

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 417**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/46</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/50</b>	(2006.01)
<b>C23G 1/08</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/48</b>	(2006.01)
<b>B21B 1/22</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/42</b>	(2006.01)
<b>C21D 1/26</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/54</b>	(2006.01)
<b>C25F 1/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/58</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)	<b>C21D 8/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)	<b>C21D 6/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/44</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.10.2013 PCT/JP2013/006231**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.05.2014 WO14064920**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2013 E 13849239 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017 EP 2910659**

54 Título: **Acero inoxidable ferrítico y método para fabricar el mismo**

30 Prioridad:

**22.10.2012 JP 2012232506**  
**28.02.2013 JP 2013038202**  
**08.03.2013 JP 2013046247**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**06.04.2018**

73 Titular/es:

**JFE STEEL CORPORATION (100.0%)**  
**2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome**  
**Chiyoda-ku, Tokyo, 100-0011, JP**

72 Inventor/es:

**ISHII, TOMOHIRO;**  
**ISHIKAWA, SHIN;**  
**OGATA, HIROYUKI y**  
**OTA, HIROKI**

74 Agente/Representante:

**FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás**

ES 2 662 417 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

Acero inoxidable ferrítico y método para fabricar el mismo

5 **Campo técnico**

10 Un acero inoxidable ferrítico según la presente invención tiene una excelente resistencia a la corrosión y un excelente rendimiento de eliminación del color de revenido. La presente invención se refiere a un acero inoxidable ferrítico óptimo para su aplicación en el uso tras eliminar el color de revenido (por ejemplo, un cuerpo de recipiente para agua caliente en un calentador de agua eléctrico y similares), que se genera en una parte soldada, con un tratamiento con ácido o un tratamiento electrolítico y se refiere a un método para fabricar el acero inoxidable ferrítico.

**Técnica anterior**

15 El acero inoxidable ferrítico se usa para un cuerpo de recipiente para agua caliente en un calentador de agua eléctrico o similar porque el acero inoxidable ferrítico no corre el riesgo de agrietamiento por corrosión bajo tensión. Este cuerpo de recipiente normalmente se ensambla mediante soldadura al tungsteno en atmósfera de gas inerte (soldadura TIG). En la soldadura TIG, la formación de una película de óxido, denominada color de revenido, sobre la superficie del acero inoxidable deteriora en ocasiones la resistencia a la corrosión. Además, la generación de una región de agotamiento de Cr que se produce por la invasión de nitrógeno en un cordón de soldadura en ocasiones deteriora la resistencia a la corrosión (este fenómeno se denomina sensibilización). Por tanto, para reducir la formación del color de revenido o la sensibilización durante el procedimiento de soldadura, se recomienda realizar protección con gas usando gas Ar sobre la superficie tanto frontal como trasera de la parte soldada.

25 Sin embargo, en los últimos años, un aumento de la complicación de la estructura del cuerpo de recipiente ha aumentado la parte soldada donde no puede realizarse suficientemente la protección con gas.

30 En la aplicación del acero expuesto a un entorno de corrosión grave, por ejemplo, la superficie interior de un cuerpo de recipiente para agua caliente en un calentador de agua eléctrico, el color de revenido formado en una parte soldada debido a una protección con gas insuficiente se elimina generalmente mediante un tratamiento posterior tal como un tratamiento con ácido y un tratamiento electrolítico.

35 Sin embargo, el uso más frecuente de un acero inoxidable que es más excelente en cuanto a la resistencia a la corrosión que la del acero inoxidable convencional para el cuerpo de recipiente aumenta la carga del tratamiento posterior. En particular, es difícil eliminar el color de revenido generado en una zona afectada por el calor de soldadura. Por tanto, se requiere mejorar el rendimiento de eliminación del color de revenido con el fin de reducir la carga del tratamiento posterior.

40 El documento de patente 1 divulga la técnica que estabiliza C y N, que produce la sensibilización, añadiendo Ti y Nb con el fin de impedir la sensibilización de la parte soldada.

45 El documento de patente 2 divulga la técnica que usa la composición de componentes que satisface  $Cr$  (% en masa) +  $3,3Mo$  (% en masa)  $\geq 22,0$  y  $4Al$  (% en masa) +  $Ti$  (% en masa)  $\leq 0,32$  con el fin de mejorar la resistencia a la corrosión de la parte soldada. El documento de patente 3 divulga la técnica donde está contenida una gran cantidad de Cr o están contenidos Ni y Cu además de Cr con el fin de mejorar la resistencia a la corrosión de la parte soldada en el lado de un cordón de penetración que se forma mediante soldadura TIG sin protección con gas trasera.

50 El documento de patente 4 describe un acero inoxidable ferrítico que está mejorado en cuanto a la resistencia a la corrosión. La chapa de acero tiene una composición que contiene, en peso,  $\leq 0,085$  % de C,  $\leq 1,6$  % de Si,  $\leq 2,0$  % de Mn, del 11 a  $\leq 30$  % de Cr, del 0,2 al 3,0 % de Mo, del 0,005 al 0,5 % de Al, del 0,0003 al 0,05 % de Mg y del 0,005 al 1,0 % de Ti, conteniendo además N, P y S, conteniendo de manera selectiva cantidades traza de elementos que van a añadirse, y siendo el resto hierro con impurezas inevitables, y en la que la proporción de área de ocupación de inclusiones no metálicas que incluyen Mg se controla a  $\leq 0,1$  %. Además, se describe un método para producir la chapa de acero en el que se realiza laminación en frío con rodillos de gran diámetro, se realiza recocido en una atmósfera de  $N_2$  de un punto de rocío de  $\pm 0$  a  $-40$  °C, y se realiza acabado por decapado.

60 El documento de patente 5 proporciona un acero ferrítico que consigue alta resistencia a la corrosión de una zona soldada y que tiene alta resistencia al agrietamiento por soldadura. El acero inoxidable ferrítico contiene, en % en masa, C: del 0,001 % al 0,030 %, Si: del 0,03 % al 0,80 %, Mn: del 0,05 % al 0,50 %, P: el 0,03 % o menos, S: el 0,01 % o menos, Cr: del 19,0 % al 28,0 %, Ni: del 0,01 % a menos del 0,30 %, Mo: del 0,2 % al 3,0 %, Al: de más del 0,15 % al 1,2 %, V: del 0,02 % al 0,50 %, Cu: menos del 0,1 %, Ti: del 0,05 % al 0,50 %, N: del 0,001 % al 0,030 % y Nb: menos del 0,05 %, en el que se satisface la expresión  $Nb \times P \leq 0,0005$  (cada símbolo de elemento representa el contenido (en % en masa) del elemento) y el resto es Fe e impurezas inevitables.

65 **Lista de referencias**

**Bibliografía de patentes**

PTL 1: Publicación de patente japonesa examinada n.º 55-21102

PTL 2: Publicación de patente japonesa no examinada n.º 2007-270290

PTL 3: Publicación de patente japonesa no examinada n.º 2007-302995

PTL 4: Documento JP 2000 212704 A

PTL 5: Documento WO 2013/099132 A1

**Sumario de la invención****Problema técnico**

Sin embargo, en la invención descrita en el documento de patente 1, se deteriora el rendimiento de eliminación del color de revenido debido a la concentración de Nb en el color de revenido. Por consiguiente, existe el problema de que aumenta la carga del tratamiento con ácido o el tratamiento electrolítico.

Por otra parte, en las invenciones descritas en el documento de patente 2 y el documento de patente 3, aunque se mejora la resistencia a la corrosión del color de revenido, se deteriora el rendimiento de eliminación del color de revenido. Por consiguiente, las invenciones no son apropiadas para realizar el tratamiento posterior de la parte soldada. Es decir, las invenciones descritas en los documentos de patente 2 y 3 no pueden garantizar ni una resistencia a la corrosión a un nivel determinado o más ni un rendimiento de eliminación deseado del color de revenido.

En vista de los problemas descritos anteriormente en la técnica convencional, los objetos de la presente invención son proporcionar un acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la corrosión y un excelente rendimiento de eliminación del color de revenido y proporcionar un método para fabricar el acero inoxidable ferrítico.

**Solución al problema**

Los presentes inventores realizaron investigaciones y experimentos exhaustivos sobre la influencia de diversos elementos aditivos en el rendimiento de eliminación del color de revenido con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente.

Específicamente, se llevaron a cabo los siguientes experimentos. En primer lugar, mientras se fijaba el Cr al 23 % en masa y se fijaba el Mo al 1,0 % en masa como referencia, se prepararon mediante fusión lingotes de acero que contenían diversos elementos aditivos con contenidos diferentes. Estos lingotes de acero se laminaron en caliente, se sometieron a recocido y se decaparon, y se laminaron en frío para producir chapas laminadas en frío. Además, las chapas laminadas en frío se sometieron a recocido y se decaparon en sus condiciones óptimas respectivas para producir chapas de acero laminadas en frío, recocidas y decapadas. Estas chapas de acero laminadas en frío, recocidas y decapadas se soldaron mediante soldadura TIG y se trataron electrolíticamente usando una disolución de ácido fosfórico a una concentración del 10 % en masa tras la soldadura. Entonces, se evaluó el rendimiento de eliminación del color de revenido. Como resultado, los presentes inventores obtuvieron los siguientes conocimientos.

(1) La concentración de Al, Si, Nb o V en el color de revenido de la parte soldada deteriora el rendimiento de eliminación del color de revenido mediante un tratamiento electrolítico.

(2) La dispersión de TiN que tiene un diámetro de grano de 1  $\mu\text{m}$  o más sobre la superficie de la chapa de acero laminada en frío, recocida y decapada mejora el rendimiento de eliminación del color de revenido.

Entonces, los presentes inventores encontraron que se proporcionaba una excelente resistencia a la corrosión solo en el caso en el que la composición de componentes o similar estuviera en un intervalo específico cuando se mejoraba el rendimiento de eliminación del color de revenido basándose en los conocimientos descritos anteriormente, y por tanto completaron la presente invención. El contenido de la presente invención es el siguiente.

(1) Un acero inoxidable ferrítico que tiene una composición que consiste, en % en masa, en C: del 0,001 % al 0,030 %, Si: del 0,03 % al 0,15 %, P: el 0,05 % o menos, S: el 0,01 % o menos, Cr: de más del 22,0 % al 28,0 %, Mo: del 0,2 % al 3,0 %, Al: del 0,01 % al 0,08 %, Ti: de más del 0,30 % al 0,80 %, V: del 0,001 % al 0,080 % y N: del 0,001 % al 0,050 %; Mn: del 0,05 % al 0,30 % y Ni: del 0,01 % a menos del 0,30 %; además Nb: el 0,05 % o menos como componente opcional, uno o más componentes seleccionados del grupo que consiste en Cu: el 1,0 % o menos, Zr: el 1,0 % o menos, W: el 1,0 % o menos y B: el 0,1 % o menos como componentes opcionales; y siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y el acero tiene una superficie donde se distribuye TiN que tiene un diámetro de

grano de 1  $\mu\text{m}$  o más a una densidad de 30 partículas/ $\text{mm}^2$  o más.

(2) El acero inoxidable ferrítico según (1), en el que el Nb está contenido como componente esencial, y el contenido en Nb es del 0,001 % al 0,050 % en % en masa, y se precipita NbN sobre una superficie de TiN que tiene un diámetro de grano de 1  $\mu\text{m}$  o más.

(3) El acero inoxidable ferrítico según (1) o (2), teniendo el acero una composición química que contiene uno o más componentes seleccionados del grupo que consiste, en % en masa, en Cu: del 0,01 % al 1,0 %, Zr: del 0,01 % al 1,0 %, W: del 0,01 % al 1,0 % y B: del 0,0001 % al 0,1 %.

(4) Un método para fabricar un acero inoxidable ferrítico, que comprende: laminar en frío y someter a recocido un acero que tiene una composición de componentes según cualquiera de (1) a (3); y decapar posteriormente el acero para obtener una pérdida de peso por decapado de 0,5  $\text{g}/\text{m}^2$  o más.

### **Efectos ventajosos de la invención**

La presente invención permite obtener un acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la corrosión y un excelente rendimiento de eliminación del color de revenido.

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

La figura 1 es un diagrama que describe la conformación de una probeta para ensayos plegada.

La figura 2 es un diagrama que describe la conformación de una parte soldada entre una cabeza de tanque y un cilindro de un cuerpo de recipiente para agua caliente en un calentador de agua eléctrico.

### **Descripción de realizaciones**

A continuación se describirán las realizaciones según la presente invención.

Un acero inoxidable ferrítico según la presente invención tiene una composición que consiste, en % en masa, en C: del 0,001 % al 0,030 %, Si: del 0,03 % al 0,15 %, P: el 0,05 % o menos, S: el 0,01 % o menos, Cr: de más del 22,0 % al 28,0 %, Mo: del 0,2 % al 3,0 %, Al: del 0,01 % al 0,08 %, Ti: de más del 0,30 % al 0,80 %, V: del 0,001 % al 0,080 % y N: del 0,001 % al 0,050 %; conteniendo además Mn: del 0,05 % al 0,30 % y Ni: del 0,01 % a menos del 0,30 %; conteniendo además Nb: el 0,05 % o menos como componente opcional, uno o más componentes seleccionados del grupo que consiste en Cu: el 1,0 % o menos, Zr: el 1,0 % o menos, W: el 1,0 % o menos y B: el 0,1 % o menos como componentes opcionales; y siendo el resto Fe e impurezas inevitables. El acero tiene una superficie donde se distribuye TiN que tiene un diámetro de grano de 1  $\mu\text{m}$  o más a una densidad de 30 partículas/ $\text{mm}^2$  o más.

El acero inoxidable ferrítico según la presente invención descrito anteriormente tiene una excelente resistencia a la corrosión y un excelente rendimiento de eliminación del color de revenido.

Se describirá la composición de componentes del acero inoxidable ferrítico según la presente invención. En el presente documento, "%" usado cuando se describe el contenido de un componente significa "% en masa."

Posteriormente se describirá un método para fabricar el acero inoxidable ferrítico según la presente invención. Es preferible que el acero inoxidable ferrítico según la presente invención se fabrique mediante el siguiente método. Se calienta el lingote de acero inoxidable que tiene la composición química descrita anteriormente y entonces se lamina en caliente para dar una chapa de acero laminada en caliente. Esta chapa laminada en caliente se somete a recocido y se decapa. Posteriormente, la chapa se lamina en frío y se somete a recocido y se decapa.

El acero inoxidable ferrítico según la presente invención descrito anteriormente es excelente en cuanto a la resistencia a la corrosión y el rendimiento de eliminación del color de revenido. En particular, el acero inoxidable según la presente invención tiene la característica de que tiene de manera significativa excelente resistencia a la corrosión y excelente trabajabilidad.

A continuación en el presente documento se describirán las chapas de acero inoxidable según la presente invención en referencia a las realizaciones respectivas como ejemplos.

#### **1. En cuanto a la composición de componentes**

El acero inoxidable ferrítico según la presente invención tiene una composición que consiste, en % en masa, en C: del 0,001 % al 0,030 %, Si: del 0,03 % al 0,15 %, P: el 0,05 % o menos, S: el 0,01 % o menos, Cr: de más del 22,0 % al 28,0 %, Mo: del 0,2 % al 3,0 %, Al: del 0,01 % al 0,08 %, Ti: de más del 0,30 % al 0,80 %, V: del 0,001 % al 0,080 %, N: del 0,001 % al 0,050 %, Mn: del 0,05 % al 0,30 %, Ni: el 0,01 % o más y menos del 0,30 %, Nb: del

## ES 2 662 417 T3

0,001 % al 0,050 % o menos como componente opcional, uno o más componentes seleccionados del grupo que consiste en Cu: el 1,0 % o menos, Zr: el 1,0 % o menos, W: el 1,0 % o menos y B: el 0,1 % o menos como componentes opcionales, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables. En el presente documento, % usado a continuación cuando se describe un componente también significa el % en masa (lo mismo se aplica a las demás realizaciones).

C: del 0,001 % al 0,030 %

Un alto contenido en C mejora la resistencia mecánica mientras que un bajo contenido en C mejora la trabajabilidad. Para obtener una resistencia mecánica suficiente, se limita el contenido en C para que sea del 0,001 % o más. Sin embargo, a un contenido en C que supera el 0,030 %, se deteriora significativamente la trabajabilidad y tiende a deteriorarse la resistencia a la corrosión debido a un agotamiento local de Cr que se genera por la precipitación de carburo de Cr. Es preferible que el contenido en C sea lo más pequeño posible, también para impedir la sensibilización de la parte soldada. Por tanto, se limita el contenido en C para que esté en el intervalo de desde el 0,001 % hasta el 0,030 %, preferiblemente en el intervalo de desde el 0,002 % hasta el 0,018 %, más preferiblemente en el intervalo de desde el 0,002 % hasta el 0,012 %.

Si: del 0,03 % al 0,15 %

El Si es un elemento químico eficaz para la desoxidación. Este efecto puede obtenerse fijando un contenido en Si del 0,03 % o más. Sin embargo, a un contenido en Si que supera el 0,30 %, se deteriora el rendimiento de eliminación del color de revenido porque se forma un óxido de Si que es extremadamente estable desde el punto de vista químico en el color de revenido de la parte soldada. Por tanto, se limita el contenido en Si para que esté en el intervalo de desde el 0,03 % hasta el 0,15 %, preferiblemente en el intervalo de desde el 0,05 % hasta el 0,15 %.

Mn: del 0,05 % al 0,30 %

El Mn tiene el efecto de que potencia la resistencia mecánica del acero. Este efecto puede obtenerse fijando un contenido en Mn del 0,05 % o más. Sin embargo, a un contenido en Mn excesivo, se deteriora la resistencia a la corrosión debido a que se fomenta la precipitación de MnS a partir de lo cual comienza la corrosión. Por tanto, se limita el contenido en Mn para que sea del 0,30 % o menos. Mantener un contenido en Mn pequeño tal como acaba de describirse permite proporcionar una resistencia a la corrosión significativamente excelente para el acero inoxidable ferrítico. Tal como se describió anteriormente, se limita el contenido en Mn para que esté en el intervalo de desde el 0,05 % hasta el 0,30 %, preferiblemente en el intervalo de desde el 0,08 % hasta el 0,25 %, más preferiblemente en el intervalo de desde el 0,08 % hasta el 0,20 %.

P: el 0,05 % o menos

El P es un elemento químico que está contenido inevitablemente en el acero. Un aumento del contenido en P deteriora la soldabilidad y es probable que produzca corrosión intergranular. Por tanto, se limita el contenido en P para que sea del 0,05 % o menos, preferiblemente del 0,03 % o menos.

S: el 0,01 % o menos

El S es un elemento químico que está contenido inevitablemente en el acero. A un contenido en S que supera el 0,01 %, se deteriora la resistencia a la corrosión debido a la formación de un sulfuro soluble en agua tal como CaS y MnS. En esta realización, el contenido en Mn en el intervalo de desde el 0,05 % hasta el 0,30 % y similares permite inhibir suficientemente el deterioro de la resistencia a la corrosión aun cuando el contenido en S está en el intervalo de más del 0,005 % y del 0,01 % o menos. Por tanto, se limita el contenido en S para que sea del 0,01 % o menos, preferiblemente del 0,006 % o menos.

Cr: más del 22,0 % y el 28,0 % o menos

El Cr es un elemento químico que es el más importante para garantizar la resistencia a la corrosión del acero inoxidable ferrítico. Especialmente en esta realización, es una de las características que el Cr permite proporcionar una excelente resistencia a la corrosión al acero inoxidable ferrítico a través de la optimización de la cantidad de Mn o similar. Por ejemplo, el acero inoxidable ferrítico según esta realización puede usarse incluso en la aplicación en un entorno de corrosión grave donde la calidad del agua es mala o similar. Para proporcionar una resistencia a la corrosión significativamente excelente, se limita el contenido en Cr para que sea del más del 22,0 %. A un contenido en Cr del 22,0 % o menos, no puede obtenerse una resistencia a la corrosión suficiente en una parte soldada donde se reduce el Cr en la capa de superficie por la oxidación debida a la soldadura y en una región de agotamiento de Cr en la periferia de precipitado de NbN que contiene Cr. Por otra parte, a un contenido en Cr que supera el 28,0 % se deterioran la trabajabilidad y la capacidad de fabricación. Además, a un contenido en Cr que supera el 28,0 % se deteriora rápidamente el rendimiento de eliminación del color de revenido. Por tanto, se limita el contenido en Cr para que esté en el intervalo de más del 22,0 % y el 28,0 % o menos, preferiblemente en el intervalo de desde el 22,3 % hasta el 26,0 %, más preferiblemente en el intervalo de desde el 22,3 % hasta el 24,5 %.

Ni: el 0,01 % o más y menos del 0,30 %

5 El Ni mejora la resistencia a la corrosión del acero inoxidable. En particular, el Ni inhibe el avance de la corrosión en el entorno de corrosión cuando no puede formarse una película de pasivación y se produce disolución activa. Este efecto puede obtenerse fijando un contenido en Ni del 0,01 % o más. Sin embargo, a un contenido en Ni del 0,30 % o más, aumenta el coste puesto que el Ni es un elemento químico caro además del deterioro de la trabajabilidad. El trabajo para dar un cuerpo de recipiente de conformación complicada requiere una excelente trabajabilidad. Por tanto, en el acero inoxidable ferrítico según esta realización, la trabajabilidad se mejora fijando un contenido en Ni de  
10 menos del 0,30 %. Por tanto, se limita la cantidad en Ni para que esté en el intervalo del 0,01 % o más y de menos del 0,30 %, preferiblemente en el intervalo de desde el 0,03 % hasta el 0,24 %.

Mo: del 0,2 % al 3,0 %

15 El Mo fomenta la nueva pasivación de una película de pasivación, de modo que se mejora la resistencia a la corrosión del acero inoxidable ferrítico. Este efecto puede obtenerse fijando un contenido en Mo del 0,2 % o más. Sin embargo, a un contenido en Mo que supera el 3,0 %, se deteriora la capacidad de fabricación porque se aumenta la carga de laminación por un aumento de la resistencia mecánica. Por tanto, se limita el contenido en Mo para que esté en el intervalo de desde el 0,2 % hasta el 3,0 %, preferiblemente en el intervalo de desde el 0,6 % hasta el 2,4 %, más preferiblemente en el intervalo de desde el 0,8 % hasta el 1,8 %.

Al: del 0,01 % al 0,08 %

25 El Al es un elemento químico eficaz para la desoxidación. Este efecto puede obtenerse estando contenido el Al en un contenido del 0,01 % o más. Sin embargo, puesto que el Al se concentra en el color de revenido de la parte soldada, se deteriora el rendimiento de eliminación del color de revenido. A un contenido en Al que supera el 0,15 %, se vuelve difícil la eliminación del color de revenido. Por tanto, se limita el contenido en Al para que esté en el intervalo de desde el 0,01 % hasta el 0,08 %, preferiblemente en el intervalo de desde el 0,015 % hasta el 0,08 %, más preferiblemente en el intervalo de desde el 0,02 % hasta el 0,05 %.

30 Ti: más del 0,30 % y el 0,80 % o menos

35 El Ti se combina preferentemente con C y N, de modo que se inhibe el deterioro de la resistencia a la corrosión debido a la precipitación de carbonitruro de Cr. Además, en esta realización, el Ti es un elemento químico importante para reducir la sensibilización del cordón de soldadura al combinarse con el N que ha invadido el cordón de soldadura a través de un gas de protección.

40 Además, el Ti mejora el rendimiento de eliminación del color de revenido mediante la dispersión de TiN sobre la superficie del acero. Este efecto puede obtenerse con un contenido en Ti de más del 0,30 %. Sin embargo, a un contenido en Ti que supera el 0,80 %, se deteriora la trabajabilidad. En esta realización, la trabajabilidad se mejora considerando el contenido en Ni y el acero inoxidable ferrítico según esta realización tiene una excelente trabajabilidad como una de las características. Para lograr esta excelente trabajabilidad, se limita el contenido en Ti para que sea de menos del 0,80 %. Por tanto, el contenido en Ti está en el intervalo de más del 0,30 % y el 0,80 % o menos, preferiblemente en el intervalo de desde el 0,32 % hasta el 0,60 %, más preferiblemente en el intervalo de desde el 0,33 % hasta el 0,50 %.

V: del 0,001 % al 0,080 %

50 El V mejora la resistencia a la corrosión. Este efecto puede obtenerse fijando un contenido en V del 0,001 % o más. Sin embargo, a un contenido en V que supera el 0,080 %, se deteriora el rendimiento de eliminación del color de revenido. Por tanto, se limita el contenido en V para que esté en el intervalo de desde el 0,001 % hasta el 0,080 %, preferiblemente en el intervalo de desde el 0,002 % hasta el 0,060 %, más preferiblemente en el intervalo de desde el 0,005 % hasta el 0,040 %.

55 N: del 0,001 % al 0,050 %

60 El N tiene el efecto de que aumenta la resistencia mecánica del acero mediante el endurecimiento de la disolución sólida. Además, en esta aplicación, el N también es un elemento químico que mejora el rendimiento de eliminación del color de revenido mediante la precipitación de TiN o adicionalmente de NbN en el caso de acero que contiene Nb. Este efecto puede obtenerse con un contenido en N del 0,001 % o más. Sin embargo, a un contenido en N que supera el 0,050 %, se deteriora la resistencia a la corrosión porque el N se combina no solo con Ti o Nb, sino también con Cr y precipita nitruro de Cr. Por tanto, se limita el contenido en N para que sea del 0,05 % o menos. Tal como se describió anteriormente, se limita el contenido en N para que esté en el intervalo de desde el 0,001 % hasta el 0,050 %, preferiblemente en el intervalo de desde el 0,002 % hasta el 0,025 %, más preferiblemente en el  
65 intervalo de desde el 0,002 % hasta el 0,018 %.

## ES 2 662 417 T3

Distribución de densidad de TiN que tiene el diámetro de grano de 1  $\mu\text{m}$  o más sobre la superficie del acero: 30 partículas/ $\text{mm}^2$  o más

5 El color de revenido normalmente se elimina mediante un tratamiento con ácido o un tratamiento electrolítico. El color de revenido se forma a partir de los óxidos de elementos químicos tales como Si, Al y Cr. Estos óxidos son estables al ácido y el potencial eléctrico en comparación con la fundición base y es menos probable que se disuelvan. Por tanto, la eliminación del color de revenido mediante un tratamiento con ácido, un tratamiento electrolítico, o similar se realiza disolviendo la región de agotamiento de Cr justo bajo el color de revenido y desprendiendo el color de revenido. En ese momento, cuando el color de revenido protege de manera uniforme y densa la superficie de la fundición base, un ácido o una disolución electrolítica no alcanza la región de agotamiento de Cr. Esto deteriora el rendimiento de eliminación del color de revenido.

10 El grosor del color de revenido generalmente es de varios cientos de nm. En el caso de que exista una partícula de TiN gruesa que tenga un diámetro de grano de 1  $\mu\text{m}$  o más sobre la superficie, el TiN existe mientras se atraviesa el color de revenido. Por tanto, el área periférica del TiN se convierte en un defecto del color de revenido. Puesto que penetra un ácido o una disolución electrolítica al interior de la fundición base a través de esta área, se mejora el rendimiento de eliminación del color de revenido. Puede obtenerse una mejora en el rendimiento de eliminación del color de revenido mediante la distribución de TiN que tiene un diámetro de grano de 1  $\mu\text{m}$  o más a una densidad de 30 partículas/ $\text{mm}^2$  o más sobre la superficie del color de revenido. Preferiblemente, el TiN se distribuye a una densidad de 35 partículas/ $\text{mm}^2$  o más hasta 150 partículas/ $\text{mm}^2$ .

15 Los componentes químicos básicos del acero inoxidable ferrítico según esta realización son tal como se describieron anteriormente y el resto son Fe e impurezas inevitables. Además, el acero inoxidable ferrítico según la presente invención puede contener Nb en el siguiente intervalo.

25 Nb: del 0,001 % al 0,050 % o menos

30 El Nb se combina preferentemente con C y N, de modo que se inhibe el deterioro de la resistencia a la corrosión debido a la precipitación de carbonitruro de Cr. Además, un pequeño contenido de Nb produce la precipitación de NbN que se une a una parte de precipitación de TiN. Cuando se precipita NbN, se precipita NbN complejoado con Cr (el Cr se incorpora en el NbN). Por tanto, se forma una pequeña región de agotamiento de Cr en un grado que no afecta a la resistencia a la corrosión en el área periférica de la parte de precipitación de TiN. Es probable que se elimine el color de revenido a medida que la fundición base tenga un menor contenido en Cr. Por consiguiente, es probable que se elimine el color de revenido formado en el área periférica de TiN a la que se une NbN debido al bajo contenido en Cr en la fundición base. Estos efectos pueden obtenerse con un contenido en Nb del 0,001 % o más. Sin embargo, a un contenido en Nb que supera el 0,050 %, se deteriora considerablemente el rendimiento de eliminación del color de revenido debido a la concentración de Nb en el color de revenido. Por tanto, es preferible que el contenido en Nb esté en el intervalo de desde el 0,001 % hasta el 0,050 %, más preferiblemente en el intervalo de desde el 0,002 % hasta el 0,008 %.

40 El NbN se precipita mientras que está unido a TiN de 1  $\mu\text{m}$  o más.

45 Tal como se describió anteriormente, es más probable que el contenido de una cantidad pequeña de Nb produzca la eliminación del color de revenido en la periferia del TiN. En esta realización, aunque puede lograrse un excelente rendimiento de eliminación del color de revenido sin contenido de Nb, un contenido de trazas de Nb permite proporcionar un rendimiento de eliminación más excelente del color de revenido al acero inoxidable ferrítico. El NbN se precipita sobre la superficie del TiN como sitio de nucleación y un grosor preferible del NbN es de desde 5 hasta 50 nm. En el intervalo de composición según la presente invención, el NbN contiene Cr. Para mejorar el rendimiento de eliminación del color de revenido, es preferible que la razón Cr/Nb entre el Cr y el Nb contenidos en el NbN esté en el intervalo de desde 0,05 hasta 0,50.

50 Además, desde los puntos de vista de mejorar la resistencia a la corrosión y mejorar la trabajabilidad, el acero inoxidable ferrítico puede contener uno o más componentes seleccionados del grupo que consiste en Cu, Zr, W y B como elemento químico seleccionado en los siguientes intervalos.

55 Cu: el 1,0 % o menos

60 El Cu mejora la resistencia a la corrosión de un acero inoxidable. Para obtener este efecto, es preferible que el contenido en Cu sea del 0,01 % o más. Sin embargo, a un contenido en Cu excesivo, se deteriora la resistencia a la corrosión porque aumenta la corriente pasiva y la película de pasivación se vuelve inestable. Por tanto, es preferible que el contenido en Cu sea del 1,0 % o menos en caso de que esté contenido Cu. Un contenido en Cu más preferible es del 0,6 % o menos.

65 Zr: el 1,0 % o menos

El Zr se combina con C y N, de modo que se reduce la sensibilización del cordón de soldadura. Para obtener este

efecto, es preferible que el contenido en Zr sea del 0,01 % o más. Sin embargo, a un contenido en Zr excesivo, se deteriora la trabajabilidad y aumenta el coste puesto que el Zr es un elemento químico considerablemente caro. Por tanto, es preferible que el contenido en Zr sea del 1,0 % o menos en caso de que esté contenido Zr. Un contenido en Zr más preferible es del 0,6 % o menos, de manera aún más preferiblemente del 0,2 % o menos.

5 W: el 1,0 % o menos

Un contenido en W más preferible es del 0,6 % o menos, de manera aún más preferiblemente del 0,2 % o menos.

10 El W mejora la resistencia a la corrosión de manera similar al Mo. Para obtener este efecto, es preferible que el contenido en W sea del 0,01 % o más. Sin embargo, a un contenido en W excesivo, se deteriora la capacidad de fabricación porque aumenta la carga de laminación por el aumento de la resistencia mecánica. Por tanto, es preferible que el contenido en W sea del 1,0 % o menos en caso de que esté contenido W. Un contenido en W más preferible es del 0,6 % o menos, de manera aún más preferiblemente del 0,2 % o menos.

15 B: el 0,1 % o menos

20 El B mejora la resistencia a la fragilidad por trabajo secundaria. Para obtener este efecto, es preferible que el contenido en B sea del 0,0001 % o más. Sin embargo, a un contenido en B excesivo, se deteriora la ductilidad debido al endurecimiento de la disolución sólida. Por tanto, es preferible que el contenido en B sea del 0,1 % o menos en caso de que esté contenido B. Un contenido en B más preferible es del 0,005 % o menos, de manera aún más preferiblemente del 0,002 % o menos.

## 2. Propiedades del acero inoxidable ferrítico según la presente invención

25 El acero inoxidable ferrítico según la presente invención tiene una resistencia a la corrosión a un nivel determinado o más y un rendimiento de eliminación del color de revenido a un nivel determinado o más.

30 El acero inoxidable ferrítico según la presente invención tiene una resistencia a la corrosión significativamente excelente y una excelente trabajabilidad puesto que el contenido en Mn es del 0,05 % al 0,30 % y el contenido en Ni es del 0,01 % a menos del 0,30 % en la composición de componentes según la primera realización.

## 3. Un método para fabricar el acero inoxidable ferrítico según la presente invención

35 A continuación se describirá un método para fabricar el acero inoxidable ferrítico según una realización.

40 Se calienta el acero inoxidable que tiene la composición química descrita anteriormente desde 1100 °C hasta 1300 °C y entonces se lamina en caliente a una temperatura de acabado de desde 700 °C hasta 1000 °C y una temperatura de bobinado de desde 500 °C hasta 900 °C para tener un grosor de chapa de desde 2,0 mm hasta 5,0 mm. Se somete a recocido la chapa de acero laminada en caliente así preparada a una temperatura de desde 800 °C hasta 1000 °C, se decapa y luego se lamina en frío para dar una chapa laminada en frío, y se somete a recocido a una temperatura de desde 800 °C hasta 900 °C durante un periodo de 1 min o más. Para inhibir la recuperación de la región de agotamiento de Cr en la periferia del TiN, la velocidad de enfriamiento tras el recocido de la chapa laminada en frío se fija a 5 °C/s o más hasta 500 °C, más preferiblemente a 10 °C/s o más.

45 La chapa laminada en frío tras el recocido se enfría y luego se decapa de manera que se retira la superficie de la chapa de acero mediante pérdida de peso por decapado de 0,5 g/m<sup>2</sup> o más y en un grosor de 0,05 μm o más de ambas superficies para producir la aparición de TiN sobre la superficie de la chapa de acero. Este decapado produce TiN sobre la superficie de la chapa de acero a 30 partículas/mm<sup>2</sup> o más. Los métodos de decapado incluyen inmersión en ácido tal como decapado por ácido sulfúrico, decapado por ácido nítrico y decapado por ácido fluorhídrico y nítrico y/o decapado electrolítico tal como decapado electrolítico por sal neutra y decapado electrolítico por agua regia. Estos métodos de decapado pueden combinarse entre sí. Puede usarse un método distinto de decapado para producir la aparición de TiN sobre la superficie de la chapa de acero.

## 55 Ejemplos

La presente invención se describirá haciendo referencia a los ejemplos a continuación en el presente documento.

<Ejemplo 1>

60 Se prepararon los aceros inoxidables facilitados en la tabla 1 usando un horno de fusión a vacío, calentado hasta 1200 °C, y luego mediante laminación en caliente para dar chapas de acero laminadas en caliente que tenían un grosor de chapa de 4 mm, y se sometieron las chapas de acero a recocido en el intervalo de desde 850 °C hasta 950 °C y descascarillado por decapado. Además, se laminaron en frío las chapas de acero para dar chapas de acero laminadas en frío que tenían un grosor de chapa de 0,8 mm, y se sometieron a recocido en el intervalo de desde 850 °C hasta 900 °C durante un periodo de 1 min o más. Se fijó la velocidad de enfriamiento tras el recocido a de 5 a

## ES 2 662 417 T3

5 50 °C/s desde la temperatura de recocido hasta 500 °C. Posteriormente, se sometieron las chapas de acero a decapado electrolítico donde el área/cantidad eléctrica fue de 20 a 150 C/dm<sup>2</sup> en una disolución ácida mixta que contenía ácido nítrico en una concentración del 15 % en masa y ácido clorhídrico en una concentración del 10 % en masa para los materiales de muestra. La velocidad de enfriamiento, el área/la cantidad eléctrica de decapado electrolítico, la pérdida de peso por decapado y la reducción del grosor de chapa se facilitan en la tabla 2.

[Tabla 1]

Tipo de acero n.º	% en masa														Otros elementos químicos	Observaciones
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Ti	V	N	Nb			
1	0,006	0,12	0,10	0,022	0,003	22,8	0,09	0,82	0,03	0,36	0,02	0,009	-		Acero inventivo	
2	0,010	0,11	0,12	0,020	0,002	23,0	0,10	0,85	0,04	0,32	0,04	0,009	-		Acero inventivo	
3	0,011	0,12	0,12	0,020	0,003	25,1	0,10	0,84	0,04	0,37	0,04	0,014	-		Acero inventivo	
4	0,007	0,06	0,10	0,020	0,003	23,8	0,08	0,85	0,05	0,35	0,04	0,016	-		Acero inventivo	
5	0,007	0,17	0,10	0,018	0,001	23,2	0,08	0,82	0,06	0,35	0,02	0,018	-		Acero inventivo	
6	0,010	0,09	0,11	0,019	0,001	23,2	0,14	0,91	0,08	0,36	0,03	0,018	-		Acero inventivo	
7	0,010	0,08	0,12	0,019	0,003	23,3	0,22	0,93	0,03	0,33	0,03	0,014	-		Acero inventivo	
8	0,011	0,08	0,12	0,019	0,001	23,1	0,09	2,10	0,07	0,39	0,05	0,014	-		Acero inventivo	
9	0,011	0,08	0,12	0,020	0,002	23,0	0,08	0,92	0,01	0,54	0,06	0,014	0,007		Acero inventivo	
10	0,011	0,10	0,10	0,020	0,001	22,9	0,08	1,04	0,02	0,36	0,03	0,013	-	Cu: 0,41	Acero inventivo	
11	0,010	0,09	0,12	0,021	0,002	24,0	0,10	1,10	0,03	0,36	0,02	0,013	-	Zr: 0,12	Acero inventivo	
12	0,009	0,10	0,11	0,020	0,002	24,1	0,10	1,05	0,03	0,35	0,07	0,012	0,007	W: 0,16	Acero inventivo	
13	0,009	0,09	0,11	0,020	0,002	23,7	0,09	1,27	0,03	0,35	0,02	0,014	0,006	B: 0,002	Acero inventivo	
14	0,009	0,38	0,11	0,020	0,002	23,8	0,10	1,01	0,01	0,32	0,04	0,012	-		Acero comparativo	
15	0,010	0,11	0,11	0,020	0,001	24,0	0,09	1,02	0,32	0,31	0,04	0,015	-		Acero comparativo	
16	0,010	0,11	0,12	0,018	0,003	22,9	0,10	0,99	0,02	0,14	0,03	0,015	-		Acero comparativo	
17	0,010	0,10	0,12	0,018	0,002	19,7	0,08	0,98	0,02	0,31	0,03	0,016	0,005		Acero comparativo	
18	0,008	0,09	0,12	0,020	0,002	23,0	0,09	1,00	0,02	0,32	0,03	0,013	0,121		Acero comparativo	
19	0,008	0,08	0,12	0,020	0,003	23,1	0,10	1,05	0,03	0,33	0,20	0,013	0,005		Acero comparativo	

Nota: Los valores subrayados indican un valor fuera del intervalo de la presente invención

Se observaron las superficies de los materiales de muestra preparados a través del microscopio electrónico de barrido (SEM) y se obtuvo la densidad de distribución de TiN existente sobre la superficie con el método descrito a continuación. En primer lugar, se observaron arbitrariamente 10 campos de visión en un intervalo de  $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$  sobre la superficie del material de muestra a través de SEM para observar los precipitados sobre la superficie. Entre los precipitados observados, se supuso que un precipitado con una conformación que tenía un diámetro de grano de  $1\ \mu\text{m}$  o más y era próximo a un cristal cúbico era TiN. En el método de medición del diámetro de grano, se midieron el eje mayor y el eje menor respectivos del TiN observado a través de SEM y se fijó el promedio de las mediciones a un diámetro de grano. Se contó el número de partículas de TiN en 10 campos de visión y se obtuvo el promedio para calcular el número de partículas de TiN por  $1\ \text{mm}^2$ . Los números calculados de partículas de TiN se facilitaron en la tabla 2.

Para analizar el TiN más en detalle, se extrajo el precipitado mediante electroextracción y se observó a través del microscopio electrónico de transmisión (TEM). Como resultado del análisis elemental en el precipitado mediante espectroscopía de rayos X por dispersión de energía (EDS) incorporada en TEM, se confirmó la precipitación de NbN con un grosor de desde 5 hasta 50 nm unido a un TiN grueso que tenía  $1\ \mu\text{m}$  o más solo en el caso en el que se usó acero que contenía Nb. Aunque apenas se observó Cr en el TiN que estaba en el sitio del precipitado, se confirmó la existencia de Cr en el NbN unido al TiN. Cuando se analizó la razón Cr/Nb del Cr y el Nb contenidos en el NbN mediante EDS de TEM, Cr/Nb estaba dentro del intervalo de desde 0,05 hasta 0,50 en cualquier NbN. En este caso, la existencia o no existencia de precipitación de Nb en los materiales de muestra respectivos se facilitó en la tabla 2.

Se realizó cordón sobre chapa usando soldadura TIG en los materiales de muestra preparados. La corriente de soldadura se fijó a 90 A y la velocidad de soldadura se fijó a 60 cm/min. Como gas de protección se usó el 100 % de Ar solo en el lado delantero (lado de electrodo de soldadura) mientras que no se usó gas de protección en el lado trasero. La velocidad de flujo del gas de protección se fijó a 15 l/min. La anchura del cordón de soldadura en el lado delantero fue de aproximadamente 4 mm.

Se puso un algodón absorbente humedecido con una disolución de ácido fosfórico en una concentración del 10 % en masa en contacto con los colores de revenido en el lado delantero y el lado trasero del cordón de soldadura preparado. Entonces, se realizó un tratamiento electrolítico mientras que se variaba el área/la cantidad eléctrica en el intervalo de desde  $1\ \text{C}/\text{dm}^2$  hasta  $15\ \text{C}/\text{dm}^2$ . Tras el tratamiento electrolítico, se midió la distribución de elementos de la parte soldada en la dirección de profundidad con espectroscopia de descarga luminiscente (GDS). La condición en la que se observó una mayor cantidad de los elementos químicos tales como Si y Al concentrados en el color de revenido en la capa de superficie en comparación con la existente en la fundición base se determinó como la existencia del color de revenido residual. El caso en el que no hubo color de revenido residual tras el tratamiento electrolítico a un área/cantidad eléctrica de  $6\ \text{C}/\text{dm}^2$  o menos se indicó mediante © (satisfactorio, significativamente excelente). El caso en el que no hubo color de revenido residual tras el tratamiento electrolítico a un área/cantidad eléctrica de  $10\ \text{C}/\text{dm}^2$  o menos se indicó mediante ○ (satisfactorio, excelente). El caso en el que hubo color de revenido residual tras el tratamiento electrolítico a un área/cantidad eléctrica de más de  $10\ \text{C}/\text{dm}^2$  se indicó mediante × (insatisfactorio). El resultado se facilitó en la columna de la existencia o no existencia del color de revenido residual del cordón de soldadura en la tabla 2.

Los colores de revenido residuales se confirmaron incluso a un área/cantidad eléctrica de más de  $10\ \text{C}/\text{dm}^2$  en el n.º 1 donde la pérdida de peso por decapado fue insuficiente y el número de TiN sobre la superficie de la chapa de acero fue menor de 30 partículas/ $\text{mm}^2$ , en el n.º 20 donde el contenido en Ti estaba por debajo del intervalo de la presente invención y el número de TiN sobre la superficie de la chapa de acero fue menor de 30 partículas/ $\text{mm}^2$ , y en el n.º 18, el n.º 19, el n.º 20, el n.º 22 y el n.º 23 donde la cantidad de cualquiera de Si, Ti, Al, Nb y V estaba por encima del intervalo de composición de la presente invención. En el n.º 13, el n.º 16 y el n.º 17 donde todos los componentes estaban dentro del intervalo de composición de la presente invención y se confirmó la precipitación de NbN y en el n.º 21 donde el contenido de Cr estaba por debajo del intervalo de composición de la presente invención, pero se confirmó la precipitación de NbN, no hubo color de revenido residual a un área/cantidad eléctrica de  $6\ \text{C}/\text{dm}^2$  o menos y el rendimiento de eliminación del color de revenido fue significativamente excelente. Los otros ejemplos inventivos corresponden a "○ (el caso en el que no hubo color de revenido residual a un área/cantidad eléctrica de  $10\ \text{C}/\text{dm}^2$  o menos)", y por tanto, se confirmó que esta realización tenía un excelente rendimiento de eliminación del color de revenido.

Se procesó el cordón de soldadura del material de muestra mediante el tratamiento electrolítico en la disolución de ácido fosfórico en una concentración del 10 % en masa, y posteriormente, se cortaron las probetas incluyendo una longitud del cordón de soldadura de 50 mm y se sumergieron en NaCl en una concentración del 5 % en masa a  $80\ ^\circ\text{C}$  durante una semana. Tras la inmersión, se investigó la existencia o no existencia de corrosión. Se llevó a cabo el ensayo de inmersión en el material de muestra sin corrosión durante una semana, y entonces se investigó la existencia o no existencia de corrosión. El resultado se facilita en la columna de la existencia o no existencia de corrosión en el ensayo de inmersión tras la eliminación del color de revenido en la tabla 2. El caso en el que hubo corrosión tras la inmersión durante una semana se indicó mediante × (insatisfactorio). El caso en el que no hubo corrosión tras la inmersión durante una semana, pero hubo corrosión tras la inmersión durante dos semanas se

indicó mediante ○ (satisfactorio, excelente). El caso en el que no hubo corrosión tras dos semanas se indicó mediante ◎ (satisfactorio, significativamente excelente).

5 En cualquiera del n.º 1, el n.º 18, el n.º 19, el n.º 20, el n.º 22 y el n.º 23 con colores de revenido residuales, se confirmó que se producía corrosión y que la resistencia a la corrosión era escasa. Además, en el n.º 21 donde el contenido en Cr se apartaba de la presente invención, se confirmó que se producía corrosión y que la resistencia a la corrosión era escasa. En cualquiera del n.º 2 al n.º 17 como los ejemplos de la presente invención, no hubo color de revenido residual y la resistencia a la corrosión fue significativamente excelente. Este resultado confirmó que esta  
10 realización tenía un excelente rendimiento de eliminación del color de revenido.

Se procesaron los materiales de muestra descritos anteriormente con el grosor de chapa de 0,8 mm fabricados con el método descrito anteriormente para dar probetas de ensayo de tracción según la norma JIS n.º 13B para 0º (dirección L), 45º (dirección D) y 90º (dirección C) con respecto a la dirección de laminación. Se llevó a cabo el ensayo de tracción dos veces para cada dirección para medir el promedio ponderado  $((L + 2D + C) / 4)$  del alargamiento en las tres direcciones. La velocidad de tensión se fijó a 10 mm/min, y la longitud del calibre se fijó a 50 mm. El caso en el que el promedio ponderado obtenido del alargamiento en las tres direcciones fue del 28 % o más se indicó mediante ◎ (satisfactorio, excelente). El caso en el que el promedio ponderado fue del 25 % o más y menos del 28 % se indicó mediante ○ (satisfactorio) como excelente trabajabilidad. El caso en el que el promedio ponderado fue de menos del 25 % se indicó mediante × (insatisfactorio). El resultado se facilitó en la columna del alargamiento (promedio de las tres direcciones) en la tabla 2. Se confirmó que cualquiera de los ejemplos inventivos tenía una excelente trabajabilidad.  
15  
20

[Tabla 2]

N.º	Tipo de acero n.º	Condiciones de decapado			Densidad de distribución de TiN que tiene 1 µm o más	Existencia o no de precipitación de NBN sobre la superficie de TiN que tiene 1 µm o más	Existencia o no de existencia de color residual de cordón de soldadura	Existencia o no de corrosión en el ensayo de inmersión tras la eliminación del color de revenido	Alargamiento (promedio de tres direcciones)	Observaciones
		Área/cantidad eléctrica de electrolisis	Pérdida de peso por decapado	Reducción del grosor						
		C/dm <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	µm	partículas/mm <sup>2</sup>					
1	1	20	0,41	0,04	21	No existencia	X	X	⊙	Ejemplo comparativo
2	1	50	0,72	0,08	35	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
3	1	90	1,28	0,15	61	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
4	1	110	1,58	0,22	74	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
5	1	150	2,09	0,28	92	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
6	2	70	0,97	0,11	63	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
7	3	70	0,89	0,12	121	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
8	4	70	0,91	0,12	71	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
9	5	70	0,92	0,12	67	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
10	6	70	0,98	0,13	48	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
11	7	70	1,01	0,13	49	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
12	8	70	0,97	0,12	54	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
13	9	70	0,96	0,12	50	Existencia	⊙	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
14	10	70	0,92	0,12	41	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
15	11	70	0,98	0,13	60	No existencia	○	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
16	12	70	0,98	0,13	58	Existencia	⊙	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
17	13	70	0,99	0,13	58	Existencia	⊙	⊙	⊙	Ejemplo inventivo
18	14	70	0,79	0,10	42	No existencia	X	X	○	Ejemplo comparativo
19	15	70	0,86	0,11	45	No existencia	X	X	○	Ejemplo comparativo
20	16	70	1,01	0,13	13	No existencia	X	X	⊙	Ejemplo comparativo
21	17	70	1,06	0,13	53	Existencia	⊙	X	⊙	Ejemplo comparativo
22	18	70	0,95	0,12	68	Existencia	X	X	○	Ejemplo comparativo
23	19	70	0,97	0,12	54	Existencia	X	X	⊙	Ejemplo comparativo

Nota: Los valores subrayados indican un valor fuera del intervalo de la presente invención

**REIVINDICACIONES**

1. Acero inoxidable ferrítico que tiene una composición que consiste, en % en masa, en C: del 0,001 % al 0,030 %, Si: del 0,03 % al 0,15 %, P: el 0,05 % o menos, S: el 0,01 % o menos, Cr: de más del 22,0 % al 28,0 %, Mo: del 0,2 % al 3,0 %, Al: del 0,01 % al 0,08 %, Ti: de más del 0,30 % al 0,80 %, V: del 0,001 % al 0,080 % y N: del 0,001 % al 0,050 %; Mn: del 0,05 % al 0,30 % y Ni: del 0,01 % a menos del 0,30 %; Nb: el 0,05 % o menos como componente opcional, uno o más componentes seleccionados del grupo que consiste en Cu: el 1,0 % o menos, Zr: el 1,0 % o menos, W: el 1,0 % o menos y B: el 0,1 % o menos como componentes opcionales; y siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y
- 5
- 10 que tiene una superficie donde se distribuye TiN que tiene un diámetro de grano de 1  $\mu\text{m}$  o más a una densidad de 30 partículas/ $\text{mm}^2$  o más.
- 15 2. Acero inoxidable ferrítico según la reivindicación 1, en el que
- 20 el Nb está contenido como componente esencial, y el contenido en Nb es del 0,001 % al 0,050 % en % en masa, y
- se precipita NbN sobre una superficie de TiN que tiene un diámetro de grano de 1  $\mu\text{m}$  o más.
- 25 3. Acero inoxidable ferrítico según la reivindicación 1 o 2,
- en el que el acero tiene una composición química que contiene uno o más componentes seleccionados del grupo que consiste, en % en masa, en Cu: del 0,01 % al 1,0 %, Zr: del 0,01 % al 1,0 %, W: del 0,01 % al 1,0 % y B: del 0,0001 % al 0,1 %.
- 30 4. Método para fabricar un acero inoxidable ferrítico, que comprende:
- laminar en frío y someter a recocido un acero que tiene una composición de componentes según una cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 3; y
- decarpar posteriormente el acero para obtener una pérdida de peso por decapado de 0,5  $\text{g}/\text{m}^2$  o más.

FIG. 1

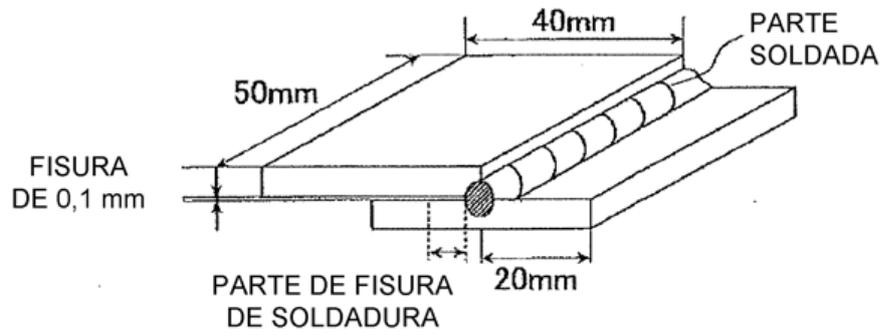


FIG. 2

