

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 221**

51 Int. Cl.:

C21D 6/00	(2006.01)	C21D 9/46	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/00	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)	C22C 38/50	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/22	(2006.01)		
C22C 38/26	(2006.01)		
C22C 38/44	(2006.01)		
C22C 38/46	(2006.01)		
C22C 38/48	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2008 E 08703088 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012 EP 2100983**

54 Título: **Chapa de acero inoxidable ferrítico para calentador de agua de excelente resistencia a la corrosión en una parte soldada y tenacidad de la chapa de acero**

30 Prioridad:

12.01.2007 JP 2007004021

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

20.02.2013

73 Titular/es:

**JFE STEEL CORPORATION (100.0%)
2-3, UCHISAIWAICHO 2-CHOME
CHIYODA-KU TOKYO 100-0011, JP**

72 Inventor/es:

**FUKUDA, KUNIO;
FUNAKAWA, YOSHIMASA;
OKADA, SHUJI;
KASAMO, TOSHIHIRO;
KOBORI, KATSUHIRO;
UJIRO, TAKUMI y
ISHII, TOMOHIRO**

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 396 221 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Chapa de acero inoxidable ferrítico para calentador de agua de excelente resistencia a la corrosión en una parte soldada y tenacidad de la chapa de acero

5

Campo técnico

La presente invención se refiere a una chapa de acero inoxidable ferrítico para un calentador de agua, proporcionando la chapa de acero inoxidable ferrítico una excelente resistencia a la corrosión de las soldaduras y que presenta excelente tenacidad de la chapa de acero.

10

Antecedentes

El acero inoxidable ferrítico, tal como el JIS-SUS444 (Normas Industriales Japonesas) es menos sensible a la corrosión bajo tensión (CBT) que el acero inoxidable austenítico y, por lo tanto, se ha utilizado como material para calentadores de agua eléctricos y similares.

15

Sin embargo, el agua corriente contiene cloro residual que se ha añadido por requisitos sanitarios, de modo que el acero inoxidable ferrítico utilizado como material de un calentador de agua eléctrico puede ser corroído por el comportamiento del oxígeno del cloro residual. En particular, las soldaduras (metales de soldadura) y zonas soldadas afectadas térmicamente a menudo presentan problemas con la resistencia a la corrosión.

20

Con el fin de mejorar la resistencia a la corrosión, por ejemplo, la publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 58-71356 describe un procedimiento para mejorar la resistencia a la corrosión a través de la reducción de P y S, y C y N utilizando una técnica de refinado de alta pureza.

25 La publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 10-81940 describe una técnica para mejorar la resistencia a la corrosión de soldaduras a través de la limitación del contenido de Ti, la adición combinada de Ti y Al, y la adición de una cantidad adecuada de Cu.

La publicación de solicitud de patente Japonesa no examinada nº 7-286239 describe acero inoxidable ferrítico con una excelente capacidad de soldadura por láser, conteniendo el acero inoxidable ferrítico, en términos de % en masa, $C \leq 0,03\%$, $N \leq 0,025\%$, $O \leq 0,02\%$, y $11\% \leq Cr \leq 35\%$, y el contenido de C [% C], N [% N], O [% O] y Cr [% Cr] cumpliendo $[C\%] + 3 [N\%] + [O\%] < (124,4 - [Cr\%])/1750$ de manera que las concentraciones de oxígeno y nitrógeno en las zonas de soldadura por láser son 250 ppm o menos y 350 ppm o menos, respectivamente, el diámetro medio de partícula del carburo y el nitruro de precipitado es $3 \mu\text{m}$ o menos, y la densidad de precipitación total es $1 \times 10^5 / \text{mm}^2$ o menos.

La publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 9-217151 describe acero inoxidable ferrítico con una excelente soldabilidad, conteniendo el acero inoxidable ferrítico, en términos de % en masa, $0,001\% \leq c \leq 0,08\%$, $0,01\% \leq Si \leq 1,0\%$, $0,01\% \leq Mn \leq 2,0\%$, $10,5\% \leq Cr \leq 32,0\%$, $0,001\% \leq N \leq 0,04\%$, $0,005\% \leq Al \leq 0,2\%$, $0,001\% \leq Mg \leq 0,02\%$, y $0,001\% \leq O \leq 0,02\%$, estando compuesto el resto de Fe e impurezas inevitables.

La publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2005-15816 describe un cuerpo de un calentador de agua con una excelente resistencia a la corrosión, quedando el cuerpo unido al barril superior e inferior por calafateo, estando compuesto el cuerpo de una chapa de acero inoxidable ferrítico que contiene, en términos de % en masa, $C \leq 0,003\%$, $0,1\% \leq Si \leq 0,4\%$, $Mn \leq 0,4\%$, $P \leq 0,04\%$, $S \leq 0,01\%$, $16,0\% \leq Cr \leq 25,0\%$, $0,8\% \leq Mo \leq 2,5\%$, $N \leq 0,03\%$, $0,1\% \leq Nb \leq 0,6\%$, $0,05\% \leq Ti \leq 0,3\%$, y $0,01\% \leq Al \leq 0,5\%$, el Nb, Ti, C y N cumpliendo $Nb + Ti \geq 7 (C + N) + 0,15$, y siendo el resto sustancialmente Fe.

La publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2006-57544 describe acero inoxidable ferrítico con una excelente resistencia a la corrosión intersticial, conteniendo el acero inoxidable ferrítico, en términos de % en masa, $0,001\% \leq C \leq 0,02\%$, $0,001\% \leq N \leq 0,02\%$, $0,01\% \leq Si \leq 0,3\%$, $0,05\% \leq Mn \leq 1\%$, $P \leq 0,04\%$, $0,15\% \leq Ni \leq 3\%$, $11\% \leq Cr \leq 22\%$, $0,01\% \leq Ti \leq 0,5\%$, y $0,0002\% \leq Mg \leq 0,002\%$, además, uno o más seleccionados de Mo, Nb y Cu con porcentajes de $0,5 \leq Mo \leq 3,0\%$, $0,02\% \leq Nb \leq 0,6\%$, $0,1\% \leq Cu \leq 1,5\%$ dentro de un intervalo que cumple $Cr + 3Mo + 6(Ni + Nb + Cu) \geq 23$, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.

55

Utsunomiya. T. Sugimoto. I. Adachi. T., Uematsu. Y.: "*Development of atmospheric corrosion resistant ferritic stainless steel*" en Nisshin Steel Technical Report. vol. 70. 30 de Septiembre de 1994. Páginas 45 - 58. XP 009128155.

60 El contenido de este documento japonés describe dos aceros adecuados para calentadores de agua en el que la composición química del primer acero inoxidable ferrítico es en % en masa: 0,01% C, 0,2-0,43% Si, 0,19-0,25% Mn, 21,21-22,78% Cr, 0,57-1,63% Mo, 0,02-0,39% Nb, restos-0,49% Ti, restos-0,117% Al, y menos de 0,014% N, estando el resto compuesto de Fe e impurezas inevitables entre ellas fósforo (P), azufre (S) y oxígeno (O). El

segundo acero inoxidable ferrítico descrito (22Cr-0,7Mo-Nb) comprende, en términos de % en masa, 0,015% C, 0,42% Si, 0,22% Mn, 22,01% Cr, 0,016% N, 0,72% Mo, 0,48% Nb, siendo el resto Fe e impurezas inevitables entre ellas fósforo (P), azufre (S), oxígeno (O) y aluminio (Al).

5 Descripción de la invención

En los últimos años, junto con el endurecimiento de los requisitos sanitarios, las leyes sobre la salud de los edificios o las leyes de gestión de los edificios se revisaron en 2003 con el fin de requerirse que el agua caliente que va a edificios específicos contuviera 0,1 mg/L o más de cloro. Como resultado de esto, considerando el consumo del cloro residual, la concentración de cloro en el agua caliente que va a través de un sistema de suministro de agua caliente debe aumentarse. Por lo tanto, con las técnicas conocidas descritas en las publicaciones de las solicitudes de Patente Japonesa no Examinadas nº 58-71356, 10-81940, 7-286239, 9-217151, 2005-15816, y 2006-257544 no puede conseguirse una suficiente resistencia corrosiva de las soldaduras.

La invención se ha logrado en vista de los problemas descritos anteriormente, y está destinada a proporcionar una chapa de acero inoxidable ferrítico para un calentador de agua, presentando la chapa de acero una tenacidad suficiente, y proporcionar una resistencia a la corrosión de las soldaduras suficiente a pesar de un aumento de la concentración de cloro.

Con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente, los inventores estudiaron minuciosamente las influencias de los componentes químicos del acero sobre la resistencia a la corrosión del material de base y las soldaduras, y las influencias de los componentes químicos del acero sobre la fabricabilidad de la chapa de acero.

En la producción de un cuerpo para un calentador de agua se utiliza comúnmente soldadura TIG (*Tungsten Inert Gas*). En la soldadura TIG, el anverso y el reverso de la soldadura se protegen con un gas inerte para minimizar la formación de color revenido (capa de óxido) en las soldaduras. Sin embargo, la protección de gas no es perfecta en un proceso práctico, de modo que el oxígeno en el aire invade ligeramente para formar una capa de óxido denominada color revenido en los cordones de soldadura en la parte superior y posterior de las soldaduras.

Como resultado del estudio sobre la capa de óxido, se ha descubierto que la capa de óxido consume Cr contenido en el material de base para disminuir la concentración de Cr en el material de base inmediatamente por debajo de la capa de óxido, lo cual es una causa principal del deterioro de la resistencia a la corrosión. De este modo, se estudió la relación entre las propiedades de las capas de óxido formadas a diferentes temperaturas, la concentración de Cr en la capa inferior, y la resistencia a la corrosión. Los resultados indican que, cuando la temperatura de calentamiento máxima es de 1000° C o más, una capa de óxido formada a una temperatura de 1000° C o más contiene selectivamente una gran cantidad de Cr, y que la resistencia a la corrosión del material de base con un bajo contenido de Cr se deteriora notablemente incluso si el contenido de Mo en el acero es elevado. Por otra parte, cuando la temperatura de calentamiento máximo es de 800 a por debajo de 1000° C, una capa de óxido formada a una temperatura de 800 a por debajo de 1000° C genera óxidos de Cr a bajas velocidades, y el Cr se difunde rápidamente desde el material de base hacia la superficie de la chapa de acero, de modo que la resistencia a la corrosión se ve relativamente menos afectada. Cuando la temperatura máxima de calentamiento es inferior a 800° C, una capa de óxido formada a una temperatura por debajo de 800° C genera óxidos de Cr a bajas velocidades, pero el Cr se difunde lentamente desde el material de base hacia la superficie de la chapa de acero, lo que tiene como resultado el deterioro de la resistencia a la corrosión. Sin embargo, se ha encontrado que, en el intervalo de temperaturas, se forma una capa protectora de alta densidad mediante la formación selectiva de óxidos de Si y Al, que reduce el deterioro de la resistencia a la corrosión.

También se ha encontrado que un aumento en la concentración de Cr en el material de base tiene como resultado un deterioro de la tenacidad, específicamente la tenacidad de la chapa de acero laminado en caliente, lo que se traduce en la ruptura de la banda de acero durante el recocido de la chapa de acero laminada en caliente o que el laminado en frío deteriora notablemente la productividad. Por otra parte, se ha descubierto que el deterioro de la tenacidad de una chapa de acero laminada en caliente puede evitarse mediante la adición de Nb como elemento para fijar C y N reduciendo así el Ti. Las figuras 1 y 2 muestran los resultados de un ensayo de impacto *Charpy* en chapas de acero laminadas en caliente de 4 mm de grosor, una de las cuales está realizada de un acero 21%Cr-1,2%Mo de bajo contenido en C y N al cual se le añade un 0,3% de Nb solo y el otro está realizado del mismo acero 21% Cr-1,2%Mo con bajo contenido en C y N al cual se le añade una combinación de 0,2% de Nb y 0,1% de Ti. De acuerdo con los resultados mostrados en las figuras 1 y 2, la adición de una pequeña cantidad de Ti provocó un marcado deterioro de la tenacidad de la chapa de acero laminada en caliente y que, independientemente del aumento de la concentración de Cr, la adición de Nb solo como elemento para la fijación de C y N permite la producción de una chapa de acero sin deterioro de la productividad de la chapa de acero (banda de acero).

En base a los resultados anteriores, se han obtenido los siguientes resultados.

La resistencia a la corrosión de las soldaduras se ve notablemente influenciada por la capa de óxido formada durante la soldadura y el material de base inmediatamente por debajo de la capa de óxido.

El deterioro de la resistencia a la corrosión de las soldaduras pueden evitarse mediante la formación selectiva de óxidos de Al y Si.

La adición de Ti y Nb mejora la resistencia a la corrosión del material de base. Sin embargo, la adición de una cantidad excesiva de Ti deteriora la tenacidad de la chapa de acero, específicamente la tenacidad de la chapa de acero laminada en caliente que deteriora notablemente la productividad de la chapa de acero.

10

La presente invención se ha conseguido en base a las conclusiones anteriores, y los aspectos de la misma son como sigue.

[1] Una chapa de acero inoxidable ferrítico para un calentador de agua con una excelente resistencia a la corrosión de soldaduras y tenacidad que incluye, en términos de % en masa, 0,020% o menos de C, 0,30 a 0,80% de Si, 1,00% o menos de Mn, 0,040% o menos de P, 0,010% o menos de S, entre 20,0 y 28,0% de Cr, 0,6% o menos de Ni, entre 0,03 y 0,15% de Al, 0,020% o menos de N, entre 0,0020 y 0,0150% de O, entre 0,3 y 1,5% de Mo, entre 0,25 y 0,60% de Nb, y 0,05% o menos de Ti, estando compuesto el resto de Fe e impurezas inevitables, y cumpliendo la chapa de acero inoxidable ferrítico las siguientes fórmulas (1) y (2):

20

$$25 \leq Cr + 3,3Mo \leq 30 \quad (1)$$

$$0,35 \leq Si + Al \leq 0,85 \quad (2)$$

en la que Cr, Mo, Si, y Al representan el contenido (% en masa) de Cr, Mo, Si, y Al, respectivamente.

25

[2] La chapa de acero inoxidable ferrítico para un calentador de agua de [1] que incluye, además, en términos de % en masa, entre 0,005 y 0,50% de V, más de 22% a 28,0% de Cr, y cumple la siguiente fórmula (3).

$$0,1 \leq 4V / (Nb - 8(C + N)) \leq 5,0 \quad (3)$$

30

en la que V, Nb, C, N representan el contenido (% en masa) de V, Nb, C y N, respectivamente.

[3] La chapa de acero inoxidable ferrítico para un calentador de agua de [1] ó [2] con una excelente resistencia a la corrosión de las soldaduras y tenacidad que incluye, además, en términos de % en masa, entre 0,2 y 1,0% de Cu y/o entre 0,10 y 0,60% de Zr.

35

En la presente descripción, todos los porcentajes que se dan para los componentes del acero se refieren a % en masa.

De acuerdo con la presente invención, se obtiene un acero inoxidable ferrítico para un calentador de agua que presenta una excelente resistencia a la corrosión de las soldaduras y tenacidad. Además, la presente invención resuelve los problemas mencionados anteriormente mediante la optimización del sistema de componentes, de modo que la resistencia a la corrosión de las soldaduras se mejora sin deteriorar la productividad de la chapa de acero.

El acero inoxidable ferrítico de la presente invención muestra una excelente tenacidad de la chapa de acero laminada en caliente, y una resistencia mejorada a la corrosión de las soldaduras. Por lo tanto, cuando el acero se utiliza como material del cuerpo de un calentador de agua, los daños causados por la corrosión de las soldaduras se reducen notablemente, independientemente de un aumento del contenido de cloro residual en el agua corriente, lo cual tiene como resultado que se obtienen notables efectos industriales.

50

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una gráfica que muestra el resultado del ensayo de impacto *Charpy* en dos chapas de acero laminadas en caliente de 4 mm de grosor con diferentes composiciones (relación entre la temperatura y la absorción de energía de la prueba).

55

La figura 2 es una gráfica que muestra el resultado del ensayo de impacto *Charpy* en dos chapas de acero laminadas en caliente de 4 mm con diferentes composiciones (relación entre la temperatura y el índice de superficie de fractura frágil de la prueba).

60 Mejor modo de llevar a cabo la invención

La presente invención se describe adicionalmente en detalle a continuación. En primer lugar, se describe la composición química de la presente invención.

C: 0,020% o menos

El C tiende a combinarse con Cr para formar un carburo de Cr. Puesto que la formación de un carburo de Cr en una zona afectada por el calor durante la soldadura produce un ataque intergranular, el contenido de C preferiblemente es tan bajo como sea posible. En consecuencia, el contenido de C se define que sea de un 0,020% o menos, y más
5 preferiblemente de un 0,014% o menos.

Si: entre 0,30 y 0,80%

El Si es un elemento eficaz para la resistencia a la corrosión de las soldaduras, y es un elemento importante en la presente invención. En particular, cuando se forma una capa de alta densidad de óxido de Si en la zona afectada por
10 el calor por oxidación durante la soldadura se evita el deterioro de la resistencia a la corrosión del material de base. Por ejemplo, cuando la chapa de acero inoxidable ferrítico de la presente invención se utiliza como material del cuerpo de un calentador de agua, en una solución que contiene cloro residual, la adición de un 0,30% o más de Si forma una capa de alta densidad, minimiza la oxidación de Cr, evita el deterioro de la concentración de Cr en la capa de óxido y la base de hierro inmediatamente por debajo de la capa de óxido, evita el deterioro de la resistencia a la
15 corrosión del material de base, obteniéndose de este modo el efecto de la capa de óxido en las soldaduras. En consecuencia, el contenido de Si se define que sea de un 0,30% o más, y es preferiblemente un 0,40% o más. Por otra parte, el Si deteriora las propiedades de decapado de chapas de acero laminadas en caliente y laminadas en frío deteriorando así la productividad. Además, la adición de una cantidad excesiva de Si provoca rigidez del material, lo que resulta en el deterioro de la capacidad de procesamiento. En consecuencia, el límite superior del
20 contenido de Si se define que sea de un 1,00%, y más preferiblemente un 0,80%.

Mn: 1,00% o menos

El Mn se combina con S contenido en el acero para formar MnS, que es un sulfuro soluble, deteriorando de este modo la resistencia a la corrosión. En consecuencia, el contenido de Mn se define que sea de un 1,00% o menos, y
25 más preferiblemente un 0,60% o menos.

P: 0,040% o menos

El P es un elemento que afecta negativamente la resistencia a la corrosión. La influencia es importante cuando el contenido de P es mayor de un 0,040%. En consecuencia, el contenido de P se define que sea de un 0,040% o
30 menos, y más preferiblemente un 0,030% o menos.

S: 0,010% o menos

El S es un elemento que afecta negativamente la resistencia a la corrosión. En particular, cuando S y Mn están presentes juntos, forman MnS, lo que influye notablemente la resistencia a la corrosión cuando su contenido es
35 mayor de un 0,010%. En consecuencia, el contenido de S está limitado a un 0,010% o menos, y más preferiblemente a un 0,006% o menos.

Cr: entre 20,0 y 28,0%

Tal como se ha descrito anteriormente, cuando se fabrica el cuerpo de un calentador de agua, se prefiere que la
40 soldadura se realice en unas condiciones tales que se minimice formación de una capa de óxido en la superficie de las soldaduras. Sin embargo, tal como se ha descrito anteriormente, en un proceso práctico, la protección de gas para el lado superior y posterior de las soldaduras no es perfecta, de modo que el oxígeno del aire invade ligeramente para formar una capa de óxido denominada color revenido en los cordones de soldadura en el lado superior y posterior de las soldaduras. La capa de óxido consume Cr en el material de base para disminuir la
45 concentración de Cr en la capa de óxido y el material de base inmediatamente por debajo de la capa de óxido, lo cual es una causa principal del deterioro de la resistencia a la corrosión. En particular, una capa de óxido formada a una temperatura de 1000° C o más contiene selectivamente una gran cantidad de Cr. Cuando la concentración de Cr en el material de base es baja, la resistencia a la corrosión en el rango de temperaturas se deteriora notablemente a pesar de un aumento en el contenido de Mo. En particular, cuando el contenido de Cr es de un 20,0% o menos en
50 un rango de temperaturas superior a 1000° C, la resistencia a la corrosión de las soldaduras es inestable, independientemente del contenido de Mo y otros elementos, lo que da lugar a la corrosión por picado en particular en zonas de hendiduras. Por consiguiente, el límite inferior del contenido de Cr se define que sea de un 20,0% o más. Si el contenido de Cr es mayor de un 28,0%, la capacidad de procesamiento se deteriora notablemente. En consecuencia, el contenido de Cr se define que sea de un 20,0% o más y de un 28,0% o menos, y preferiblemente
55 mayor de un 22,0% y de un 25,5%, o menos.

Ni: 0,6% o menos

El Ni es un elemento que contribuye de manera favorable a la mejora de la tenacidad. Para conseguir esto, el contenido de Ni es preferiblemente de un 0,1% o más. Sin embargo, si el contenido de Ni es mayor de un 0,6%, la
60 sensibilidad a la corrosión bajo tensión (SCC) aumenta. En consecuencia, el contenido de Ni se define que sea de un 0,6% o menos, y es más preferiblemente de un 0,4% o menos.

Al: entre 0,03 y 0,15%

Al igual que el Si, el Al es también un elemento importante en la presente invención respecto a la capa de óxido formada a una temperatura inferior a 800° C. La inclusión de Al en una proporción de un 0,03% o más mejora la resistencia a la corrosión. Por otra parte, el Al forma óxidos inmediatamente por debajo de las capas de óxido en las chapas de acero laminadas en caliente y laminadas en frío para consolidar las capas de óxido, obstaculizando de este modo el decapado que deteriora la productividad. En consecuencia, en la presente invención, el contenido de Al se define que sea de un 0,03% o más y de un 0,15% o menos, y más preferiblemente es entre un 0,06 y un 0,12%.

N: 0,020% o menos

El N tiende a combinarse con Cr para formar un nitruro de Cr. Como que la formación de un nitruro de Cr en una zona afectada por el calor durante la soldadura produce un ataque intergranular, el contenido de N es preferiblemente tan bajo como sea posible. En consecuencia, en la presente invención, el contenido de N se define que sea de un 0,020% o menos, y más preferiblemente de un 0,014% o menos.

O: entre 0,0020 y 0,0150%

El O (oxígeno) es un elemento que aumenta la profundidad de penetración en las soldaduras. Para conseguir esto, el contenido de O es preferiblemente de un 0,0020% o más. Si el contenido de O es mayor de un 0,0150%, se aumenta la cantidad de inclusiones, y la presencia de inclusiones produce un marcado deterioro de la resistencia a la corrosión. En consecuencia, el contenido de O se define que sea de un 0,0020% o más y de un 0,0150% o menos, y más preferiblemente entre un 0,0030 y un 0,0100%.

Mo: entre 0,3 y 1,5%

El Mo es un elemento que mejora notablemente la resistencia a la corrosión. El efecto de mejora es notable cuando el contenido de Mo es de un 0,3% o más. Si el contenido de Mo es mayor de un 1,5%, la tenacidad se deteriora notablemente, y la capacidad de procesamiento de las chapas de acero laminadas en frío también se deteriora en el intervalo de concentración de Cr de acuerdo con la presente invención. En consecuencia, el contenido de Mo se define que sea de un 0,3% o más y de un 1,5% o menos, y es preferiblemente de un 0,7% o más y de un 1,2% o menos.

Nb: entre 0,25 y 0,60%

El Nb forma un carbonitruro antes del Cr. Por lo tanto, el Nb impide la formación de carbonitruros de Cr tras el laminado en caliente, suprimiendo así el deterioro de la tenacidad. En consecuencia, el contenido de Nb se define que sea de un 0,25% o más. Si el contenido de Nb es mayor de un 0,60%, la tenacidad de la chapa de acero laminada en caliente se deteriora y la resistencia a la corrosión de las soldaduras también se deteriora. En consecuencia, el contenido de Nb se define que sea entre un 0,25 y un 0,60%, y preferiblemente es entre un 0,30 y un 0,50%.

V: entre 0,005 y 0,50%

El V es un elemento que mejora la resistencia a la corrosión. La mejora de la resistencia a la corrosión del material de base indirectamente tiene como resultado la mejora de la resistencia a la corrosión de las soldaduras. Además, se ha encontrado que la coexistencia de V y Nb mejora la resistencia a la oxidación. El mecanismo no ha sido completamente dilucidado, pero a través de una prueba de oxidación a una temperatura de 1100° C o más se confirmó que, debido a la coexistencia de Nb y V, se forma un óxido en la superficie de una chapa de acero inmediatamente debajo de una capa de óxido. Esto probablemente se debe al hecho de que la formación del óxido por la coexistencia de Nb y V en la superficie de la chapa de acero suprime, además, la difusión de Fe y Cr de la chapa de acero hacia el exterior, lo cual produce una reducción de la cantidad de oxidación de la chapa de acero. Es probable que el efecto suprima la oxidación de Fe y Cr en la chapa de acero durante la formación de la capa de óxido después de la soldadura, incluso a altas temperaturas de 1100° C o más evitando de este modo la formación de una capa sin Cr, y acelerando la formación de una capa de óxido de alta densidad compuesto de Al y Si, que son los elementos que consolidan la capa de óxido, inmediatamente debajo de la capa de óxido para mejorar la resistencia a la corrosión de las soldaduras. Con el fin de mejorar la resistencia a la corrosión del material de base y reforzar la capa de óxido, el contenido de V debe ser de un 0,005% o más. Sin embargo, la adición de una cantidad excesiva de V inhibe la formación de una capa de óxido que sirve de lubricante durante el laminado en caliente, lo cual provoca la formación de defectos superficiales formados por muchas asperezas de varios milímetros causadas por el contacto metálico entre la banda de acero y los rodillos del laminador. Los defectos de la superficie deterioran la resistencia a la corrosión de las soldaduras y el material de base. Con el fin de obtener una buena calidad de superficie, el contenido de V debe ser de un 0,50% o menos. En consecuencia, en la presente invención, el contenido de V se define que sea de un 0,005 a 0,50%, y más preferiblemente entre un 0,01 y un 0,20%.

Ti: 0,05% o menos

El Ti es un elemento importante en la presente invención. Al igual que el Nb, el Ti forma un carbonitruro antes del Cr, y mejora la resistencia a la corrosión de las soldaduras y otras partes. Por lo tanto, el Ti es un elemento deseable para lograr una buena resistencia a la corrosión de las soldaduras. Sin embargo, tal como se ha descrito anteriormente, la adición de Ti, junto con Cr y Mo en una proporción de acuerdo con la presente invención deteriora

notablemente la tenacidad de la chapa de acero laminada en caliente, aunque la cantidad sea pequeña. Además, el Ti puede generar TiN o similar en un bloque de acero para producir defectos superficiales (defectos por desgarro) en una chapa de acero laminada en frío. En consecuencia, en la presente invención, el contenido de Ti se define que sea de un 0,05% o menos, y preferiblemente de un 0,03% o menos.

5

Además, en la presente invención, para mejorar la resistencia a la corrosión de las soldaduras, deben cumplirse las siguientes fórmulas (1) y (2).

$$25 \leq \text{Cr} + 3,3\text{Mo} \leq 30 \quad (1)$$

$$0,35 \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 0,85 \quad (2)$$

10

El límite inferior de la fórmula (1) es un requisito para obtener la resistencia a la corrosión del material de base y las soldaduras incluso en agua caliente con una alta concentración de cloro residual. Por otra parte, si la resistencia a la corrosión del material de base es notablemente diferente de la de las soldaduras deterioradas por la formación de una capa de óxido después de la soldadura, la disolución se produce preferiblemente en las zonas que tienen una capa de óxido, lo cual produce una aceleración de la corrosión intersticial. En consecuencia, en la fórmula (1), el límite superior se define que sea 30, y más preferiblemente entre 26 y 29.

15

La fórmula (2) representa el requisito para alcanzar la resistencia a la corrosión de las soldaduras. Cuando Si y Al están presentes simultáneamente, los óxidos de Si y Al forman una capa protectora suficiente para suprimir el deterioro de la resistencia a la corrosión. Para conseguir esto suficientemente, en la fórmula (2), Si + Al debe ser 0,35 o más. Como resultado de un estudio detallado, los inventores han encontrado que los elementos Si y Al se concentran durante la formación de una capa de óxido inmediatamente debajo de la capa de óxido para impedir el deterioro de la resistencia a la corrosión. Si se supera el límite superior definido por la fórmula (2), el Si y/o el Al aumentan excesivamente, lo cual tiene como resultado que no se forme capa protectora de alta densidad sin poros. En consecuencia, en la fórmula (2), el límite superior se define que sea 0,85, y más preferiblemente entre 0,40 y 0,75.

20

25

Además, si se añade V como elemento preferido, en la presente invención, con el fin de mejorar aún más la resistencia a la corrosión de las soldaduras y la calidad de la superficie, debe cumplirse la siguiente fórmula (3):

30

$$0,1 \leq 4V / (\text{Nb} - 8(\text{C} + \text{N})) \leq 5,0 \quad (3)$$

El límite inferior definido en la fórmula (3) es un requisito para mejorar aún más la resistencia a la corrosión de las soldaduras. Si la relación de volumen de V respecto a la solución sólida de Nb se encuentra por debajo de un valor específico, no puede obtenerse una resistencia a la oxidación suficiente, de manera que la resistencia a la corrosión no puede mejorarse. El límite superior definido por la fórmula (3) es un requisito para mejorar aún más la resistencia a la corrosión de las soldaduras y la calidad de la superficie. Si la proporción de V es demasiado elevada, la resistencia a la oxidación es demasiado fuerte, lo cual inhibe la formación de una capa protectora de alta densidad compuesta por Al y Si, y dificulta la formación de una capa de óxido durante el laminado en caliente para producir defectos en la superficie debido al contacto metálico. En consecuencia, en la fórmula (3), el límite inferior y superior se definen como 0,1 y 5,0, respectivamente, y más preferiblemente son 0,5 y 4,0, respectivamente.

35

40

El resto aparte de los componentes descritos anteriormente está compuesto por Fe e impurezas inevitables. Las impurezas inevitables pueden ser un 0,0020% o menos de Mg y un 0,0020% o menos de Ca.

45

La chapa de acero de la presente invención proporciona las propiedades deseadas cuando contiene los elementos esenciales descritos anteriormente. De acuerdo con las propiedades deseadas, la chapa de acero puede contener, además, los siguientes elementos.

50

Cu: entre 0,2 y 1,0%

Si se añade Cu al acero que contiene un 20,0% o más de Cr, se mejora la resistencia a la corrosión del material de base. El efecto del Cu es mayor en una solución ácida de bajo pH que contenga un halógeno, y la adición de un 0,2% o más de Cu reduce la disolución de la base de hierro. El mecanismo no se ha dilucidado completamente, pero probablemente se debe al hecho de que el Cu disuelto en la solución de bajo pH vuelve a unirse a la base de hierro para mejorar la resistencia a la disolución. Si el contenido de Cu es más de un 1,0%, la disolución de Cu se acelera, lo cual puede producir el deterioro de la resistencia a la corrosión intersticial. En consecuencia, el contenido de Cu se define que sea de un 0,2% o más y de un 1,0% o menos, y preferiblemente es un 0,3% o más y un 0,7% o menos.

55

60

Zr: entre 0,10 y 0,60%

De la misma manera que el Nb, el Zr forma un carbonitruro antes del Cr, y mejora la resistencia a la corrosión de las soldaduras y otras partes. Por lo tanto, el Zr es un elemento deseable para obtener una buena resistencia a la

corrosión de las soldaduras. El efecto se consigue cuando se añade Zr en una proporción de un 0,10%. Por otra parte, si se añade Zr en una cantidad excesiva, puede formar un compuesto intermetálico que deteriora la tenacidad de la chapa de acero laminada en caliente. En consecuencia, el contenido de Zr se define que sea de un 0,10% o más y un 0,60 o menos, y preferiblemente es un 0,15% o más y un 0,35% o menos.

5

La siguiente sección describe el procedimiento para fabricar la chapa de acero inoxidable ferrítico de la presente invención para un calentador de agua con una excelente resistencia a la corrosión de las soldaduras y de tenacidad.

10 No hay ninguna limitación específica sobre el procedimiento para fabricar la chapa de acero inoxidable ferrítico de la presente invención para un calentador de agua con una excelente resistencia a la corrosión de las soldaduras y de tenacidad.

15 Se forma acero fundido en barras con la composición descrita anteriormente mediante un dispositivo conocido como convertidor de acero, un horno eléctrico, un horno de fusión de vacío para realizar un material de acero (bloque) a través de un procedimiento de colada continua o un procedimiento de colada-desbastado de barras. Entonces, el material de acero se calienta, o se lamina en caliente directamente sin calentamiento para realizar una chapa de acero laminada en caliente. La chapa de acero laminada en caliente generalmente se somete a recocido, pero el tratamiento de recocido puede omitirse de acuerdo con el uso previsto. Posteriormente, la chapa de acero se somete a decapado y, a continuación se lamina en frío para obtener una chapa de acero laminada en frío. La chapa de
20 acero laminada en frío se somete a recocido y decapado para realizar un producto. En casos habituales, para utilizarse en un calentador de agua, la chapa de acero se utiliza como producto JIS G4305 2B (chapa de acero laminada con acabado). La chapa de acero procesada puede someterse a pulido u otro tratamiento.

25 En un procedimiento de producción más preferido algunas condiciones de los procesos de laminado en caliente y de laminado en frío cumplen condiciones específicas. En la fabricación de acero, se prefiere que el acero fundido que contiene los componentes esenciales descritos anteriormente y otros componentes, que se añaden según sea necesario, se disponen en barras, por ejemplo en un convertidor de acero o un horno eléctrico, seguido de una segunda fusión a través de un proceso VOD. La barra de acero fundido puede convertirse en un material de acero mediante un procedimiento de producción conocido, preferiblemente colada continua desde el punto de vista de
30 productividad y calidad. El material de acero obtenido por colada continua se calienta, por ejemplo, hasta 1000-1250° C, y se somete a laminado en caliente a una temperatura de acabado entre 700 y 950° C para realizar una chapa de acero laminada en caliente que tenga un grosor deseado. El material puede encontrarse en otra forma distinta de una lámina. La chapa de acero laminada en caliente se somete, según sea necesario, a recocido discontinuo entre 600 y 800° C o recocido continuo entre 900° C y 1100° C, y luego se descalcifica por decapado o
35 similar, para realizar un producto de lámina de acero laminado en caliente. Según sea necesario, puede llevarse a cabo un granallado antes del decapado, eliminando de este modo la capa de óxido.

Además, para obtener una lámina de recocido laminado en frío (lámina recocida recristalizada), la lámina recocida laminada en caliente obtenida tal como se ha descrito anteriormente se somete a laminado en frío para realizar una
40 chapa de acero laminada en frío. En el proceso de laminado en frío, de acuerdo con las circunstancias de producción, el laminado en frío que incluye el proceso de recocido puede realizarse dos o más veces según sea necesario. La reducción por laminado total a través del proceso de laminado en frío que incluye realizar una o más veces laminado en frío se define que sea de un 60% o más, preferiblemente de un 70% o más. La chapa de acero laminada en frío se somete a recocido continuo (recocido de chapa de acero laminada en frío) entre 950 y 1150° C,
45 más preferiblemente entre 980 y 1120° C, y después a un decapado para realizar una lámina recocida laminada en frío. De acuerdo con el uso previsto, el recocido del laminado en frío puede ir seguido de un laminado suave tal como un laminado de acabado ajustando de este modo la forma y la calidad de la chapa de acero.

La lámina recocida laminada en frío producida tal como se ha descrito anteriormente se somete a flexión u otro
50 procesamiento de acuerdo con el uso previsto formando de este modo, por ejemplo, el cuerpo de un calentador de agua. El procedimiento para la soldadura de estos elementos no está particularmente limitado, y ejemplos del procedimiento incluyen procedimientos comunes de soldadura por arco tales como soldadura MIG (*Metal Inert Gas*), soldadura MAG (*Metal Active Gas*), y soldadura TIG (*Tungsten Inert Gas*), procedimientos de soldadura por resistencia tales como soldadura por puntos y soldadura de cordón, y soldadura por resistencia de alta frecuencia y
55 soldadura de inducción de alta frecuencia, tales como soldadura por resistencia eléctrica.

Ejemplo 1

La presente invención se describe adicionalmente en base al siguiente ejemplo.

60 Los aceros que presentan las composiciones indicadas en la Tabla 1 (acero nº 1 a 17 son ejemplos de la presente invención, nº 18 a 22, A, B, son ejemplos comparativos, y nº 23 y 24 son ejemplos de la técnica anterior) se dispusieron en barras en un horno de fusión al vacío a pequeña escala con una capacidad de 50 kg. Estas barras de acero se calentaron entre 1050 y 1250° C, y se sometieron a laminado en caliente a una temperatura de acabado

entre 750 y 950° C y una temperatura de enfriamiento entre 650 y 850° C, realizándose de este modo unas chapas de acero laminadas en caliente que presentaban un grosor de 4,0 mm.

En primer lugar se examinó la tenacidad de las chapas de acero laminadas en caliente obtenidas de este modo. Los especímenes utilizados para el examen, que tenían forma de JIS Z2202 n° 4, se sometieron a un procesamiento de muesca en V para presentar una muesca en forma de V en la dirección perpendicular C a la dirección de laminado y, a continuación, una prueba de impacto *Charpy*. La tenacidad se evaluó en base al índice de superficie de fractura frágil determinado por la observación de la sección transversal de fractura a 0° C con un microscopio y un SEM (microscopio electrónico de barrido). Posteriormente, las chapas de acero laminadas en caliente obtenidas tal como se ha descrito anteriormente se sometieron a recocido entre 900 y 1100° C. Después de esto, las chapas se sometieron a decapado y, a continuación, a laminado en frío para realizar chapas de acero laminadas en frío con un grosor de 1,0 mm, y las chapas se sometieron a recocido entre 950 y 1100° C. En ese momento se observó visualmente la presencia o ausencia de defectos en la superficie debido al contacto metálico con el rodillo laminador. Las muestras así obtenidas se sometieron a la medición del potencial de corrosión por picado (V'_{c10}) a 30° C en una solución de NaCl al 3,5%, de acuerdo con JIS G 0577 "*procedimiento de medición de potencial de picado para aceros inoxidables*". Además, se sometieron muestras tomadas de las respectivas chapas de acero a soldadura TIG de cordón sobre placa bajo las siguientes condiciones. La corriente de soldadura se controló de manera que la anchura del cordón de soldadura en el lado posterior era de 3 mm o más. La evaluación se realizó en la parte posterior del cordón de soldadura.

Tensión de soldadura: 10 V
 Corriente de soldadura: entre 90 y 110A
 Velocidad de soldadura: 600 mm/min
 Electrodo: electrodos de tungsteno con un diámetro de 1,6 mm
 Gas de protección: cordón de soldadura de la parte superior: 100 vol%Ar 20 L/min, cordón de soldadura de la parte posterior: 98 vol%Ar + 2 vol%O₂ 20 L/min

Las muestras obtenidas tal como se ha descrito anteriormente se sometieron a la medición del potencial de corrosión por picado (V'_{c10}) de soldaduras a 30° C en una solución de NaCl al 3,5%, de acuerdo con JIS G 0577 "*procedimiento de medición de potencial de picado para aceros inoxidables*", excepto que no se realizó pulido antes de la prueba ni permaneció durante 10 minutos tras la inmersión en la solución de la prueba, y la exploración de potencial se inició inmediatamente.

Además, con el fin de examinar la resistencia a la corrosión en un entorno en el cual se utiliza el calentador de agua, el potencial de corrosión por picado de las soldaduras se midió a 80° C en una solución que contiene en masa 200 ppm de iones de cloro (200 ppmCl⁻). El procedimiento siguió el JIS G 0577 "*procedimiento de medición de potencial de picado para aceros inoxidables*" descrito anteriormente, excepto para la temperatura y concentración de solución, y que no se realizó pulido antes de la prueba ni permaneció durante 10 minutos tras la inmersión en la solución de la prueba, y la exploración de potencial se inició inmediatamente.

Además, con el fin de examinar la resistencia a la corrosión en un entorno en el cual se utiliza el calentador de agua, las muestras soldadas se sometieron a una prueba de inmersión. La solución de ensayo era una solución acuosa de 0,1% NaCl + 0,1% CuCl₂ que se mantuvo a 80° C. Las muestras soldadas se sumergieron en la solución de ensayo durante 15 días incluyendo tres ciclos, en los que la solución de ensayo se sustituyó cada cinco días, y se midió la profundidad máxima de la corrosión por picado desarrollada en las soldaduras.

La resistencia a la corrosión de las soldaduras se clasificó en función de la profundidad máxima de la corrosión por picado:

A: menos de 10 μm
 B: 10 μm o más y menos de 20 μm
 C: 20 μm o más y menos de 50 μm
 D: 50 μm o más

Los resultados de los ensayos anteriores se muestran en la Tabla 2.

La evaluación detallada se realizó dando puntuaciones de 5 a 0 a los resultados del índice de superficie de fractura frágil a 0° C en la prueba *Charpy*, la presencia o ausencia de defectos superficiales, el potencial de corrosión por picado del material de base, el potencial de corrosión por picado de las soldaduras (3,5% NaCl), el potencial de corrosión por picado de las soldaduras (200 ppmCl⁻), y la solución acuosa de ensayo de 0,1% NaCl + 0,1% CuCl₂, y calificando la puntuación total de 25 a 30 como ⊙ (A), de 20 a 24 como ● (B), de 15 a 19 como △ (C), y 14 o menos como × (D).

Los respectivos elementos fueron anotados sobre los siguientes criterios.

Respecto al índice de superficie de fractura frágil a 0° C en la prueba *Charpy*, un 20% o menos recibió una puntuación de 5, entre un 20 y un 80% recibió 2, y entre un 80% o más, recibió 0.

5

Respecto a la presencia o ausencia de defectos superficiales, los que presentaron defectos superficiales recibieron una puntuación de 5, y los que presentaron un defecto superficial recibieron 0.

Respecto al potencial de corrosión por picado del material base, un potencial de 500 mV o más recibió una puntuación de 5, entre 450 y 500 mV recibió 2, y 450 mV o menos recibió 0.

10

Respecto al potencial de corrosión por picado de las soldaduras (3,5% NaCl), un potencial de 100 mV o más recibió una puntuación de 5, entre 0 y 100 mV recibió 2, y 0 mV o menos recibió 0.

15 Respecto a la solución acuosa de ensayo de 0,1% NaCl + 0,1% CuCl₂, las calificadas como A recibieron una puntuación de 5, las B recibieron 2, y las C y D recibieron 0.

Los resultados mostrados en la Tabla 2 indican que los ejemplos de la presente invención presentan una excelente tenacidad y resistencia a la corrosión. Por otra parte, los ejemplos comparativos y los ejemplos de la técnica anterior fuera del alcance de la presente invención son inferiores en tenacidad y/o resistencia a la corrosión.

20

Aplicabilidad industrial

La chapa de acero de la presente invención es adecuada como elemento que requiere una excelente tenacidad y resistencia a la corrosión, especialmente la resistencia a la corrosión de las soldaduras, que se utiliza para realizar, por ejemplo, un calentador de agua eléctrico.

25

Tabla 1

Acero n°	Composición (% masa)															Zr	Cu	Ti	V	Nb	Mo	O	N	Al	Ni	Cr	S	P	Mn	Si	C	*1	*2	*3	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	N	O	Mo	Nb	V	Ti	Cu																				
1	0,007	0,42	0,15	0,025	0,001	22,5	0,11	0,095	0,008	0,0050	1,10	0,31	0,14	0,01	-	-	26,13	0,52	2,95	Ejemplo															
2	0,006	0,35	0,15	0,020	0,001	23,5	0,13	0,050	0,012	0,0085	0,95	0,44	0,05	0,04	-	-	26,64	0,40	0,68	Ejemplo															
3	0,004	0,55	0,25	0,030	0,002	20,5	0,08	0,038	0,015	0,0145	1,40	0,25	0,10	0,03	-	-	25,12	0,59	4,08	Ejemplo															
4	0,011	0,38	0,25	0,030	0,002	26,1	0,09	0,056	0,009	0,0025	0,80	0,32	0,17	0,03	-	-	28,74	0,44	4,25	Ejemplo															
5	0,008	0,45	0,15	0,025	0,002	24,8	0,23	0,090	0,005	0,0065	1,10	0,45	0,11	0,02	-	-	28,43	0,54	1,27	Ejemplo															
6	0,006	0,60	0,17	0,035	0,001	21,5	0,15	0,045	0,008	0,0035	1,20	0,25	0,15	0,04	-	-	25,46	0,65	4,35	Ejemplo															
7	0,015	0,39	0,16	0,025	0,001	23,1	0,16	0,052	0,009	0,0035	1,42	0,33	0,03	0,04	-	-	27,79	0,44	0,87	Ejemplo															
8	0,007	0,70	0,18	0,035	0,001	24,5	0,18	0,036	0,013	0,0030	0,93	0,25	0,09	0,03	-	-	27,57	0,74	4,00	Ejemplo															
9	0,008	0,55	0,15	0,020	0,002	21,3	0,22	0,045	0,006	0,0025	1,25	0,38	0,27	0,02	-	-	25,43	0,60	4,03	Ejemplo															
10	0,002	0,45	0,25	0,025	0,003	22,8	0,15	0,087	0,007	0,0020	1,08	0,41	0,08	0,01	-	-	26,36	0,54	0,95	Ejemplo															
11	0,003	0,44	0,15	0,035	0,002	21,7	0,16	0,092	0,005	0,0080	1,33	0,33	0,11	0,03	-	-	26,09	0,53	1,65	Ejemplo															
12	0,006	0,39	0,17	0,040	0,001	20,9	0,09	0,090	0,004	0,0030	1,45	0,31	0,12	0,02	-	-	25,69	0,48	2,09	Ejemplo															
13	0,008	0,35	0,18	0,035	0,001	21,5	0,18	0,123	0,006	0,0050	1,11	0,28	0,05	0,04	-	-	25,16	0,47	1,19	Ejemplo															
14	0,008	0,32	0,22	0,025	0,002	25,8	0,15	0,140	0,016	0,0080	0,35	0,33	0,16	0,03	-	-	26,96	0,46	4,64	Ejemplo															
15	0,016	0,68	0,23	0,030	0,001	24,3	0,12	0,085	0,006	0,0045	1,25	0,36	0,18	0,02	0,52	-	28,43	0,77	3,91	Ejemplo															
16	0,009	0,55	0,33	0,025	0,001	23,5	0,13	0,075	0,004	0,0060	1,02	0,34	0,16	0,04	-	0,22	26,87	0,63	2,71	Ejemplo															
17	0,006	0,46	0,15	0,030	0,002	22,9	0,15	0,088	0,008	0,0035	1,33	0,46	0,01	0,02	0,62	0,31	27,29	0,55	0,11	Ejemplo															
18	0,025	0,25	0,13	0,035	0,002	21,0	0,13	0,130	0,015	0,0025	0,80	0,20	0,03	0,02	-	-	23,64	0,38	-1,00	Ejemplo comparativo															
19	0,008	0,36	0,25	0,025	0,001	19,0	0,15	0,050	0,008	0,0045	2,50	0,35	0,37	0,15	-	-	27,25	0,41	6,67	Ejemplo comparativo															
20	0,006	0,15	0,15	0,030	0,002	22,5	0,13	0,020	0,012	0,0025	0,80	0,40	0,07	0,05	-	-	25,14	0,17	1,09	Ejemplo comparativo															
21	0,012	0,35	0,15	0,035	0,002	21,5	0,16	0,008	0,017	0,0025	1,06	0,25	0,01	0,08	-	-	25,00	0,36	2,22	Ejemplo comparativo															
22	0,008	0,35	0,22	0,025	0,002	19,2	0,16	0,008	0,009	0,0060	2,00	0,20	0,10	0,15	-	-	25,80	0,36	6,25	Ejemplo comparativo															
A	0,006	0,36	0,15	0,020	0,001	21,0	0,18	0,010	0,010	0,0050	1,49	0,37	0,48	0,01	-	-	25,92	0,37	7,93	Ejemplo comparativo															
B	0,007	0,49	0,20	0,015	0,002	22,4	0,15	0,087	0,007	0,0040	1,17	0,62	0,60	0,03	-	-	26,26	0,58	4,72	Ejemplo comparativo															
23	0,065	0,22	0,17	0,010	0,001	16,7	0,06	0,096	0,015	0,0035	1,01	0,09	0,05	0,20	-	-	20,03	0,32	-0,36	Técnica de document de patente 1															
24	0,004	0,33	0,22	0,025	0,002	17,8	0,23	0,072	0,004	0,0025	2,03	0,33	0,02	0,66	0,44	-	24,45	0,40	0,30	Técnica de document de patente 2															

Tabla 2

Acero nº	Índice de superficie de fractura (%) a 0°C en ensayo Charpy	Energía de absorción (J/cm ²) a 0°C en ensayo Charpy	Presencia/ ausencia de defectos superficiales	Potencial de corrosión por picado de material base (mV vs SCE)- 3,5% NaCl	Potencial de corrosión por picado de soldaduras (mV vs SCE)- 3,5% NaCl	Potencial de corrosión por picado de soldaduras (mV vs SCE)- 200 ppmCl ⁻	Solución acuosa de ensayo 0,1% NaCl + 0,1% CuCl ₂	Evaluación detallada	Nota
1	0	231	Ausente	522	152	135	A	⊙ (A)	Ejemplo
2	0	245	Ausente	523	149	150	A	⊙ (A)	Ejemplo
3	0	240	Ausente	485	103	108	B	⊙ (B)	Ejemplo
4	5	222	Ausente	560	198	202	A	⊙ (A)	Ejemplo
5	0	224	Ausente	575	159	160	A	⊙ (A)	Ejemplo
6	0	226	Ausente	465	133	125	A	⊙ (A)	Ejemplo
7	0	240	Ausente	564	168	130	A	⊙ (A)	Ejemplo
8	5	218	Ausente	576	175	154	A	⊙ (A)	Ejemplo
9	0	242	Ausente	485	155	172	A	⊙ (A)	Ejemplo
10	0	238	Ausente	502	145	128	A	⊙ (A)	Ejemplo
11	0	238	Ausente	514	125	118	A	⊙ (A)	Ejemplo
12	0	239	Ausente	435	130	136	A	⊙ (A)	Ejemplo
13	0	246	Ausente	422	105	110	A	⊙ (A)	Ejemplo
14	5	225	Ausente	451	185	175	B	⊙ (B)	Ejemplo
15	5	209	Ausente	569	165	150	A	⊙ (A)	Ejemplo
16	0	237	Ausente	524	150	145	A	⊙ (A)	Ejemplo
17	0	235	Ausente	564	198	179	A	⊙ (A)	Ejemplo
18	0	241	Ausente	515	-18	-56	C	△ (C)	Ejemplo comparativo
19	90	27	Presente	451	-105	-165	C	× (D)	Ejemplo comparativo
20	0	237	Ausente	423	-20	-100	C	× (D)	Ejemplo comparativo
21	80	38	Ausente	456	106	103	B	△ (C)	Ejemplo comparativo
22	90	23	Presente	402	-125	-135	C	× (D)	Ejemplo comparativo
A	0	220	Presente	452	14	-47	C	× (D)	Ejemplo comparativo
B	40	95	Presente	519	122	135	B	△ (C)	Ejemplo comparativo
23	70	52	Ausente	253	-198	-206	D	× (D)	Técnica de documento de patente 1
24	80	43	Ausente	375	-154	-135	C	× (D)	Técnica de documento de patente 2

REIVINDICACIONES

5 1. Chapa de acero inoxidable ferrítico para un calentador de agua que comprende, en términos de % en masa, 0,020% o menos de C, entre 0,30 y 0,80% de Si, 1,00% o menos de Mn, 0,040% o menos de P, 0,010% o menos de S, entre 20,0 y 28,0% de Cr, 0,6% o menos de Ni, entre 0,03 y 0,15% de Al, 0,020% o menos de N, entre 0,0020 y 0,0150% de O, entre 0,3 y 1,5% de Mo, entre 0,25 y 0,60% de Nb, entre 0,005 y 0,50% de V, y 0,05% o menos de Ti, estando compuesto el resto de Fe e impurezas inevitables, y cumpliendo la chapa de acero inoxidable ferrítico las
10 siguientes fórmulas (1), (2) y (3):

$$25 \leq \text{Cr} + 3,3\text{Mo} \leq 30 \quad (1)$$

$$0,35 \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 0,85 \quad (2)$$

$$0,1 \leq 4\text{V} / (\text{Nb} - 8(\text{C} + \text{N})) \leq 5,0 \quad (3)$$

15 donde V, Nb, C, N, Cr, Mo, Si y Al representan el contenido (% en masa) de V, Nb, C, N, Cr, Mo, Si y Al, respectivamente.

2. Chapa de acero inoxidable ferrítico para un calentador de agua según la reivindicación 1, que comprende, en
20 términos de % en masa, más de 22% a 28,0% de Cr.

3. Chapa de acero inoxidable ferrítico para un calentador de agua según la reivindicación 1 ó 2, que comprende, en términos de % en masa, entre 0,2 y 1,0% de Cu y/o entre 0,10 y 0,60% de Zr.

FIG. 1

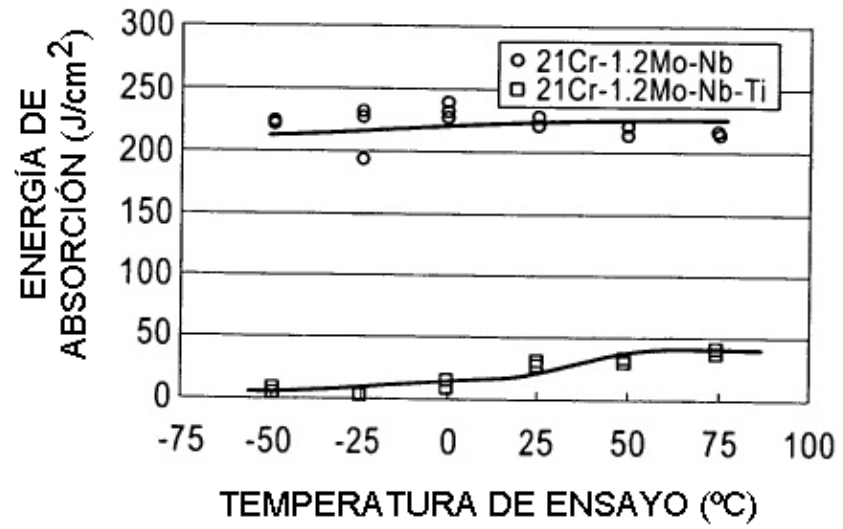


FIG. 2

