

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 280**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

C22C 38/18 (2006.01)

C22C 38/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2009 E 09831981 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.02.2015 EP 2357259**

54 Título: **Acero inoxidable ferrítico de alta pureza que presenta excelente resistencia a la corrosión, y método para la producción del mismo**

30 Prioridad:

09.12.2008 JP 2008313700

04.12.2009 JP 2009276786

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

12.03.2015

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;
TAKAHASHI, AKIHIKO;
ISHIMARU, EIICHIRO y
TAKAHATA, SHIGENORI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 531 280 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 de alta pureza que presenta excelente resistencia a la corrosión, y método para la producción del mismo

Campo Técnico

- 5 La presente invención se refiere a un acero inoxidable ferrítico de alta pureza de tipo de protección de aleación excelente en cuanto a resistencia frente a la corrosión y a un método para la producción del mismo.

Técnica Anterior

10 El acero inoxidable ferrítico se usa en amplios campos tales como equipamiento para cocinas, electrodomésticos, equipos electrónicos, etc. No obstante, presenta una aptitud de conformación inferior en comparación con el acero inoxidable austenítico, por ello las aplicaciones resultan en ocasiones limitadas. En los últimos años, las mejoras en las técnicas de refinado han permitido la reducción extrema de carbono y nitrógeno, reducción de Si, y también la reducción de P, S y otros elementos de impurezas. El acero inoxidable ferrítico mejora su aptitud de conformación por medio de la adición de Ti u otros elementos estabilizadores (a continuación, "acero inoxidable ferrítico de alta pureza") y se usa para una gama cada vez más amplia de aplicaciones de conformación. Esto es debido a que el
15 acero inoxidable ferrítico es más rentable en comparación con el acero inoxidable austenítico que contiene grandes cantidades de Ni - cuyo precio se ha disparado en los últimos años.

20 El acero inoxidable ferrítico de alta pureza, como se entiende a partir de SUS430LX normalizado por JIS, con frecuencia presenta una cantidad menor de Cr en comparación con el acero inoxidable austenítico típico SUS304 (18Cr-8Ni) y tiene problemas de resistencia frente a la corrosión. Para los fregaderos de acero inoxidable y otros equipos de cocina o electrodomésticos en los cuales se demanda una cuestión estética, el deterioro de las propiedades superficiales debido a picadura, corrosión u otro tipo de corrosión, con frecuencia representa un problema.

25 Para mejorar la resistencia frente a la corrosión anterior, existe un método de aleación de Cr, Mo, etc. y el método de uso de recocido que evita la oxidación para modificar el revestimiento formado sobre la superficie del acero. El primero implica el aumento de coste debido a la aleación y se convierte en un factor que inhibe la aptitud de conformación, por ello no resulta preferido. El último es un método eficaz desde los puntos de vista de evitar el aumento de coste de los materiales y la disminución de la aptitud de conformación. Se han divulgado varias invenciones con respecto a la modificación de revestimientos que utilizan recocido que evita la oxidación.

30 Desde el último punto de vista, PLT 1 divulga una chapa de acero inoxidable ferrítico terminada y recocida evitando la oxidación, excelente en cuanto a resistencia frente a la corrosión y aptitud de conformación que tiene una proporción de concentración de Cr/Fe en el revestimiento de más que 0,5 e incluye TiO₂ en el revestimiento y un método de producción de la misma. No obstante, en el acero que utiliza recocido que evita la oxidación para modificar el revestimiento, cuando tienen lugar la conformación y el pulido/molienda posterior se provoca la exposición de nuevas superficies, persisten los problemas a la hora de garantizar la resistencia frente a la corrosión en las nuevas superficies. PLT 1 no describe medidas frente a estos problemas.

35 Como medio para solucionar los problemas anteriores, se puede considerar el método de utilización de cantidades traza de elementos para mejorar la resistencia frente a la corrosión. PLT 2 y PLT 3 describen un acero inoxidable ferrítico en el que P se añade de forma deliberada para mejorar la resistencia frente a la intemperie, resistencia frente a la corrosión y resistencia frente a la corrosión en el interior de las fisuras. PLT 2 describe acero inoxidable ferrítico de alto contenido en Cr y P que contiene Cr: de más de 20 % a 40 % y P: de más de 0,06 % a 0,2 %. PLT 3 describe acero inoxidable ferrítico P que contiene Cr: de 11 % a menos de 20 % y P: de más de 0,04 % a 0,2 %. No obstante, P se convierte en un factor que inhibe la aptitud de fabricación, aptitud de conformación y aptitud de soldadura.

45 PLT 4 divulga acero inoxidable ferrítico excelente en cuanto a resistencia frente a la temperatura que incluye elementos traza de Sn y Pb y un método de producción del mismo. La mayoría de los aceros mostrados en los ejemplos de PLT 4 sin acero de bajo contenido de Cr de Cr: de 10 a 12 %. Con acero de alto contenido de Cr de Cr: 12 %, para garantizar la resistencia frente a la temperatura elevada, se añaden V, Mo, etc. Como efectos de Sn y Pb, se menciona la mejora de la resistencia a temperatura elevada, pero no existe descripción alguna relativa a la resistencia frente a la corrosión.

50 PLT 5 describe un método de producción de una chapa de acero inoxidable ferrítico para su uso en un sistema de gases de escape para automóvil que resulta excelente en cuanto a aptitud de embutición intensa que incorpora adiciones de uno o más de Cu, Ni, W y Sn. El acero mostrado en los ejemplos de PLT 5 requiere la adición de Mo costoso hasta un 0,5 % o más. Como efecto de Sn, éste se describe como un elemento que mejora la resistencia frente a la corrosión de la misma manera que Cu, Ni y W.

55 PLT 6 y PLT 7 divulgan aceros inoxidables ferríticos excelentes en cuanto a propiedades superficiales y resistencia frente a la corrosión que incluyen Mg y Ca como elementos traza y métodos de producción de los mismos. Sn es un

elemento añadido de forma opcional. Se describe como un elemento preferido para la resistencia frente a la corrosión.

5 Los aceros mostrados en los ejemplos de PLT 6 y PLT 7 tienen Sn y Co costosos, añadidos de forma conjunta a los mismos. Estos son acero de 11,6 % de Cr o acero de 16 % de Cr que contienen grandes cantidades de Cu otro elemento de impureza. Se describe el potencial de picadura como 0,086 V y 0,12 V, respectivamente. Este potencial de picadura, al final, no alcanza la resistencia frente a la corrosión correspondiente a SUS304 deseada por medio de la presente invención.

10 PLT 8 describe un acero inoxidable ferrítico excelente en cuanto a resistencia a la corrosión en el interior de las fisuras que tiene Sn y Sb como elementos traza, con la finalidad de mejorar la duración de la picadura de las partes del automóvil, etc. Estos aceros mostrados en los ejemplos de PLT 8 tienen casi todos Sn y Ni, añadidos juntos para mejorar la resistencia frente a la picadura y en las partes de las fisuras. El acero de 16 % de Cr al cual se añade Sn solo presenta una elevada cantidad de Si y no corresponde al acero inoxidable ferrítico de alta pureza que abarca la presente invención.

15 El documento JP 2008 190 003 divulga un acero con una buena resistencia frente a la corrosión en el interior de las fisuras que puede contener estaño.

Listado de Citas

Bibliografía de Patentes

PLT 1: Publicación de Patente Japonesa (A) N°. 2008-1945

PLT 2: Publicación de Patente Japonesa (A) N°. 6-172935

20 PLT 3: Publicación de Patente Japonesa (A) N°. 7-34205.

PLT 4: Publicación de Patente Japonesa (A) N°. 2000-169943.

PLT 5: Publicación de Patente Japonesa (A) N°. 2001-262234.

PLT 6: Publicación de Patente Japonesa (A) N°. 2001-288543.

PLT 7: Publicación de Patente Japonesa (A) N°. 2001-288544.

25 PLT 8: WO2007/129703.

Sumario de la Invención

Problema Técnico

30 Como se ha explicado anteriormente, en el pasado, la técnica para la mejora de la resistencia frente a la corrosión que utilizaba elementos traza consistía en añadir P solo o añadir Sn o Sb con elementos costosos raros de Co o Ni y Mo juntos. Estos son problemas desde el punto de vista de aptitud de fabricación, aptitud de conformación y coste de los materiales. Por otra parte, el acero inoxidable ferrítico de alta pureza, excelente desde el punto de vista de aptitud de conformación y coste, fue relativamente inferior en cuanto a resistencia frente a la corrosión. Por este motivo, existe una elevada demanda para mejorar la resistencia frente a la corrosión del acero inoxidable ferrítico de alta pureza con el fin de permitir su uso como material de acero inoxidable provisto de aptitud de fabricación, aptitud de conformación, bajo coste de material y resistencia frente a la corrosión.

35 Por tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un acero inoxidable ferrítico de alta pureza de tipo de protección de aleación que no dependa de la adición de elementos raros que presente una resistencia mejorada frente a la corrosión hasta el punto que no sea diferente de SUS304 o superior.

Solución al Problema

40 Los inventores implicados en una investigación intensa sobre la relación existente entre la modificación del revestimiento y la resistencia frente a la corrosión de la superficie del acero debido a la adición de Sn al acero inoxidable ferrítico de alta pureza para solucionar los problemas anteriores, consiguieron el siguiente nuevo descubrimiento, y completaron de este modo la presente invención.

45 (a) Por medio de la modificación del revestimiento para cumplir por un lado la fórmula (1) y por otro, la fórmula (2) en el acero inoxidable ferrítico de alta pureza, se mejora el potencial de picadura $V'c100$. La Figura 1 muestra los resultados de la medición de $V'c100$. Los inventores descubrieron el nuevo hallazgo de que cumpliendo la fórmula (1) y cumpliendo la fórmula (2), Sn se concentra en el revestimiento y se obtiene un valor de $V'c100$ por encima de 0,2 V o no diferente de SUS304. A partir de la Figura 1, se aprende que si el valor de $I(O) / I(Sn)$ es pequeño, $V'c100$ se vuelve más grande y se mejora la resistencia frente a la corrosión, de manera que el valor de $I(O) / I(Sn)$ es

preferentemente pequeño.

5 Nótese que, para el acero sometido a ensayo, se usó una chapa de acero inoxidable ferrítico de alta pureza de 0,8 mm de espesor que contenía Cr: de 12 a 17 %, que tenía Ti: de 0,1 a 0,3 % y Sn: de 0,1 a 0,5 % añadidos y que tenía otros ingredientes dentro del intervalo prescrito por SUS430LX. El "AP" de la Figura 1 muestra la medición de V'c tras el recocido por medio de recocido ordinario a una temperatura de 850 a 1000 °C, posterior inmersión en una disolución acuosa de ácido fluorico de 0,3 %-ácido nítrico de 10 % a 50 °C durante 10 segundos para el decapado. El "BA" de la Figura 1 muestra la medición de V'c tras el recocido que evita la oxidación (de 850 a 1000 °C, gas de 80 % de H₂-20 % de N₂, punto de rocío de -60 a 10 °C).

0 < I(Fe) / I(Cr) < 5 fórmula (1)

10 0 < I(O) / I(Sn) < 3 fórmula (2)

(b) Para la modificación del revestimiento anterior, la reducción de C, N, S, Mn, P, S y otros elementos de impurezas y la adición de Cr en 13 % o más y Sn en 0,001 % o más resultan eficaces.

15 (c) Además de los ingredientes anteriores, para concentrar de forma selectiva Cr y Sn en el revestimiento, el método de recocido del material de acero por medio de recocido final, posteriormente decapado del mismo en una disolución acuosa que contiene ácido nítrico y el método de uso de recocido que evita la oxidación para el recocido final resultan eficaces.

20 (d) Con frecuencia, se evalúa la resistencia frente a la corrosión del acero inoxidable en una base simple por medio del ensayo de pulverización de sal definido en JIS Z 2371. No obstante, si se prevén entornos de uso en interior y exterior, el procedimiento no es tan simple como continuar la pulverización del agua salina. Esto viene acompañado de un ciclo de pulverización de agua salina, secado y humidificación. En este caso, se evalúa la resistencia frente a la corrosión no por medio del ensayo de pulverización de sal, sino por medio de un ciclo de condiciones de simulación de ensayo cíclico más próximas al entorno actual. Específicamente, se sometió el acero sometido a ensayo a un ciclo de pulverización de agua de mar artificial (35 °C, 4 horas), secado (60 °C, 2 horas), posterior exposición a atmósfera húmeda (50 °C, humedad relativa de 95 %) durante 12 ciclos, y finalmente se evaluó el grado de corrosión.

25 (e) Por medio del uso del método de ensayo anterior (d), se evaluó la resistencia frente a la corrosión usando aceros de ensayo iguales que los usados para la medición del potencial de picadura del anterior (a). Los resultados se muestran en la Tabla 1. Para los ensayos, se usaron chapas de acero inoxidable ferrítico de alta pureza de 0,8 mm de espesor sometida a embutición intensa para dar lugar a cilindros. Las condiciones intensas de embutición cilíndricas se explican a continuación. Se evaluó el grado de corrosión de forma visual. En la tabla, "muy buena" indica una resistencia frente a la corrosión mejor que SUS304, "buena" indica una resistencia frente a la corrosión similar a la de SUS304, "pobre" indica una resistencia frente a la corrosión inferior a SUS304.

30 Los aceros X, Y y Z que cumplen tanto la fórmula (1) como la fórmula (2) explicadas anteriormente en (a) tienen un valor de V'c100 más elevado que el SUS304 comparativo. Por otra parte, los aceros U y V que no cumplen la fórmula (1) ni la fórmula (2) tienen un valor de V'c100 menor que 0,2 V. Las resistencias frente a la corrosión de los aceros X, Y y Z no son diferentes de SUS304, tanto en las chapas de acero como después de la conformación. En particular, el acero X de valor de V'c100 elevado exhibió una resistencia frente a la corrosión mejor que SUS304.

Tabla 1

Acero	X	Y	Z	U	V	SUS430LX	SUS304
I(Fe) / I(Cr)	1	4	0,5	5,5	0,5	4,5	4
I(O) / I(Sn)	0,1	0,23	1,1	0,13	3,3	-	-
Vc'100	0,46	0,37	0,42	0,16	0,18	0,16	0,28
Resistencia frente a la corrosión (material)	Muy buena	Buena	Buena	Pobre	Pobre	Pobre	Buena
Resistencia frente a la corrosión (procesado)	Muy buena	Buena	Buena	Pobre	Pobre	Pobre	Buena

40 (f) Como se ha explicado anteriormente, cuando se cumplen por un lado la fórmula anterior (1) y la fórmula (2), el

- potencial de picadura V_{c100} se vuelve más elevado y, junto con esto, se expresa una mejora de la resistencia frente a la corrosión. Dicha mejora eficaz de la resistencia frente a la corrosión se piensa que está basada en la formación de un revestimiento co-presente de Sn y Cr. Este efecto continuó al menos tras la conformación. Los motivos no están necesariamente claros, pero basándose en los resultados de análisis por medio de un espectrofotómetro de fotoelectrones de rayos-X (XPS), se especula que es debido a la concentración de Sn en el revestimiento y directamente debajo del mismo.
- 5 (g) Además, se sabe que Cu, Ni y Mo tienen el efecto de aumentar más la resistencia frente a la corrosión por medio de adición compuesta con Sn.
- 10 (h) Para mejorar la resistencia frente a la corrosión por medio de adición de Sn, el recocido final del material de acero y el mantenimiento posterior en un intervalo de temperatura de 200 a 700 °C también constituyen un medio eficaz. Además, para obtener este efecto por medio de recocido que evita la oxidación, es preferible hacer que el punto de rocío del gas atmosférico se encuentre dentro del intervalo de -20 °C a -50 °C.
- La esencia de la presente invención, realizada en base a los hallazgos de los puntos (a) a (h) anteriores, es lo siguiente:
- 15 (1) Un acero inoxidable ferrítico de alta pureza excelente en cuanto a resistencia frente a la corrosión, formado por, en % en masa,
- C: de 0,001 a 0,02 %,
- Si: de 0,01 a 0,6 %,
- Mn: de 0,01 a 0,6 %,
- 20 P: de 0,005 a 0,04 %,
- S: de 0,0001 a 0,01 %,
- Cr: de 13 a 22 %,
- N: de 0,001 a 0,02 %,
- Al: de 0,005 a 0,05 %,
- 25 Sn: de 0,001 a 1 %, y opcionalmente uno o más de
- Ti: de 0,05 a 0,35 %,
- Ni: de 0,05 a 0,5 %,
- Cu: de 0,05 a 0,5 %,
- Nb: de 0,05 a 0,7 %,
- 30 Mo: de 0,005 a 0,5 %,
- Mg: de 0,0001 a 0,005 %,
- B: de 0,0003 a 0,005 %,
- Ca: de 0,0003 a 0,005 % y
- un equilibrio de Fe e impurezas inevitables,
- 35 en el que el acero se caracteriza por cumplir las dos relaciones de la fórmula (1) y la fórmula (2) siguientes, en las que $I(\text{Fe})$, $I(\text{Cr})$, $I(\text{Sn})$ e $I(\text{O})$ son las intensidades de rayos-X de los óxidos de Fe, óxidos de Cr, óxidos de Sn y otros óxidos detectados en la superficie del acero medidas por medio de espectrómetro de fotoelectrones de rayos-X:
- $0 < I(\text{Fe}) / I(\text{Cr}) < 5$ fórmula (1) y
- $0 < I(\text{O}) / I(\text{Sn}) < 3$ fórmula (2).
- 40

(2) Un acero inoxidable ferrítico de alta pureza excelente en cuanto a resistencia frente a la corrosión como se explica en (1), caracterizado porque el acero inoxidable contiene, en % en masa, uno o más de:

Ti: de 0,05 a 0,35 %,

Ni: de 0,05 a 0,5 %,

5 Cu: de 0,05 a 0,5 %,

Nb: de 0,05 a 0,7 %,

Mo: de 0,005 a 0,5 %,

Mg: de 0,0001 a 0,005 %,

B: de 0,0003 a 0,005 %, y

10 Ca: de 0,0003 a 0,005 %.

(3) Un acero inoxidable ferrítico de alta pureza excelente en cuanto a resistencia frente a la corrosión como se explica en (1) o (2), caracterizado por que, en la superficie del acero, el potencial de picadura $V'c100$ en una disolución acuosa de NaCl de 3,5 % a 30 °C está por encima de 0,2 V (V frente a AgCl).

15 (4) Un método de producción de un acero inoxidable ferrítico de alta pureza excelente en cuanto a resistencia frente a la corrosión que comprende forjar en caliente o laminar en caliente acero inoxidable ferrítico de alta pureza como se explica en uno cualquiera de los puntos (1) a (3), para obtener un material de acero laminado en caliente y procesar en frío de forma repetida y recocer el mismo, en el que el método de producción del material de acero se caracteriza por recocer a una temperatura mayor que 800 °C para el recocido final, posteriormente enfriarlo a una tasa de enfriamiento de 10 °C/s o más hasta 700 °C o menos, mantenerlo en un intervalo de temperatura de 200 a 20 700 °C durante al menos 1 minuto para el enfriamiento, posteriormente decapar en una disolución acuosa que contiene, en % en peso, al menos ácido nítrico de 5 %.

25 (5) Un método de producción de acero inoxidable ferrítico de alta pureza excelente en cuanto a resistencia frente a la corrosión que comprende forjar en caliente o laminar en caliente acero inoxidable ferrítico de alta pureza como se explica en uno cualquiera de (1) a (3) para obtener un material de acero laminado en caliente y procesar en frío de forma repetida y recocer el mismo, en el que el método de producción del material de acero se caracteriza por preparar un gas atmosférico de al menos 50 % en volumen de gas de hidrógeno y un equilibrio de sustancialmente gas de nitrógeno, hacer que el punto de rocío del gas atmosférico sea de -50 °C a -20 °C, y llevar a cabo el recocido final a una temperatura elevada de más de 800 °C por medio de recocido que evita la oxidación.

30 Nótese que, los óxidos de la superficie del acero puede analizarse de forma cuantitativa para evaluar su presencia por medio del uso de un espectrómetro de fotoelectrones de rayos-X (XPS). Los óxidos de Fe, Cr y Sn se pueden confirmar por medio de la detección de los picos a los valores de energía de enlace. Como los otros óxidos, se detectan Ti, Si, Mn u otros óxidos.

Óxidos de Fe (electrones Fe2P): de 709 a 714 eV

Óxidos de Cr (electrones Cr2P): de 575 a 580 eV

35 Óxidos de Sn (electrones Sn3d): de 485 a 488 eV

Además, se mide el potencial de picadura basado en JISG0577 en una disolución acuosa de hidróxido de sodio de 3,5 % a 30 °C en estado no tratado de la superficie de la chapa de acero. El electrodo usado fue AgCl. Se midió el valor del potencial de picadura de $V'c100$. Nótese que, (V frente a AgCl) significa el método de medición de potencial de picadura basado en JISG0577 cuando el electrodo es AgCl.

40 **Efectos Ventajosos de la Invención**

De acuerdo con la presente invención, se exhibe el efecto extraordinario que consiste en que es posible obtener un acero inoxidable ferrítico de alta pureza de tipo de protección de aleación que tiene una resistencia frente a la corrosión que no es diferente de SUS304 o mejor sin provocar con ello un aumento del coste de los materiales.

Breve Descripción de los Dibujos

45 La Figura 1 es un gráfico de la relación existente entre las propiedades de revestimiento y el potencial de picadura de la superficie del material de acero.

Descripción de las Realizaciones

A continuación, se explican con detalle los requisitos de la presente invención. Nótese que las indicaciones de "%" de los contenidos de los elementos significan "% en masa".

(I) Los motivos para limitar los ingredientes se explican a continuación.

- 5 C degrada la aptitud de conformación y la resistencia frente a la corrosión, de modo que cuanto menor sea el contenido, mejor. Por este motivo, se fija el límite superior en 0,02 %. No obstante, una reducción excesiva conduce a un aumento de los costes de refinado, de manera que preferentemente se hace que el límite inferior sea de 0,001 %. Más preferentemente, considerando la resistencia frente a la corrosión y los costes de fabricación, la cantidad es de 0,002 a 0,005 %.
- 10 A veces, se añade Si como elemento desoxidante. No obstante, es un elemento de fortalecimiento en disolución. A partir de la supresión de la disminución del estiramiento, cuanto más pequeño sea el contenido, mejor, de manera que el límite superior es de 0,6 %. No obstante, la reducción excesiva conduce a un aumento de los costes de refinado, de manera que el límite inferior es de 0,01 %. Preferentemente, considerando la aptitud de conformación y los costes de fabricación, la cantidad es de 0,03 a 0,15 %.
- 15 Mn, igual que Si, es un elemento de fortalecimiento en disolución, de modo que cuanto menor sea el contenido, mejor. Para evitar la disminución de estiramiento, el límite superior es de 0,6 %. No obstante, la reducción excesiva conduce a un aumento de los costes de refinado, de manera que el límite inferior es de 0,01 %. Preferentemente, considerando la aptitud de conformación y los costes de fabricación, la cantidad es de 0,03 a 0,15 %.
- 20 P, igual que Si y Mn, es un elemento de fortalecimiento en disolución, de manera que cuanto menor sea su contenido, mejor. Para evitar la disminución de estiramiento, el límite superior es de 0,04 %. No obstante, la reducción excesiva conduce a un aumento de los costes de refinado, de manera que preferentemente el límite inferior es de 0,005 %. Más preferentemente, considerando la aptitud de conformación y los costes de fabricación, la cantidad es de 0,01 a 0,02%.
- 25 S es un elemento de impureza. Inhibe la aptitud de conformación en caliente y la resistencia frente a la corrosión, de manera que cuanto más pequeño sea el contenido, mejor. Por este motivo, el límite superior es de 0,01 %. No obstante, la reducción excesiva conduce a un aumento de los costes de refinado, de manera que preferentemente el límite inferior es de 0,0001. Más preferentemente, considerando la resistencia frente a la corrosión o el coste de fabricación, la cantidad es de 0,001 a 0,005 %.
- 30 Cr es un elemento esencial para garantizar la resistencia frente a la corrosión. Para garantizar el potencial de picadura y la resistencia frente a la corrosión de la presente invención, el límite inferior es de 13 %. No obstante, la adición de más de 22 % conduce a un aumento del coste de material y una disminución de la aptitud de conformación y la aptitud de fabricación. Por consiguiente, el límite superior de Cr es 22 %. Preferentemente, considerando la resistencia frente a la corrosión y la aptitud de conformación y la aptitud de fabricación, la cantidad es de 15 a 18 %.
- 35 N, igual que C, provoca el deterioro de la aptitud de conformación y la resistencia frente a la corrosión, de manera que cuanto menor sea el contenido, mejor, por tanto el límite superior es de 0,02 %. No obstante, con una disminución excesiva, existe la preocupación de que TiN, que forma el núcleo para la formación de granos de ferrita en el momento de la solidificación, no precipite, la estructura solidificada se vuelva una estructura de cristales columnares, y la propiedad anti-estriado del producto se vea deteriorada. Por este motivo, el límite inferior es de 0,001 %. Preferentemente, considerando la resistencia frente a la corrosión y la aptitud de conformación, la cantidad es de 0,003 a 0,012 %.
- 40 Al es un elemento eficaz como agente desoxidante, de modo que el límite inferior es de 0,005 %. No obstante, la adición excesiva provoca el deterioro de la aptitud de conformación o tenacidad y aptitud de soldadura, de manera que el límite superior es de 0,05 %. Preferentemente, considerando el coste de refinado, la cantidad es de 0,01 a 0,03 %.
- 45 Sn es un elemento esencial para garantizar la resistencia frente a la corrosión deseada por medio de la presente invención sin que ésta esté basada en la aleación de Cr o Mo o la adición de elementos raros tales como Ni o Co. Para elevar el potencial de picadura deseado por medio de la presente invención y mejorar la resistencia frente a la corrosión, el límite inferior es de 0,001 %. Preferentemente, la cantidad es de al menos 0,01 %, más preferentemente de al menos 0,1 %.
- 50 No obstante, la adición excesiva conduce a una disminución de la aptitud de conformación y la aptitud de fabricación. El efecto de la mejora de la resistencia frente a la corrosión también se satura. Por este motivo, el límite superior es de 1 %. Preferentemente, considerando la aptitud de conformación y la aptitud de fabricación, el límite superior es de 0,8 % o menos. Más preferentemente, desde el punto de vista de equilibrio de la resistencia frente a la corrosión, aptitud de conformación y aptitud de fabricación, el límite superior es de 0,6 %.
- 55 Ti fija C y N y favorece el reblandecimiento. Es un elemento extremadamente eficaz para mejorar el estiramiento y el

valor-r y se añade según sea necesario. Cuando se añade, la cantidad es de 0,05 % o más para obtener este efecto. No obstante, Ti también es un elemento de fortalecimiento en disolución. La adición excesiva conduce a una disminución del estiramiento. Por este motivo, el límite superior es de 0,35 %. Preferentemente, el límite superior es de 0,35 %. Preferentemente, considerando la aptitud de conformación y la aptitud de fabricación, la cantidad es de 0,1 a 0,2 %.

Ni, Cu y Mo son elementos que mejoran la resistencia frente a la corrosión debido al efecto sinérgico con Sn. En caso de adición, la cantidad es de 0,05 % o más para obtener este efecto. No obstante, si es más de 0,5 %, se espera un aumento del coste de los materiales o una disminución de la aptitud de conformación, de manera que el límite superior es de 0,5 %. Mo es un elemento particularmente raro, de manera que el límite superior en caso de adición es de menos que 0,5 %. En caso de adición, el intervalo preferido de Ni y Cu es de 0,1 a 0,4 %, mientras que el intervalo preferido de Mo es de 0,1 a 0,3 %.

Nb es un elemento, como Ti, que mejora el estiramiento y el valor-r y también resulta eficaz para mejorar la resistencia frente a la corrosión. Se añade según sea necesario. En caso de adición, la cantidad es de 0,05 % para obtener este efecto. No obstante, la adición excesiva provoca un aumento de la resistencia del material y una disminución del estiramiento, de manera que el límite superior es de 0,7 %. Preferentemente, considerando la resistencia frente a la corrosión y la aptitud de conformación, es de 0,2 a 0,4 %.

Mg forma óxidos de Mg con Al en el acero fundido de modo que actúa como agente desoxidante y también actúa como núcleo para la precipitación de TiN. TiN forma el núcleo para la solidificación de la fase de ferrita en el proceso de solidificación. Favoreciendo la precipitación de TiN, es posible hacer que la fase de ferrita sea más fina en el momento de la solidificación. Haciendo que la estructura solidificada sea más fina, es posible evitar los defectos superficiales que surgen debido a las estructuras bastas solidificadas. Además, se añade Mg según sea necesario para mejorar la aptitud de conformación. Cuando se añade, la cantidad es de 0,0001 % o más para obtener estos efectos. No obstante, si es más de 0,005 %, la aptitud de fabricación se ve deteriorada, de manera que el límite superior es de 0,005 %. Preferentemente, considerando la aptitud de fabricación, la cantidad es de 0,0003 a 0,002%.

B es un elemento para mejorar la aptitud de conformación en caliente y la aptitud de conformación secundaria. La adición a acero que contiene Ti resulta eficaz. El acero de Ti usa el Ti para fijar el C, de manera que la resistencia de frontera de grano falla y aparece de forma fácil la fractura de frontera de grano en el momento de la formación secundaria. Cuando se añade, la cantidad es de 0,0003 % o más para obtener estos efectos. No obstante, la adición excesiva provoca una disminución del estiramiento, de manera que el límite superior es de 0,005 %. Preferentemente, considerando el coste del material y la aptitud de conformación, la cantidad es de 0,0005 a 0,00 %.

Ca es un elemento que mejora la aptitud de conformación en caliente y la limpieza del acero y se añade según sea necesario. Cuando se añade, la cantidad es de 0,0003 % para obtener estos efectos. No obstante, la adición excesiva conduce a una disminución de la aptitud de fabricación y una disminución de la resistencia frente a la corrosión debido a CaS u otras inclusiones solubles en agua, de manera que el límite es de 0,005 %. Preferentemente, considerando la aptitud de fabricación y la resistencia frente a la corrosión, la cantidad es de 0,0003 a 0,0015 %.

(II) Los motivos para la limitación del revestimiento de la superficie de acero se explican a continuación:

El acero inoxidable ferrítico de alta pureza de la presente invención define el estado químico del revestimiento para mejorar la resistencia frente a la corrosión.

Como se ha explicado anteriormente, la resistencia frente a la corrosión se mejora de forma extraordinaria por medio de la co-presencia de Cr y Sn en el revestimiento de la superficie de acero. Para formar un revestimiento con co-presencia de Cr y Sn eficaz para la mejora de la resistencia frente a la corrosión, se deben cumplir tanto la fórmula (1) como la fórmula (2):

$$0 < I(\text{Fe}) / I(\text{Cr}) < 5 \dots\dots\dots \text{fórmula (1)}$$

$$0 < I(\text{O}) / I(\text{Sn}) < 3 \dots\dots\dots \text{fórmula (2)}.$$

El estado químico de Cr o Fe, Sn y otros elementos en la superficie del acero referido en la presente invención se puede analizar usando el espectrofotómetro de fotoelectrones de rayos-X anteriormente mencionado (XPS).

Por ejemplo, dentro del intervalo de energía de enlace de 709 a 714 eV, en el estado en el que la cuenta de rayos-X es de 100 cps o más, existen óxidos de Fe (Fe_2O_3) presentes. Cuando la cuenta de rayos-X es menor que 100 cps, no existe mucha diferencia con respecto al nivel de fondo. En algunos casos, el resultado es que se confunde con el nivel de fondo. Por este motivo, se abarca la cuenta por encima de 100 cps. La intensidad de rayos-X I(Fe) de los óxidos de Fe muestra la diferencia entre la cuenta de rayos-X detectada y el nivel de fondo del intervalo de 709 a 714 eV como intensidad de pico (cps). La intensidad de rayos-X I(Cr) de los óxidos de Cr, la intensidad de rayos-X I(Sn) de los óxidos de Sn y la suma de las intensidades de rayos-X I(O) de óxidos diferentes de Fe, Cr y Sn, se miden de la misma forma que I(Fe).

Por ejemplo, cuando se detectan óxidos de Ti, Si y Mg, $I(O) = I(Ti) + I(Si) + I(Mg)$.

Además, cuando únicamente se detectan óxidos de Ti, $I(O) = I(Ti)$.

5 En la fórmula (1), cuando $I(Fe) / I(Cr) \geq 5$, la concentración de Fe en el revestimiento se vuelve elevada, Cr se vuelve escasa, y la obtención de la resistencia frente a la corrosión deseada por medio de la presente invención mediante la co-presencia de Sn y Cr se vuelve difícil. Por tanto, es posible hacer que $I(Fe) / I(Cr) < 5$ para obtener resistencia frente a la corrosión. Preferentemente, $I(Fe) / I(Cr) < 4$. El límite inferior de la fórmula (1) no está particularmente limitado. Debería ser mayor que 0, pero desde el punto de vista de intervalo preferido de la cantidad de Cr, el valor de 0,5 o más resulta más preferido.

10 En la fórmula (2), cuando $I(O) / I(Sn) \geq 3$, la concentración de Sn en el revestimiento se vuelve elevada, y la obtención de la resistencia frente a la corrosión deseada por medio de la presente invención mediante la co-presencia de Sn y Cr se vuelve difícil. Por tanto, es posible hacer que $I(O) / I(Sn) < 3$ para obtener la resistencia frente a la corrosión. Como se ha explicado anteriormente, cuanto más pequeño sea $I(O) / I(Sn)$, mayor es el potencial de picadura y más preferido resulta, desde el punto de vista de resistencia frente a la corrosión. Preferentemente, $I(Fe) / I(Cr) < 4$. El límite inferior de la fórmula (2) no se encuentra particularmente limitado. Debe ser mayor que 0, pero desde el punto de vista de intervalo preferido de la cantidad de Sn, el valor de 0,1 o más resulta más preferido.

15 El espesor del revestimiento cambia dependiendo del método de producción (picadura o recocido que evita la oxidación) explicado a continuación, de manera que no se puede definir un intervalo claro, pero si es de 20 angstroms o más, se inhibe el efecto de la presente invención. No obstante, si está por encima de 1000 angstroms, aparece coloración, de manera que existe la posibilidad de que el matiz de la superficie se vea perjudicado. Por tanto, el espesor de revestimiento es de 1000 angstroms o menos. Considerando la resistencia frente a la corrosión y la aptitud de fabricación, preferentemente el espesor de revestimiento es de 30 a 100 angstroms.

Los motivos para la limitación referida al método de producción se explican a continuación.

25 En primer lugar, se explica el caso de un método para llevar a cabo el recocido final por medio de recocido común mediante calentamiento en una atmósfera de combustión en la que se quema gas natural, aceite pesado, etc.

30 Se hace que la temperatura final de recocido sea mayor de 700 °C para provocar que el acero recristalice tras el procesado en frío y garantizar la aptitud de conformación. No obstante, en el acero inoxidable ferrítico de alta pureza que abarca la presente invención, los precipitados que incluyen Ti y P se forman de manera sencilla cerca de 700 a 800 °C. Con el fin de evitar que el intervalo de temperaturas de la formación de precipitados conduzca de manera probable a una disminución de la resistencia frente a la corrosión, preferentemente el límite inferior de la temperatura de recocido es de 800 °C. Un aumento excesivo de la temperatura de recocido provoca el engrosamiento del tamaño de grano cristalino y conduce a rugosidad superficial debido al procesado o la disminución de otras facetas de calidad superficial. Preferentemente, el límite superior de la temperatura de recocido debe ser de 950 °C.

35 Tras el recocido final, el acero se enfría de forma rápida por medio de una tasa de enfriamiento de 700 °C a 10 °C/s. Se ajusta la tasa de enfriamiento para hacer que el tiempo de residencia en el intervalo de temperaturas de 200 a 700 °C sea de al menos 1 minuto. Si está por encima de 700 °C, como se ha explicado anteriormente, se forman precipitados que contienen Ti o P y esto conduce a una disminución de la resistencia frente a la corrosión, de manera que el límite superior es de 700 °C. Si es menor que 200 °C, el coeficiente de difusión de los elementos en el acero es pequeño y no cabe esperar el efecto de mejora de resistencia frente a la corrosión debido al fenómeno de movimiento de Sn hasta las fronteras de grano por vía termodinámica. Por tanto, el límite inferior es de 200 °C. Más preferentemente, el intervalo es de 300 a 600 °C.

40 Se hace que el tiempo de residencia de 200 a 700 °C sea preferentemente de 1 minuto o más, para obtener el efecto de mejora de resistencia frente a la corrosión debido a la concentración de Sn en el revestimiento y directamente bajo el mismo. El límite superior no se encuentra particularmente definido, pero si se usa una instalación de recocido continua a escala industrial, es preferible una duración de no más de 5 minutos. Más preferentemente, el tiempo es de no más de 3 minutos.

45 Para modificar el revestimiento por la co-presencia de Sn y Cr deseados por la presente invención, se somete el material de acero recocido final a decapado en una disolución acosa que contiene 5 % en masa o más de ácido nítrico. El límite superior de la concentración de ácido nítrico no está particularmente limitado, pero considerando la característica de decapado y el coste, es de 20 % o menos.

50 La temperatura de decapado afecta a las reacciones superficiales, pero con una temperatura de decapado de acero inoxidable común (por ejemplo de 50 °C) o similar, no hay problema alguno. Para la modificación del revestimiento deseado por medio de la presente invención, se prefiere 45 °C o más. Más preferentemente, la temperatura está dentro del intervalo de 50 a 70 °C. El límite superior de la temperatura, desde el punto de vista de seguridad de fabricación, debería ser menor de 80 °C, preferentemente 70 °C.

Nótese que la atmósfera del recocido final en el momento de uso del decapado no se encuentra particularmente

limitada.

5 Cuando se lleva a cabo el recocido que evita la oxidación como recocido final, el gas atmosférico está formado por al menos un 50 % en volumen de gas de hidrógeno y un equilibrio de gas de nitrógeno e impurezas inevitables mezcladas con el mismo. El punto de rocío del gas atmosférico es de -50 °C a -20 °C. El gas de hidrógeno tiene una acción de reducción de los óxidos basados en Fe en el momento del recocido que evita la oxidación, de manera que preferentemente es de 70 % o más. El equilibrio puede ser un gas inerte que no contribuye a la oxidación del acero, por ejemplo, gas de argón, etc., pero si se consideran los costes a escala industrial, se prefiere gas de nitrógeno. Si el gas de hidrógeno es menos de 50 % en volumen, el mantenimiento y el control del estado no oxidado de la superficie de acero inoxidable se vuelve complicado desde el punto de vista industrial.

10 El punto de rocío del gas atmosférico es de -20 °C o menos para evitar la coloración, reducir los óxidos de Fe y formar óxidos de Cr (Cr_2O_3). Para evitar de manera suficiente los óxidos de Fe, preferentemente el punto de rocío es de -30 °C o menos. Por otra parte, si es -50 °C o menos, el Sn de la superficie de acero se reduce finalmente y la concentración de Sn en el revestimiento queda inhibida. Por este motivo, la formación de un revestimiento de Sn y Cr co-presentes deseada por medio de la presente invención resulta difícil. Por tanto, el punto de rocío es de -50 °C o más. A partir de lo anterior, para la formación del revestimiento deseado por medio de la presente invención, preferentemente el punto de rocío del gas atmosférico está dentro del intervalo de -30 °C a -50 °C.

20 Si se lleva a cabo el recocido que evita la oxidación como recocido final, la temperatura de recocido se adopta según las condiciones de recocido basándose en el calentamiento termodinámico común. No obstante, no es necesario llevar a cabo la permanencia en un intervalo de temperatura de 200 a 700 °C y el decapado tras el recocido, necesarios en el recocido de tipo calentamiento atmosférico.

Ejemplos

A continuación, se explican los ejemplos del caso en el que la presente invención es una chapa de acero.

25 Se fundió una chapa de acero inoxidable ferrítico que tenía los ingredientes de la Tabla 2, se calentó hasta una temperatura de 1150 a 1200 °C, y se laminó en caliente para obtener una chapa de acero laminada en caliente de un espesor de 3,8 mm. Se sometió la chapa de acero laminada en caliente a recocido, decapado y posteriormente se laminó en frío hasta un espesor de 0,8 mm, y finalmente se recoció a la temperatura descrita en la Tabla 3. Tras el recocido, se enfrió hasta 200 °C por medio de una tasa de enfriamiento media de 10 a 20 °C/s. Después de esto, se usó la chapa para análisis del revestimiento y evaluación de la resistencia frente a la corrosión. Para el acero comparativo, se usó SUS304 (18 % de Cr - 8 % de Ni).

30 Para el análisis del revestimiento, se usó XPS para encontrar los valores de $I(\text{Fe}) / I(\text{Cr})$ e $I(\text{O}) / (I(\text{Sn}))$. Se evaluó la resistencia frente a la corrosión por medio de medición del potencial de picadura y el ensayo de ciclo. Se midió el potencial de picadura por medio del método anteriormente mencionado, basándose en JIS G 0577. Se llevó a cabo el ensayo de ciclo por medio del método repetido anteriormente mencionado de secado y humidificación. Para el análisis del revestimiento, se usó una chapa de acero recocido final. Para evaluar la resistencia frente a la corrosión, además de una chapa de acero recocida final (material), se usó un producto procesado obtenido por medio de embutición intensa del material para dar lugar a un cilindro. La embutición intensa cilíndrica se llevó a cabo por medio de un tamaño de blanco de 80 mm de diámetro, un tamaño de punzón de 40 mm de diámetro, un tamaño de sufridera de 42 mm de diámetro y una presión de retención de blanco de 1 tonelada. Para la lubricación, se usó una película. Se evaluó la resistencia frente a la corrosión por medio del aspecto tras un ensayo de 12 ciclos. Se evaluó el grado de corrosión en comparación con SUS304, calificándose de "muy bueno" un aspecto mejor, "bueno" cuando no observan diferencias y "pobre" cuando el aspecto es inferior.

La Tabla 3 y la Figura 1 muestran todos los resultados de ensayo juntos.

45 A partir de la Tabla 3, los Nos. de Ensayo 1 a 4, 8, y 11 a 20 son aceros inoxidables ferríticos de alta pureza que cumplen los ingredientes y el revestimiento definidos en la presente invención. El potencial de picadura $V'c100$ está por encima de 0,2 V (V frente a AgCl). Se proporciona una resistencia frente a la corrosión de un valor no diferente a la de SUS304 o por encima del mismo.

A partir de la Figura 1, también, se observa que si se cumple la fórmula (1) y la fórmula (2) y se dispone de un potencial de picadura $V'c100$ de más de 0,2 V (V frente a AgCl), se proporciona resistencia frente a la corrosión.

50 En este caso, se podría confirmar la eficacia de la resistencia frente a la corrosión no solo en la etapa de material, sino también tras la conformación. Es decir, estas chapas de acero exhiben el efecto de mejora de la resistencia frente a la corrosión deseada por medio de la presente invención. Nótese que, se produjeron estas chapas de acero por medio del método de producción definido por la presente invención.

55 Los Ensayos Nos. 5 a 7, 9 y 10 tuvieron los ingredientes definidos en la presente invención, pero se produjeron por medio de métodos diferentes del método de producción de la presente invención. Estas chapas fallaron en cuanto a cumplir el estado de revestimiento definido en la presente invención, fallaron a la hora de mostrar cualquier mejora del potencial de picadura, y fallaron a la hora de proporcionar la resistencia frente a la corrosión deseada por medio

de la presente invención.

5 Los ensayos Nos. 21 a 23 se produjeron por medio del método de producción definido por la presente invención, pero tuvieron los ingredientes fuera de los de la presente invención. Estas chapas fallaron a la hora de cumplir el estado de revestimiento definido en la presente invención, fallaron a la hora de mostrar cualquier mejora del potencial de picadura y fallaron a la hora de proporcionar la resistencia frente a la corrosión deseada por medio de la presente invención.

Tabla 2

Acero	C	Si	Mn	P	S	Cr	N	Al	Sn	Ti	Ni	Cu	Nb	Mo	Mg	B	Ca
A	0,004	0,12	0,09	0,015	0,0016	16,2	0,009	0,012	0,55	0,17	-	-	-	-	-	-	-
B	0,004	0,12	0,1	0,014	0,001	16,2	0,01	0,013	0,21	0,18	-	0,29	-	-	-	-	-
C	0,003	0,04	0,08	0,016	0,0015	16,6	0,008	0,04	0,18	0,2	-	-	-	-	0,0003	0,0009	-
D	0,01	0,5	0,2	0,035	0,0011	19,5	0,012	0,02	0,65	0,08	0,29	0,4	0,38	-	-	-	-
E	0,003	0,12	0,1	0,015	0,002	13,8	0,01	0,023	0,03	0,18	-	-	-	-	-	-	-
F	0,003	0,06	0,08	0,01	0,0015	16,4	0,007	0,013	0,5	0,14	-	-	-	0,25	-	-	-
G	0,009	0,11	0,07	0,012	0,0012	12,5*	0,016	0,04	0,7	0,33	-	-	-	-	0,0003	0,002	0,0005
H	0,003	0,04	0,1	0,01	0,0026	16,3	0,007	0,016	- *	0,18	-	-	-	-	0,0005	0,0005	-
I	0,045*	0,3	0,6	0,03	0,002	16,2	0,04*	0,025	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
J	0,003	0,13	0,1	0,021	0,0005	13,9	0,0064	0,04	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
K	0,003	0,13	0,1	0,022	0,0004	14,1	0,008	0,05	0,11	-	-	-	0,1	-	-	-	-
L	0,003	0,13	0,1	0,022	0,0004	14,1	0,008	0,05	0,08	-	-	-	0,1	0,1	-	-	-
M	0,004	0,11	0,1	0,022	0,0006	14,2	0,011	0,048	0,12	0,006	-	-	0,053	-	-	-	-
N	0,016	0,5	0,5	0,03	0,003	16,4	0,015	0,01	0,055	-	-	0,4	0,55	-	-	-	-
O	0,014	0,15	0,15	0,03	0,0045	19,4	0,015	0,005	0,009	-	0,28	0,35	0,45	-	-	0,0008	0,0005

Tabla 3

Número	Acero	Potencial de picadura V^*_{C100} (V frente a AgCl)	Resistencia frente a la corrosión		Resultados del análisis XPO de revestimiento		Recocido final	AP		BA		Observaciones	
			Material	Conformado	I(Fe)/I(Cr)	I(O)/I(Sn)		Resistencia	Ácido nítrico	Conc. H2	Punto de Rocío		
1	A	0,47	Muy bueno	Muy bueno	2,0	0,1	870 °C	Si	15 %	-	-	Ej. Inv.	
2		0,40	Bueno	Bueno	2,5	0,3		Si	7 %	-	-	Ej. Inv.	
3		0,33	Bueno	Bueno	0,5	1,5		-	-	60 %	-45 °C	-	Ej. Inv.
4		0,35	Bueno	Bueno	1,5	1,0		-	-	90 %	-35 °C	-	Ej. Inv.
5		0,15*	Pobre	Pobre	6,0*	1,5		No*	3 %*	-	-	-	Ej. Comp.
6		0,12*	Pobre	Pobre	1,0	4,0*		-	-	90 %	-60 °C*	-	Ej. Comp.
7		0,08*	Pobre	Pobre	8,0*	2,0		-	-	90 %	-15 °C*	-	Ej. Comp.
8	B	0,42	Muy bueno	Muy bueno	2,0	0,5	920 °C	Si	10 %	-	-	Ej. Inv.	
9		0,16*	Pobre	Pobre	6,0*	2,0	870 °C	Si	3 %*	-	-	Ej. Comp.	
10	C	0,18*	Pobre	Pobre	4,0	3,5*	870 °C	No*	6 %	-	-	Ej. Comp.	
11		0,32	Bueno	Bueno	2,0	0,6	940 °C	Si	8 %	-	-	Ej. Inv.	
12		0,65	Muy bueno	Muy bueno	1,0	0,1	980 °C	Si	8 %	-	-	Ej. Inv.	
13	E	0,25	Bueno	Bueno	3,0	1,5	850 °C	Si	12 %	-	-	Ej. Inv.	
14	F	0,50	Muy bueno	Muy bueno	2,0	0,2	870 °C	Si	10 %	-	-	Ej. Inv.	
15	J	0,21	Bueno	Bueno	3,0	2,0	880 °C	Si	12 %	-	-	Ej. Inv.	
16	K	0,22	Bueno	Bueno	2,5	1,5	920 °C	Si	12 %	-	-	Ej. Inv.	
17	L	0,27	Bueno	Bueno	2,5	1,5	900 °C	Si	12 %	-	-	Ej. Inv.	

	18	M	0,25	Bueno	Bueno	3,0	1,5	900 °C	Si	12 %	-	-	Ej. Inv.
	19	N	0,30	Muy bueno	Bueno	2,5	2,0	970 °C	Si	8 %	-	-	Ej. Inv.
	20	O	0,40	Muy bueno	Bueno	2,0	2,7	1000 °C	Si	8 %	-	-	Ej. Inv.
Ingredientes comparativos	21	G*	0,15*	Pobre	Pobre	5,5*	3,0*	830 °C	-	-	90 %	- 45 °C	Ej. Comp.
	22	H*	0,16*	Pobre	Pobre	2,5	I(Sn)=0*	860 °C	Si	8 %	-	-	Ej. Comp.
	23	I*	0,1*	Pobre	Pobre	3,5	5,0*	820 °C	Si	8 %	-	-	Ej. Comp.
	SUS304		0,28	Bueno	Bueno	4,0	I(Sn)=0	1050 °C	-	8 %	-	-	-

Susceptibilidad de Aplicación Industrial

De acuerdo con la presente invención, es posible hacer uso de la excelente aptitud de conformación del acero inoxidable ferrítico de alta pureza al tiempo que se mejora de forma extraordinaria la resistencia frente a la corrosión y para ampliar las aplicaciones del acero inoxidable ferrítico de alta pureza de tipo protección de aleación más rentables, en comparación con el acero inoxidable austenítico.

5

REIVINDICACIONES

1.- Un acero inoxidable ferrítico de alta pureza excelente en cuanto a resistencia frente a la corrosión, formado por, en % en masa,

C: de 0,001 a 0,02 %,

5 Si: de 0,01 a 0,6 %,

Mn: de 0,01 a 0,6 %,

P: de 0,005 a 0,04 %,

S: de 0,0001 a 0,01 %,

Cr: de 13 a 22 %,

10 N: de 0,001 a 0,02 %,

Al: de 0,005 a 0,05 %,

Sn: de 0,001 a 1 %, y opcionalmente uno o más de

Ti: de 0,05 a 0,35 %,

Ni: de 0,05 a 0,5 %,

15 Cu: de 0,05 a 0,5 %,

Nb: de 0,05 a 0,7 %,

Mo: de 0,005 a 0,5 %,

Mg: de 0,0001 a 0,005 %,

B: de 0,0003 a 0,005 %,

20 Ca: de 0,0003 a 0,005 % y

un equilibrio de Fe e impurezas inevitables,

en el que dicho acero se caracteriza por cumplir las dos relaciones de la fórmula (1) y la fórmula (2) siguientes, en las que I(Fe), I(Cr), I(Sn) e I(O) son las intensidades de rayos-X de los óxidos de Fe, óxidos de Cr, óxidos de Sn y otros óxidos detectados en la superficie del acero medidas por medio de espectrómetro de fotoelectrones de rayos-X:

25 $0 < I(\text{Fe}) / I(\text{Cr}) < 5$ fórmula (1) y

$0 < I(\text{O}) / I(\text{Sn}) < 3$ fórmula (2).

2.- Un acero inoxidable ferrítico de alta pureza excelente en cuanto a resistencia frente a la corrosión como se explica en la reivindicación 1, caracterizado porque el acero contiene además, en % en masa, uno o más de:

Ti: de 0,05 a 0,35 %,

30 Ni: de 0,05 a 0,5 %,

Cu: de 0,05 a 0,5 %,

Nb: de 0,05 a 0,7 %,

Mo: de 0,005 a 0,5 %,

Mg: de 0,0001 a 0,005 %,

35 B: de 0,0003 a 0,005 %, y

Ca: de 0,0003 a 0,005 %.

3.- Un acero inoxidable ferrítico de alta pureza excelente en cuanto a resistencia frente a la corrosión como se explica en la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que, en la superficie del acero, el potencial de picadura V'c100 en una disolución acuosa de NaCl de 3,5 % a 30 °C está por encima de 0,2 V (V frente a AgCl).

- 4.- Un método de producción de un acero inoxidable ferrítico de alta pureza excelente en cuanto a resistencia frente a la corrosión que comprende forjar en caliente o laminar en caliente el acero inoxidable ferrítico de alta pureza que se explica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 para obtener un material de acero laminado en caliente y procesar en frío de forma repetida y recocer el mismo, en el que el método de producción del material de acero se caracteriza por recocer a una temperatura mayor que 800 °C para el recocido final, posteriormente enfriarlo a una tasa de enfriamiento de 10 °C/s o más hasta 700 °C o menos, mantenerlo en un intervalo de temperatura de 200 a 700 °C durante al menos 1 minuto para el enfriamiento, posteriormente decapar en una disolución acuosa que contiene, en % en peso, al menos ácido nítrico de 5 %.
- 5.- Un método de producción de un acero inoxidable ferrítico de alta pureza excelente en cuanto a resistencia frente a la corrosión que comprende forjar en caliente o laminar en caliente el acero inoxidable ferrítico de alta pureza que se explica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 para obtener un material de acero laminado en caliente y procesar en frío de forma repetida y recocer el mismo, en el que el método de producción del material de acero se caracteriza por llevar a cabo el recocido final por medio de recocido que evita la oxidación a una temperatura mayor que 800° C, siendo el gas atmosférico del mismo al menos 50 % en volumen de gas de hidrógeno y un equilibrio sustancial de gas de nitrógeno e impurezas inevitables, siendo el punto de rocío del gas atmosférico de -50 °C a -20°C.

Fig.1

