

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 506**

51 Int. Cl.:

<b>C21D 8/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/18</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/58</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/20</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/54</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/22</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/50</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/40</b>	(2006.01)	<b>C21D 6/00</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/32</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/24</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/28</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/30</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/26</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/38</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/42</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/44</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/46</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2012 PCT/JP2012/065507**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **20.12.2012 WO12173272**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2012 E 12800133 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 2722411**

54 Título: **Placa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente resistencia a la aparición de surcos y método de producción de la misma**

30 Prioridad:

16.06.2011 JP 2011134224  
 16.06.2011 JP 2011134416  
 05.08.2011 JP 2011172168  
 14.06.2012 JP 2012135082

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.10.2020**

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:

**HATANO, MASAHARU;**  
**ISHIMARU, EIICHIRO;**  
**TAKAHASHI, AKIHIKO;**  
**KIMURA, KEN y**  
**TERAOKA, SHINICHI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 788 506 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**

Placa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente resistencia a la aparición de surcos y método de producción de la misma

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a una chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la aparición de surcos "ridging" y a un método de producción de la misma. De acuerdo con la presente invención, dado que es posible proporcionar una chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la aparición de surcos, se puede eliminar la etapa de pulido convencionalmente requerida, etc., y se puede contribuir a la protección del medio ambiente global.

10 **Técnica anterior**

El acero inoxidable ferrítico, tal como SUS430, se utiliza ampliamente para electrodomésticos, utensilios de cocina, etc. El acero inoxidable tiene una excelente resistencia a la corrosión como su principal característica. Por lo tanto, también se convierte en productos en forma de un metal base sin aplicar ningún tratamiento a la superficie.

15 Al dar forma al acero inoxidable ferrítico, a veces se forman sobre su superficie formas de relieve, lo que se denomina "aparición de surcos". Si la superficie de acero se ve afectada por la aparición de surcos, la excelente apariencia de la superficie se arruinará. Adicionalmente, será necesario pulir para eliminar la aparición de surcos. Como medios para mejorar la resistencia a la aparición de surcos en el tipo de acero tal como SUS430 que se convierte en una fase dual de  $\alpha + \gamma$  en la región de temperatura de laminado en caliente, se conocen las siguientes técnicas. (Por ejemplo, PLT 1 a 4.)

20 La PLT 1 describe la técnica de imponer la cantidad de Al y la cantidad de N en el acero, doblar el acero en medio del laminado en caliente y cambiar la orientación del cristal mediante recristalización posterior. La PLT 2 muestra la técnica de imponer una tasa de compresión en el momento del laminado en caliente final.

25 La PLT 3 describe la técnica de hacer que la tasa de reducción de laminado por pasada sea de 40% o más, proporcionando un gran esfuerzo y dividiendo las bandas de ferrita. La PLT 4 describe la técnica de ajustar el acero a una tasa de fase de austenita que se calcula mediante la composición de ingredientes e imponiendo la temperatura de calentamiento, la velocidad de laminado final, la temperatura, etc.

30 Sin embargo, con las técnicas que se describen en las PLT 1, 2 y 4, dependiendo del tipo de acero, a veces la resistencia a la aparición de surcos no mejora necesariamente. Adicionalmente, en la técnica que se describe en la PLT 3, a veces se forman defectos de irritación en el momento del laminado. En este caso, la productividad baja. De la manera anterior, en el acero que se convierte en una fase dual de  $\alpha + \gamma$  en la región de temperatura de laminado en caliente, en la actualidad, no se ha establecido ninguna técnica para mejorar la resistencia a la aparición de surcos.

35 Por otro lado, en los últimos años, se ha estudiado la adición de una cantidad fina de Sn para mejorar la resistencia a la corrosión o la fortaleza a altas temperaturas del acero inoxidable ferrítico con bajo contenido de Cr. (Por ejemplo, las PLT 5 a 7). La PLT 5 describe acero inoxidable ferrítico que tiene un contenido de Sn inferior a 0,060%. La PLT 6 describe acero inoxidable martensítico caracterizado por una dureza de Hv300 o más alta. La PLT 7 describe acero inoxidable ferrítico en el que se añade Sn para mejorar la fortaleza a altas temperaturas.

Lista de citas

**Bibliografía relacionada con patentes**

- PLT 1: Publicación de Patente Japonesa Núm. 62-136525A
- 40 PLT 2: Publicación de Patente Japonesa Núm. 63-69921A
- PLT 3: Publicación de Patente Japonesa Núm. 05-179358A
- PLT 4: Publicación de Patente Japonesa Núm. 06-081036A
- PLT 5: Publicación de Patente Japonesa Núm. 11-092872A
- PLT 6: Publicación de Patente Japonesa Núm. 2010-215995A
- 45 PLT 7: Publicación de Patente Japonesa Núm. 2000-169943A

**Compendio de la invención**

Problema técnico

La presente invención, en consideración de la situación anterior, tiene como deber mejorar la resistencia a la aparición

de surcos en el acero inoxidable ferrítico como el SUS430 que se convierte en una fase dual de  $\alpha + \gamma$  en la región de temperatura de laminado en caliente.

5 Por otro lado, como se mencionó anteriormente, en el acero inoxidable ferrítico con Cr, se está estudiando la adición de una cantidad fina de Sn o Mg para mejorar la resistencia a la corrosión. Se ha confirmado un cierto efecto ventajoso. Sin embargo, esto se ha limitado al acero inoxidable ferrítico que tiene una cantidad de adición inferior a 0,05%. Adicionalmente, el efecto de la adición de Sn se manifiesta en acero inoxidable martensítico Hv300 o superior o acero inoxidable ferrítico de alta pureza con un contenido de C o N reducido, pero en la actualidad no se ha obtenido una resistencia a la corrosión que sea suficiente para ampliar las aplicaciones.

10 Por lo tanto, la presente invención toma nota de Sn y tiene como objeto no solo la mejora de la resistencia a la corrosión y la resistencia a la herrumbre del acero inoxidable ferrítico con Cr y SUS430, sino también la resistencia a la aparición de surcos y la provisión de chapa de acero inoxidable ferrítico que se puede aplicar a bienes de consumo duraderos en general.

Solución al problema

15 Los autores de la presente invención trabajaron para resolver el problema anterior estudiando en detalle la composición de los ingredientes que conduce a la resistencia a la aparición de surcos del acero inoxidable ferrítico, en particular, la relación con el contenido de Sn y la relación de las condiciones de fabricación. Como resultado, los autores de la presente invención descubrieron que en el acero inoxidable ferrítico que se convierte en una estructura de fase dual de  $\alpha + \gamma$  en la región de temperatura de laminado en caliente, si se añade una cantidad adecuada de Sn, la resistencia a la aparición de surcos se puede mejorar sin dañar la facilidad de fabricación (trabajabilidad en caliente).

20 La presente invención se realizó en base al descubrimiento anterior y se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

Efectos ventajosos de la invención

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar una chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la aparición de surcos, resistencia a la herrumbre y trabajabilidad sin depender del uso de metales raros mediante la utilización eficaz de Sn en fuentes recicladas de hierro.

#### 25 **Breve descripción de los dibujos**

La FIG. 1 es una vista que muestra la relación entre  $A_p$  y la cantidad de Sn, la resistencia a la aparición de surcos y la presencia de grietas en los bordes en la chapa de acero laminada en caliente.

#### **Descripción de las realizaciones**

A continuación, la presente invención se explicará en detalle.

30 [Primera Realización: Explicación de la Chapa de acero de la Presente Invención que Proporciona una Mejora de la Resistencia a la Aparición de surcos]

35 En primer lugar, en la chapa de acero de acuerdo con la presente invención, se explicará una primera realización de chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la aparición de surcos, resistencia a la herrumbre y trabajabilidad en caliente (a continuación, a veces también denominada "chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la aparición de surcos").

40 La chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la aparición de surcos de este aspecto de la presente invención (chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la aparición de surcos) se caracteriza por comprender, en % en masa, C: de 0,02 a 0,30%, Si: de 0,01 a 1,00%, Mn: de 0,01 a 2,00%, P: menos de 0,050%, S: 0,020% o menos, Cr: de 11,0 a 22,0%, N: de 0,0010 a 0,10%, en donde una  $A_p$  definida mediante (fórmula 3) satisface (fórmula 2), un contenido de Sn satisfactorio (fórmula 1), los ingredientes residuales son Fe e impurezas inevitables, y la estructura metálica es una fase única de ferrita:

$$0,060 \leq \text{Sn} \leq 0,634 - 0,0082A_p \quad (\text{fórmula 1})$$

$$10 \leq A_p \leq 70 \quad (\text{fórmula 2})$$

$$A_p = 420C + 470N + 23Ni + 9Cu + 7Mn - 11,5(Cr + Si) - 12Mo - 52Al - 47Nb - 49Ti + 189 \quad (\text{fórmula 3})$$

45 en donde, cada uno de Sn, C, N, Ni, Cu, Mn, Cr, Si, Mo, Al, Nb y Ti denota el contenido del elemento (% en masa).

La  $A_p$  es la tasa de la fase  $\gamma$  que se calcula a partir de los contenidos anteriores de los elementos (% en masa) y es un indicador que muestra el valor máximo de la cantidad de austenita que se forma al calentar a 1100°C. Los coeficientes de los elementos son las medidas de contribución a la formación de la fase  $\gamma$  según lo determinado experimentalmente. Téngase en cuenta que los elementos que no están presentes en el acero se indican como 0%

para el cálculo de lo anterior (fórmula 3).

En primer lugar, se explicarán los experimentos que condujeron al hallazgo que sirve como base para obtener la presente invención y los resultados de la misma. Los autores de la presente invención utilizaron SUS430 para los ingredientes básicos, cambiaron la composición de los ingredientes para producir y fundieron varias docenas de tipos de acero inoxidable, y laminaron en caliente las planchas de fundición mientras cambiaban las condiciones de laminado en caliente para obtener chapas de acero laminadas en caliente. Además, recocieron las chapas de acero laminadas en caliente, o no las recocieron, las laminaron en frío, a continuación las recocieron, para obtener las chapas terminadas.

De las chapas terminadas, se tomaron piezas de prueba de tracción JIS Núm. 5. A cada una se le proporcionó una tensión de tracción de 15% en paralelo a la dirección de laminado y se midió la altura del relieve en la superficie de la chapa después de recibir la tensión de tracción para evaluar de ese modo la resistencia a la aparición de surcos. En el caso donde la altura de relieve era inferior a 6  $\mu\text{m}$  se definió como una "buena" resistencia a la aparición de surco. De los resultados de la prueba, los autores de la presente invención obtuvieron los siguientes descubrimientos.

(w) La resistencia a la aparición de surcos del tipo de acero al que se añade Sn a veces mejora drásticamente en comparación con la resistencia a la aparición de surcos del tipo de acero al que no se añade Sn. Este efecto de mejora de la resistencia a la aparición de surcos es notable en el caso en el que la estructura es una estructura de fase dual de  $\alpha + \gamma$  en la región de temperatura de laminado en caliente.

(x) Para obtener el efecto de mejora de la resistencia a la aparición de surcos mediante la adición de Sn, las condiciones de calentamiento de la plancha de acero antes del laminado en caliente son importantes. En particular, si la temperatura de la fase inicial de laminado en caliente es demasiado baja, la resistencia a la aparición de surcos no mejora. Por otro lado, si la temperatura de la fase inicial del laminado en caliente es demasiado alta, en el momento del laminado en caliente, se forman defectos en la superficie de la chapa de acero. Por esta razón, hay un intervalo adecuado de la temperatura de calentamiento de una plancha de acero antes del laminado en caliente.

(y) Adicionalmente, las condiciones de laminado de la fase inicial de laminado en caliente también influyen en gran medida en la resistencia a la aparición de surcos. Específicamente, cuando la tasa de reducción de laminado total desde el inicio del laminado en caliente hasta alcanzar los 1100°C es alta, el efecto de mejora de la resistencia a la aparición de surcos es notable.

(z) Si la cantidad de Sn añadido es demasiado grande, se producen grietas en los bordes en el momento del laminado en caliente y la propia fabricación de la chapa de acero laminada en caliente se vuelve difícil.

Los autores de la presente invención utilizaron SUS430 para el acero básico y cambiaron la cantidad de Sn para ajustar la  $A_p$ , que se definió en el apartado anterior (fórmula 3). Calentaron cada material de acero a 1200°C e hicieron que la tasa de reducción de laminado total a 1100°C o más elevada, fuera de 15% o más, para producir la chapa de acero laminada en caliente e inspeccionar la presencia de grietas en los bordes.

Adicionalmente, trataron con calor cada chapa de acero laminada en caliente a aproximadamente 820°C durante 6 horas o más para hacer que recristalizara, a continuación la laminaron en frío y adicionalmente la recristalizaron y recocieron. A partir de la chapa de acero obtenida, obtuvieron una pieza de prueba de tracción JIS Núm. 5, confirieron un esfuerzo de tracción de 15% paralela a la dirección de laminado, y midieron la altura de relieve en la superficie de la chapa de acero después de conferir el esfuerzo de tracción.

La FIG. 1 muestra la relación entre la  $A_p$  y la cantidad de Sn, resistencia a la aparición de surcos y la presencia de grietas en los bordes en la chapa de acero laminada en caliente. Las anotaciones en la figura indican lo siguiente:

× (escasa): se producen grietas en los bordes en el momento del laminado en caliente

Δ (regular): no se producen grietas en los bordes en el momento del laminado en caliente, pero la resistencia a la aparición de surcos es baja

● (buena): no se producen grietas en los bordes en el momento del laminado en caliente, y la resistencia a la aparición de surcos es buena

A partir de la FIG. 1, se entenderá que cuando la cantidad de adición de Sn es alta y  $A_p$  (tasa de la fase  $\gamma$  en el acero) es alta, el agrietamiento de los bordes se produce fácilmente debido al laminado en caliente. Adicionalmente, a partir de la FIG. 1, se entenderá que si la cantidad de Sn satisface lo anterior (fórmula 1) y  $A_p$  (tasa de fase  $\gamma$ ) satisface lo anterior (fórmula 2), se obtiene una excelente resistencia a la aparición de surcos.

A continuación, se explicarán las razones para limitar la composición de los ingredientes de la chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la aparición de surcos. A continuación, el % de acuerdo con la composición de los ingredientes significa % en masa.

C: C es un elemento formador de austenita. Una gran cantidad de adición aumenta la tasa de la fase  $\gamma$  y,

adicionalmente, conduce al deterioro de la trabajabilidad en caliente, por lo que el límite superior se establece en 0,30%. En vista de la reducción excesiva que conduce a un aumento en los costes de refinación, se encuentra que 0,001% es el límite inferior. Si se consideran los costes de refinación y la facilidad de fabricación, se encuentra que 0,01% es el límite inferior, pero en la chapa de acero reivindicada, el límite inferior es 0,02%, mientras que es preferible establecer el límite superior en 0,10%, adicionalmente en 0,07%.

Si: Si es un elemento que es eficaz para la desoxidación y, adicionalmente, es eficaz para mejorar la resistencia a la oxidación. Para obtener el efecto de adición, se añade 0,01% o más, pero una gran cantidad de adición conduce a una caída en la trabajabilidad, por lo que el límite superior se establece en 1,00%. En el punto de lograr tanto la trabajabilidad como la facilidad de fabricación, el límite inferior se establece preferiblemente en 0,10%, más preferiblemente en 0,12%, mientras que el límite superior se establece preferiblemente en 0,60%, más preferiblemente en 0,45%.

Mn: Mn es un elemento que forma sulfuros y, por lo tanto, reduce la resistencia a la corrosión. Por esta razón, el límite superior se establece en 2,00%. Sin embargo, la reducción excesiva conduce a un aumento en los costes de refinación, por lo que el límite inferior se establece en 0,01%. Si se considera la facilidad de fabricación, el límite inferior se establece preferiblemente en 0,08%, más preferiblemente en 0,12%, aún más preferiblemente en 0,15%, mientras que el límite superior se establece preferiblemente en 1,60%, más preferiblemente en 0,60%, aún más preferiblemente en 0,50%.

P: P es un elemento que provoca que la facilidad de fabricación y la soldabilidad se deterioren. Por esta razón, esta es una impureza inevitable para la cual menos es mejor, pero el límite superior se establece en 0,05%. Más preferiblemente, debe establecerse en 0,04% o menos, aún más preferiblemente en 0,03% o menos. La reducción excesiva conduce a un aumento en el coste de los materiales, etc., por lo que el límite inferior se puede ajustar a 0,005%. Adicionalmente, se puede establecer en 0,01%.

S: S es un elemento que provoca que la trabajabilidad en caliente y la resistencia a la herrumbre se deterioren. Por esta razón, esta es una impureza inevitable para la cual menos es mejor, pero el límite superior se establece en 0,02%. Más preferiblemente, debe establecerse en 0,01% o menos, aún más preferiblemente en 0,005% o menos. La reducción excesiva conduce a un aumento en los costes de fabricación, por lo que el límite inferior se puede ajustar a 0,0001%, preferiblemente a 0,0002%, más preferiblemente a 0,0003%, aún más preferiblemente a 0,0005%.

Cr: Cr es un elemento principal del acero inoxidable ferrítico y es un elemento que mejora la resistencia a la corrosión. Para obtener el efecto de adición, se añade 11,0% o más. Sin embargo, una gran cantidad de adición invita al deterioro de la facilidad de fabricación, por lo que el límite superior se establece en 22,0%. Si se considera obtener una resistencia a la corrosión del nivel de SUS430, el límite inferior es preferiblemente 13,0%, más preferiblemente 13,5%, aún más preferiblemente 14,5%. Desde el punto de vista de asegurar la facilidad de fabricación, el límite superior puede establecerse en 18,0%, preferiblemente en 16,0%, más preferiblemente en 16,0%, aún más preferiblemente en 15,5%.

N: N, como C, es un elemento formador de austenita. Una gran cantidad de adición aumenta la tasa de la fase  $\gamma$  y conduce adicionalmente al deterioro de la trabajabilidad en caliente, por lo que el límite superior se establece en 0,10%. Sin embargo, la reducción excesiva conduce a un aumento en los costes de refinación, por lo que el límite inferior se establece en 0,001%. Si se considera el coste de refinación y la facilidad de fabricación, preferiblemente el límite inferior se puede establecer en 0,01%, mientras que el límite superior se puede establecer en 0,05%.

Sn: Sn es un elemento que es esencial para mejorar la resistencia a la aparición de surcos en el acero de la presente invención. Adicionalmente, el Sn también es un elemento esencial para asegurar la resistencia a la herrumbre objetivo sin depender del Cr, Ni, Mo y otros metales raros. Adicionalmente, Sn actúa como un elemento formador de ferrita y suprime la formación de la austenita. Debido a su efecto de inoculación, también existe el efecto de refinación de la estructura solidificada. Por esta razón, el agrietamiento estacional del lingote de acero que solía ocurrir cuando la Ap era pequeña se puede aliviar refinando la estructura solidificada mediante la adición de Sn.

En el acero de la presente invención, para obtener la resistencia a la herrumbre y la resistencia a la aparición de surcos objetivo, se debe añadir 0,05% o más. Desde el punto de vista de conseguir que el efecto de mejora de la resistencia a la aparición de surcos sea fiable, el límite inferior se establece preferiblemente en 0,060%. Además, si se considera la economía y la estabilidad de fabricación, es preferible por encima de 0,100%, mientras que es más preferible por encima de 0,150%.

Cuanto mayor sea la cantidad de Sn, mejor será la resistencia a la herrumbre y la resistencia a la aparición de surcos, pero una gran cantidad de adición invita al deterioro de la trabajabilidad en caliente. Los autores de la presente invención, como se explicó anteriormente, descubrieron con respecto a la resistencia a la aparición de surcos que existe una fuerte relación entre la cantidad de adición de Sn y la Ap (tasa de fase  $\gamma$  en acero) (FIG. 1). A partir de la FIG. 1, se entenderá que cuando la cantidad de adición de Sn es alta y la Ap (tasa de fase  $\gamma$  en acero) es alta, se produce fácilmente el agrietamiento de los bordes en el laminado en caliente. Adicionalmente, a partir de la FIG. 1, se entenderá que si la cantidad de Sn satisface lo anterior (fórmula 1) y la Ap (tasa de fase  $\gamma$ ) satisface lo anterior (fórmula 2), se obtiene una excelente resistencia a la aparición de surcos. A partir de estos descubrimientos, el límite superior

## ES 2 788 506 T3

de Sn se impone por lo siguiente (fórmula 1') que se obtiene de los resultados de la prueba que se muestran en la FIG. 1.

$$Sn \leq 0,63 - 0,0082A_p$$

(fórmula 1')

5 Es decir, el límite superior de Sn cambia debido al potencial de austenita  $A_p$  (tasa de fase  $\gamma$ ). Si  $Sn > 0,63 - 0,0082A_p$ , la trabajabilidad en caliente del acero se deteriora y, en el momento del laminado en caliente, se produce un agrietamiento notable de los bordes.

Al, Nb, Ti: Al, Nb y Ti son elementos que son eficaces para mejorar la trabajabilidad. Se añaden un tipo o dos o más tipos de acuerdo con la necesidad.

10 Al, de la misma manera que Si, es un elemento que es eficaz para la desoxidación y que mejora la resistencia a la herrumbre. Para obtener el efecto de adición, se debe añadir 0,0001% o más. Si se considera el efecto de adición, el límite inferior es preferiblemente 0,001%, más preferiblemente 0,005%, aún más preferiblemente 0,01%. Sin embargo, la adición excesiva invita a una caída en la tenacidad o soldabilidad, por lo que el límite superior se establece en 1,0%. Considerando la seguridad de la tenacidad y la soldabilidad, el límite superior es preferiblemente 0,5%, más preferiblemente 0,15%, aún más preferiblemente 0,10%.

15 Nb y Ti, si se añaden en grandes cantidades, invitan a la saturación del efecto de mejora de la trabajabilidad y, adicionalmente, al endurecimiento del material de acero, por lo que los límites superiores de Nb y Ti deben establecerse en 0,30% o menos, preferiblemente en 0,1%, más preferiblemente en 0,08%. Por otro lado, para obtener el efecto de adición, se puede añadir respectivamente preferiblemente 0,03% o más, más preferiblemente 0,04% o más, aún más preferiblemente 0,05% o más.

20 Ni, Cu, Mo, V, Zr y Co: Ni, Cu, Mo, V, Zr y Co son elementos que son eficaces para mejorar la resistencia a la corrosión. Sin embargo, grandes cantidades de adición causan que la trabajabilidad se deteriore, por lo que los límites superiores de Ni, Cu, Mo y V se establecen en 1,0%. Desde el punto de vista de la trabajabilidad, los límites superiores son preferiblemente 0,30%, más preferiblemente 0,25%.

25 Se añaden un tipo o dos o más tipos de acuerdo con la necesidad, pero para obtener el efecto de adición, se puede añadir cualquiera de Ni, Cu, Mo y V a 0,01% o más. Zr y Co se pueden añadir de manera similar a 0,01% o más. Para obtener de manera estable el efecto de mejora de la resistencia a la corrosión, los límites inferiores son preferiblemente 0,05%, más preferiblemente 0,1%. Para obtener de manera estable el efecto de mejora de la resistencia a la corrosión, cualquiera de Ni, Cu, Mo, V, Zr y Co se encuentra preferiblemente por encima de 0,05% a 0,25%, más preferiblemente de 0,1 a 0,25%.

30 B, Mg, Ca: B, Mg y Ca son elementos que refinan la estructura solidificada y mejoran la resistencia a la aparición de surcos. Grandes cantidades de adición invitan al deterioro de la trabajabilidad y la resistencia a la corrosión, por lo que en cada caso el límite superior se establece en 0,005%. Desde el punto de vista de la trabajabilidad, el límite superior es preferiblemente 0,0030%, más preferiblemente 0,0025%, aún más preferiblemente 0,002%.

35 Se añaden un tipo o dos o más tipos de acuerdo con la necesidad, pero para obtener el efecto de adición, se puede añadir B: 0,0003% o más, se puede añadir Mg: 0,0001% o más, y se puede añadir Ca: 0,0003% o más. Desde el punto de vista del efecto de adición, los límites inferiores son preferiblemente 0,0005%, más preferiblemente 0,0007%, aún más preferiblemente 0,0008%.

40 Sin embargo, además, La, Y, Hf y REM son elementos que aumentan la trabajabilidad en caliente y la limpieza del acero y que mejoran notablemente la resistencia a la herrumbre y la trabajabilidad en caliente. La adición excesiva conduce a un aumento en los costes de la aleación y una caída en la facilidad de fabricación. En cada caso, el límite superior se establece en 0,1%. Preferiblemente, considerando el efecto de adición, la economía y la facilidad de fabricación, para un tipo o dos o más tipos en total, el límite inferior se puede establecer en 0,001%, mientras que el límite superior se puede establecer en 0,05%. Si se añade, de acuerdo con la necesidad, en cada caso, se puede añadir 0,001% o más.

45 La estructura metálica de la chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la aparición de surcos es una fase simple de ferrita. No se incluye la fase de austenita o la fase de martensita u otras fases. Incluso si los carburos, nitruros y otros precipitados se mezclan, la resistencia a la aparición de surcos y la trabajabilidad en caliente no se ven muy afectados, por lo que estos precipitados pueden estar presentes hasta un punto que no afecte las propiedades de la chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la aparición de surcos.

50 La  $A_p$  en el lado derecho " $0,63 - 0,0082A_p$ " de la (fórmula 1') que impone el límite superior de la cantidad de Sn tiene que satisfacer  $10 \leq A_p \leq 70$  (véase FIG. 1).

55 Si  $A_p$  es inferior a 10, incluso si se añade Sn, la resistencia a la aparición de surcos no mejora. Cuanto más grande es  $A_p$ , mejor es la resistencia a la aparición de surcos, pero si es mayor de 70, la trabajabilidad en caliente se deteriora notablemente, por lo que 70 se convierte en el límite superior. Si se considera la fabricación estable de la chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la aparición de surcos,  $A_p$  es preferiblemente de 20 a 50.

A continuación, se explicará el método de fabricación de la chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la aparición de surcos. El método de fabricación de la chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la aparición de surcos se caracteriza por (i) calentamiento del acero de la composición de ingredientes requerida de 1150 a 1280°C y laminado en caliente de ese acero para proporcionar una tasa de laminado total a un laminado en caliente a 1100°C o superior, de 15% o más para obtener una chapa de acero laminada en caliente y (ii) enrollado en espiral de la chapa de acero laminada en caliente anterior, después recocido de esa chapa de acero laminada en caliente o no recocido, pero laminado en frío y después recocido.

Aquí, se explicarán las razones de la limitación de las condiciones de fabricación en el método de producción de la chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la aparición de surcos. Cuando se lamina en caliente una plancha de acero inoxidable ferrítico, la plancha se calienta de 1150 a 1280°C antes del laminado en caliente. Si la temperatura de calentamiento es inferior a 1150°C, se hace difícil asegurar la tasa de laminado total de 15% o más, al laminado en caliente de 1100°C o más. Adicionalmente, durante el laminado en caliente, se producen grietas en los bordes en la chapa de acero laminada en caliente. Por otro lado, si la temperatura de calentamiento supera los 1280°C, los granos cristalinos de la capa superficial de la plancha de fundición crecen y a veces se forman defectos en la chapa de acero laminada en caliente en el momento del laminado en caliente.

En el método de producción de la chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la aparición de surcos, la tasa de laminado total en el laminado en caliente de 1100°C o superior se establece en 15% o más. Debido a esto, la resistencia a la aparición de surcos se puede mejorar notablemente. Este punto es la característica más importante en el método de producción de la chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la aparición de surcos.

La razón por la cual establecer la tasa de laminado total en 15% o más, en el laminado en caliente a 1100°C o más, permite una mejora notable en la resistencia a la aparición de surcos de la chapa final no está clara, pero se cree que es la siguiente según los resultados de las pruebas realizadas hasta ahora.

En SUS430, 1100°C es la temperatura donde la tasa de fase  $\gamma$  se convierte en máxima. En la región de una temperatura superior a 1100°C, la chapa de acero laminada en caliente recibe esfuerzo, a continuación la chapa de acero laminada en caliente cae a temperatura de 1100°C. En el procedimiento, el esfuerzo actúa como núcleos para la formación de la fase  $\gamma$  y la fase  $\alpha$  se forma finamente. En este momento, el Sn que se concentra en los límites de grano  $\gamma$  y  $\alpha$  causa una demora en la formación de la fase  $\gamma$  a partir de los límites de grano. Como resultado, se promueve la formación de la fase  $\gamma$  en los granos  $\alpha$ .

Debido a la presencia de la fase  $\gamma$  que se forma finamente de esta manera, en el laminado en caliente posterior, la fase de ferrita gruesa, que es la causa de la formación de surcos, se divide finamente. En el pasado, la recristalización de la fase  $\alpha$  que se dice que es eficaz para mejorar la resistencia a la aparición de surcos se suprimía mediante la adición de Sn.

Después del laminado en caliente, como de costumbre, la chapa de acero laminada en caliente se enrolla en espiral. Como se explicó anteriormente, en la fase inicial de laminado en caliente (laminado en caliente a 1100°C o más), los granos de ferrita gruesos que influyen en la resistencia a la aparición de surcos se dividen, por lo que hay poco efecto sobre las etapas desde el laminado final en adelante. Por lo tanto, no es necesario imponer la temperatura de enrollado en espiral.

La chapa de acero laminada en caliente puede ser recocida o no recocida. Al recocer la chapa de acero laminada en caliente, es posible el recocido en caja o recocido por una línea continua. Cualquiera que sea el recocido que se aplique, existe un efecto de mejora de la resistencia a la aparición de surcos. A continuación, la chapa de acero laminada en caliente es laminada en frío y recocida. El laminado en frío se puede realizar dos veces o se puede realizar tres veces. Después del último recocido, la chapa se puede decapar y templear por laminación en frío.

### Ejemplos

A continuación, se explicarán ejemplos de la presente invención, pero las condiciones de los ejemplos son solo ilustraciones que se emplean para confirmar la trabajabilidad y el efecto ventajoso de la presente invención. La presente invención no se limita a estas ilustraciones de condiciones. La presente invención puede emplear diversas condiciones hasta el punto de no apartarse de la esencia de la presente invención y alcanzar el objeto de la presente invención.

#### Ejemplo 1

Se produjeron aceros inoxidables ferríticos que tenían las composiciones de ingredientes mostrados en la Tabla 1. De los lingotes de acero, se tomaron planchas de acero de espesores de 70 mm y se laminaron en caliente en diversas condiciones para laminarlas hasta espesores de 4,5 mm. Las chapas de acero laminadas en caliente fueron inspeccionadas para determinar la presencia de grietas en los bordes. Adicionalmente, las chapas de acero laminadas en caliente se decaparon, después se inspeccionaron visualmente para detectar la presencia de cualquier defecto en la superficie.

Las chapas de acero laminadas en caliente obtenidas fueron recocidas, o no recocidas, después laminadas en frío, después recocidas para producir productos en chapas de espesores de 1 mm. Las temperaturas finales de recocido se ajustaron para que todos los productos en chapas se convirtieran en estructuras recristalizadas. A partir de los productos en chapas obtenidos, se obtuvieron piezas de prueba de tracción JIS Núm. 5. A estos se les proporcionó una tensión de tracción de 15% en la dirección de laminado.

Después de aplicar tensión, se utilizó un medidor de rugosidad para escanear la superficie en la dirección de laminado y la dirección vertical a la misma para medir las alturas de las apariciones de surcos (relieve de la superficie). El método para medir la aparición de surcos fue el siguiente:

La parte central de la parte paralela de una pieza de prueba con una tensión de 15% en la dirección de laminado se escaneó en la dirección de laminado y una dirección vertical a la misma mediante un medidor de rugosidad del tipo de contacto para obtener el perfil de relieve. En ese momento, la longitud de medición se ajustó a 10 mm, la velocidad de medición a 0,3 mm/s y el corte a 0,8 mm. A partir del perfil de relieve, la longitud en la dirección de profundidad de una parte rebajada que se forma entre una parte saliente y otra parte saliente se definió como la altura de la aparición de surcos y se midió. El rango de aparición de surcos se definió por la altura de la aparición de surcos de la siguiente manera: AA: menos de 3 µm, A: menos de 6 µm, B: de 6 µm a menos de 20 µm, C: 20 µm o más. Con el procedimiento de producción habitual, el rango de aparición de surcos es de B a C.

Las condiciones de laminado en caliente, la presencia de cualquier grieta en el borde, la presencia de defectos de laminado en caliente y el rango de aparición de surcos se muestran en las Tablas 2 (la Tabla 2-1 y la Tabla 2-2 se denominan juntas como "Tablas 2"). Los ejemplos de la invención estaban libres de grietas en los bordes y defectos de laminado en caliente y tenían rangos de aparición de surcos de AA o A.

Los ejemplos comparativos 3, 29 y 38 son ejemplos de prueba relacionados con chapas de acero inoxidable ferrítico que tienen la composición de ingredientes y la Ap de la presente invención, pero se fabrican por medio de condiciones de fabricación que se desvían de las condiciones de fabricación de la presente invención. Las temperaturas de calentamiento antes del laminado en caliente se desvían del límite superior del intervalo de la presente invención. En estas chapas de acero, las trabajabilidades en caliente son excelentes, pero se producen defectos de superficie en las chapas de acero laminadas en caliente, las resistencias a la aparición de surcos son de rango B y no se obtienen las características objetivo.

Los Ejemplos comparativos 1, 4, 7, 8, 11, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 23, 24, 27, 31, 34, 41, 44, 62, 63, 65, 67, 68, 71, 74, 77 y 78 son ejemplos de prueba relacionados con chapas de acero inoxidable ferrítico que tienen la composición de ingredientes y la Ap de la presente invención, pero se fabrican mediante condiciones de fabricación que se desvían de las condiciones de fabricación de la presente invención. En estas chapas de acero, las trabajabilidades en caliente son excelentes, pero no se obtienen las resistencias a la aparición de surcos objetivo.

Los Ejemplos Comparativos 7, 15, 21, 34, 44, 62, 65, 68, 71, 74 y 78 tienen temperaturas de calentamiento antes del laminado en caliente que están fuera del límite inferior del intervalo de la presente invención y tienen tasas de laminado totales en el laminado en caliente a 1100°C o superior, que son de menos de 15% y tienen rangos de resistencia a la aparición de surcos de C (Ejemplos Comparativos 15 y 78, rangos B).

Los Ejemplos Comparativos 1, 4, 8, 11, 14, 16, 18, 20, 23, 24, 27, 31, 41, 63, 67 y 77 tienen temperaturas de calentamiento antes del laminado en caliente que están dentro del intervalo de la presente invención, pero tienen tasas de laminado totales en el laminado en caliente 1100°C o superior, que son de menos de 15% y tienen rangos de resistencia a la aparición de surcos de C (Ejemplo Comparativo 77, rango B). Los Ejemplos Comparativos 39 y 46 a 54 tienen composiciones de ingredientes que están fuera de las composiciones de ingredientes de la presente invención, por lo que incluso si las condiciones de fabricación están dentro del intervalo de la presente invención, no se obtiene la resistencia a la aparición de surcos objetivo.

Los Ejemplos Comparativos 55 a 60 tienen las Ap fuera del intervalo de la presente invención, por lo que incluso si las condiciones de fabricación están dentro del intervalo de la presente invención, no se obtiene la resistencia a la aparición de surcos objetivo.

[Segunda Realización: Explicación de la Chapa de acero de la Presente Invención que Proporciona una Mejora de la Resistencia a la Herrumbre]

A continuación, en las chapas de acero de acuerdo con la presente invención, se explicará una segunda realización de chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre (a continuación, a veces también denominada "chapa de acero de la presente invención que proporciona resistencia a la herrumbre"). Los autores de la presente invención obtuvieron los descubrimientos de los siguientes apartados (a) a (e) desde el punto de vista de la resistencia a la herrumbre y la trabajabilidad.

(a) Sn es un elemento que es eficaz para mejorar la resistencia a la herrumbre del acero inoxidable ferrítico de alta pureza, pero la invención no se limita al acero inoxidable ferrítico de alta pureza. También en el acero inoxidable ferrítico con Cr, se confirmó el hecho de que la resistencia a la herrumbre mejora mediante la adición de una cantidad fina de Sn. Adicionalmente, la medida de contribución a la formación de la fase  $\gamma$ , de la misma manera



que con la Ap mencionada anteriormente, es la tasa de la fase  $\gamma$  que se calcula a partir del contenido de los elementos anteriores (% en masa) y puede ser evaluado por un indicador que muestra el valor máximo de la cantidad de austenita que se forma en el momento del calentamiento a 1100°C. En este momento, se confirmó experimentalmente que la cantidad de adición de Sn se puede incorporar en la fórmula de la tasa de fase  $\gamma$ .

- 5 Adicionalmente, se supo que con una cantidad de adición de Cr de 13%, el comportamiento difería un poco. Es decir, en acero inoxidable ferrítico con un contenido medio de Cr donde la cantidad de adición de Cr es superior a 13%, se puede obtener una buena trabajabilidad en caliente si se ajusta el  $\gamma_p$  (H) que se define mediante las siguientes fórmulas a  $5 \leq \gamma_p$  (H)  $\leq 55$ .

$$5 \leq \gamma_p$$
 (H)  $\leq 55$  (fórmula 2-1)

10  $\gamma_p$  (H) =  $420C + 470N + 23Ni + 7Mn + 9Cu - 11,5Cr - 11,5Si - 52Al - 57,5Sn + 189$  (fórmula 2-2)

$\gamma_p$  (H) es un indicador que expresa el valor máximo de la cantidad de austenita que se forma al calentar a 1100°C.

En el acero inoxidable ferrítico con bajo contenido de Cr donde la cantidad de adición de Cr es 13% o menos, se puede obtener una buena trabajabilidad en caliente si se ajusta el  $\gamma_p$  (L) que se define mediante las siguientes fórmulas a  $10 \leq \gamma_p$  (L)  $\leq 65$ .

15  $10 \leq \gamma_p$  (L)  $\leq 65$  (fórmula 3-1)

$$\gamma_p$$
 (L) =  $420C + 470N + 23Ni + 7Mn + 9Cu - 11,5Cr - 11,5Si - 52Al - 69Sn + 189$  (fórmula 3-2)

$\gamma_p$  (L), como  $\gamma_p$  (H), es un indicador que expresa el valor máximo de la cantidad de austenita que se forma al calentar a 1100°C.

- 20 (b) La trabajabilidad en caliente se puede mejorar disminuyendo el C o N para disminuir la resistencia a la deformación a una temperatura alta o añadiendo pequeñas cantidades de Mg, B, Ca, etc., para aumentar la fortaleza intergranular.

(c) Adicionalmente, la trabajabilidad en caliente se puede mejorar elevando la temperatura de calentamiento de la plancha y la temperatura final del laminado en caliente para reducir la resistencia a la deformación a una temperatura alta.

- 25 (d) La resistencia a la herrumbre se puede mejorar añadiendo los elementos estabilizadores de Nb y Ti o mediante la entrada de Ni, Cu, Mo, V, etc., de fuentes de hierro recicladas.

Es decir, la esencia de la chapa de acero de la presente invención para el acero inoxidable ferrítico con contenido medio de Cr que proporciona la resistencia a la herrumbre es la siguiente:

- 30 (2-1) Chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre que contiene, en % en masa, C: de 0,02 a 0,3%, Si: de 0,01 a 1,0%, Mn: de 0,01 a 2,0%, P: de 0,005 a 0,05%, S: de 0,0001 a 0,02%, Cr: más de 13,0 a 22,0%, N: de 0,001 a 0,1%, Al: de 0,0001 a 1,0%, Sn: de 0,060 a 1,0%, y un equilibrio de Fe e impurezas inevitables, la chapa de acero inoxidable ferrítico caracterizada por tener un  $\gamma_p$  (H), que se define por la (fórmula 2-2), que satisface la siguiente (fórmula 2-1).

$$5 \leq \gamma_p$$
 (H)  $\leq 55$  (fórmula 2-1)

35  $\gamma_p$  (H) =  $420C + 470N + 23Ni + 7Mn + 9Cu - 11,5Cr - 11,5Si - 52Al - 57,5Sn + 189$  (fórmula 2-2)

en donde, cada uno de C, N, Ni, Mn, Cu, Cr, Si, Al y Sn denota el contenido del elemento. Alternativamente, la esencia de la chapa de acero de la presente invención para acero inoxidable ferrítico con contenido bajo de Cr que proporciona la resistencia a la herrumbre es la siguiente:

- 40 (2-2) Chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre que contiene, en % en masa, C: de 0,02 a 0,3%, Si: de 0,01 a 1,0%, Mn: de 0,01 a 2,0%, P: de 0,005 a 0,05%, S: de 0,0001 a 0,01%, Cr: de 11,0 a 13,0%, N: de 0,001 a 0,1%, Al: de 0,0001 a 1,0%, Sn: de 0,060 a 1,0%, y un equilibrio de Fe e impurezas inevitables, la chapa de acero inoxidable ferrítico caracterizada por tener un  $\gamma_p$  (L), que se define por la (fórmula 3-2), que satisface la siguiente (fórmula 3-1).

$$10 \leq \gamma_p$$
 (L)  $\leq 65$  (fórmula 3-1)

45  $\gamma_p$  (L) =  $420C + 470N + 23Ni + 7Mn + 9Cu - 11,5Cr - 11,5Si - 52Al - 69Sn + 189$  (fórmula 3-2)

en donde, cada uno de C, N, Ni, Mn, Cu, Cr, Si, Al y Sn denota el contenido del elemento.

(2-3) Chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre de acuerdo con (2-1) o (2-2) caracterizada porque la chapa de acero inoxidable ferrítico contiene adicionalmente, en % en masa, uno o más elementos de Mg: de 0,005% o menos, B: de 0,005% o menos, Ca: de 0,005% o menos,

La: de 0,1% o menos, Y: de 0,1% o menos, Hf: de 0,1% o menos, y un REM: de 0,1% o menos.

5 (2-4) Chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre de acuerdo con cualquiera de (2-1) a (2-3) caracterizada porque la chapa de acero inoxidable ferrítico contiene adicionalmente, en % en masa, uno o más elementos de Nb: de 0,3% o menos, Ti: de 0,3% o menos, Ni: de 1,0% o menos, Cu: de 1,0% o menos, Mo: de 1,0% o menos, V: de 1,0% o menos, Zr: de 0,5% o menos, y Co: de 0,5% o menos.

10 (2-5) Un método de producción de chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre caracterizada por calentar una plancha de acero inoxidable que tiene una composición de ingredientes de acuerdo con uno cualquiera de los anteriores de 1100 a 1300°C y laminar en caliente una plancha de acero inoxidable para obtener una chapa de acero inoxidable, y enrollar en espiral la chapa de acero de 700 a 1000°C después de terminar el laminado en caliente.

El método de producción de la chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre de acuerdo con (2-5) caracterizada por, después de terminar el laminado en caliente, no recocer la chapa de acero o recocer la chapa de acero de 700 a 1000°C por recocido continuo o recocido en caja.

15 De acuerdo con la chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la herrumbre, es posible proporcionar un acero inoxidable ferrítico con una base con contenido bajo de Cr o con una base con contenido medio de Cr y una chapa de acero inoxidable ferrítico de tipo de ahorro de aleación que mejora la resistencia a la corrosión sobre SUS430 y puede ser aplicado a bienes de consumo duraderos en general, sin depender de metales raros mediante la utilización eficaz de Sn en fuentes recicladas de hierro.

20 [Realización para la Invención de Trabajo que Proporciona una Mejora de la Resistencia a la Herrumbre]

Con respecto a los ingredientes en la segunda realización, las razones para la limitación de la composición de los ingredientes son las mismas que en la primera realización mencionada anteriormente.

25 A continuación, se explicarán las (fórmulas 2-2) y (3-2) que limitan el intervalo de  $\gamma_p$  (L) y  $\gamma_p$  (H) para asegurar la trabajabilidad en caliente del acero con Sn.  $\gamma_p$  (L) y  $\gamma_p$  (H) son indicadores que muestran los valores máximos de la cantidad de austenita que se forma al calentar a 1100°C. Los autores de la presente invención encontraron los efectos de adición de Sn por medio de experimentos y añadieron a la fórmula empírica para estimar el porcentaje de fase máxima de la fase  $\gamma$  el término de Sn "-57,5Sn" en el momento de la adición de Cr con contenido medio de Cr: 13 a 22% para obtener la siguiente fórmula de  $\gamma_p$  (H). Adicionalmente, de manera similar, añadieron nuevamente el término de Sn "-69Sn" en el momento de la adición de Cr con contenido bajo de Cr: 11 a 13% para obtener la siguiente fórmula:

30 
$$\gamma_p (H) = 420C + 470N + 23Ni + 7Mn + 9Cu - 11,5Cr - 11,5Si - 52Al - 57,5Sn + 189 \quad (\text{fórmula 2-2})$$

$$\gamma_p (L) = 420C + 470N + 23Ni + 7Mn + 9Cu - 11,5Cr - 11,5Si - 52Al - 69Sn + 189 \quad (\text{fórmula 3-2})$$

en donde, cada uno de C, N, Ni, Mn, Cu, Cr, Si, Al y Sn denota el contenido del elemento.

Téngase en cuenta, en la Presente Descripción, que  $\gamma_p$  (L) y  $\gamma_p$  (H) a veces se denominarán " $\gamma_p$ ".

35 A continuación se explicarán los experimentos que ejecutaron los autores de la presente invención y sus resultados y el supuesto mecanismo de acción. Se fundieron a vacío cantidades de 50 kg de acero con Cr de 11 a 13% y acero con Cr de 13 a 16% que contenían 0,2% de Sn y se colaron para formar lingotes de acero. A partir de estos, se prepararon piezas de prueba de bloque de 42 mm de espesor. Se dejaron reposar durante un mes y después se sometieron a un experimento de laminado en caliente.

40 En el experimento de laminado en caliente, las piezas de prueba del bloque se calentaron a 1120°C y se laminaron con una tasa de reducción de laminado total de 88% (8 pases) y una temperatura final de 700 a 900°C para producir chapas laminadas en caliente de 5 mm de espesor. Las chapas laminadas en caliente se inspeccionaron en los dos lados para determinar la aparición de grietas en los bordes y se evaluaron para determinar la calidad de la trabajabilidad en caliente.

45 El agrietamiento del borde se produjo junto con el aumento de  $\gamma_p$ . En el límite de 13% de Cr, con 13% o menos, el valor límite superior aumentó. Las grietas de trabajo en caliente se producen con una alta frecuencia en el límite de fase entre la fase de ferrita y la fase de austenita que se forma a una temperatura alta. Se cree que esto es el resultado del hecho de que debido a la formación de la fase de austenita con su pequeña solubilidad de Sn, el Sn se expulsa hacia el lado de la fase de ferrita y, en el procedimiento, se segrega en los límites de grano cristalino de la austenita/ferrita dando como resultado una caída en la fortaleza intergranular.

50 Cuando la cantidad de Cr es de 13% o menos, la resistencia a la deformación a una temperatura alta es pequeña, por lo que se cree que el valor límite superior de  $\gamma_p$  aumenta. Por otro lado, si  $\gamma_p$  se vuelve más pequeño, se agrava el agrietamiento estacional del lingote de acero. El Sn es un elemento formador de ferrita y es un elemento que refina la estructura solidificada debido al efecto de inoculación. Por esta razón, el agrietamiento estacional del lingote de acero, que ocurrió en el pasado cuando  $\gamma_p$  era pequeño, se puede aliviar refinando la estructura solidificada mediante la

adición de Sn.

Adicionalmente, la contribución de Sn como elemento formador de ferrita es mayor en comparación con Cr, independientemente de la cantidad fina de adición. Los autores de la presente invención realizaron experimentos y observaron las estructuras resultantes. A partir de esto, determinaron que la capacidad de formación de ferrita a 1100°C era cinco veces mayor que la de Cr en el momento del contenido medio de Cr, donde Cr: por encima de 13% y determinaron que era seis veces mayor que la de Cr en el momento del contenido bajo de Cr, donde Cr: 13% o menos. Como resultado, determinaron que el coeficiente para el acero basado con un contenido medio de Cr era "-57,5 (= -11,5×5)" y el coeficiente para el acero basado con un contenido bajo de Cr era "-69 (= -11,5×6)".

Además, los autores de la presente invención prepararon chapas recocidas y laminadas en frío de acero con 0,2% de Sn, utilizaron SUS410L (12% de Cr) y SUS430 (17% de Cr) como materiales comparativos, y realizaron pruebas de pulverización salina basadas en JIS Z 2371, utilizando solución acuosa de NaCl al 5%, a 35°C para evaluar la resistencia a la herrumbre. Las superficies evaluadas se pulieron con papel de lija húmedo núm. 600. La solución se pulverizó durante 48 horas.

SUS410L se oxidó en la superficie de evaluación. El acero con 11 a 13% de Cr que contenía Sn y el acero con 13 a 22% de Cr con Sn-añadido no se oxidaron de la misma manera que SUS430. Como resultado, se pudo confirmar el efecto de mejora de la resistencia a la herrumbre debido a la adición de Sn.

En la chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la herrumbre, para asegurar la trabajabilidad en caliente requerida, el  $\gamma_p$  (H) que está definida por la (fórmula 2-2) anterior y el  $\gamma_p$  (L) que está definida por la (fórmula 3-2) anterior están limitadas de la siguiente manera:

$$5 \leq \gamma_p (H) \leq 55 \quad \text{(fórmula 3-1)}$$

$$10 \leq \gamma_p (L) \leq 65 \quad \text{(fórmula 3-2)}$$

Como se muestra en la fórmula anterior (fórmula 2-1) y (fórmula 3-1), la trabajabilidad en caliente objetivo se puede asegurar con un  $\gamma_p$  (H) de 55 o menos cuando el Cr es superior a 13,0% y con un  $\gamma_p$  (L) de 65 o menos cuando el Cr es 13,0% o menos. Téngase en cuenta que "la trabajabilidad en caliente objetivo" significa que no se producen grietas en los bordes en el experimento de laminado en caliente mencionado anteriormente.

La trabajabilidad en caliente mejora junto con la caída en el  $\gamma_p$ . Sin embargo, si el  $\gamma_p$  se vuelve excesivamente pequeño, la susceptibilidad al agrietamiento estacional aumenta y se inducen grietas de trabajo en caliente debido al agrietamiento estacional. Por esta razón, el límite inferior de  $\gamma_p$  (H) se establece en 5 con Cr: más de 13,0%. Si se consideran el efecto y la facilidad de fabricación, el intervalo preferible es  $10 \leq \gamma_p$  (H)  $\leq 40$  con Cr: más de 13,0%. Por otro lado, el límite inferior de  $\gamma_p$  (L) se establece en 10 con Cr: 13,0% o menos. Si se considera la facilidad de fabricación, el intervalo preferible, en el caso de Cr: 13,0% o menos, es  $15 \leq \gamma_p$  (L)  $\leq 55$ .

A continuación, se explicarán las razones para limitar las condiciones en el método de producción de la chapa de acero de la presente invención que proporciona la resistencia a la herrumbre. La temperatura de calentamiento de la plancha de acero inoxidable que se utiliza para el laminado en caliente se establece en 1100°C o más para suprimir la formación de la fase de austenita que conduce a grietas de trabajo en caliente y reduce la resistencia a la deformación en el momento del laminado en caliente. Si se establece una temperatura de calentamiento es excesivamente alta, el engrosamiento de los granos cristalinos provoca que las propiedades de la superficie se deterioren y, adicionalmente, la forma de la plancha puede empeorar en el momento del calentamiento, por lo que el límite superior se establece en 1300°C. Desde el punto de vista de la trabajabilidad en caliente y la facilidad de fabricación, es preferiblemente de 1150 a 1250°C.

Desde el punto de vista de la trabajabilidad en caliente, la temperatura de enrollado en espiral de la chapa de acero después del laminado en caliente se establece en 700°C o más para aumentar la temperatura de calentamiento. Si es inferior a 700°C, la superficie se agrieta en el momento del enrollado en espiral o es probable que se induzcan formas de enrollado en espiral deficientes. Si aumenta excesivamente la temperatura de enrollado en espiral, la formación de óxidos internos y la oxidación del límite de grano se agravan y las propiedades de la superficie se deterioran, por lo que el límite superior se establece en 1000°C. Desde el punto de vista de la trabajabilidad en caliente y la facilidad de fabricación, es preferiblemente de 700 a 900°C.

Después del laminado en caliente, la chapa laminada en caliente se recuece o no se recuece, pero se lamina en frío una vez o se lamina en frío dos veces o más con un procedimiento de recocido intermedio. La chapa de acero laminada en caliente se recuece mediante recocido continuo o recocido en caja de tipo lote a 700°C o más, donde se promueve la recristalización. Si aumenta excesivamente la temperatura de recocido, se invita a una caída en las propiedades de la superficie y la capacidad de descalcificación de decapado, por lo que el límite superior se establece en 1000°C. Desde el punto de vista de las propiedades de la superficie, es preferiblemente de 700 a 900°C.

El recocido final después del laminado en frío se realiza en una atmósfera oxidante o en una atmósfera reductora. La temperatura de recocido, si se considera la recristalización, las propiedades de la superficie y la descalcificación, es preferiblemente de 700 a 900°C. El método de decapado no está particularmente limitado. Se puede utilizar un método

que se emplea comúnmente en la industria. Por ejemplo, se puede utilizar la inmersión en un baño de sal alcalina + decapado electrolítico + inmersión en ácido fluoronítrico. El decapado electrolítico se realiza mediante electrólisis de sales neutras, electrólisis de ácido nítrico, etc.

[Ejemplos]

5 A continuación, se explicarán ejemplos de la presente invención, pero las condiciones de los ejemplos son solo ilustraciones que se emplean para confirmar la trabajabilidad y los efectos ventajosos de la presente invención. La presente invención no se limita a estas ilustraciones de las condiciones. La presente invención puede emplear diversas condiciones hasta el punto de no apartarse de la esencia de la presente invención y alcanzar el objeto de la presente invención.

10 Ejemplo 1

Los aceros inoxidables ferríticos que tienen las composiciones de ingredientes que se muestran en la Tabla 3-1 y la Tabla 3-2 (las dos juntas a veces denominadas "Tablas 3") se fundieron en cantidades de 150 kg a vacío y se colaron. Los lingotes se calentaron de 1000 a 1300°C y se laminaron en caliente. Las chapas se enrollaron en espiral de 500 a 700°C para producir chapas de acero laminado en caliente de 3,0 a 6,0 mm de espesor. En las Tablas 3, los asteriscos indican fuera de las disposiciones de la presente invención, mientras que "0" indica que no hay adición.

15 Las chapas de acero laminadas en caliente fueron recocidas simulando recocido en caja o recocido continuo o no fueron recocidas, sino laminadas en frío una o dos veces con un procedimiento de recocido intermedio para producir chapas de acero laminadas en frío de 0,4 a 0,8 mm de espesor. Las chapas de acero laminadas en frío se recocieron finalmente a una temperatura de 780 a 900°C, donde se completa la recristalización. El recocido final se realizó mediante recocido en atmósfera oxidante o recocido brillante. Para los aceros comparativos, se utilizaron SUS430 (17Cr) y SUS430LX (17Cr).

20 La trabajabilidad en caliente se evaluó inspeccionando la presencia de grietas en los bordes de las chapas laminadas en caliente. Los ejemplos en los que no se produjeron grietas en los bordes se evaluaron como "G (buena)", los ejemplos en los que se produjeron grietas en los bordes desde las caras extremas y llegaron a las superficies de chapa de acero se evaluaron como "P (escasa)", y los ejemplos en los que se produjeron agrietas en los bordes que no alcanzaron las superficies de la chapa de acero se evaluaron como "F (regular)". Los ejemplos en los que el agrietamiento del borde se evaluó como "G (buena)" y "F (regular)" se consideraron ejemplos de la invención.

25 La resistencia a la herrumbre se evaluó realizando una prueba de pulverización salina basada en JIS Z 2371 y adicionalmente una prueba de inmersión en una solución acuosa de NaCl al 0,5% a 80°C durante 168 horas. Los grados de herrumbre de los aceros comparativos debido a la prueba de inmersión fueron "herrumbre en toda la superficie" para SUS430 y "sin herrumbre" para SUS430LX. Por lo tanto, para los indicadores de evaluación, el equivalente de herrumbre a SUS430 se consideró "G (buena)", mientras que el equivalente a "sin herrumbre" de SUS430LX se consideró "VG (muy buena)". Téngase en cuenta que la manifestación de herrumbre y poros correspondientes a SUS410L se consideró "P (escasa)".

30 La Tabla 4-1 y la Tabla 4-2 (las dos juntas a veces denominadas como "Tablas 4") muestran las condiciones de fabricación y los resultados de la prueba juntos. En la Tabla 4, una marca de asterisco indica desviación de las disposiciones de la presente invención, una marca P indica desviación del objetivo de la presente invención y la marca - indica que no se realiza nada. En la Tabla 4, las Pruebas Núm. 2-1 a 2-3 y 2-7 a 2-26 y las Pruebas Núm. 3-1 a 3-3 y 3-7 a 3-26 son ejemplos de prueba relacionados con aceros inoxidables ferríticos que satisfacen la composición de ingredientes y  $\gamma$  que se impusieron en la segunda realización y que satisfacen las condiciones de fabricación. En estas chapas de acero, se obtienen la trabajabilidad en caliente que es objetivo en la segunda realización y una resistencia a la herrumbre igual a SUS430 o no diferente de SUS430LX. Téngase en cuenta que las chapas de acero que muestran una resistencia a la herrumbre no diferente de SUS430LX contienen 14,5% o más de Cr.

35 Las Pruebas Núm. 2-4 a 2-6 y las Pruebas Núm. 3-4 a 3-6 son ejemplos de prueba relacionados con aceros inoxidables ferríticos que tienen la composición de ingredientes y  $\gamma$  que se imponen en la segunda realización, pero tienen condiciones de fabricación que se desvían de las condiciones de fabricación que se imponen en la segunda realización. En estas chapas de acero, el agrietamiento de los bordes no se puede suprimir, pero se obtiene la trabajabilidad en caliente objetivo.

40 Las Pruebas Núm. 2-27 a 2-31 y las Pruebas Núm. 3-27 a 3-32 son ejemplos de prueba relacionados con el acero inoxidable ferrítico donde las composiciones de ingredientes y  $\gamma$  están fuera de la composición de ingredientes y  $\gamma$  que se imponen en la segunda realización. En estas chapas de acero, no se obtiene una o ninguna de la trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre objetivo.

45 Las Pruebas Núm. 2-32 a 2-34 y las Pruebas Núm. 3-33 a 3-35 son ejemplos de prueba relacionados con aceros inoxidables ferríticos que tienen las composiciones de ingredientes que se imponen en la segunda realización, pero donde los  $\gamma$  están fuera del  $\gamma$  que está impuesto en la segunda realización. En estas chapas de acero, se obtiene la resistencia a la herrumbre objetivo, pero no se obtiene la trabajabilidad en caliente objetivo. En los aceros inoxidables ferríticos de las Pruebas Núm. 2-32 y Pruebas Núm. 3-33, el  $\gamma$  es pequeño, por lo que las grietas debidas al

agrietamiento estacional se manifiestan debido al trabajo en caliente. Las pruebas Núm. 2-35 y 2-36 y 3-36 y 3-37 son, respectivamente, ejemplos de referencia relacionados con SUS410L y SUS430.

Aplicabilidad industrial

- 5 Como se explicó anteriormente, de acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar una chapa de acero inoxidable ferrítico que tenga una excelente resistencia a la aparición de surcos, resistencia a la herrumbre y trabajabilidad sin depender del uso de metales raros utilizando eficazmente el Sn en fuentes recicladas de hierro. Adicionalmente, es posible proporcionar acero inoxidable ferrítico que tiene excelente resistencia a la herrumbre y trabajabilidad. Como resultado, la presente invención puede simplificar la etapa de pulido convencionalmente requerida y puede contribuir a la protección del medio ambiente global, por lo que la aplicabilidad industrial es alta.

10

Tabla 1. Composición Química de acero sometido a prueba (% en masa)

Acero	C	Si	Mn	P	S	Cr	N	Al	Nb	Ti	Ni	Cu	Mo	B	Mg	Ca	Sn	Ap	Otros
A	0.070	0.26	0.42	0.028	0.001	16.1	0.017										0.09	41.2	0.634-0.0082Ap
B	0.045	0.61	0.08	0.035	0.004	17.2	0.022	0.12									0.52	10.5	0.296
C	0.013	0.24	0.78	0.014	0.005	12.5	0.011		0.09					0.0004			0.15	54.4	0.548
D	0.120	0.84	0.23	0.035	0.001	14.2	0.011	0.19	0.05	0.06			0.20		0.0024		0.12	55.7	0.188
E	0.055	0.25	0.36	0.044	0.001	14.6	0.035					0.21					0.08	62.2	0.178
F	0.035	0.33	1.79	0.023	0.007	15.5	0.025	0.03								0.0005	0.21	44.4	0.124
G	0.087	0.15	0.64	0.034	0.002	16.2	0.034										0.11	58.0	0.270
H	0.048	0.30	0.19	0.031	0.003	16.1	0.010	0.02									0.20	25.6	0.159
I	0.003	0.03	0.35	0.039	0.002	11.6	0.045	0.18	0.09								0.07	66.5	0.424
J	0.064	0.43	0.11	0.022	0.003	17.9	0.026	0.01		0.06	0.15	0.09	0.04	0.0024			0.44	18.6	0.088
K	0.049	0.65	0.89	0.019	0.002	16.5	0.013	0.04									0.23	22.6	0.481
L	0.019	0.45	1.22	0.026	0.001	16.2	0.036				0.04				0.0002	0.0028	0.28	31.2	0.449
M	0.067	0.30	0.70	0.031	0.003	16.2	0.038			0.10							0.22	52.5	0.378
N	0.009	0.11	0.90	0.031	0.003	13.2	0.033	0.00									0.10	61.3	0.204
O	0.049	0.30	0.20	0.029	0.003	15.9	0.013	0.12		0.10							0.30	26.9	0.132
P	0.025	0.18	0.98	0.022	0.001	14.8	0.024	0.00									0.35	45.2	0.414
Q	0.080	0.87	0.23	0.042	0.005	16.2	0.031				0.08	0.12					0.04	41.8	0.264
R	0.055	0.28	0.68	0.033	0.002	16.0	0.027	0.01									0.00	46.0	0.292
S	0.084	0.11	1.15	0.041	0.002	14.2	0.027	0.09		0.04			0.18				0.24	71.7	0.264
T	0.045	0.72	0.55	0.022	0.001	18.0	0.016	0.02			0.10			0.0060			0.18	5.3	0.046
U	0.220	0.45	0.21	0.009	0.003	20.5	0.035	0.05									0.12	55.6	0.591
V	0.089	0.86	0.78	0.035	0.012	21.3	0.077	0.35			0.98						0.26	17.5	0.178
W	0.035	0.42	0.81	0.010	0.002	14.5	0.033	0.00		0.25							0.22	30.6	0.490
X	0.032	0.05	0.63	0.016	0.008	15.5	0.045	0.75			0.72	0.44	0.84	0.0042	0.0045		0.08	45.8	0.383
Y	0.087	0.85	0.15	0.025	0.006	18.3	0.066		0.28		0.68					0.0048	0.19	30.3	0.258
Z	0.062	0.28	0.66	0.025	0.001	16.0	0.035				0.10						0.20	51.2	0.385

Los aceros C, I, N son composiciones de acero de referencia

ES 2 788 506 T3

Tabla 2-1

Ej.	Acero	Temp. de calentamiento (°C)	Tasa de reducción de laminado total a 1100°C o más en laminado en caliente (%)	Presencia de grietas en los bordes de la chapa laminada en caliente	Defectos en la superficie de la chapa laminada en caliente	Temp. de enrollado en espiral (°C)	Condiciones de recocido de la chapa laminada en caliente	Valoración de aparición de surcos	
1	A	1160	0	No	No	650	820°Cx6h	C	Ej. Comp.
2	A	1250	25	No	No	550	870°Cx2min	A	Ej. Inv.
3	A	1290	15	No	Si	800	Omitido	B	Ej. Comp.
4	B	1200	10	No	No	400	820°Cx6h	C	Ej. Comp.
5	B	1200	20	No	No	450	870°Cx2min	AA	Ej. Inv.
6	B	1160	15	No	No	660	Omitido	AA	Ej. Inv.
7	C	1100	8	No	No	550	Omitido	C	Ej. Comp.
8	C	1180	8	No	No	600	820°Cx6h	C	Ej. Comp.
9	C	1230	18	No	No	650	870°Cx2min	AA	Ej. Ref.
10	D	1220	15	No	No	800	870°Cx2min	A	Ej. Inv.
11	D	1200	10	No	No	780	Omitido	C	Ej. Comp.
12	D	1180	15	No	No	350	820°Cx6h	A	Ej. Inv.
13	E	1260	25	No	No	600	Omitido	A	Ej. Inv.
14	E	1240	12	No	No	450	870°Cx2min	C	Ej. Comp.
15	E	1140	5	No	No	600	Omitido	B	Ej. Comp.
16	F	1180	5	No	No	550	820°Cx6h	C	Ej. Comp.
17	F	1220	30	No	No	750	870°Cx2min	AA	Ej. Inv.
18	F	1220	4	No	No	700	Omitido	C	Ej. Comp.
19	G	1200	15	No	No	450	820°Cx6h	A	Ej. Inv.
20	G	1250	0	No	No	650	Omitido	C	Ej. Comp.
21	G	1050	0	No	No	530	870°Cx2min	C	Ej. Comp.
22	H	1200	20	No	No	390	820°Cx6h	AA	Ej. Inv.
23	H	1250	12	No	No	560	870°Cx2min	C	Ej. Comp.
24	H	1180	4	No	No	660	Omitido	C	Ej. Comp.
25	I	1200	18	No	No	550	870°Cx2min	A	Ej. Ref.
26	I	1250	18	No	No	710	820°Cx6h	A	Ej. Ref.
27	I	1240	8	No	No	800	Omitido	C	Ej. Comp.
28	J	1200	20	No	No	340	Omitido	AA	Ej. Inv.
29	J	1300	20	No	Si	500	820°Cx6h	B	Ej. Comp.
30	J	1200	15	No	No	460	870°Cx2min	AA	Ej. Inv.
31	K	1200	11	No	No	720	Omitido	C	Ej. Comp.
32	K	1200	19	No	No	660	820°Cx6h	AA	Ej. Inv.
33	K	1250	25	No	No	610	Omitido	AA	Ej. Inv.
34	L	1080	0	No	No	480	820°Cx6h	C	Ej. Comp.
35	L	1240	15	No	No	570	870°Cx2min	AA	Ej. Inv.
36	L	1240	25	No	No	390	Omitido	AA	Ej. Inv.
37	M	1200	2	No	No	450	Omitido	C	Ej. Comp.
38	M	1300	20	No	Si	600	870°Cx2min	B	Ej. Comp.
39	M	1240	20	No	No	500	820°Cx6h	B	Ej. Comp.

ES 2 788 506 T3

Tabla 2-2

Ej.	Acero	Temp. de calentamiento (°C)	Tasa de reducción de laminado total a 1100°C o más en laminado en caliente (%)	Presencia de grietas en los bordes en la chapa laminada en caliente	Defectos en la superficie de la chapa laminada en caliente	Temp. de enrollado en espiral (°C)	Condiciones de recocido de la chapa laminada en caliente	Valoración de la aparición de surcos	
40	N	1230	15	No	No	720	820°Cx6h	A	Ej. Ref.
41	N	1170	8	No	No	460	870°Cx2min	C	Ej. Comp.
42	N	1160	15	No	No	650	Omitido	A	Ej. Ref.
43	O	1250	20	No	No	550	820°Cx6h	A	Ej. Comp.
44	O	1130	10	No	No	580	Omitido	C	Ej. Comp.
45	O	1180	15	No	No	600	870°Cx2min	A	Ej. Inv.
46	P	1250	0	Si	No	470	870°Cx2min	C	Ej. Comp.
47	P	1240	20	Si	No	380	820°Cx6h	B	Ej. Comp.
48	P	1200	15	Si	No	620	Omitido	B	Ej. Comp.
49	Q	1200	15	No	No	800	Omitido	C	Ej. Comp.
50	Q	1150	15	No	No	750	870°Cx2min	C	Ej. Comp.
51	Q	1260	25	No	No	600	820°Cx6h	C	Ej. Comp.
52	R	1230	25	No	No	550	Omitido	C	Ej. Comp.
53	R	1180	15	No	No	650	870°Cx2min	C	Ej. Comp.
54	R	1180	3	No	No	700	820°Cx6h	C	Ej. Comp.
55	S	1200	3	Si	No	620	Omitido	B	Ej. Comp.
56	S	1150	15	Si	No	750	870°Cx2min	B	Ej. Comp.
57	S	1260	25	Si	No	700	820°Cx6h	B	Ej. Comp.
58	T	1230	25	No	No	550	Omitido	C	Ej. Comp.
59	T	1180	15	No	No	650	870°Cx2min	C	Ej. Comp.
60	T	1180	3	No	No	750	820°Cx6h	C	Ej. Comp.
61	U	1235	18	No	No	550	820°Cx6h	A	Ej. Inv.
62	U	1140	7	No	No	580	Omitido	C	Ej. Comp.
63	U	1200	5	No	No	600	870°Cx2min	C	Ej. Inv.
64	V	1250	15	No	No	600	820°Cx6h	A	Ej. Inv.
65	V	1080	0	No	No	550	Omitido	C	Ej. Comp.
66	V	1170	20	No	No	600	870°Cx2min	A	Ej. Inv.
67	W	1230	3	No	No	625	820°Cx6h	C	Ej. Comp.
68	W	1120	3	No	No	550	Omitido	C	Ej. Comp.
69	W	1200	18	No	No	500	870°Cx2min	A	Ej. Inv.
70	X	1200	18	No	No	480	820°Cx6h	A	Ej. Inv.
71	X	11250	5	No	No	550	Omitido	C	Ej. Comp.
72	X	1200	17	No	No	560	870°Cx2min	A	Ej. Inv.
73	Y	1240	18	No	No	600	820°Cx6h	A	Ej. Inv.
74	Y	1130	12	No	No	580	Omitido	C	Ej. Comp.
75	Y	1200	18	No	No	575	870°Cx2min	A	Ej. Inv.
76	Z	1180	18	No	No	575	870°Cx2min	A	Ej. Inv.
77	Z	1180	3	No	No	550	870°Cx2min	B	Ej. Comp.
78	Z	1120	3	No	No	575	870°Cx2min	B	Ej. Comp.



## ES 2 788 506 T3

Tabla 3-1. Acero Inoxidable Ferrítico con contenido medio de Cr

	C	Si	Mn	P	S	Cr	N	Al	Sn	Ni	Cu	yp	Otros
2A	0,022	0,35	0,25	0,021	0,0021	14,3	0,033	0,03	0,17	0	0	35,7	
2B	0,075	0,45	0,31	0,025	0,0025	14,2	0,012	0,04	0,11	0	0	51,4	
2C	0,011	0,11	0,45	0,022	0,0007	14,8	0,025	0,05	0,25	0	0	20,1	
2D	0,035	0,72	0,42	0,021	0,0021	13,8	0,021	0,05	0,31	0	0	29,1	
2E	0,032	0,03	0,11	0,035	0,0018	14,4	0,022	0,04	0,17	0	0	35,2	
2F	0,038	0,25	1,25	0,028	0,0021	15,2	0,008	0,02	0,21	0	0	26,7	
2G	0,022	0,55	0,02	0,021	0,0021	14,1	0,033	0,01	0,15	0	0	36,3	
2H	0,025	0,28	0,32	0,024	0,0055	15,8	0,038	0,03	0,2	0	0	21,6	
2I	0,022	0,35	0,15	0,021	0,0003	13,2	0,015	0,02	0,33	0	0	30,5	
2J	0,035	0,25	0,35	0,023	0,0005	16,2	0,058	0,03	0,22	0	0	30	
2K	0,015	0,15	0,08	0,021	0,0005	14,6	0,022	0,002	0,21	0,15	0	27,8	Ni:0,15
2L	0,033	0,09	0,55	0,022	0,0006	13,4	0,035	0,68	0,33	0	0	13,7	
2M	0,018	0,12	0,11	0,023	0,0008	14,9	0,033	0,04	0,56	0	0	6,1	
2N	0,055	0,31	0,45	0,031	0,0015	17,2	0,038	0,01	0,09	0	0	26,1	
2O	0,025	0,3	0,35	0,023	0,0021	14,7	0,028	0,02	0,15	0	0	32,9	B:0,0006
2P	0,018	0,25	0,45	0,023	0,0021	14,8	0,028	0,02	0,31	0	0	20,9	Ca:0,0006, La:0,02
2Q	0,025	0,33	0,55	0,023	0,0021	14,5	0,028	0,02	0,15	0	0	36,3	Y+Hf+REM:0,09
2R	0,022	0,45	0,21	0,023	0,0021	14,4	0,018	0,02	0,15	0,25	0	33,5	Nb:0,07, Ni:0,25
2S	0,026	0,32	0,35	0,023	0,0021	14,1	0,022	0,02	0,21	0	0,2	35,6	Cu:0,2, Mo:0,1, V:0,3
2T	0,022	0,38	0,12	0,023	0,0021	14,3	0,021	0,02	0,15	0,15	0	33,9	Mg:0,0004, Ti:0,06, Ni:0,15
2U	0,022	0,38	0,12	0,023	0,0021	14,3	0,021	0,02	0,15	0	0	30,5	Zr:0,03, Co:0,02
2V*	0,31	0,5	0,15	0,023	0,0021	14,2	0,015	0,05	0,21	0	0	143,6	
2W*	0,025	0,3	2,2	0,025	0,0025	14,6	0,012	0,05	0,15	0	0	38	
2X*	0,023	0,3	0,35	0,023	0,021	14,3	0,028	0,02	0,21	0	0	33,3	
2Y*	0,011	0,5	0,25	0,025	0,0025	14,3	0,11	0,03	0,12	0	0	68,4	
2Z*	0,024	0,3	0,35	0,023	0,0021	14,4	0,021	0,02	0,04	0	0	39	
ZZA*	0,031	0,45	0,33	0,023	0,0021	14,6	0,035	1,05	0,15	0	0	-15,5	
ZZB*	0,004	0,55	0,08	0,025	0,0018	14,6	0,006	0,08	0,19	0	0	4,8	
ZZC*	0,055	0,35	0,55	0,023	0,0015	13,8	0,025	0,02	0,14	0	0	55,9	
SUS430	0,07	0,3	0,65	0,035	0,003	16,6	0,035	0,005	0	0,1	0,1	48	Ti:0,25
SUS430LX	0,005	0,12	0,15	0,002	0,0011	16,5	0,011	0,045	0	0	0	3,8	Ti:0,27

El acero 2C es una composición de acero de referencia

## ES 2 788 506 T3

Tabla 3-2. Chapa de acero Inoxidable Ferrítico con contenido bajo de Cr

	C	Si	Mn	P	S	Cr	N	Al	Sn	Ni	Cu	yp	Otros
3A	0,025	0,41	0,32	0,021	0,0021	12,6	0,035	0,04	0,17	0	0	54,8	
3B	0,08	0,47	0,25	0,025	0,0025	12,8	0,011	0,07	0,13	0	0	64,3	
3C	0,011	0,11	0,12	0,022	0,0007	12,8	0,025	0,35	0,25	0	0	22,3	
3D	0,035	0,72	0,42	0,021	0,0021	11,8	0,018	0,05	0,31	0	0	47,1	
3E	0,032	0,08	0,11	0,035	0,0018	12,5	0,022	0,04	0,17	0	0	55,1	
3F	0,038	0,25	1,25	0,028	0,0021	12,6	0,008	0,02	0,21	0	0	54,2	
3G	0,022	0,55	0,02	0,021	0,0021	12,2	0,028	0,25	0,15	0	0	41,6	
3H	0,011	0,12	0,11	0,024	0,0055	12,8	0,009	0,03	0,2	0	0	34,7	
3I	0,022	0,35	0,15	0,021	0,0003	11,2	0,015	0,03	0,35	0	0	47,8	
3J	0,022	0,25	0,22	0,023	0,0005	12,4	0,06	0,25	0,22	0	0	54,3	
3K	0,005	0,15	0,08	0,021	0,0005	12,3	0,01	0,002	0,11	0	0	45,5	
3L	0,022	0,09	0,08	0,022	0,0006	11,8	0,018	0,68	0,33	0	0	12,4	
3M	0,012	0,12	0,11	0,023	0,0008	12,6	0,011	0,04	0,55	0	0	13,9	
3N	0,031	0,25	0,25	0,031	0,0015	12,8	0,018	0,06	0,08	0,15	0	57	Ni:0,15
3O	0,025	0,3	0,35	0,023	0,0021	12,2	0,028	0,02	0,15	0	0	60	B:0,0008
3P	0,018	0,25	0,45	0,023	0,0021	11,9	0,028	0,02	0,31	0	0	50,7	Ca:0,0006, La:0,03
3Q	0,025	0,33	0,55	0,023	0,0021	12,5	0,028	0,02	0,15	0	0	57,6	Y:0,02, Hf:0,03, REM:0,03
3R	0,022	0,45	0,21	0,023	0,0021	12,4	0,0181	0,02	0,15	0,3	0	55,9	Nb:0,05, Ni:0,3
3S	0,026	0,32	0,35	0,023	0,0021	12,1	0,022	0,02	0,21	0	0,2	56,2	Cu:0,2, Mo:0,1, V:0,2
3T	0,022	0,38	0,12	0,023	0,0021	12,3	0,021	0,02	0,15	0,2	0	56,3	Mg:0,0007, Ti:0,05, Ni:0,2
3U	0,023	0,35	0,15	0,025	0,0018	12,5	0,028	0,03	0,18	0	0	51,1	Zr:0,03, Co:0,02
3V*	0,31	0,5	0,15	0,023	0,0021	12,2	0,015	0,05	0,21	0	0	164,2	
3W*	0,025	0,3	2,2	0,025	0,0025	12,6	0,012	0,05	0,15	0	0	59,2	
3X*	0,023	0,3	0,35	0,023	0,021	12,3	0,028	0,02	0,21	0	0	53,8	
3Y*	0,022	0,5	0,45	0,023	0,0021	10,7	0,02	0,02	0,15	0	0	70,5	
3Z*	0,011	0,5	0,25	0,025	0,0025	12,3	0,12	0,03	0,12	0	0	94,7	
3ZA*	0,024	0,3	0,35	0,023	0,0021	12,4	0,021	0,02	0,04	0	0	61,6	
3ZB*	0,031	0,45	0,33	0,023	0,0021	12,6	0,035	1,05	0,15	0	0	5,8	
3ZC*	0,011	0,5	0,15	0,025	0,0018	12,8	0,015	0,58	0,13	0	0	9,6	
3ZD*	0,055	0,35	0,55	0,023	0,0015	12,6	0,025	0,02	0,14	0	0	68,1	
SUS410L	0,02	0,45	0,55	0,03	0,002	12,2	0,015	0,03	0	0	0	61,3	Ti:0,25
SUS430	0,07	0,3	0,65	0,035	0,003	16,6	0,035	0,005	0	0,1	0,1	48	

Los aceros 3C, 3K, 3M son composiciones de acero de referencia

ES 2 788 506 T3

Tabla 4-1. Chapa de acero Inoxidable Ferrítico con contenido medio de Cr

	Núm.	Acero	Calentamiento °C	Enrollado °C	Recocido de la chapa laminada en caliente (°C)		Trabajabilidad en caliente (grietas en los bordes)	Resistencia a la herrumbre		Observaciones
					Recocido continuo	Recocido de caja		Pulverización	Inmersión	
Acero de ingredientes de segundo aspecto (chapa de acero inoxidable ferrítico con contenido medio de Cr)	2-1	2A	1210	780	-	810	G	G	G	
	2-2		1210	78D	830	-	G	G	G	
	2-3		1210	780	-	-	G	G	G	
	2-4		1080*	600*	830	-	F	G	G	
	2-5		1120	660*	830	-	F	G	G	
	2-6		1090*	700	830	-	F	G	G	
	2-7	2B	1220	750	820	-	G	G	G	
	2-8	2C	1230	790	-	810	G	G	G	
	2-9	2D	1180	740	800	-	G	G	G	
	2-10	2E	1190	750	-	810	G	G	G	
	2-11	2F	1220	760	-	820	G	G	VG	
	2-12	2G	1180	740	-	820	G	G	G	
	2-13	2H	1230	810	810	-	G	G	VG	
	2-14	2I	1160	720	800	-	G	G	G	
	2-15	2J	1190	740	800	-	G	G	VG	
	2-16	2K	1180	760	-	810	G	G	G	
	2-17	2L	1150	700	-	820	G	G	G	
	2-18	2M	1210	780	-	810	G	G	VG	
	2-19	2N	1190	730	-	850	G	G	VG	
	2-20	2O	1180	720	-	-	G	G	G	
	2-21	2P	1170	720	800	-	G	G	VG	
	2-22	2Q	1190	730	-	820	G	G	G	
	2-23	2R	1180	740	-	810	G	G	G	
	2-24	2S	1170	710	-	810	G	G	G	
	2-25	2T	1160	700	-	810	G	G	G	
	2-26	2U	1160	700	-	810	G	G	G	
Ingredientes comparativos	2-27	2V *	1180	730	-	800	P	P	P	
	2-28	2W *	1190	760	-	800	G	P	P	
	2-29	2X*	1170	720	-	810	G	P	P	
	2-30	2Y *	1150	710	810	-	P	P	P	
	2-31	2Z *	1210	780	820	-	G	P	P	
	2-32	2ZA *	1180	760	830	-	P	G	G	
	2-33	2ZB *	1180	760	820	-	P	G	G	
	2-34	2ZC *	1180	760	830	-	P	G	G	
	2-35	SUS430						G	G	
	2-36	S430LA						G	VG	

El acero Núm. 2-8 tiene ingredientes de referencia.

ES 2 788 506 T3

Tabla 4-2. Acero inoxidable ferrítico con contenido bajo de Cr

	Núm.	Acero	Calentamiento °C	Enrollado °C	Recocido de la chapa laminada en caliente (°C)		Trabajabilidad en caliente (grietas en los bordes)	Resistencia a la herrumbre	
					Recocido continuo	Recocido de caja		Pulverización	Inmersión
Acero de ingredientes de segundo aspecto (chapa de acero inoxidable ferrítico con contenido medio de Cr)	3-1	3A	1210	780	-	780	G	G	G
	3-2		1210	780	820	-	G	G	G
	3-3		1210	780	-	-	G	G	G
	3-4		1080*	600*	820	-	F	G	P
	3-5		1120	660*	820	-	F	G	G
	3-6		1090*	700	820	-	F	G	G
	3-7	3B	1220	750	810	-	G	G	G
	3-8	3C	1230	790	-	790	G	G	G
	3-9	3D	1180	740	790	-	G	G	G
	3-10	3E	1190	750	-	780	G	G	G
	3-11	3F	1220	760	-	810	G	G	G
	3-12	3G	1180	740	-	810	G	G	G
	3-13	3H	1230	810	810	-	G	G	G
	3-14	3I	1160	120	790	-	G	G	G
	3-15	3J	1190	740	780	-	G	G	G
	3-16	3K	1180	760	-	790	G	G	G
	3-17	3L	1150	700	-	810	G	G	G
	3-18	3M	1210	780	-	790	G	G	G
	3-19	3N	1190	730	-	-	G	G	G
	3-20	3O	1180	720	790	-	G	G	G
	3-21	3P	1170	720	790	-	G	G	G
	3-22	3Q	1190	730	-	810	G	G	G
	3-23	3R	1180	740	-	780	G	G	G
	3-24	3S	1170	710	-	790	G	G	G
	3-25	3T	1180	700	-	790	G	G	G
3-26	3U	1160	700	-	790	G	G	G	
Ingredientes comparativos	3-27	3V*	1180	730	-	790	P	P	P
	3-28	3W*	1190	760	-	780	G	P	P
	3-29	3X*	1170	720	-	780	G	P	P
	3-30	3Y*	1150	710	760	-	P	P	P
	3-31	3Z*	1210	780	810	-	P	P	P
	3-32	3ZA*	1180	760	810	-	G	P	P
	3-33	3ZB*	1180	760	820	-	P	G	G
	3-34	3ZC*	1180	760	820	-	P	G	G
	3-35	3ZD*	1180	760	820	-	P	G	G
	3-36	SUS410L						P	P
	3-37	SUS430						G	G

El acero Núm. 3-8, 3-16 y 3-18 tienen ingredientes de referencia.

**REIVINDICACIONES**

1. Una chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la aparición de surcos caracterizada porque la chapa de acero inoxidable ferrítico tiene una altura de surcos de menos de 6 µm y caracterizada por que consiste, en % en masa,

- 5 C: de 0,02 a 0,30%,  
Si: de 0,01 a 1,00%,  
Mn: de 0,01 a 2,00%,  
P: de 0,005 a 0,050%,  
S: de 0,0001 a 0,020%,
- 10 Cr: de 11,0 a 22,0%,  
N: de 0,01 a 0,10%, que comprende adicionalmente de manera opcional, en % en masa, uno o más elementos de  
Al: de 0,0001 a 1,0%,  
Nb: 0,30% o menos, y  
Ti: 0,30% o menos, que comprende adicionalmente de manera opcional uno o más elementos de
- 15 Ni: 1,0% o menos,  
Cu: 1,0% o menos,  
Mo: 1,0% o menos,  
V: 1,0% o menos,  
Co: 0,5% o menos, y
- 20 Zr: 0,5% o menos, y comprende adicionalmente de manera opcional, en % en masa, uno o más elementos de  
B: 0,005% o menos,  
Mg: 0,005% o menos,  
Ca: 0,005% o menos,  
Y: 0,1% o menos,
- 25 Hf: 0,1% o menos, y  
un REM: 0,1% o menos,

en donde  $A_p$ , que se define mediante la siguiente (fórmula 3), satisface la siguiente (fórmula 2), un contenido de Sn satisface la siguiente (fórmula 1), el equilibrio es Fe e impurezas inevitables, y la estructura metálica es una fase única de ferrita.

- 30  $0,060 \leq Sn \leq 0,634 - 0,0082A_p$  (fórmula 1)
- $10 \leq A_p \leq 70$  (fórmula 2)
- $A_p = 420C + 470N + 23Ni + 9Cu + 7Mn - 11,5(Cr + Si) - 12Mo - 52Al - 47Nb - 49Ti + 189$  (fórmula 3)

en donde, cada uno de Sn, C, N, Ni, Cu, Mn, Cr, Si, Mo, Al, Nb y Ti denota el contenido del elemento.

- 35 2. Un método de producción de chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la aparición de surcos según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende
  - (i) calentar el acero de una composición de ingredientes según la reivindicación 1 de 1150 a 1280°C y laminar en caliente el acero para obtener una tasa de laminado total a un laminado en caliente a 1100°C o superior, de 15% o más, para obtener una chapa de acero laminado en caliente y
  - (ii) enrollar en espiral la chapa de acero laminada en caliente,
- 40 recocer la chapa de acero laminado en caliente o no recocer la chapa de acero laminado en caliente,

laminar en frío la chapa de acero laminado, y  
recocer la chapa de acero laminado.

3. Una chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre caracterizada por, en % en masa

- 5 C: de 0,02 a 0,3%,  
Si: de 0,01 a 1,0%,  
Mn: de 0,01 a 2,0%,  
P: de 0,005 a 0,05%,  
S: de 0,0001 a 0,01%,  
10 Cr: de 11 a 13%,  
N: de 0,01 a 0,1%,  
Al: de 0,0001 a 1,0%,  
Sn: de 0,06 a 1,0%, que comprende adicionalmente de manera opcional, en % en masa, uno o más elementos de  
Mg: 0,005% o menos,  
15 B: 0,005% o menos,  
Ca: 0,005% o menos,  
La: 0,1% o menos,  
Y: 0,1% o menos,  
Hf: 0,1% o menos, y  
20 un REM: 0,1% o menos, y comprende adicionalmente de manera opcional, en % en masa, uno o más elementos de  
Nb: 0,3% o menos,  
Ti: 0,3% o menos,  
Ni: 1,0% o menos,  
Cu: 1,0% o menos,  
25 Mo: 1,0% o menos,  
V: 1,0% o menos,  
Zr: 0,5% o menos, y  
Co: 0,5% o menos, y  
un equilibrio de Fe e impurezas inevitables,

30 en donde  $\gamma_p$ , que se define mediante la siguiente fórmula (fórmula 3-2), satisface la siguiente fórmula (fórmula 3-1).

$$10 \leq \gamma_p \leq 65 \quad (\text{fórmula 3-1})$$

$$\gamma_p = 420C + 470N + 23Ni + 7Mn + 9Cu - 11,5Cr - 11,5Si - 52Al - 69Sn + 189 \quad (\text{fórmula 3-2})$$

en donde, cada uno de C, N, Ni, Mn, Cu, Cr, Si, Al y Sn denota el contenido del elemento.

35 4. La chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre según la reivindicación 3, caracterizada por satisfacer, en lugar de la fórmula (fórmula 3-1), la siguiente fórmula (fórmula 3-1'):

$$15 \leq \gamma_p (L) \leq 55 \quad (\text{fórmula 3-1'})$$

5. Una chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la

## ES 2 788 506 T3

herrumbre caracterizada por que consiste, en % en masa,

C: de 0,02 a 0,3%,

Si: de 0,01 a 1,0%,

Mn: de 0,01 a 2,0%,

5 P: de 0,005 a 0,05%,

S: de 0,0001 a 0,02%,

Cr: por encima de 13 a 22%,

N: de 0,01 a 0,1%,

Al: de 0,0001 a 1,0%,

10 Sn: de 0,060 a 1,0% que comprende adicionalmente de manera opcional, en % en masa, uno o más elementos de

Mg: 0,005% o menos,

B: 0,005% o menos,

Ca: 0,005% o menos,

La: 0,1% o menos,

15 Y: 0,1% o menos,

Hf: 0,1% o menos, y

un REM: 0,1% o menos, y que comprende adicionalmente de manera opcional, en % en masa, uno o más elementos de

Nb: 0,3% o menos,

20 Ti: 0,3% o menos,

Ni: 1,0% o menos,

Cu: 1,0% o menos,

Mo: 1,0% o menos,

V: 1,0% o menos,

25 Zr: 0,5% o menos, y

Co: 0,5% o menos, y

un equilibrio de Fe e impurezas inevitables, en donde  $\gamma_p$ , que se define mediante la siguiente fórmula (fórmula 2-2), satisface la siguiente fórmula (fórmula 2-1).

$$5 \leq \gamma_p \leq 55 \quad (\text{fórmula 2-1})$$

30 
$$\gamma_p = 420C + 470N + 23Ni + 7Mn + 9Cu - 11,5Cr - 11,5Si - 52Al - 57,5Sn + 189 \quad (\text{fórmula 2-2})$$

en donde, cada uno de C, N, Ni, Mn, Cu, Cr, Si, Al y Sn denota el contenido del elemento.

6. La chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre según la reivindicación 5, caracterizada por satisfacer, en lugar de la fórmula (fórmula 2-1), la siguiente fórmula (fórmula 2-1'):

35 
$$10 \leq \gamma_p \leq 40 \quad (\text{fórmula 2-1'})$$

7. Un método de producción de chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre caracterizado por que comprende

40 calentar una chapa de acero inoxidable que tiene una composición de ingredientes según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6 de 1100 a 1300°C y laminar en caliente la chapa de acero inoxidable para obtener una tasa de laminado total en el laminado en caliente a 1100°C o superior, de 15% o más, para obtener una chapa de acero

## ES 2 788 506 T3

inoxidable, y enrollar en espiral la chapa de acero inoxidable de 700 a 1000°C después de terminar el laminado en caliente.

- 5 8. El método de producción de la chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente trabajabilidad en caliente y resistencia a la herrumbre según la reivindicación 7 caracterizado porque, una vez terminado el laminado en caliente, no comprende el recocido de la chapa de acero o comprende el recocido de la chapa de acero de 700 a 1000°C mediante recocido continuo o recocido en caja.



Fig.1

