

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 384**

51 Int. Cl.:

C22C 38/20 (2006.01)

C22C 38/50 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

C22C 38/18 (2006.01)

C22C 38/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06796296 .9**

96 Fecha de presentación: **31.07.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1918399**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.05.2008**

54 Título: **Placa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la corrosión y procedimiento de fabricación de la misma**

30 Prioridad:
17.08.2005 JP 2005236861

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
25.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
25.04.2012

73 Titular/es:
**JFE STEEL CORPORATION
2-3, UCHISAIWAI-CHO 2-CHOME CHIYODA-KU
TOKYO, 100-0011, JP**

72 Inventor/es:
**ISHII, Kazuhide;
ISHII, Tomohiro y
FURUKIMI, Osamu**

74 Agente/Representante:
Fúster Olaguibel, Gustavo Nicolás

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).

ES 2 379 384 T3

DESCRIPCIÓN

Placa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la corrosión y procedimiento de fabricación de la misma

CAMPO TÉCNICO

- 5 La presente invención se refiere a una placa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la corrosión, y a un procedimiento de fabricación de la placa de acero.

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

- 10 Entre los diferentes tipos de acero inoxidable, SUS304 (18%Cr-8%Ni) (estándares industriales japoneses, JIS G 4305) de acero inoxidable austenítico se usa ampliamente debido a la excelente resistencia a la corrosión del acero. Sin embargo, este tipo de acero es caro debido a que contiene una gran cantidad de Ni. Por otra parte, los aceros inoxidables ferríticos a los que no se añade una gran cantidad de Ni, SUS436L (18%Cr-1%Mo) (JIS G 4305) con Mo añadido, dan un tipo de acero que tiene una excelente resistencia a la corrosión equivalente a SUS304. Sin embargo, puesto que el Mo es un elemento caro, otra vez aumenta significativamente el coste del acero, incluso si se añade solo 1% de Mo.
- 15 Frente a esta situación actual, es necesario acero inoxidable ferrítico que tenga una resistencia a la corrosión equivalente a SUS304 o SUS436L sin añadir Mo. Aunque SUS430J1L (19%Cr-0,5%Cu-0,4%Nb) (JIS G 4305) se da el como el acero inoxidable ferrítico que no tiene Mo añadido, es inferior en la resistencia a la corrosión comparado con SUS304 o SUS436L.
- 20 Por el contrario, el documento JP-B-50-6167 describe acero inoxidable ferrítico que tiene una composición característica de Cr de 9 a 30%, Cu de 0,1 a 0,6%, Ti de 5x%C a 15x%C, y Sb de 0,02 a 0,2%; y el documento JP-B-64-4576 (JP-A-60-46352) describe acero inoxidable ferrítico que tiene una composición característica de Cr de 11 a 23%, Cu de 0,5 a 2,0%, al menos uno de Ti, Nb, Zr y Ta en una relación de 0,01 a 1,0%, y V de 0,05 a 2,0%; y además, la patente japonesa N° 3420371 (JP-A-8-260104) describe acero inoxidable que tiene una composición característica de Cr de 5 a 60%, Cu de 0,15 a 3,0%, Ti de 4x(%C+%N) a 0,5%, y Nb de 0,003 a 0,020% como composición, respectivamente.
- 25 Sin embargo, los documentos JP-B-50-6167, JP-B-64-4576, y la patente japonesa N° 3420371 no muestran una composición que combine una productividad muy eficaz por recocido continuo de una placa laminada en caliente y recocido continuo de alta velocidad de una placa laminada en frío, con una excelente resistencia a la corrosión equivalente a SUS304 o SUS436L.
- 30 Para fabricar el acero con un coste bajo, es necesario no añadir Mo, además de que el acero se pueda producir a gran escala con una eficacia alta. Aunque con el aumento de la adición de Cr aumenta la resistencia a la corrosión, se reduce la dureza de una placa laminada en caliente.
- Aunque una placa laminada en caliente de acero inoxidable ferrítico con alto contenido en Cr debe someterse a recocido y decapado en una línea de recocido continuo y decapado antes del laminado en frío, cuando la placa laminada en caliente tiene una dureza baja, a veces no se puede someter a un procedimiento continuo en la línea de recocido y decapado continuo. Además, teniendo en cuenta la alta productividad eficaz, es necesario que una placa laminada en frío se pueda recocer eficazmente en una línea de recocido continuo a alta velocidad para la placa laminada en frío para el uso combinado de con acero al carbono.
- 35 En vista de dichas circunstancias, un objeto de la invención es proporcionar una placa de acero inoxidable ferrítico que se pueda fabricar de forma barata y muy eficaz, y que tenga una excelente resistencia a la corrosión.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

- 40 Para resolver el problema, los autores de la invención han llevado a cabo un estudio serio sobre un procedimiento para obtener un acero inoxidable que tenga una excelente resistencia a la corrosión sin contener Ni y Mo caros. Como resultado, encontraron que el Cr se limitó a un intervalo de 20,5% a 22,5% desde un punto de vista de la resistencia a la corrosión y la productividad, y disminuyó la cantidad de carbono o nitrógeno como elementos impureza, y además se añadió una cantidad adecuada de Ti, obteniéndose de esta forma la placa de acero inoxidable que tiene una excelente resistencia a la corrosión equivalente a SUS304 o SUS436L, y se podían llevar a cabo el recocido continuo de una placa laminada en caliente y el recocido de una placa laminada en frío en una línea de recocido continuo de alta velocidad para la placa laminada en frío, y por consiguiente, la placa laminada en frío se podía producir con una alta eficacia.

La invención, que se hizo de acuerdo con los resultados, se resume de la siguiente forma.

- 50 (1) Una placa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la corrosión, conteniendo la placa C 0,03% o menos, Si 1,0% menos, Mn 0,5% o menos, P 0,04% o menos, S 0,02% o menos, Al 0,1% o menos, Cr de 20,5% a 22,5%, Cu de 0,3% a 0,8%, Ni 1,0% o menos, Ti de 4x (%C+%N) a 0,35%, Nb menos de 0,01%, N 0,03% o menos, y C+N 0,05% o menos, opcionalmente Mo 0,2% o menos, opcionalmente B 0,0002-0,002%, opcionalmente V 0,01-0,5%, opcionalmente Zr 0,01-0,5%, y el resto incluye Fe y las impurezas inevitables, en el que se cumple la siguiente ecuación (1),

$$240 + 35x(\%Cr - 20,5) + 280x\{\%Ti - 4x(\%C + \%N)\} \geq 280 \quad (1),$$

aquí, % de C, % de N, % de Cr y % de Ti indican el contenido (porcentaje en masa) del C, N, Cr y Ti, respectivamente.

(2) Un procedimiento de fabricación de una placa de acero inoxidable ferrítica que tiene una excelente resistencia a la corrosión, en el que se usa como material una placa de acero inoxidable, conteniendo la plancha C 0,03% o menos, Si

- 5 1,0% menos, Mn 0,5% o menos, P 0,04% o menos, S 0,02% o menos, Al 0,1% o menos, Cr de 20,5% a 22,5%, Cu de 0,3% a 0,8%, Ni 1,0% o menos, Ti de $4x(\%C + \%N)$ a 0,35%, Nb menos de 0,01%, N 0,03% o menos, y C+N 0,05% o menos, opcionalmente Mo 0,2% o menos, opcionalmente B 0,0002-0,002%, opcionalmente V 0,01-0,5%, opcionalmente Zr 0,01-0,5%, y el resto incluye Fe y las impurezas inevitables, en el que se cumple la siguiente ecuación (1), y el material se lamina en caliente, después un material laminado en caliente se somete a recocido continuo para la placa laminada en caliente a una temperatura de 800 a 1000°C y después a decapado, y después se forma una placa recocida laminada en frío a través de las etapas de laminación en frío, recocido de acabado, enfriamiento y decapado;

$$240 + 35x(\%Cr - 20,5) + 280x\{\%Ti - 4x(\%C + \%N)\} \geq 280 \quad (1),$$

aquí, % de C, % de N, % de Cr y % de Ti indican el contenido de C, N, Cr y Ti (porcentaje en masa), respectivamente.

- 10 En esta memoria descriptiva, el porcentaje que indica una relación de componentes del acero es un porcentaje en masa, sin excepción.

- 15 De acuerdo con la invención, se obtiene una placa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la corrosión equivalente a SUS304 o SUS436L, sin añadir Mo caro y similares. Además, la placa de acero inoxidable de la invención se puede producir muy eficazmente y se puede fabricar de forma barata porque no se añaden Ni o Mo que son caros.

Además, puesto que la placa de acero inoxidable de la invención tiene una menor cantidad de elementos impureza, y se añade Ti como elemento estabilizante para fijar el C o N en el acero, tiene una excelente soldabilidad, facilidad de trabajo de la zona de soldadura, y resistencia a la corrosión de la zona de soldadura.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- 20 La figura 1 es una vista que muestra una relación entre el % de Cr y $\%Ti - 4x(\%C + \%N)$, y un resultado de un ensayo de ciclos de pulverización de sal neutra.

MEJOR MODO DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

En lo sucesivo, la invención se describirá con detalle. Primero se describe una composición de la invención.

- C: 0,03% o menos, N: 0,03% o menos, y C+N: 0,05% o menos

- 25 El contenido de C y N es convenientemente bajo porque reducen la dureza de una placa laminada en caliente, y por lo tanto está limitado a 0,03% o menos respectivamente, y limitado a 0,05% o menos incluso, en el total. Además preferiblemente, el contenido de C es 0,015% o menos, el contenido de N es 0,015% o menos, y el contenido de C+N es 0,03% o menos.

- Si: 1,0% o menos

- 30 El Si es un elemento necesario como agente desoxidante. Para obtener el efecto del Si, el contenido de Si es preferiblemente 0,03% o más. Sin embargo, cuando se añade una gran cantidad de Si, se reduce la dureza de una placa laminada en caliente. Por consiguiente, el contenido de Si es 1,0% o menos. Más preferiblemente, es 0,3% o menos.

- Mn: 0,5% o menos

- 35 El Mn tiene un efecto desoxidante. Para obtener el efecto, el contenido de Mn es preferiblemente 0,05% o más. Sin embargo, puesto que el Mn forma sulfuros en el acero, lo cual reduce significativamente la resistencia a la corrosión, la cantidad de adición de Mn es convenientemente baja, y teniendo en cuenta la eficacia económica de la fabricación, el contenido de Mn se define como 0,5% o menos. Más preferiblemente, es 0,3% o menos.

- P: 0,04% o menos

- 40 El contenido de P es convenientemente bajo desde un punto de vista de la facilidad de trabajo en el trabajo en caliente, y se define como 0,04% o menos.

- S: 0,02% o menos

El contenido de S es convenientemente bajo desde un punto de vista de la facilidad de trabajo en el trabajo en caliente, y de la resistencia a la corrosión, y se define como 0,02% o menos. Más preferiblemente es 0,005% o menos.

- 45 - Al: 0,1% o menos

El Al es un componente eficaz para la desoxidación. Para obtener el efecto, el contenido de Al es preferiblemente 0,005% o más. Sin embargo, cuando se añade el Al en exceso, se inducen defectos en la superficie y se reduce la facilidad de trabajo debido al aumento de inclusiones no metálicas basadas en Al. Por consiguiente, el contenido de Al se define como 0,1% o menos. Más preferiblemente es de 0,01% a 0,05%.

- 50 - Cr: de 20,5% a 22,5%

El Cr es el elemento más importante en la invención. Es eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión, y es necesario añadir 20,5% o más de Cr para obtener la resistencia a la corrosión equivalente a SUS304 o SUS436L. Por otra parte, cuando se añade más de 22,5% de Cr, se reduce la dureza de la placa laminada en caliente, y por consiguiente es difícil

el recocido continuo de la placa laminada en caliente. Por consiguiente, el contenido de Cr se define como de 20,5% a 22,5%. Más preferiblemente, es de 20,5% a 21,5%.

- Cu: de 0,3% a 0,8%.

- 5 El Cu es un elemento importante en la invención. Es un elemento necesario para reducir la corrosión en hendiduras. Para este propósito hay que añadir al menos 0,3% de Cu. Por otra parte, cuando el contenido de Cu es superior a 0,8%, se reduce la facilidad de trabajo en el trabajo en caliente. Por consiguiente, el contenido de Cu se define como de 0,3% a 0,8%. Más preferiblemente, es 0,3% o más y menos de 0,5%.

- Ni: 1,0% o menos

- 10 El Ni tiene un efecto de prevenir la reducción de la facilidad de trabajo en el trabajo en caliente debido a la adición de Cu. Para obtener el efecto, es preferible un contenido de Ni de 0,05% o más. Sin embargo, el Ni es un elemento caro, y además si se añade más de 1,0% de Ni, se satura el efecto. Por consiguiente, el contenido de Ni se define como 1,0% o menos. Más preferiblemente es de 0,1% a 0,4%.

- Ti: $4x(\%C + \%N)$ a 0,35%

- 15 El Ti también es el elemento más importante en la invención. Es un elemento esencial que se añade en la invención, y es necesario añadirlo para obtener la excelente resistencia a la corrosión equivalente a SUS304 o SUS436L, además de 22,5% de Cr o menos. El Ti se ha reconocido como un elemento que tiene el efecto de formar TiC o TiN con C o N que son perjudiciales para la facilidad de trabajo o la resistencia a la corrosión de la zona de soldadura, haciendo así al C y N inofensivos y mejorando por lo tanto la resistencia a la corrosión, y además, la invención encontró que el Ti tenía el efecto de aumentar directamente el potencial de picadura y mejorar por lo tanto la resistencia a la corrosión. Además, el
- 20 Ti se añade para prevenir la sensibilización debido al recocido continuo. Para obtener los efectos, es necesario añadir $4x(\%C + \%N)$ o más de Ti. Por otra parte, cuando se añade una cantidad en exceso de Ti de más de 0,35%, se reduce la dureza de una placa laminada en caliente. Por consiguiente, el contenido de Ti se define como $4x(\%C + \%N)$ o más y 0,35% o menos. Más preferiblemente, es $8x(\%C + \%N)$ o más y 0,30% o menos.

- Nb: 0,01% o menos

- 25 El Nb aumenta la temperatura de recristalización, dando lugar a un recocido insuficiente en la línea de recocido de alta velocidad para la placa laminada en frío, y por consiguiente no se puede asegurar determinada facilidad de trabajo. Por consiguiente, el contenido de Nb se define como 0,01% o menos. Más preferiblemente es 0,005% o menos.

$$240 + 35x(\%Cr - 20,5) + 280x\{\%Ti - 4x(\%C + \%N)\} \geq 280$$

- 30 En la invención, el Cr, Ti, C y N se definen para cumplir la relación de la ecuación (1) para obtener una resistencia a la corrosión excelente equivalente a SUS304 o SUS436L, o más sin contener Ni y Mo.

$$240 + 35x(\%Cr - 20,5) + 280x\{\%Ti - 4x(\%C + \%N)\} \geq 280 \quad (1).$$

- 35 Aunque el Cr y el Ti tienen el efecto de aumentar el potencial de picadura respectivamente, la adición solo de 20,5% o más de Cr y de $4x(\%C + \%N)$ o más de Ti, es insuficiente para obtener la resistencia a la corrosión equivalente a SUS304 o SUS436L, o más, y el contenido de Cr y el contenido de Ti deben además cumplir la ecuación (1), teniendo en cuenta el contenido de C y el contenido de N. La ecuación (1) se obtiene de una relación entre el contenido de Cr y el contenido de Ti y el potencial de picadura (mV frente al ECS), y presenta valores mínimos del contenido de Cr y el contenido de Ti por encima de los cuales un valor de potencial de picadura es al menos 280 mV que es un valor típico de potencial de picadura de SUS304 o SUS436L. Además, puesto que el Ti disuelto, distinto del Ti unido como TiC o TiN, presenta un efecto de aumento del potencial de picadura, en la ecuación (1) se usa $\{\%Ti - 4x(\%C + \%N)\}$ correspondiente a la cantidad de Ti disuelto.

- Mo: 0,2% o menos

- 45 Aunque el Mo es un elemento para mejorar la resistencia a la corrosión, es un elemento caro, y además reduce la dureza de una placa laminada en caliente, produciendo dificultades en su fabricación, y además aumenta la dureza de una placa recocida laminada en frío, y por lo tanto reduce la facilidad de trabajo. Por lo tanto, el contenido de Mo se define como 0,2% o menos. Más preferiblemente, es 0,1% o menos.

Además, se pueden añadir los siguientes elementos según sean necesarios.

- B: de 0,0002 a 0,002%

- 50 El B es un elemento eficaz para mejorar la fragilización del trabajo en frío después de embutición profunda. El efecto no se obtiene con un contenido menor de 0,0002%, y la adición en exceso de B reduce la facilidad de trabajo en el trabajo en caliente y la capacidad de embutición profunda. Por lo tanto, el B se añade preferiblemente en una cantidad de 0,0002 a 0,002%.

- V: de 0,01 a 0,5%, Zr: de 0,01 a 0,5%

- 55 El V y el Zr tienen un efecto de prevenir la aparición de corrosión intergranular en una zona de soldadura, haciendo que el C o N no sean perjudiciales. El efecto no se presenta con un contenido de V y Zr inferior a 0,005%, respectivamente, y es necesario añadir cada uno de ellos en una cantidad de 0,01% o más. Sin embargo, cuando el V y el Zr se añaden en una cantidad mayor de 0,5% respectivamente, se reduce la dureza de una placa laminada en caliente, dando lugar a dificultades en la fabricación. Además, el V y el Zr se unen al C, N u O (oxígeno) para formar inclusiones, que conducen a un aumento de los defectos de la superficie. Por lo tanto, se definen como 0,5% o menos, respectivamente.

El resto de la composición, excepto por los componentes anteriores, es Fe e impurezas inevitables.

A continuación se describe un procedimiento de fabricación de la placa de acero inoxidable ferrítico de la invención que tiene una excelente resistencia a la corrosión.

5 Como un procedimiento de fabricación muy eficaz del acero de la invención, se recomienda un procedimiento, en el que se forma una plancha por colada continua, después la plancha se calienta de 1100 a 1250°C y se lamina en caliente para formar una bobina laminada en caliente, la cual después se recuece a una temperatura de 800 a 1000°C, y después se decapa en una línea de recocido continuo y decapado para la placa laminada en caliente, y después se somete a laminación en frío para formar una placa laminada en frío, que después se recuece y decapa eficazmente en una línea de recocido continuo de alta velocidad para la placa laminada en frío, para el uso combinado con acero al carbono.

En particular, el procedimiento se describe como sigue.

15 Primero, se prepara acero fundido, cuyo intervalo de composición química se controla por refinado secundario usando un convertidor, un horno eléctrico o similares, junto con un procedimiento de descarburación por oxígeno en vacío (VOD) con agitación fuerte, o un procedimiento de descarburación por oxígeno y argón (AOD). Después, a partir de los lingotes de acero fundido se forma una plancha por colada continua o colada de lingotes. Como procedimiento de colada, se prefiere la colada continua teniendo en cuenta la productividad y la calidad de la plancha.

La plancha obtenida por colada se vuelve a calentar de 1100 a 1250°C según sea necesario, después se lamina en caliente de modo que se obtenga un grosor de 2,0 mm a 6,0 mm, y después la placa laminada en caliente se somete a recocido continuo a una temperatura de 800 a 1000°C y después se decapa.

20 La placa laminada en caliente decapada posteriormente se somete a cada una de las etapas de laminado en frío, recocido de acabado, enfriamiento y decapado, de modo que se forma una placa recocida laminada en frío que tiene un grosor de 0,03 mm a 5,0 mm.

25 La tasa de reducción en el laminado en frío es preferiblemente al menos 25% para asegurar las propiedades mecánicas tales como la dureza y la facilidad de trabajo, como objeto de la invención. Más preferiblemente, es al menos 50%. Además, el laminado en frío se puede llevar a cabo una vez o al menos dos veces incluyendo un recocido intermedio. Las respectivas etapas del laminado en frío, recocido de acabado, y decapado se pueden llevar a cabo repetidamente. Además, se recomienda un procedimiento en el que una placa laminada en frío es recocida y decapada eficazmente en la línea de recocido continuo de alta velocidad para la placa laminada en frío, para el uso combinado con acero al carbono. Además, aunque se reduce la productividad, la placa laminada en frío se puede recocer y decapar en una línea de recocido y decapado típico para la placa laminada en frío de acero inoxidable. Además, la placa laminada en frío se puede someter a recocido brillante en una línea de recocido brillante, según sea necesario.

30 En el caso de soldar la placa de acero de la invención como se ha descrito en lo que antecede, se pueden usar todos los procedimientos de soldadura típicos, tales como soldadura por arco incluyendo TIG (soldadura de tungsteno y gas inerte) y MIG (soldadura de metal y gas inerte), soldadura de resistencia tal como soldadura de costura y soldadura por puntos, y soldadura con láser.

EJEMPLO 1

35 Se formaron lingotes de acero inoxidable ferrítico que tenían las composiciones mostradas en la tabla 1, como lingotes de acero de 30 kg, después los lingotes se calentaron a una temperatura de 1150°C y se laminaron en caliente, de modo que se obtuvieron placas laminadas en caliente que tenían un grosor de 2,5 a 2,8 mm. Aquí, la adición de Mo se controló a un nivel que es el que se esperaba que se mezclara como una impureza en la operación real. Se sacaron piezas de ensayo (JIS B 7722 entalladura en V) de las placas laminadas en caliente obtenidas en la dirección del laminado y se sometieron al ensayo de impacto Charpy. El ejemplo comparativo 11 que tiene un contenido de Cr alto de 22,8%, que está fuera del intervalo de la invención, y el ejemplo comparativo 12 que tiene un contenido de Ti alto: contenido de 0,39%, que está fuera del intervalo de la invención, tenían dureza baja y por lo tanto era difícil someterlos a un recocido continuo para la placa de laminado en caliente en la operación real, por lo tanto no se sometieron a los ensayos posteriores.

40 Las otras muestras distintas de los ejemplos comparativos 11 y 12 se recoció a 950°C, después se laminaron en frío, de modo que se prepararon placas laminadas en frío de 0,8 mm de grosor. Después, las placas laminadas en frío se recoció a 880°C en aire. En el ejemplo comparativo 13 que tenía un contenido alto de Nb de 0,15%, que está fuera del intervalo de la invención, el acero se recoció de forma insuficiente a esa temperatura y por lo tanto el alargamiento era menor de 20%, por consiguiente no se podía asegurar una facilidad de trabajo suficiente en el recocido de la placa laminada en frío en la línea de recocido continuo de alta velocidad para la placa laminada en frío, por lo tanto no se llevaron a cabo los ensayos posteriores.

45 Las piezas de ensayo tomadas de las muestras (ejemplos de la invención 1 a 8, y 21 a 25), distintas de los ejemplos comparativos 11 a 13, obtenidas de acuerdo con lo anterior, y las piezas de ensayo tomadas de las placas recocidas laminadas en frío de 0,8 mm de grosor de SUS304, SUS436L y SUS430J1L, se sometieron a medición del potencial de picadura a 30°C en disolución de NaCl al 3,5% de acuerdo con JIS G 0577, y se sometieron a ensayo de ciclos de pulverización de sal neutra. El ensayo del ciclo de pulverización de sal neutra se llevó a cabo con 45 ciclos en muestras (de 20 mm x 30 mm de tamaño) que tenían una superficie pulida usando un papel abrasivo n° 600, con las etapas de pulverización de sal neutra (NaCl al 5%, 35°C, y tiempo de pulverización de 2 h), secado (60°C, 4 h, y humedad relativa de 40%), y humectación (50°C, 2 h, y humedad relativa de 95% o más) en un ciclo. Los resultados obtenidos se muestran conjuntamente en la tabla 1.

Después, se llevó a cabo el ensayo de corrosión en hendiduras en muestras (ejemplos de la invención 1 a 8, y 21 a 25), SUS304 y SUS436L, distintas de los ejemplos comparativos 11 a 15 y SUS430J1L. En el ensayo se usaron placas

5 planas de 60 mm de ancho y 80 mm de largo, y de 20 mm de ancho y 30 mm de largo tomadas de cada muestra, en las que se pulieron las superficies usando papel abrasivo nº 600, después la placa plana de 20 mm de ancho y 30 mm de largo se puso sobre la placa plana de 60 mm de ancho y 80 mm de largo de forma que se solaparan las respectivas diagonales, y después los respectivos puntos centrales se unieron mediante soldadura por punto para formar una estructura de hendidura. Dichas piezas de ensayo se sometieron a 90 ciclos de ensayo de ciclos de pulverización de sal neutra, después se sacaron las zonas de soldadura por punto y se abrieron las partes de hendiduras, de modo que se midió la profundidad de la picadura de corrosión mediante un microscopio láser. Los resultados obtenidos de lo anterior se muestran conjuntamente en la tabla 1.

En la tabla 1, los criterios de cada ensayo son los siguientes.

10 (1) Ensayo de impacto Charpy: una pieza de ensayo que había absorbido una energía de 50 J/cm^2 o más a 25°C se determinó como O (pasa), y una pieza de ensayo que tenía una energía menor que 50 J/cm^2 se determinó como x (rechazada).

15 (2) Recocido de la placa laminada en frío: una pieza de ensayo que tenía un alargamiento después de recocido a 880°C de 20% o más, se determinó como O (pasa), y una pieza de ensayo que tenía un alargamiento después de recocido a 880°C menor de 20% se determinó como x (rechazada).

(3) Ensayo de ciclos de pulverización de sal neutra: con respecto a un lado (60 x 80 mm) de una pieza de ensayo, una pieza de ensayo que tenía un área oxidada menor de 20% se determinó como O (pasa), y una pieza de ensayo que tenía un área oxidada de 20% o más, se determinó como x (rechazada).

20 (4) Resultado del ensayo de corrosión en hendiduras: en la corrosión por picaduras producida en una parte de hendidura de una pieza de ensayo, cuando diez puntos de picadura que tenían una profundidad grande, tenían un valor medio de profundidad menor de $300 \mu\text{m}$, la pieza de ensayo se determinó como O (pasan), y cuando tenían un valor medio de profundidad mayor de $300 \mu\text{m}$, la pieza de ensayo se determinó como x (rechazada). La profundidad de la corrosión por picadura se midió con el microscopio láser.

25 A partir de la tabla 1 se sabe que los ejemplos de la invención tienen un potencial de picadura equivalente a SUS304 o SUS436L o mayor, y presentan excelentes resultados del ensayo de ciclos de pulverización de sal neutra, es decir, los ejemplos tienen una excelente resistencia a la corrosión. Además, presentan una profundidad media de la picadura de corrosión menor de $300 \mu\text{m}$ en el ensayo de corrosión en hendiduras, es decir, tienen además una excelente resistencia a la corrosión en hendiduras.

30 Por otra parte, en el ejemplo comparativo 14 que tiene un contenido bajo de Cr de 20,1%, que está fuera del intervalo de la invención, y el ejemplo comparativo 15, que no cumple la ecuación (1), el potencial de picadura era bajo comparado con SUS304 o SUS436L, además, el área oxidada era grande en el ensayo de pulverización de sal neutra, es decir, la resistencia a la corrosión era mala.

35 La figura 1 muestra una relación entre el potencial de picadura y el % de Cr y %Ti - $4x(\%C + \%N)$ en los ejemplos de la invención 1 a 8, y 21 a 25 y los ejemplos comparativos 14, 15 y 16. Como se ve claramente en la figura 1, para obtener el potencial de picadura de 280 mV correspondiente a SUS304 o SUS436L, o mayor, obviamente es necesario cumplir la ecuación (1),

$$240 + 35x(\%Cr - 20,5) + 280x\{\%Ti - 4x(\%C + \%N)\} \geq 280.$$

40 Además, en el ejemplo comparativo 16 al que no se añade Cu, la profundidad media de la picadura de corrosión en el ensayo de corrosión en hendiduras es $300 \mu\text{m}$ o más, es decir, la resistencia a la corrosión en hendiduras es mala comparada con los ejemplos 1 a 8 y 21 a 25, SUS304 y SUS436L.

45 Se sabe de lo anterior que, en los ejemplos de la invención, una placa laminada en caliente se podía someter a recocido continuo, y el alargamiento a 880°C era 20% o más y por lo tanto la placa laminada en frío se podía recocer en la línea de recocido continuo de alta velocidad para la placa laminada en frío, por consiguiente, la placa laminada en frío se podía producir con alta eficacia. Además, se encontró que los ejemplos de la invención tenían una excelente resistencia a la corrosión equivalente a SUS304 o SUS436L.

Aplicabilidad industrial

50 La invención es preferiblemente para piezas que se requiere que tengan resistencia a la corrosión, principalmente incluyendo contenedores para el transporte marítimo, recipientes, instrumentos de cocina, materiales de construcción para interior y exterior, piezas para automóviles, ascensores, escaleras, vagones de ferrocarril y paneles exteriores de aparatos eléctricos.

Tabla 1

		Composición (porcentaje en masa)											Ti- 4x (C+N)	Resultado del ensayo Charpy de placa laminada en caliente	Recocido de placa laminada en frío	Valor de la ecuación (1)	Potencial de picadura (mV frente a ECS)	Resultado del ensayo de ciclos de pulverización de sal neutra	Resultado del ensayo de corrosión en hendiduras
		C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Cu	Mo	Ti	Nb	N					
Ejemplo de la invención	1	0,006	0,17	0,18	0,030	0,003	0,035	20,6	0,32	0,46	0,02	0,25	0,001	0,013	0,174	O	292	O	O
	2	0,011	0,23	0,15	0,029	0,003	0,035	20,9	0,28	0,46	0,03	0,21	0,004	0,012	0,118	O	287	O	O
	3	0,003	0,11	0,07	0,026	0,001	0,015	21,6	0,11	0,32	0,01	0,10	0,001	0,007	0,060	O	295	O	O
	4	0,014	0,13	0,16	0,030	0,003	0,036	20,9	0,31	0,41	0,05	0,35	0,004	0,012	0,246	O	323	O	O
	5	0,010	0,11	0,17	0,029	0,004	0,026	22,2	0,16	0,32	0,03	0,24	0,010	0,008	0,168	O	347	O	O
	6	0,008	0,16	0,16	0,031	0,003	0,032	21,0	0,27	0,48	0,04	0,24	0,001	0,009	0,172	O	306	O	O
	7	0,017	0,07	0,11	0,027	0,001	0,047	21,4	0,31	0,58	0,03	0,33	0,007	0,013	0,210	O	330	O	O
	8	0,005	0,29	0,12	0,033	0,002	0,015	21,2	0,13	0,45	0,09	0,18	0,002	0,007	0,132	O	301	O	O
Ejemplo comparativo	21	0,014	0,07	0,17	0,031	0,002	0,054	21,5	0,30	0,43	0,06	0,20	0,001	0,011	0,100	O	303	O	O
	22	0,009	0,09	0,19	0,028	0,001	0,039	20,7	0,28	0,43	0,01	0,28	0,001	0,008	0,212	O	306	O	O
	23	0,005	0,05	0,20	0,024	0,002	0,046	20,6	0,24	0,49	0,03	0,34	0,003	0,007	0,292	O	325	O	O
	24	0,010	0,08	0,22	0,029	0,001	0,040	21,0	0,30	0,41	0,04	0,30	0,003	0,008	0,228	O	321	O	O
	25	0,006	0,11	0,21	0,023	0,001	0,038	20,5	0,31	0,42	0,05	0,20	0,001	0,007	0,148	O	281	O	O
	11	0,018	0,05	0,14	0,031	0,001	0,033	22,8	0,22	0,41	0,02	0,25	0,001	0,013	0,126	x	-	-	-
	12	0,022	0,22	0,16	0,029	0,002	0,020	21,5	0,22	0,42	0,03	0,39	0,001	0,018	0,230	x	-	-	-
	13	0,016	0,27	0,17	0,033	0,003	0,025	21,2	0,26	0,44	0,03	0,22	0,15	0,012	0,108	O	-	-	-
	14	0,008	0,12	0,16	0,028	0,003	0,021	20,1	0,14	0,35	0,01	0,23	0,004	0,014	0,142	O	266	x	-
	15	0,008	0,11	0,15	0,032	0,004	0,025	20,7	0,16	0,32	0,03	0,14	0,002	0,007	0,080	O	269	x	-
	16	0,009	0,12	0,18	0,030	0,004	0,029	20,8	0,12	0,01	0,01	0,26	0,002	0,011	0,180	O	301	O	x
	SUS304	0,054	0,44	1,05	0,025	0,003	<0,004	18,2	0,01	0,22	0,09	0,01	0,003	0,041	-	-	-	O	O
	SUS436	0,008	0,09	0,12	0,030	0,001	0,044	17,7	0,13	0,02	1,1	0,31	0,002	0,011	-	-	-	O	O
	SUS430	0,010	0,46	0,17	0,028	0,005	<0,004	19,2	0,34	0,52	0,04	<0,01	0,42	0,009	-	-	x	-	-
	J1L																		

REIVINDICACIONES

1. Una placa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la corrosión, consistente en: (todos los valores en % en masa)

- 5 C 0,03% o menos,
Si 1,0% menos,
Mn 0,5% o menos,
P 0,04% o menos,
S 0,02% o menos,
Al 0,1% o menos,
10 Cr de 20,5% a 22,5%,
Cu de 0,3% a 0,8%,
Ni 1,0% o menos,
Ti de $4x(\%C + \%N)$ a 0,35%,
Nb menos de 0,01%,
15 N 0,03% o menos, y
C+N 0,05% o menos, y
opcionalmente Mo 0,2% o menos,
opcionalmente B de 0,0002 a 0,002%,
opcionalmente V de 0,01 a 0,5%,
20 opcionalmente Zr de 0,01 a 0,5%, y

teniendo el resto de la placa de acero Fe e impurezas inevitables;

en la que se cumple la siguiente ecuación (1)

$$240 + 35x(\%Cr - 20,5) + 280x\{\%Ti - 4x(\%C + \%N)\} \geq 280 \quad (1),$$

aquí, % de C, % de N, % de Cr y % de Ti, indican el contenido (porcentaje en masa) de C, N, Cr y Ti, respectivamente.

- 25 2. Un procedimiento para fabricar una placa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la corrosión:

en el que se usa una placa de acero inoxidable como material, consistiendo la placa de acero en: (todos los valores en % en masa)

- 30 C 0,03% o menos,
Si 1,0% menos,
Mn 0,5% o menos,
P 0,04% o menos,
S 0,02% o menos,
Al 0,1% o menos,
35 Cr de 20,5% a 22,5%,
Cu de 0,3% a 0,8%,
Ni 1,0% o menos,
Ti de $4x(\%C + \%N)$ a 0,35%,
Nb menos de 0,01%,
40 N 0,03% o menos, y

C+N 0,05% o menos, y
 opcionalmente Mo 0,2% o menos,
 opcionalmente B de 0,0002 a 0,002%,
 opcionalmente V de 0,01 a 0,5%,
 opcionalmente Zr de 0,01 a 0,5%, y

5

siendo el resto Fe e impurezas inevitables,
 en el que se cumple la siguiente ecuación (1), y
 el material es laminado en caliente,

10

después un material laminado en caliente se somete a recocido continuo para la placa laminada en caliente a una temperatura de 800 a 1000°C y después a decapado, y después se forma una placa recocida laminada en frío mediante las etapas de laminación en frío, recocido de acabado, enfriamiento y decapado;

$$240 + 35x(\%Cr - 20,5) + 280x\{\%Ti - 4x(\%C + \%N)\} \geq 280 \quad (1),$$

aquí, % de C, % de N, % de Cr y % de Ti, indican el contenido de C, N, Cr y Ti (porcentaje en masa), respectivamente.

Fig. 1

