inferior de la reducción total por laminación se establece preferiblemente en el 45 %. Además, el límite superior de la reducción total por laminación no está particularmente definido. Sin embargo, teniendo en cuenta una carga en el momento de la

laminación, es preferible establecer el límite superior en el 80 %. La reducción total por laminación X de las tres últimas pasadas se puede obtener mediante la siguiente Ecuación (4) basada en la relación entre el espesor final  $t_f$  (mm) y el espesor antes de las tres últimas pasadas  $t_y$  (mm).

$$X = 100 \times (1 - t_f/t_y) (\%) \dots (4)$$

5 A continuación, se describirá el motivo para establecer la reducción total por laminación de las tres últimas pasadas en el 40 % o más. La temperatura de laminación de las tres últimas pasadas en la laminación de acabado es baja en comparación con otras pasadas y la deformación se acumula fácilmente. Por lo tanto, la reducción total de la laminación de las tres últimas pasadas afecta significativamente la recristalización en el procedimiento de recocido posterior, y la cantidad de BH varía significativamente dependiendo de la reducción total por laminación. Es decir, en 10 las tres últimas pasadas en las que la temperatura de laminación es relativamente baja, la cantidad de deformación acumulada es grande y, como resultado, puede aumentar el número de núcleos de recristalización. Cuando la recristalización se lleva a cabo mediante recocido de chapa laminada en caliente como un procedimiento posterior en un estado en el que los núcleos de recristalización se aseguran de esta manera, los granos recristalizados (estructura recristalizada) se pueden hacer más finos (se puede reducir el tamaño de los granos recristalizados). Como resultado, 15 se puede reducir la cantidad de BH. Aunque no está claro en la actualidad un mecanismo que tenga la capacidad de reducir la cantidad de BH que haga que los granos recristalizados sean más finos como se describió anteriormente, se pueden hacer las siguientes consideraciones. Es decir, el área del límite de grano, que es un sitio de segregación de Sn de un elemento de segregación de límite, se puede aumentar haciendo que los granos recristalizados sean más finos. Como resultado, disminuye la longitud de difusión de Sn y aumenta la segregación de Sn al límite de grano. Por 20 lo tanto, se suprime la segregación de C en el límite de grano mientras aumenta la precipitación de C, lo que reduce la cantidad de C en disolución sólida. Como resultado, se considera que se puede suprimir un aumento en la cantidad de BH.

Además, en la realización, desde el punto de vista de asegurar los núcleos de recristalización como se ha descrito anteriormente, la temperatura de laminación en la última etapa de la laminación de acabado se establece en un 25 intervalo de 780 °C a 950 °C. Esto se debe a que cuando la temperatura es superior a 950 °C, la cantidad de BH aumenta y se producen unas marcas de estiramiento. El límite inferior de la temperatura de laminación en la última etapa (la última pasada) en la laminación de acabado se establece en 780 °C desde el punto de vista de evitar la aparición de fallas en el momento de la laminación.

"Temperatura de bobinado de 250 °C a 450 °C"

30 Además, en la realización, desde el punto de vista de asegurar núcleos de recristalización como se ha descrito anteriormente, la temperatura de bobinado también es un requisito muy importante. Cuando la temperatura de bobinado es superior a 500 °C, los granos recristalizados (estructura recristalizada) se vuelven más gruesos (el tamaño de los granos recristalizados aumenta excesivamente) en el momento del recocido de chapa laminada en caliente como un procedimiento posterior. Como resultado, aumenta la cantidad de BH. La temperatura de bobinado se 35 establece en 450 °C o menos. Por otro lado, cuando la temperatura de bobinado se reduce excesivamente, es difícil controlar la temperatura en el momento de bobinado. Además, se requiere un equipo especial. Por lo tanto, el límite inferior de la temperatura de bobinado se establece en 250 °C o más.

Como se describió anteriormente, en el procedimiento de laminación en caliente de acuerdo con la realización, se requiere definir la reducción total por laminación de las últimas tres pasadas en el momento de la laminación de 40 acabado, la temperatura de laminación de acabado, y la temperatura de bobinado con el fin de reducir la cantidad de BH.

"Establecer una velocidad de calentamiento de 3 °C/s a 20 °C/s en un intervalo de temperatura de 500 °C a 700 °C, establecer la temperatura a alcanzar después de calentar hasta una temperatura de 850 °C a 1.100 °C y establecer la 45 velocidad de enfriamiento hasta 5 °C/s o más hasta 50 °C/s o menos, en un intervalo de temperatura de 850 °C a 550 °C después del recocido de chapa laminada en caliente"

Después del procedimiento de laminación en caliente, se lleva a cabo el recocido de chapa laminada en caliente, en el que la chapa de acero se calienta hasta una temperatura de 850 °C a 1.100 °C a una velocidad de calentamiento de 3 °C/s a 20 °C/s en un intervalo de temperatura de 500 °C a 700 °C, y luego se lleva a cabo un enfriamiento a una velocidad de enfriamiento de 5 °C/s o más hasta 50 °C/s o menos, en un intervalo de temperatura de 850 °C a 550 °C.

50 En el procedimiento de recocido de la chapa laminada en caliente, primero, se calienta la chapa laminada en caliente hasta una temperatura a alcanzar que se precisará más adelante para aumentar la temperatura. En la realización, la velocidad de calentamiento en un intervalo de 500 °C a 700 °C se establece en un intervalo de 3 °C/s a 20 °C/s. Cuando la velocidad de calentamiento es inferior a 3 °C/s, los granos recristalizados se vuelven más gruesos en el momento del recocido de chapa laminada en caliente como un procedimiento posterior y no se puede obtener suficiente BH. La velocidad de calentamiento es preferiblemente de 5 °C/s o más y más preferiblemente de 10 °C/s o 55 más. Cuando la velocidad de calentamiento es superior a 20 °C/s, se agota el efecto. Por lo tanto, este valor se establece como el límite superior de la velocidad de calentamiento.

Además, la temperatura a alcanzar después del calentamiento (aumento de la temperatura) es un requisito importante para recrystalizar los núcleos de recrystalización asegurados por la laminación de acabado. En la realización, la temperatura a alcanzar se establece en un intervalo de 850 °C a 1.100 °C. Cuando la temperatura a alcanzar es inferior a 850 °C, la recrystalización no es suficiente y el efecto de reducir la cantidad de BH no puede ser suficiente. Además, se deterioran las características de trabajabilidad y formación de cordón de una chapa recocida laminada en frío. Por lo tanto, es importante aumentar la temperatura hasta 850 °C o más. Desde el punto de vista de formar una estructura recrystalizada, es preferible establecer la temperatura a alcanzar en 900 °C o más. Además, cuando la temperatura a alcanzar es superior a 1.100 °C, los granos de la chapa de acero se vuelven más gruesos y se deterioran la conformabilidad y las características de la superficie (propiedades de rugosidad de la superficie) de una chapa producto. Por lo tanto, la temperatura a alcanzar se establece en 1.100 °C o menos. Desde el punto de vista de suprimir el engrosamiento de los granos, es preferible establecer la temperatura a alcanzar en 1080 °C o menos.

Además, la velocidad de enfriamiento en el momento del enfriamiento después del recocido de chapa laminada en caliente es un requisito importante para hacer que los granos recrystalizados sean más finos. En la realización, la velocidad de enfriamiento se controla para que sea de 5 °C/s o más hasta 50 °C/s o menos en un intervalo de temperatura de 850 °C a 550 °C en el procedimiento de enfriamiento después del recocido de chapa laminada en caliente. Cuando la velocidad de enfriamiento supera los 50 °C/s, los granos recrystalizados no se hacen suficientemente finos y aumenta la cantidad de BH. Por lo tanto, la velocidad de enfriamiento se establece en 50 °C/s o menos. Desde el punto de vista para hacer finos los granos recrystalizados, la velocidad de enfriamiento es preferiblemente de 15 °C/s o menos. Por otro lado, dado que el descenso excesivo de la velocidad de enfriamiento deteriora la productividad, la velocidad de enfriamiento se establece en 5 °C/s o más. Además, la velocidad de enfriamiento se establece más preferiblemente a más de 10 °C/s para evitar que las propiedades de tenacidad y decapado se deterioren debido a la precipitación de carbonitruro fino.

Luego, la chapa de acero inoxidable ferrítico laminada en caliente obtenida como se ha descrito anteriormente se somete a laminación en frío, recocido (recocido final) y, según se requiera, laminación superficial. En la realización, dado que no hay diferencia en los efectos dependiendo de la temperatura de recocido final, la temperatura de recocido final no está particularmente limitada. Además, incluso cuando se cambian la velocidad de calentamiento y la velocidad de enfriamiento, los efectos no se modifican significativamente. Por lo tanto, desde el punto de vista de las marcas de estiramiento, no hay necesidad de limitarlas particularmente. Sin embargo, dado que es necesario obtener la estructura recrystalizada por recocido, se considera que se requiere un tratamiento térmico a 800 °C o más. Cuanto más alta es la temperatura de recocido, más gruesos se vuelven los granos, lo que favorece la rugosidad de la superficie en el momento de la formación. Por lo tanto, es preferible establecer el límite superior de la misma en 1.050 °C.

Además, con respecto a una condición de laminación en frío, puesto que no hay diferencia en los efectos descritos anteriormente que dependan de la rugosidad del rodillo y del tamaño de un rodillo de trabajo a utilizar, no se definen particularmente los aceites de laminación, número de pasadas de laminación, velocidad de laminación, temperatura de laminación, y la reducción por laminación en frío.

Los efectos descritos anteriormente de la realización también se muestran en un método de doble laminación en frío o en un método de triple laminación en frío.

Además, dado que la estructura en el acero está controlada, el acero no se ve afectado por la atmósfera del horno en el momento del recocido final.

Como se describió anteriormente, en una pieza de acero que tiene una composición de acero (sistema de componentes) que contiene Sn, es posible obtener una chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento, y tiene la capacidad de reducir una cantidad de BH y limitar eficazmente las marcas de estiramiento, sólo al definir de manera combinada una condición de laminación en caliente, una condición de bobinado, y una condición de recocido de chapa laminada en caliente.

Aunque no está claro el mecanismo para reducir la cantidad de BH al hacer que los granos recrystalizados sean más finos mediante el control de las condiciones descritas anteriormente del método de producción, se hacen las siguientes consideraciones.

Se sabe que la cantidad de BH está correlacionada con la cantidad de C en disolución sólida. C es un elemento que se segrega en los límites de grano y Sn también es un elemento que se segrega en los límites de grano. Los autores de la presente invención creen que, dado que Sn se considera como un elemento que se segrega preferentemente más que C en los límites de grano, Sn se segrega en los límites de grano preferentemente más que C en el procedimiento de enfriamiento después del recocido de laminación en caliente. Es decir, cuando se añade Sn al acero, se considera que se reduce la cantidad de C presente en los límites de grano. Por lo tanto, se considera que, dado que Sn está presente en los límites de los granos de manera preferencial, se potencia la precipitación de C que no se segrega en los límites de los granos como carbonitruros. Por consiguiente, se supone que la adición de Sn en sí tiene el efecto de reducir la cantidad de C en disolución sólida y, como resultado, se considera que se puede reducir la cantidad de BH.

Además, en la presente invención, es necesario realizar una laminación en caliente de acabado con una alta reducción por laminación y una baja temperatura, disminuir la temperatura de bobinado, y aumentar la velocidad de calentamiento y la temperatura a alcanzar de recocido de chapa laminada en caliente. Todas estas condiciones producen condiciones para aumentar el número de núcleos de recristalización y reducir el tamaño de los granos recristalizados. En general, cuanto menor es el tamaño de los granos recristalizados, mayor es la cantidad de BH. En la presente invención, se requiere una condición de producción para hacer más finos los granos recristalizados (reduciendo el tamaño de los granos recristalizados) como se ha descrito anteriormente. Aunque la causa de la reducción de la cantidad de BH al hacer más finos los granos recristalizados no está clara en la actualidad, se pueden hacer las siguientes consideraciones. La distancia de difusión de Sn se reduce al aumentar el área de un límite de grano que es un sitio de segregación de Sn, y se potencia la segregación de Sn. Como resultado, se considera que se puede reducir la cantidad de C en disolución sólida.

### Ejemplos

A continuación, se describirán los efectos de la presente invención con referencia a ejemplos. Sin embargo, la presente invención no está limitada a las condiciones usadas en los ejemplos.

Se prepararon aceros fundidos que tenían las composiciones de componentes (en % en masa) de las tablas 1 y 2. El REM (metales de tierras raras) en las tablas 1 y 2 es una mezcla de La, Ce, Pr y Nd. A continuación, las piezas de acero con un espesor de 90 mm se cortaron y sacaron de los lingotes de acero obtenidos y se recalentaron a las temperaturas de calentamiento mostradas en las tablas 3 a 5. Luego, las piezas de acero se laminaron en caliente hasta tener un espesor de 4,0 mm. La reducción total por laminación de las tres últimas pasadas de laminación de acabado de cada pieza de acero se muestra como X (%) y la temperatura de laminación de la última pasada se muestra como una temperatura de laminación de acabado (°C) en las tablas 3 a 5.

Posteriormente, las chapas laminadas se enrollaron a las temperaturas de bobinado mostradas en las tablas 3 a 5 y luego se sometieron a recocido de chapa laminada en caliente en diversas condiciones mostradas en las tablas 3 a 5. Después del recocido de chapa laminada en caliente, las chapas de acero se sometieron a decapado y luego a laminación en frío para obtener un espesor de 0,4 mm a 2,0 mm. De este modo, se obtuvieron chapas de acero laminadas en frío. Las chapas de acero laminadas en frío se sometieron a tratamiento térmico (recocido de chapa laminada en frío) a una temperatura en un intervalo de 800 °C a 1.000 °C para preparar chapas de acero inoxidable ferríticas.

A continuación, las chapas de acero inoxidable ferrítico se sometieron a medición de BH, determinación de marcas de estiramiento e inspección de la superficie después de un ensayo de conformación (ya sea que se hubiera producido o no rugosidad en la superficie).

El BH se midió utilizando probetas de ensayo de tracción JIS 13B basándose en la diferencia entre el esfuerzo  $\sigma_1$  (N/mm<sup>2</sup>) después de que la predeformación impartiera deformación plástica por tracción con un 7,5 % de deformación plástica, y el límite aparente de elasticidad superior  $\sigma_2$  (N/mm<sup>2</sup>) cuando las probetas de ensayo se sometieron a un tratamiento térmico a 200 °C durante 30 minutos y luego de nuevo a tensión después de que la predeformación impartiera deformación plástica por tracción con un 7,5 % de deformación plástica, como se describió anteriormente. Si bien se estableció el número de N en 2, el BH se evaluó en función del valor medio del mismo. La velocidad de tensión se estableció en 3 mm/min.

Las marcas de estiramiento se evaluaron a partir de la apariencia externa de las probetas de ensayo de tracción JIS 13B después de que las probetas de ensayo se sometieran a una predeformación que impartió deformación plástica por tracción con un 7,5 % la deformación plástica, tratamiento térmico a 200 °C durante 30 minutos, y luego se deformó con un 1 % de deformación plástica.

En un ensayo de conformación, cada una de las chapas laminadas en caliente después del recocido de chapa laminada en caliente se sometió a un ensayo de conformación con una relación de estiramiento de 2,0 usando un punzón cilíndrico con  $\Phi$  50 mm, y luego se determinó si se produjo o no rugosidad en la superficie a partir del aspecto exterior de la superficie de partes de pared vertical. Además, el estado de la superficie después de la laminación en caliente y el bobinado se observó visualmente y si se observaron o no marcas de desgaste.

En todas las chapas de acero que tenían la composición dentro del intervalo de la presente invención y las chapas de acero obtenidas por el método de producción de acuerdo con la presente invención, la cantidad de BH ( $\sigma_2 - \sigma_1$ ) fue tan pequeña como de menos de 8 (N/mm<sup>2</sup>) y no se observaron marcas de estiramiento ni rugosidad de la superficie.

[TABLA 1]

		Composiciones de componentes (% en masa)																					
Acero	C	Si	Mn	P	S	Cr	N	Sn	Ti	Nb	V	Zr	Al	Ni	Cu	Mo	B	Mg	Ca	Sb	Ga	REM	Ta
A	0.0021	0.18	0.08	0.015	0.001	16.7	0.0065	0.18	0.24														
B	0.0050	0.22	0.25	0.031	0.002	17.1	0.0085	0.25		0.35			0.005		0.12	1.35		0.0002	0.0004				
C	0.0110	0.62	0.15	0.022	0.001	11.5	0.0068	0.03		0.09	0.09	0.09		0.12			0.0003						
D	0.0060	0.48	0.34	0.018	0.002	16.5	0.0095	0.12	0.06		0.12	0.22	0.19	0.25					0.0003				
E	0.0015	1.81	0.41	0.013	0.001	20.3	0.0130	0.015	0.11	0.25	0.06	0.06		0.03		0.05							
F	0.0086	0.62	1.77	0.023	0.006	17.3	0.0120	0.34				0.25	0.03	0.03			0.0004						
G	0.0029	0.13	0.11	0.027	0.001	14.3	0.0091	0.11	0.09	0.13			0.02										
H	0.0016	0.84	0.26	0.031	0.002	19.2	0.0068	0.18			0.18		0.75	0.4	0.45			0.0019					
I	0.0011	1.21	1.55	0.045	0.003	13.5	0.0075	0.24	0.18		0.06	0.09	0.22	0.12	0.05	0.33			0.0019				
J	0.0150	0.06	0.24	0.015	0.004	23.1	0.0167	0.05	0.06		0.06												
K	0.0180	0.09	0.38	0.028	0.005	16.2	0.0120	0.33		0.24	0.51	0.11	0.06	1.22			0.0022						
L	0.0190	0.25	1.44	0.016	0.002	15.4	0.0150	0.12	0.13											0.002			
M	0.0054	0.34	0.22	0.025	0.001	13.5	0.0099	0.06	0.11	0.25	0.08		0.15										
N	0.0023	1.11	0.08	0.035	0.0009	21.1	0.0123	0.03		0.33		0.22	0.06	0.22			0.0007			0.0021			
O	0.0101	0.84	1.11	0.041	0.0009	17.1	0.0141	0.22	0.45				0.008		0.35			0.0009	0.0011	0.09		0.009	
P	0.0084	0.56	0.33	0.022	0.002	16.9	0.0087	0.13	0.25	0.12	0.11	0.11		0.11				0.0008					0.008
Q	0.0025	0.19	0.81	0.029	0.0018	19.8	0.0088	0.09	0.08	0.25			0.07										
R	0.0048	0.32	0.66	0.029	0.0011	17.3	0.0094	0.12	0.09	0.24													
S	0.0039	1.11	0.22	0.025	0.0009	13.5	0.0065	0.21		0.31													

[TABLA 2]

Composiciones de componentes (% en masa)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	N	Sn	Ti	Nb	V	Zr	Al	Ni	Cu	Mo	B	Mg	Ca	Sb	Ga	REM	Ta
Acero	0,0021	0,41	0,25	0,027	0,003	14,1	0,0084			0,25			0,12		0,25								
T	0,0092	0,62	0,39	0,028	0,004	12,4	0,0055		0,12		0,12												
U	0,0049	0,30	0,56	0,029	0,003	18,6	0,0099		0,11	0,05		0,25	0,01			0,11							
V	0,0122	0,25	0,25	0,041	0,0055	14,8	0,011	0,12															
W	0,0048	0,32	0,66	0,035	0,0025	17,2	0,0101	0,005		0,35													

[Tabla 3]

Nº.	Acero	Temperatura de calentamiento (°C)	X (%)	Temperatura de laminación de acabado (°C)	Temperatura de bobinado (°C)	t1 (°C/s)	Temperatura a alcanzar (°C)	t2 (°C/s)	Presencia de marcas de agarrotamiento en la laminación en caliente.	BH (N/mm <sup>2</sup> )	Marcas de estiramiento	Presencia de rugosidad superficial.	
1	A	1.180	45	920	480	7	860	12	Ninguna	2,5	Ninguna	Ninguna	Ejemplo
2	A	1.200	52	910	460	6	805	55	Ninguna	13	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
3	A	1.160	31	980	460	10	910	32	Ninguna	14	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
4	B	1.200	55	820	470	8	980	29	Ninguna	3,5	Ninguna	Ninguna	- Ejemplo
5	B	1.190	50	890	450	2	1.020	8	Ninguna	9,9	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
6	B	1.180	45	990	425	8	1.000	11	Ninguna	11	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
7	C	1.180	42	920	436	10	895	11	Ninguna	4,2	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención
8	C	1.200	55	890	433	2	880	19	Ninguna	8,9	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
9	C	1.200	51	870	400	8	890	75	Ninguna	13	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
10	D	1.230	29	860	450	9	951	9	Ninguna	13	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
11	D	1.230	45	820	410	12	920	9	Ninguna	1,5	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención

Nº.	Acero	Temperatura de calentamiento (°C)	X (%)	Temperatura de laminación de acabado (°C)	Temperatura de bobinado (°C)	t1 (°C/s)	Temperatura a alcanzar (°C)	t2 (°C/s)	Presencia de marcas de agarrotamiento en la laminación en caliente.	BH (N/mm <sup>2</sup> )	Marcas de estramamiento	Presencia de rugosidad superficial.	
12	D	1.200	44	910	480	15	1.160	9	Ninguna	12	Si	Si	Ejemplo comparativo
13	E	1.200	51	945	410	10	1.010	15	Ninguna	3,2	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención
14	E	1.180	51	922	375	2	950	26	Ninguna	14	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
15	E	1.190	41	930	380	10	900	19	Ninguna	2	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención
16	F	1.190	48	910	425	9	990	26	Ninguna	0,8	Ninguna	Ninguna	Ejemplo
17	F	1.180	49	920	622	12	990	3	Ninguna	15	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
18	F	1.180	38	900	410	13	860	1	Ninguna	12	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
19	G	1.190	45	890	362	11	950	2	Ninguna	2,5	Ninguna	Ninguna	Ejemplo
20	G	1.190	55	880	380	2	870	15	Ninguna	12	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
21	G	1.050	51	880	398	10	845	35	Si	9,3	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
22	H	1.180	51	890	411	7	890	35	Ninguna	1,1	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención



Nº.	Acero	Temperatura de calentamiento (°C)	X (%)	Temperatura de laminación de acabado (°C)	Temperatura de bobinado (°C)	t1 (°C/s)	Temperatura a alcanzar (°C)	t2 (°C/s)	Presencia de marcas de agarrotamiento en la laminación en caliente.	BH (N/nm <sup>2</sup> )	Marcas de estiramiento	Presencia de rugosidad superficial.	
23	H	1.190	48	1.010	420	6	880	12	Ninguna	14	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
24	H	1.200	55	920	425	3,5	890	10	Ninguna	2,3	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención

X: Reducción total por laminación (%) de las tres últimas pasadas de laminación de acabado  
t1: Velocidad de calentamiento (°C/s) en el intervalo de 500 °C a 700 °C en el recocido de chapa laminada en caliente  
t2: Velocidad de enfriamiento (°C/s) en el intervalo de 850 °C a 550 °C en el recocido de chapa laminada en caliente

[Tabla 4]

Nº	Acero	Temperatura de calentamiento (°C)	X (%)	Temperatura de laminación de acabado (°C)	Temperatura de bobinado (°C)	t1 (°C/s)	Temperatura a alcanzar (°C)	t2 (°C/s)	Presencia de marcas de agarrotamiento en la laminación en caliente	BH (N/mm <sup>2</sup> )	Marcas de estiramiento	Presencia de rugosidad superficial	Ejemplo
25	I	1.200	50	900	430	7	925	15	Ninguna	1,1	Ninguna	Ninguna	Ejemplo
26	I	1.200	45	890	410	8	922	10	Ninguna	3,1	Ninguna	Ninguna	Ejemplo
27	I	1.180	48	870	588	7	1.000	15	Ninguna	9,6	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
28	J	1.190	55	880	480	9	940	5	Ninguna	2,3	Ninguna	Ninguna	Ejemplo
29	J	1.180	50	890	490	2	1.050	12	Ninguna	12	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
30	J	1.200	45	880	382	8	1.060	7	Ninguna	3,2	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención
31	K	1.160	45	885	360	11	1.000	15	Ninguna	2,5	Ninguna	Ninguna	Ejemplo
32	K	1.160	41	880	395	1	980	10	Ninguna	11	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
33	K	1.200	51	920	400	10	890	40	Ninguna	3,2	Ninguna	Ninguna	Ejemplo
34	L	1.180	52	910	412	9	860	6	Ninguna	3,5	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención
35	L	1.180	61	1.020	419	9	880	12	Ninguna	12	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
36	L	1.170	69	890	405	6	890	25	Ninguna	4,2	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención

Nº	Acero	Temperatura de calentamiento (°C)	X (%)	Temperatura de laminación de acabado (°C)	Temperatura de bobinado (°C)	t1 (°C/s)	Temperatura a alcanzar (°C)	t2 (°C/s)	Presencia de marcas de agarrotamiento en la laminación en caliente	BH (N/mm <sup>2</sup> )	Marcas de estriramiento	Presencia de rugosidad superficial	
37	M	1.180	42	900	400	1	980	25	Ninguna	15	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
38	M	1.160	53	880	420	4	970	10	Ninguna	0,9	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención
39	M	1.200	42	920	440	5	950	100	Ninguna	17	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
40	N	1.180	45	870	450	10	900	25	Ninguna	3,5	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención
41	N	1.180	35	875	455	20	1.000	7	Ninguna	18	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
42	N	1.170	42	850	610	10	920	11	Ninguna	17	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
43	O	1.150	44	860	395	15	950	15	Ninguna	5,8	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención
44	O	1.190	52	1.010	405	2	900	8	Ninguna	19	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
45	O	1.200	60	880	420	5	800	59	Ninguna	16	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
46	P	1.210	55	850	440	7	950	95	Ninguna	13	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
47	P	1.200	48	860	450	10	920	15	Ninguna	6,6	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención

Nº	Acero	Temperatura de calentamiento (°C)	X (%)	Temperatura de laminación de acabado (°C)	Temperatura de bobinado (°C)	t1 (°C/s)	Temperatura a alcanzar (°C)	t2 (°C/s)	Presencia de marcas de agarrotamiento en la laminación en caliente	BH (N/mm <sup>2</sup> )	Marcas de estiramiento	Presencia de rugosidad superficial	Ejemplo comparativo
48	P	1.150	25	860	480	9	980	10	Ninguna	21	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo

X: Reducción total de laminación (%) de los últimos tres pases de laminación de acabado  
t1: Velocidad de calentamiento (°C/s) en el intervalo de 500 °C a 700 °C en el recocido laminación en caliente  
t2: Velocidad de enfriamiento (°C/s) en el intervalo de 850 °C a 550 °C en el recocido de laminación en caliente

[Tabla 5]

Nº	Acero	Temperatura de calentamiento (°C)	X (%)	Temperatura de laminación de acabado (°C)	Temperatura de bobinado (°C)	t1 (°C/s)	Temperatura a alcanzar (°C)	t2 (°C/s)	Presencia de marcas de agarrotamiento en la laminación en caliente	BH (N/Mn <sup>2</sup> )	Marcas de estiramiento	Presencia de rugosidad superficial	
49	Q	1.160	60	900	350	15	1.000	4	Ninguna	3,1	Ninguna	Ninguna	Ejemplo
50	Q	1.200	66	850	350	2	890	18	Ninguna	14	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
51	Q	1.050	55	850	400	15	820	25	Si	12	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
52	R	1.200	55	880	430	18	910	20	Ninguna	0,9	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención
53	R	1.200	50	1.020	410	10	940	23	Ninguna	16	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
54	R	1.150	50	900	420	11	930	20	Ninguna	0	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención
55	S	1.150	48	900	440	8	920	100	Ninguna	18	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
56	S	1.200	46	900	450	7	920	15	Ninguna	2,5	Ninguna	Ninguna	Ejemplo de la invención
57	S	1.180	48	880	600	8	950	15	Ninguna	11	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
58	T	1.180	45	800	480	10	920	15	Ninguna	16	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo

Nº	Acero	Temperatura de calentamiento (°C)	X (%)	Temperatura de laminación de acabado (°C)	Temperatura de bobinado (°C)	t1 (°C/s)	Temperatura a alcanzar (°C)	t2 (°C/s)	Presencia de marcas de agarrotamiento en la laminación en caliente	BH (N/Mn <sup>2</sup> )	Marcas de estratamiento	Presencia de rugosidad superficial	Ejemplo comparativo
59	T	1.200	48	820	425	20	890	25	Ninguna	13	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
60	T	1.190	42	940	391	9	850	30	Ninguna	12	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
61	U	1.180	32	920	525	8	975	6	Ninguna	17	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
62	U	1.200	45	990	380	7	980	9	Ninguna	13	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
63	U	1.180	41	900	416	6	1.010	15	Ninguna	14	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
64	V	1.150	51	910	454	5	1.120	15	Ninguna	13	Si	Si	Ejemplo comparativo
65	V	1.160	51	880	461	1	1.000	20	Ninguna	15	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
66	V	1.200	48	870	420	10	980	35	Ninguna	14	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
67	W	1.160	47	830	450	15	910	20	Ninguna	21	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
68	W	1.180	41	850	440	10	980	15	Ninguna	19	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
69	W	1.170	48	920	420	10	950	28	Ninguna	31	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo

Nº	Acero	Temperatura de calentamiento (°C)	X (%)	Temperatura de laminación de acabado (°C)	Temperatura de bobinado (°C)	t1 (°C/s)	Temperatura a alcanzar (°C)	t2 (°C/s)	Presencia de marcas de agarrotamiento en la laminación en caliente	BH (N/Mn <sup>2</sup> )	Marcas de estiramiento	Presencia de rugosidad superficial	Ejemplo comparativo
70	X	1.150	30	900	550	15	940	10	Ninguna	17	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
71	X	1.150	47	1.000	410	8	990	5	Ninguna	15	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo
72	X	1.170	50	950	380	20	1.000	20	Ninguna	12	Si	Ninguna	Ejemplo comparativo

X: Reducción total de laminación (%) de los últimos tres pases de laminación de acabado  
t1: Velocidad de calentamiento (°C/s) en el intervalo de 500 °C a 700 °C en el recocido laminación en caliente  
t2: Velocidad de enfriamiento (°C/s) en el intervalo de 850 °C a 550 °C en el recocido de laminación en caliente

**Aplicabilidad industrial**

5 De acuerdo con la presente invención, es posible limitar eficazmente las marcas de estiramiento que se producen cuando una chapa de acero inoxidable ferrítico se mantiene a una temperatura elevada durante un largo período de tiempo. Por consiguiente, se puede moderar el estricto método de almacenamiento de chapa delgada de acero o similar y puede que no se requiera mantenimiento. Por lo tanto, la presente invención puede contribuir a la industria.



**REIVINDICACIONES**

1. Una chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento, que consiste, como una composición de acero, en % en masa:

C: del 0,0005 % al 0,020 %;

5 Si: del 0,01 % al 2,0 %;

Mn: del 0,01 % al 2,0 %;

P: el 0,005 % o más y menos del 0,050 %;

S: el 0,0002 % o más y menos del 0,010 %;

Cr: del 10,0 % al 25,0 %;

10 N: del 0,0005 % al 0,020 %;

Sn: del 0,010 % al 0,22 %; y

uno o más de

Ti: del 0,03 % al 0,60 %,

Nb: del 0,03 % al 0,60 %,

15 V: del 0,03 % al 0,60 %,

Zr: del 0,03 % al 0,60 %, y

opcionalmente

Al: del 0,003 % al 1,0 %, y

opcionalmente uno o más de,

20 Ni: del 0,01 % al 2,0 %,

Cu: del 0,01 % al 2,0 %,

Mo: del 0,01 % al 2,0 %, y

opcionalmente uno o más de,

B: del 0,0003 % al 0,0025 %,

25 Mg: del 0,0001 % al 0,0030 %,

Ca: del 0,0003 % al 0,0030 %,

Sb: del 0,001 % al 0,50 %,

Ga: del 0,0003 % al 0,1 %,

REM (metales de tierras raras): del 0,002 % al 0,2 %, y

30 Ta: del 0,005 % al 0,50 %

de modo que cumpla satisfactoriamente la siguiente Ecuación (1); y

el resto que consiste en Fe e impurezas inevitables,

en donde el esfuerzo  $\sigma_1$  (N/mm<sup>2</sup>) y el límite aparente de elasticidad superior  $\sigma_2$  (N/mm<sup>2</sup>) cumplan satisfactoriamente la siguiente Ecuación (2):

35 
$$(Ti/48 + V/51 + Zr/91 + Nb/93)/(C/12 + N/14) \geq 1,0 \dots (1)$$

$$\sigma_2 - \sigma_1 \leq 8 \dots (2),$$

en donde en la Ecuación (1), cada nombre de elemento representa la cantidad (en % en masa) del mismo y la cantidad de un elemento no presente en el acero es sustituida por 0; y

## ES 2 728 024 T3

en donde el esfuerzo  $\sigma_1$  (N/mm<sup>2</sup>) y el límite aparente de elasticidad superior  $\sigma_2$  (N/mm<sup>2</sup>) se miden mediante el siguiente método:

se toma una probeta de ensayo de tracción de la chapa de acero en una dirección paralela a la dirección de laminación; se somete la probeta de ensayo de tracción a una predeformación que imparte una deformación plástica por tracción con un 7,5 % de deformación plástica para medir el esfuerzo  $\sigma_1$ ;

5

se somete la probeta de ensayo de tracción a un tratamiento térmico a 200 °C durante 30 minutos, y

se somete la probeta de ensayo de tracción a tensión nuevamente para medir el límite aparente de elasticidad superior  $\sigma_2$ , en donde las probetas de ensayo de tracción JIS 13B de acuerdo con la norma JIS Z 2241: 2011 correspondiente a la norma ISO 6892-1: 2009 se utilizan como probetas de ensayo de tracción, y la velocidad de tensión durante el ensayo de tracción se establece en un intervalo de 1 mm/min a 3 mm/min, y otras condiciones se establecen de acuerdo con la norma JIS Z 2241.

10

2. La chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, en % en masa,

Al: del 0,003 % al 1,0 %.

15

3. La chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende, en % en masa, uno o más de

Ni: del 0,01 % al 2,0 %,

Cu: del 0,01 % al 2,0 %, y

Mo: del 0,01 % al 2,0 %.

20

4. La chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende, en % en masa, uno o más de

B: del 0,0003 % al 0,0025 %,

Mg: del 0,0001 % al 0,0030 %,

25

Ca: del 0,0003 % al 0,0030 %,

Sb: del 0,001 % al 0,50 %,

Ga: del 0,0003 % al 0,1 %,

REM (metales de tierras raras): del 0,002 % al 0,2 %, y

Ta: del 0,005 % al 0,50 %.

30

5. Un método para producir una chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento, que comprende:

un procedimiento de laminación en caliente para realizar la laminación de acabado, que se lleva a cabo después de la laminación en bruto e incluye varias pasadas, con una reducción total por laminación del 40 % o más de las tres últimas pasadas en la laminación de acabado y temperatura de laminación de 780 °C a 950 °C de la última pasada en la laminación de acabado, y para realizar el tratamiento de bobinado a una temperatura de 250 °C a 450 °C después de la laminación de acabado; y

35

un procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente para calentar la chapa de acero hasta una temperatura de 850 °C a 1.100 °C a una velocidad de calentamiento de 3 °C/s a 20 °C/s en un intervalo de temperatura de 500 °C a 700 °C, y luego realizar el enfriamiento a una velocidad de enfriamiento de 5 °C/s o más a 50 °C/s o menos en un intervalo de temperatura de 850 °C a 550 °C después del procedimiento de recocido de chapa laminada en caliente, en donde la temperatura de recalentamiento de una desbaste plano que tiene la composición de acero anterior al procedimiento de laminación en caliente se establece en un intervalo de 1.100 °C a 1.250 °C;

40

por lo tanto, se obtiene una chapa de acero inoxidable ferrítico que consiste, como la composición de acero, en % en masa,

45

C: del 0,0005 % al 0,020 %,

Si: del 0,01 % al 2,0 %, y

Mn: del 0,01 al 2,0 %,

P: el 0,005 % o más y menos del 0,050 %,

S: el 0,0002 % o más y menos del 0,010 %,

Cr: del 10,0 % al 25,0 %,

5 N: del 0,0005 % al 0,020 %,

Sn: del 0,010 % al 0,22 %, y

uno o más de

Ti: del 0,03 % al 0,60 %,

Nb: del 0,03 % al 0,60 %,

10 V: del 0,03 % al 0,60 %,

Zr: del 0,03 % al 0,60 %, y

opcionalmente

Al: del 0,003 % al 1,0 %, y

opcionalmente uno o más de

15 Ni: del 0,01 % al 2,0 %,

Cu: del 0,01 % al 2,0 %,

Mo: del 0,01 % al 2,0 %, y

opcionalmente uno o más de

B: del 0,0003 % al 0,0025 %,

20 Mg: del 0,0001 % al 0,0030 %,

Ca: del 0,0003 % al 0,0030 %,

Sb: del 0,001 % al 0,50 %,

Ga: del 0,0003 % al 0,1 %,

REM (metales de tierras raras): del 0,002 % al 0,2 %, y

25 Ta: del 0,005 % al 0,50 %;

de modo que cumpla satisfactoriamente la siguiente Ecuación (3), y el resto que consiste en Fe e impurezas inevitables:

$$(Ti/48 + V/51 + Zr/91 + Nb/93)/(C/12 + N/14) \geq 1,0 \dots (3)$$

30 en donde en la Ecuación (3), cada nombre de elemento representa la cantidad (en % en masa) del mismo y la cantidad de un elemento no presente en el acero es sustituida por 0.

6. El método para producir una chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con la reivindicación 5,

en donde la chapa de acero comprende, en % en masa, Al: del 0,003% al 1,0% como la composición de acero.

35 7. El método para producir una chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con la reivindicación 5 o 6,

en donde la chapa de acero comprende, en % en masa, uno o más de

Ni: del 0,01 % al 2,0 %,

Cu: del 0,01 % al 2,0 %, y

Mo: del 0,01 % al 2,0 % como la composición de acero.

8. El método para producir una chapa de acero inoxidable ferrítico que presenta un pequeño aumento en la resistencia después del tratamiento térmico de envejecimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7,

en donde la chapa de acero comprende, en % en masa, uno o más de

5 B: del 0,0003 % al 0,0025 %,

Mg: del 0,0001 % al 0,0030 %,

Ca: del 0,0003 % al 0,0030 %,

Sb: del 0,001 % al 0,50 %,

Ga: del 0,0003 % al 0,1 %,

10 REM (metales de tierras raras): del 0,002 % al 0,2 %, y

Ta: del 0,005 % al 0,50 % como la composición de acero.

FIG. 1

