

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 835 273**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/50 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01)
C22C 38/48 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.06.2017 PCT/JP2017/022134**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.01.2018 WO18003521**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2017 E 17819881 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.11.2020 EP 3476961**

54 Título: **Lámina de acero inoxidable ferrítico**

30 Prioridad:

27.06.2016 JP 2016126353
27.06.2016 JP 2016126354

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.06.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KAWABE HIDETAKA;
NISHIDA SHUJI;
FUJISAWA MITSUYUKI y
KAMI CHIKARA

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 835 273 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

Lámina de acero inoxidable ferrítico

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una lámina de acero inoxidable ferrítico. En particular, la presente invención se refiere a una lámina de acero inoxidable ferrítico de excelente forma de zona de soldadura. Además, en las realizaciones preferibles de la presente invención, la presente invención también se refiere a una lámina de acero inoxidable ferrítico de excelente calidad de la superficie de una zona de soldadura tras ser elaborada.

Técnica anterior

Dado que una lámina de acero inoxidable ferrítico es menos costosa que una lámina de acero inoxidable austenítico, que contiene una gran cantidad del caro Ni, las láminas de acero inoxidable ferrítico se usan en muchas aplicaciones. Por ejemplo, una lámina de acero inoxidable ferrítico se usa en una amplia gama de diversas aplicaciones, tales como electrodomésticos, electrodomésticos de cocina, elementos arquitectónicos, herrajes para arquitectura y elementos estructurales.

Puede darse el caso del uso de una lámina de acero inoxidable de modo que la lámina de acero se use para formar elementos que tengan formas predeterminadas realizando el conformado a presión, y luego del ensamblaje de los varios elementos realizando una soldadura. La soldadura es importante para obtener productos sólidos y, en particular, la forma de la zona de soldadura es muy importante. Por ejemplo, en caso de que una zona de soldadura tenga un defecto de forma, tal como una muesca, dado que haya una disminución en la resistencia de una junta soldada o que pueda darse el caso de que una grieta o fractura por fatiga comience en la zona de soldadura debido a la concentración de tensiones, es necesario realizar un tratamiento adecuado. Además, la forma de la zona de soldadura también es importante en el caso de los elementos que se usan de modo que se pulen tras la soldadura. Por ejemplo, en el caso de producirse un combamiento de modo que el metal de soldadura se encuentre por debajo del nivel de la parte empalmada de metales base, dado que el pulido de eliminación de quemaduras (la eliminación del color del temple mediante el pulido) no se realiza lo suficiente, puede darse el caso de que sea difícil lograr suficiente resistencia a la corrosión de la zona de soldadura.

Además, dado que las láminas de acero inoxidable se usan en aplicaciones en las que se requiere suficiente resistencia a la corrosión, también se requiere que la zona de soldadura de una lámina de acero tenga suficiente resistencia a la corrosión. Dado que la soldadura se realiza no solo entre materiales del mismo tipo, sino también entre materiales de diferentes tipos, por ejemplo, con una lámina de acero inoxidable austenítico, es necesario lograr una resistencia a la corrosión suficiente de una zona de soldadura no solo de los materiales del mismo tipo, sino también de los materiales de diferentes tipos.

Por lo tanto, se han realizado diferentes investigaciones para lograr una soldabilidad suficiente y una resistencia a la corrosión suficiente de una zona de soldadura de materiales de diferentes tipos.

Como ejemplo de una técnica relativa a la soldabilidad, la Literatura de patente 1 desvela un método en el que se logra suficiente ductilidad de una zona de soldadura controlando el contenido de O, Al, Si y Mn de acero con bajo contenido de Cr al que se le añade Ti y/o V para controlar la profundidad de penetración de la soldadura.

Como ejemplo de una técnica para mejorar la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura, la Literatura de patente 2 desvela un método en el que se mejora la resistencia a la corrosión suprimiendo la precipitación de los carbonitruros de Cr mediante la adición de Nb.

La Literatura de patente 3 desvela una técnica en la que se mejora la resistencia a la corrosión y la trabajabilidad de una zona de soldadura al suprimir la formación de puntos negros en una zona de soldadura formada realizando una soldadura TIG (gas inerte tungsteno, *Tungsten Inert Gas*) como resultado de la optimización del contenido de Al, Ti, Si y Ca.

En los documentos JP 2011 246814 A, EP 2 163 658 A1 y WO 2016/035241 A1, se desvelan otros aceros inoxidables ferríticos que tienen una excelente resistencia a la corrosión y sus métodos de fabricación.

Lista de citas

Literatura de patentes

PTL 1: Publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar n.º 8-170154

PTL 2: Patente japonesa n.º 5205951

PTL 3: Patente japonesa n.º. 5489759

Sumario de la invención

Problema técnico

- 5 En el caso de las láminas de acero inoxidable ferrítico convencionales, para diferentes aplicaciones, tales como aparatos de cocina, piezas de electrodomésticos de combustión, puertas delanteras de refrigeradores, cajas de baterías y herrajes para arquitectura, puede que no sea posible lograr una buena forma de la zona de soldadura. Además, puede que no sea posible lograr una buena resistencia a la corrosión de una zona de soldadura de una soldadura de diferentes materiales.
- 10 En las aplicaciones descritas anteriormente, es difícil usar eficazmente la técnica desvelada en la Literatura de patente 1, y existe el riesgo de que no sea posible lograr una excelente resistencia a la corrosión de una zona de soldadura de diferentes materiales. También es difícil usar las técnicas desveladas en la Literatura de patente 2 y la Literatura de patente 3, y no se tiene en cuenta la supresión de la aparición de defectos de forma en la zona de soldadura, tales
- 15 como un combamiento y una entalladura, en los respectivos casos de una técnica en la que se emplea acero al que simplemente se añade Nb y una técnica en la que se controla la formación de puntos negros.

Un objeto de la presente invención es proporcionar una lámina de acero inoxidable ferrítico que tenga una excelente forma de la zona de soldadura y resistencia a la corrosión de una zona de soldadura de diferentes materiales mediante

20 la soldadura con acero inoxidable austenítico.

Solución del problema

- Los presentes inventores realizaron investigaciones intensivas relativas a las influencias de la composición química del acero en la forma de la zona de soldadura y la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura para resolver
- 25 los problemas descritos anteriormente y, como resultado, encontraron que es posible mejorar la forma de la zona de soldadura e inhibir un deterioro en la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura con un material de diferente tipo especificando los elementos químicos constituyentes de la composición química y optimizando el equilibrio entre el contenido de Nb, Ti, Zr, Si y Al. Es posible conseguir una mejora en la forma de la zona de soldadura y la resistencia
- 30 a la corrosión de una zona de soldadura con un material de un tipo diferente optimizando el contenido de Ti, Zr, Si y Al, que influyen en el flujo del metal de soldadura en una zona de soldadura, y optimizando el equilibrio entre el contenido de Nb, Ti y Zr, que contribuyen a inhibir la sensibilización como resultado de la formación de carbonitruros.

Además, para diferentes aplicaciones, tales como electrodomésticos de cocina, electrodomésticos y herrajes para

35 arquitectura, puede darse el caso en el que la labor tal como el conformado se realice tras haberse realizado la soldadura y se requiera una capacidad de diseño satisfactoria en el estado elaborado.

Cuando se introduce presión en una zona de soldadura de una lámina de acero inoxidable ferrítico convencional, por ejemplo, en caso de someterse la lámina de acero a conformado a presión con el fin de obtener una forma predeterminada tras realizarse la soldadura o en caso de someterse la lámina de acero a una labor ligera con el fin de

40 lograr precisión dimensional de las piezas, puede que no sea posible lograr una buena calidad de la superficie. Además, en caso de que haya un deterioro en la calidad de la superficie tras introducirse la presión en una zona de soldadura, es decir, en caso de que haya un aumento de la rugosidad de la superficie, existe el riesgo de un deterioro en la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura tras someterse a labores. Es decir, hay margen de mejora en cuanto a la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores.

45 Los presentes inventores realizaron diligentemente investigaciones adicionales con respecto a la influencia de la composición química del acero en la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores tales como el conformado y, como resultado, encontraron que es posible suprimir un deterioro de la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores tales como la conformación, especificando la composición química

50 y optimizando el contenido combinado de Ti, Nb, Zr y Al.

A continuación en el presente documento, las labores, tales como el conformado, que se realizan en una zona de soldadura pueden denominarse simplemente "labores en una zona de soldadura".

55 Los presentes inventores realizaron investigaciones adicionales y completaron la presente invención. El objeto de la presente invención es como se define en las reivindicaciones.

Efectos ventajosos de la invención

- 60 En el caso de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención, es posible lograr una excelente forma de la zona de soldadura y mejorar significativamente la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura con un material de diferente tipo, formada realizando una soldadura con acero inoxidable austenítico en comparación con el caso de las láminas de acero inoxidable ferrítico convencionales.

Además, en el caso de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con realizaciones preferibles de la presente invención, es posible mejorar significativamente la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores en comparación con el caso de las láminas de acero inoxidable ferrítico convencionales. Es decir, en el caso de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención, es posible disminuir significativamente el grado de deterioro de la calidad de la superficie de los elementos que deben tener suficiente capacidad de diseño tras someterse a labores.

Como se ha descrito anteriormente, en el caso de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención, es posible mejorar significativamente las propiedades de un producto de la misma, lo que tiene un efecto significativo en la industria.

Breve descripción de los dibujos

[Fig. 1] La Fig. 1 es un ejemplo de observación de la forma de la sección transversal de una zona de soldadura formada mediante la realización de una soldadura TIG en un ejemplo. Hay una lámina de acero inoxidable ferrítico en el lado derecho y hay una lámina de acero SUS304 en el lado izquierdo. Se ofrecen ejemplos de observación con un combamiento (A), con una entalladura (B) y con una excelente forma de zona de soldadura (C).

Descripción de las realizaciones

A continuación en el presente documento, se describirán las realizaciones de la presente invención que incluyen la realización más favorable.

En primer lugar, se describirán las razones para especificar la composición química del acero de acuerdo con la presente invención como se ha descrito anteriormente. "%" con respecto a la composición química indica "% en masa", a menos que se indique lo contrario.

C: del 0,003 % al 0,020 %

Dado que el C causa un deterioro en la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura debido a la sensibilización, es preferible que el contenido de C sea lo más bajo posible. Por lo tanto, en la presente invención, el contenido de C se establece en el 0,020 % o inferior, o preferentemente, el 0,015 % o inferior. Por otro lado, dado que los costes de fabricación del acero aumentan al disminuir excesivamente el contenido de C, el límite inferior del contenido de C se establece en el 0,003 %, o preferentemente, el 0,005 %.

Además, dado que el C es un elemento químico que fortalece la solución sólida y que es eficaz para suprimir el crecimiento de los granos recristalizados, hay un aumento en el diámetro de los granos de cristal en una zona de soldadura en caso de que el contenido de C sea excesivamente bajo, lo que da lugar a un deterioro de la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores. Por lo tanto, para mejorar la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores, es necesario que el contenido de C sea del 0,003 % o superior, o preferentemente, del 0,005 % o superior.

Si: del 0,01 % al 1,00 %

Aunque el Si contribuye a la desoxidación del acero, no es posible conseguir dicho efecto en caso de que el contenido de Si sea inferior al 0,01 %. Por lo tanto, el contenido de Si se establece en el 0,01 % o superior, preferentemente, el 0,05 % o superior, o más preferentemente, el 0,10 % o superior. Por otro lado, en caso de que el contenido de Si sea excesivamente alto y superior al 1,00 %, se forma una gran cantidad de óxidos de Si cuando se realiza la soldadura, y los óxidos se llevan a una zona de fusión de soldadura, lo que produce un efecto negativo sobre la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura. Además, dado que hay un aumento en la dureza del acero en caso de que el contenido de Si sea alto, hay un deterioro en la trabajabilidad. Por lo tanto, el contenido de Si se establece en el 1,00 % o inferior, preferentemente, el 0,50 % o inferior, o más preferentemente, el 0,25 % o inferior.

Además, dado que el Si es un elemento químico que fortalece la solución sólida y que es eficaz para suprimir el crecimiento de los granos recristalizados, hay un aumento en el diámetro de los granos de cristal en una zona de soldadura en caso de que el contenido de Si sea excesivamente bajo, lo que da lugar a un deterioro de la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores. Por lo tanto, para mejorar la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores, es preferible que el contenido de Si sea del 0,03 % o superior, o más preferentemente, del 0,05 % o superior.

Mn: del 0,01 % al 0,50 %

Dado que el Mn tiene un efecto negativo sobre la resistencia a la corrosión como resultado de la formación de MnS, el contenido de Mn se establece en el 0,50 % o inferior, preferentemente, el 0,30 % o inferior, o más preferentemente, el 0,25 % o inferior.

Dado que el Mn es un elemento químico que fortalece la solución sólida, y el Mn soluto sólido existente en el acero en una zona de soldadura contribuye a un aumento de la resistencia, el Mn es eficaz para lograr una forma excelente de la zona de soldadura al suprimir el combamiento de la zona de fusión de soldadura. Sin embargo, no es posible
 5 conseguir dicho efecto en caso de que el contenido de Mn sea inferior al 0,01 %. Por lo tanto, el contenido de Mn se establece en el 0,01 % o superior, preferentemente, el 0,05 % o superior, o más preferentemente, el 0,10 % o superior.

Además, dado que el Mn es un elemento químico que fortalece la solución sólida y que es eficaz para suprimir el crecimiento de los granos recrystalizados, hay un aumento en el diámetro de los granos de cristal en una zona de
 10 soldadura en caso de que el contenido de Mn sea excesivamente bajo, lo que da lugar a un deterioro de la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores. Por lo tanto, para mejorar la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores, es preferible que el contenido de Mn sea del 0,03 % o superior, o más preferentemente, del 0,05 % o superior.

15 P: 0,040 % o inferior

Dado que existe un efecto negativo sobre la resistencia a la corrosión en caso de que el contenido de P sea superior al 0,040 %, el contenido de P se establece en el 0,040 % o inferior, o preferentemente, el 0,030 % o inferior. Dado que es deseable que el contenido de P sea lo más bajo posible, no existe ninguna limitación particular sobre el límite
 20 inferior del contenido de P.

S: 0,010 % o inferior

Dado que S tiene un efecto negativo sobre la resistencia a la corrosión como resultado de la formación de inclusiones, es decir, MnS, es deseable que el contenido de S sea lo más bajo posible. Por lo tanto, en la presente invención, el
 25 contenido de S se establece en el 0,010 % o inferior, preferentemente, el 0,0050 % o inferior, o más preferentemente, el 0,0040 % o inferior. Dado que es deseable que el contenido de S sea lo más bajo posible, no existe ninguna limitación particular sobre el límite inferior del contenido de S.

30 Cr: del 20,0 % al 24,0 %

El Cr es un elemento químico que mejora la resistencia a la corrosión y que es indispensable en una lámina de acero inoxidable ferrítico. Dado que dicho efecto se hace notable en caso de que el contenido de Cr sea del 20,0 % o superior, el contenido de Cr se establece en el 20,0 % o superior, o preferentemente, en el 20,5 % o superior. Por otro
 35 lado, en caso de que el contenido de Cr sea superior al 24,0 %, hay una disminución significativa en el alargamiento. Por lo tanto, el contenido de Cr se establece en el 24,0 % o inferior, preferentemente, el 22,0 % o inferior, o más preferentemente, el 21,5 % o inferior.

Cu: del 0,20 % al 0,80 %

40 El Cu contribuye a mejorar la resistencia a la corrosión. Además, dado que el Cu soluto sólido existente en el acero en una zona de soldadura contribuye a un aumento de la resistencia, el Cu es eficaz para lograr una forma excelente de la zona de soldadura al suprimir el combamiento de la zona de fusión de soldadura. Estos efectos se consiguen en caso de que el contenido de Cu sea del 0,20 % o superior. Por lo tanto, el contenido de Cu se establece en el 0,20 %
 45 o superior, preferentemente, el 0,30 % o superior, o más preferentemente, el 0,40 % o superior. Por otro lado, dado que hay una disminución en el alargamiento en caso de que el contenido de Cu sea excesivamente alto, el contenido de Cu se establece en el 0,80 % o inferior, preferentemente, el 0,60 % o inferior, o más preferentemente, el 0,50 % o inferior.

50 Ni: del 0,01 % al 0,60 %

El Ni contribuye a una mejora en la resistencia a la corrosión, y dicho efecto se consigue en caso de que el contenido de Ni sea del 0,01 % o superior. Por lo tanto, el contenido de Ni se establece en el 0,01 % o superior, preferentemente, el 0,05 % o superior, o más preferentemente, el 0,10 % o superior. Por otro lado, dado que hay una disminución en el
 55 alargamiento en caso de que el contenido de Ni sea excesivamente alto y superior al 0,60 %, el contenido de Ni se establece en el 0,60 % o inferior, o preferentemente, el 0,40 % o inferior.

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

60 Aunque el Al contribuye a la desoxidación del acero, no es posible conseguir dicho efecto en caso de que el contenido de Al sea inferior al 0,01 %. Por lo tanto, el contenido de Al se establece en el 0,01 % o superior. Por otro lado, en caso de que el contenido de Al sea excesivamente alto y superior al 0,08 %, se forma una gran cantidad de óxidos de Al cuando se realiza la soldadura, y los óxidos de Al se llevan a una zona de fusión de soldadura, lo que produce un efecto negativo sobre la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura. Por lo tanto, el límite superior del

contenido de Al se establece en el 0,08 %, Es preferible que el contenido de Al sea del 0,06 % o inferior, más preferentemente, del 0,05 % o inferior, o incluso más preferentemente, del 0,04 % o inferior.

Además, dado que el Al es un elemento químico que inhibe el crecimiento de granos de cristal en una zona de soldadura a través de un efecto de sujeción causado por precipitados a base de Al, el Al es eficaz para mejorar la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores, en caso de que el contenido de Al sea del 0,01 % o superior. Por lo tanto, para mejorar la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores, el contenido de Al se establece en el 0,01 % o superior, o preferentemente, en el 0,02 % o superior. Por otro lado, en caso de que el contenido de Al sea excesivamente alto, dado que las inclusiones a base de Al se concentran localmente en una zona de soldadura, se produce un crecimiento no homogéneo de los granos de cristal. Como resultado, debido a una microestructura no homogénea, en la que se forman granos de cristal gruesos y granos de cristal finos, se produce un deterioro de la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores. Por lo tanto, para mejorar la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores, el límite superior del contenido de Al se establece en el 0,08 %, o preferentemente, el 0,06 %.

N: del 0,003 % al 0,020 %

Dado que el N causa un deterioro en la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura debido a la sensibilización, es deseable que el contenido de N sea lo más bajo posible. Por lo tanto, en la presente invención, el contenido de N se establece en el 0,020 % o inferior, o preferentemente, en el 0,015 % o inferior. Por otro lado, dado que los costes de fabricación del acero aumentan al disminuir excesivamente el contenido de N, el límite inferior del contenido de N se establece en el 0,003 %, o preferentemente, el 0,005 %.

Además, dado que el N es un elemento químico que fortalece la solución sólida y que es eficaz para inhibir el crecimiento de los granos recristalizados, hay un aumento en el diámetro de los granos de cristal en una zona de soldadura en caso de que el contenido de N sea excesivamente bajo, lo que da lugar a un deterioro de la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores. Por lo tanto, para mejorar la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores, es necesario que el contenido de N sea del 0,003 % o superior, o preferentemente, del 0,005 % o superior.

Nb: del 0,40 % al 0,80 %

Dado que el Nb es un elemento químico que forma carbonitrúro, el Nb suprime un deterioro de la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura debido a la sensibilización como resultado de la fijación del C y N. Además, dado que el Nb soluto sólido existente en el acero en una zona de soldadura contribuye a un aumento de la resistencia, el Nb es eficaz para lograr una forma excelente de la zona de soldadura al suprimir el combamiento de la zona de fusión de soldadura. Los efectos descritos anteriormente se consiguen en caso de que el contenido de Nb sea del 0,40 % o superior. Por lo tanto, el contenido de Nb se establece en el 0,40 % o superior, preferentemente, el 0,45 % o superior, o más preferentemente, el 0,50 % o superior. Por otro lado, dado que hay una disminución en el alargamiento en caso de que el contenido de Nb sea excesivamente alto, el contenido de Nb se establece en el 0,80 % o inferior, preferentemente, el 0,75 % o inferior, o más preferentemente, el 0,70 % o inferior.

Además, el Nb es un elemento químico que es eficaz en la supresión del crecimiento de granos de cristal en una zona de soldadura a través de un efecto de sujeción causado por precipitados a base de Nb. Dicho efecto se consigue en caso de que el contenido de Nb sea del 0,40 % o superior. Por lo tanto, para mejorar la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores, el contenido de Nb se establece en el 0,40 % o superior, o preferentemente, en el 0,55 % o superior.

Ti: del 0,01 % al 0,10 %

Dado que el Ti es, como el Nb, un elemento químico que forma carbonitrúro, el Ti suprime un deterioro de la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura debido a la sensibilización como resultado de la fijación del C y N. Además, dado que el Ti soluto sólido existente en el acero en una zona de soldadura contribuye a un aumento de la resistencia, el Ti es eficaz para lograr una forma excelente de la zona de soldadura al suprimir el combamiento de la zona de fusión de la soldadura. Los efectos descritos anteriormente se consiguen en caso de que el contenido de Ti sea del 0,01 % o superior. Por lo tanto, el contenido de Ti se establece en el 0,01 % o superior. Por otro lado, dado que se producen defectos en la superficie debidos a inclusiones en caso de que el contenido de Ti sea superior al 0,10 %, el límite superior del contenido de Ti se establece en el 0,10 %. Es preferible que el contenido de Ti sea del 0,05 % o inferior, o más preferentemente del 0,04 % o inferior.

Además, el Ti es un elemento químico que es eficaz en la supresión del crecimiento de granos de cristal en una zona de soldadura a través de un efecto de sujeción causado por precipitados a base de Ti. Para mejorar la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores, el contenido de Ti se establece en el 0,01 % o superior, o preferentemente, en el 0,02 % o superior. Por otro lado, en caso de que el contenido de Ti sea excesivamente alto, dado que las inclusiones a base de Ti se concentran localmente en una zona de soldadura, se produce un crecimiento

no homogéneo de los granos de cristal. Como resultado, dado que se forma una microestructura no homogénea, en la que coexisten granos de cristal gruesos y granos de cristal finos, se produce un deterioro de la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores. Por lo tanto, para mejorar la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores, el contenido de Ti se establece en el 0,10 % o inferior, 5 preferentemente, el 0,08 % o inferior, más preferentemente, del 0,06 % o inferior, o incluso más preferentemente, del 0,04 % o inferior.

Zr: del 0,01 % al 0,10 %

- 10 Dado que el Zr es, como el Nb y el Ti, un elemento químico que forma carbonitruro, el Zr suprime un deterioro de la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura debido a la sensibilización como resultado de la fijación del C y N. Además, dado que el Zr soluto sólido existente en el acero en una zona de soldadura contribuye a un aumento de la resistencia, el Zr es eficaz para lograr una forma excelente de la zona de soldadura al suprimir el combamiento de la zona de fusión de la soldadura. Los efectos descritos anteriormente se consiguen en caso de que el contenido de Zr sea del 0,01 % o superior. Por lo tanto, el contenido de Zr se establece en el 0,01 % o superior. Por otro lado, dado 15 que se producen defectos en la superficie debidos a inclusiones en caso de que el contenido de Zr sea superior al 0,10 %, el límite superior del contenido de Zr se establece en el 0,10 %, o preferentemente, en el 0,05 %.

- El Zr es un elemento químico que es importante para lograr una buena calidad de la superficie de una zona de soldadura. El Zr evita que los granos de cristal crezcan excesivamente como resultado de una precipitación fina en un proceso de enfriamiento que comienza en el momento de la solidificación en una zona de fusión de soldadura. Con esto, el Zr contribuye a lograr una buena calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores. Para conseguir dicho efecto, el contenido de Zr se establece en el 0,01 % o superior, o preferentemente, en el 0,02 % o superior. Por otro lado, en caso de que el contenido de Zr sea excesivamente alto, dado que las inclusiones a base 25 de Zr se concentran localmente en una zona de soldadura, se produce un crecimiento no homogéneo de los granos de cristal, lo que da lugar a la formación de una microestructura no homogénea, en la que coexisten granos de cristal gruesos y granos de cristal finos. Como resultado, no solo se producen defectos en la superficie tras realizarse la soldadura, sino que también se produce un deterioro de la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores. Por lo tanto, el contenido de Zr se establece en el 0,10 % o inferior, preferentemente, el 0,08 % 30 o inferior, o más preferentemente, el 0,06 % o inferior.

- El Ti y el Zr son elementos químicos que forman carbonitruros en el acero y que mejoran la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura con un material de diferente tipo, formada mediante la realización de la soldadura con acero inoxidable austenítico. Por lo tanto, para lograr suficiente resistencia a la corrosión de una zona de soldadura, es 35 preferible que el contenido de Ti y Zr sean iguales o superiores a determinadas cantidades. Además, mediante la adición de Ti y Zr no por separado, sino en combinación, dado que es posible dispersar finamente los precipitados en el metal de soldadura suprimiendo la formación de precipitados gruesos a base de Ti a través de la formación de precipitados a base de Zr, es posible lograr una buena resistencia a la corrosión. Dado que el Nb también es importante con respecto a la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura con un material de otro tipo, formada mediante 40 la realización de una soldadura con acero inoxidable austenítico, es necesario añadirse Nb en una cantidad predeterminada. En particular, para lograr una excelente resistencia a la corrosión sin precedentes de una zona de soldadura de materiales de diferentes tipos, el Nb, que forma carburos más tarde que el Zr y Ti en el proceso de enfriamiento y solidificación del metal de fusión de soldadura, es importante.

- 45 La composición química básica se ha descrito anteriormente, y se pueden añadir los elementos químicos descritos a continuación adicionalmente en la presente invención.

V: del 0,01 % al 0,30 %

- 50 Dado que el V es un elemento químico que forma carbonitruro, el V suprime un deterioro en la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura debido a la sensibilización. Para conseguir dicho efecto, es preferible que el contenido de V sea del 0,01 % o superior. Por otro lado, dado que hay un deterioro de la trabajabilidad en caso de que el contenido de V sea excesivamente alto, es preferible que el límite superior del contenido de V sea del 0,30 %, o más preferentemente, del 0,20 %.

- 55 Mo: del 0,01 % al 0,30 %

- El Mo es eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión. Además, dado que el Mo soluto sólido existente en el acero en una zona de soldadura contribuye a un aumento de la resistencia, el Mo es eficaz para lograr una forma excelente 60 de la zona de soldadura al suprimir el combamiento de la zona de fusión de soldadura. Para conseguir dichos efectos, es preferible que el contenido de Mo sea del 0,01 % o superior. Por otro lado, dado que hay una disminución en el alargamiento en caso de que el contenido de Mo sea excesivamente alto, es preferible que el contenido de Mo sea del 0,30 % o inferior, más preferentemente, del 0,20 % o inferior, o incluso más preferentemente, del 0,15 % o inferior.

- 65 Co: del 0,01 % al 0,30 %

El Co es eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión. Además, dado que el Co soluto sólido existente en el acero en una zona de soldadura contribuye a un aumento de la resistencia, el Co es eficaz para lograr una forma excelente de la zona de soldadura al suprimir el combamiento de la zona de fusión de soldadura. Para conseguir dichos efectos, es preferible que el contenido de Co sea del 0,01 % o superior. Por otro lado, dado que hay una disminución en el alargamiento en caso de que el contenido de Co sea excesivamente alto, es preferible que el contenido de Co sea del 0,30 % o inferior, más preferentemente, del 0,20 % o inferior, o incluso más preferentemente, del 0,15 % o inferior.

B: del 0,0003 % al 0,0050 %

B es un elemento químico que mejora la trabajabilidad en caliente y la trabajabilidad secundaria, y es preferible que el contenido de B sea del 0,0003 % o superior, o más preferentemente, del 0,0010 % o superior, para conseguir dicho efecto. En caso de que el contenido de B sea superior al 0,0050 %, existe el riesgo de un deterioro de la tenacidad. Por lo tanto, es preferible que el contenido de B sea del 0,0050 % o inferior, o más preferentemente del 0,0030 % o inferior.

Ca: del 0,0003 % al 0,0050 %

El Ca es un elemento químico que es eficaz para la desoxidación, y es preferible que el contenido de Ca sea del 0,0003 % o superior, o más preferentemente, del 0,0005 % o superior, para conseguir dicho efecto. En caso de que el contenido de Ca sea superior al 0,0050 %, existe el riesgo de un deterioro de la resistencia a la corrosión. Por lo tanto, es preferible que el contenido de Ca sea del 0,0050 % o inferior, o más preferentemente del 0,0020 % o inferior.

Mg: del 0,0005 % al 0,0050 %

El Mg contribuye a la desoxidación del acero. Para conseguir dicho efecto, es preferible que el contenido de Mg sea del 0,0005 % o superior, o más preferentemente, del 0,0010 % o superior. En caso de que el contenido de Mg sea superior al 0,0050 %, existe el riesgo de un deterioro de la capacidad de fabricación debido a un deterioro de la tenacidad del acero. Por lo tanto, es preferible que el contenido de Mg sea del 0,0050 % o inferior, o más preferentemente del 0,0030 % o inferior.

REM (metal de tierras raras, *Rare-Earth Metal*): del 0,001 % al 0,050 %

REM (metal de tierras raras: uno de los elementos químicos que tiene números atómicos de 57 a 71 tal como el La, Ce y Nd) es un elemento químico que mejora la resistencia a la oxidación a altas temperaturas. Para conseguir dicho efecto, es preferible que el contenido de REM sea del 0,001 % o superior, o más preferentemente, del 0,005 % o superior. En caso de que el contenido de REM sea superior al 0,050 %, existe el riesgo de que se produzcan defectos superficiales cuando se realiza el laminado en caliente. Por lo tanto, es preferible que el contenido de REM sea del 0,050 % o inferior, o más preferentemente del 0,030 % o inferior.

Sn: del 0,01 % al 0,50 %

El Sn es eficaz para suprimir la rugosidad de la superficie debido a las labores al promover la formación de una zona de deformación cuando se realiza el laminado. Para conseguir dicho efecto, es preferible que el contenido de Sn sea del 0,01 % o superior, o más preferentemente, del 0,03 % o superior. En caso de que el contenido de Sn sea superior al 0,50 %, existe el riesgo de un deterioro de la trabajabilidad. Por lo tanto, es preferible que el contenido de Sn sea del 0,50 % o inferior, o más preferentemente del 0,20 % o inferior.

Sb: del 0,01 % al 0,50 %

El Sb es, como el Sn, eficaz para suprimir la rugosidad de la superficie debido a las labores al promover la formación de una zona de deformación cuando se realiza el laminado. Para conseguir dicho efecto, es preferible que el contenido de Sb sea del 0,01 % o superior, o más preferentemente, del 0,03 % o superior. En caso de que el contenido de Sb sea superior al 0,50 %, existe el riesgo de un deterioro de la trabajabilidad. Por lo tanto, es preferible que el contenido de Sb sea del 0,50 % o inferior, o más preferentemente del 0,20 % o inferior.

En la composición química, el resto es Fe e impurezas inevitables.

No se cumple el requisito de la presente invención, solo por el hecho de que cada uno de los elementos químicos constituyentes cumple el requisito relativo al intervalo de su contenido descrito anteriormente, y también es necesario que se cumpla la siguiente expresión relacional (1). En este caso, en la expresión relacional (1), cada uno de los símbolos atómicos denota el contenido (% en masa) del elemento químico correspondiente.

$$3,0 \geq \text{Nb}/(2\text{Ti} + \text{Zr} + 0,5\text{Si} + 5\text{Al}) \geq 1,5 \quad \cdots \quad (1)$$

La expresión relacional (1) anterior se refiere a la condición necesaria para lograr una forma excelente de la zona de soldadura sin defectos de forma tales como combamiento y entalladura en una zona de fusión de soldadura controlando el equilibrio entre el contenido de Nb, Ti, Zr, Si y Al. Los coeficientes de la expresión relacional (1) anterior se derivan empíricamente.

5

Aunque no está clara una razón detallada, existe una tendencia a que una zona de fusión de soldadura se combe en caso de que el contenido de Nb sea bajo. El Nb soluto sólido existente en el acero en un proceso de enfriamiento que comienza en el momento de la solidificación en una zona de fusión de soldadura contribuye a un aumento de la resistencia. Por lo tanto, se considera que, en caso de que el contenido de Nb sea bajo, se produce un combamiento en una zona de fusión de soldadura debido a que la resistencia a las altas temperaturas de la zona de fusión de soldadura es baja. Además, Ti, Zr, Si y Al son elementos químicos que tienden a formar óxidos. En caso de que el contenido de Ti, Zr, Si y Al sea excesivamente alto, los óxidos formados pueden causar defectos de forma en una zona de fusión de soldadura al deteriorar la fluidez del metal de fusión. En particular, puede darse el caso de que se produzca un corte en la superficie de contacto entre una lámina de acero inoxidable austenítico y el metal de fusión cuando se suelda entre materiales de diferentes tipos. Por lo tanto, para lograr una excelente forma de la zona de soldadura, es preferible que el contenido total de Ti, Zr, Si y Al sea bajo y que el contenido de Nb sea alto. En caso de que el valor calculado en la expresión relacional (1) sea inferior a 1,5, la aparición de los defectos de forma de una zona de soldadura se vuelve marcada. En cambio, en caso de que el valor calculado en la expresión relacional (1) sea 1,5 o superior, se logra una excelente forma de la zona de soldadura. Por lo tanto, el valor calculado en la expresión relacional (1) se establece en 1,5 o superior, o preferentemente, en 1,6 o superior.

En caso de que el contenido de Ti, Zr, Si y Al sea excesivamente bajo, hay una disminución en la cantidad de precipitados formados en un proceso de enfriamiento comenzando en el momento de la solidificación en una zona de fusión de soldadura. Es decir, hay un engrosamiento de los granos de cristal debido a una disminución de la cantidad de precipitados, que tienen un efecto de sujeción. Además, dado que hay una disminución en la cantidad de soluto sólido Nb en el acero debido a un aumento de la cantidad de precipitados de Nb, hay una disminución de la resistencia a altas temperaturas de una zona de fusión de soldadura. Se considera que se produce un combamiento en una zona de fusión de soldadura por las razones descritas anteriormente. Además, en caso de que el contenido de Nb sea excesivamente alto, puede darse el caso de que se produzcan los defectos de forma de una zona de fusión de soldadura. En particular, puede darse el caso de que se produzca un corte en la superficie de contacto entre una lámina de acero inoxidable austenítico y el metal de fusión cuando se suelda entre materiales de diferentes tipos. Aunque no está clara una razón detallada, se considera que, dado que existen influencias sobre el flujo del metal de fusión y la humectabilidad con un metal base a través de la tensión superficial del acero fundido y la estabilidad del arco en un baño de soldadura, se producen defectos de forma en la zona de fusión de soldadura. Por lo tanto, para lograr una excelente forma de la zona de soldadura, es preferible que el contenido total de Ti, Zr, Si y Al sea apropiadamente alto sin que el contenido de Nb sea excesivamente alto. En caso de que el valor calculado en la expresión relacional (1) sea superior a 3,0, la aparición de los defectos de forma de una zona de soldadura se vuelve marcada. En cambio, en caso de que el valor calculado en la expresión relacional (1) sea 3,0 o inferior, se logra una excelente forma de la zona de soldadura. Por lo tanto, el valor calculado en la expresión relacional (1) se establece en 3,0 o inferior, preferentemente, en 2,9 o inferior, o más preferentemente, en 2,8 o inferior.

En la presente invención, al cumplirse la siguiente expresión relacional (2) tras cumplirse la anterior expresión relacional (1), es posible conseguir una excelente calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores. En este caso, en la expresión relacional (2), cada uno de los símbolos atómicos denota el contenido (% en masa) del elemento químico correspondiente.

$$2\text{Ti} + \text{Nb} + 1,5\text{Zr} + 3\text{Al} \geq 0,75 \quad \dots \quad (2)$$

La anterior expresión relacional (2) es eficaz para lograr una buena calidad de la superficie en una zona de soldadura tras someterse a labores. En caso de que el valor calculado en la anterior expresión relacional (2) sea inferior a 0,75, hay una mejora insuficiente en la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores. En cambio, en caso de que el valor calculado en la anterior expresión relacional (2) sea 0,75 o superior, se consigue una excelente calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores. Es preferible que el valor calculado en la expresión relacional (2) sea 0,80 o superior. Por otro lado, para evitar que la dureza aumente excesivamente y para lograr un buen alargamiento, es preferible que el límite superior del valor calculado en la expresión relacional (2) sea 1,00.

El Ti, Nb, Zr y Al se pueden precipitar en acero en forma de carbonitruros y óxidos. Los precipitados mejoran la homogeneidad de una microestructura en una zona de soldadura debido a un efecto de sujeción.

60

Sin embargo, en el caso del acero al que simplemente se le añade Ti, se pueden producir los siguientes problemas en una zona de fusión de soldadura. Es decir, coexisten los precipitados a base de Ti que comienzan a precipitar a alta temperatura, y luego se combinan entre sí para tener un gran diámetro, y los precipitados a base de Ti que precipitan a baja temperatura durante un proceso de enfriamiento para tener un diámetro pequeño. Dado que los precipitados a base de Ti combinados para tener un gran diámetro y los precipitados a base de Ti que tienen un

65

diámetro pequeño tienen una influencia diferente sobre el crecimiento del grano, se forma una microestructura de grano mixto que tiene variaciones en el diámetro del grano de cristal, en la que coexisten granos que tienen un gran diámetro y granos que tienen un diámetro pequeño, lo que da lugar a un deterioro de la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores.

5

Además, en el caso del acero al que simplemente se le añade Nb, el Nb comienza a precipitar a una temperatura más baja que la del Ti. Por lo tanto, se espera conseguir un efecto de sujeción causado por precipitados a base de Nb que tienen un diámetro pequeño en un intervalo de temperaturas inferior a aquel en el que el Ti comienza a precipitar. Sin embargo, ya que no se espera conseguir el efecto de sujeción causado por los precipitados en un intervalo de

10

temperaturas elevado en el que no precipita Nb, se forma una cierta cantidad de granos de cristal que tienen un gran diámetro, lo que da lugar a un deterioro de la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores.

En el caso del acero al que simplemente se le añade Zr, el Zr, como el Ti, comienza a precipitar a alta temperatura.

15

Por lo tanto, como en el caso del acero al que simplemente se le añade Ti, el acero al que simplemente se le añade Zr tiene una microestructura de grano mixto que tiene variaciones en el diámetro del grano de cristal, en la que coexisten granos que tienen un gran diámetro y granos que tienen un pequeño diámetro, lo que da lugar a un deterioro de la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores.

20

25

Además, en caso de no añadirse cantidades predeterminadas de Ti, Nb, Zr y Al, y, por consiguiente, que la cantidad de precipitados sea muy baja, dado que una cierta cantidad o una cantidad superior de precipitados no se dispersan de manera homogénea y precipitan en el acero, hay regiones en las que los precipitados se concentran localmente. Como resultado, se forma una microestructura de grano mixto que tiene variaciones en la distribución de los precipitados y en el diámetro del grano de cristal.

30

En caso de que una zona de soldadura tenga una microestructura de grano mixto no homogénea, hay regiones que tienen muchos límites de granos de cristal y regiones que tienen solo unos cuantos límites de granos de cristal. En este caso, dado que la presión introducida por las labores se concentra en los límites de los granos de cristal y dentro de algunos de los granos de cristal, no se produce deformación homogénea, lo que dificulta conseguir una buena calidad de la superficie.

35

Por otro lado, mediante la adición de Ti, Nb, Zr y Al en combinación, es posible dispersar más homogéneamente una cierta cantidad o una cantidad superior de precipitados en un proceso de enfriamiento de una zona de soldadura. Como resultado, es posible formar una microestructura que tenga una distribución relativamente uniforme de precipitados y un diámetro de grano de cristal relativamente uniforme. Los coeficientes de la anterior expresión relacional (2) se derivan de resultados experimentales y en consideración de las afinidades de estos elementos químicos para el oxígeno y el nitrógeno.

40

La lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención se puede usar de forma adecuada en aplicaciones que implican diferentes tipos de labores, tales como labores de tracción, labores de flexión, estiramiento y abultamiento. Aunque no existe una limitación particular sobre el espesor de la lámina de acero, el espesor puede ser normalmente de 0,10 mm a 6,0 mm.

45

Además, la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención se puede usar de forma adecuada en aplicaciones que implican soldadura. No existe una limitación particular sobre las condiciones usadas para la soldadura, y las condiciones pueden determinarse según sea necesario. Es preferible que la soldadura se realice usando un método de soldadura TIG. Además, un elemento soldado, que se forma mediante la combinación de una lámina de acero inoxidable ferrítico y una lámina de acero inoxidable austenítico, se fabrica realizando soldadura TIG.

50

Por lo tanto, la soldadura TIG mencionada anteriormente también puede ser un método para fabricar un elemento soldado de acuerdo con la presente invención. Aunque las condiciones usadas para realizar la soldadura TIG puede decidirse de manera apropiada, un ejemplo de condiciones preferibles es el siguiente.

55

tensión de soldadura: de 8 V a 15 V

60

corriente de soldadura: de 50 A a 250 A

velocidad de soldadura: de 100 mm/min a 1000 mm/min

electrodo: electrodo de tungsteno con un diámetro de 1 mm a 5 mm

gas de protección (gas Ar) en la parte posterior y frontal: de 5 l/min a 40 h/min.

Es preferible que, por ejemplo, se puedan usar SUS304, SUS304L, SUS316 o SUS316L como una lámina de acero inoxidable austenítico para la soldadura TIG descrita anteriormente. SUS 3 04 se usa en los ejemplos que se presentan a continuación. Dado que SUS304 tiene una soldabilidad similar a la de otros tres tipos de acero inoxidable austenítico, es razonable pensar que los efectos de la presente invención que se consiguen usando SDS304 también se consiguen usando otros tipos de láminas de acero inoxidable austenítico.

En este caso, la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención se puede usar para la soldadura con un material del mismo tipo o un material de un tipo diferente, es decir, acero inoxidable tal como acero inoxidable austenítico, acero inoxidable martensítico, acero inoxidable endurecido por precipitación o acero inoxidable dúplex.

No existe ninguna limitación particular sobre el método usado para fabricar la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención. A continuación en el presente documento, se describirá un método preferible para fabricar la lámina de acero inoxidable ferrítico, en particular, la lámina de acero inoxidable ferrítico laminado en frío, de acuerdo con la presente invención.

Tras la preparación de acero fundido que tiene la composición química descrita anteriormente usando un método conocido, tal como mediante el uso de un convertidor, un horno eléctrico o un horno de fusión al vacío, se realiza el refinado secundario mediante el uso de, por ejemplo, un método VOD (descarburación por oxígeno al vacío, *Vacuum Oxygen Decarburization*). Posteriormente, se fabrica un material de acero (una plancha) usando un método de colada continua o un método de colada de lingotes y planchado. Este material de acero se calienta hasta una temperatura de 1000 °C a 1250 °C, y luego se lamina en caliente para que tenga un espesor de 2,0 mm a 8,0 mm con una temperatura de entrega de acabado de 700 °C a 1050 °C. La lámina de acero laminada en caliente fabricada como se ha descrito anteriormente se recuece a una temperatura de 850 °C a 1100 °C, se decapa, se lamina en frío y luego se somete a un recocido de laminado en frío a una temperatura de 800 °C a 1050 °C. Una vez realizado el recocido de la lámina laminada en frío, se realiza el decapado para el descascarillado. La lámina de acero laminada en frío que se ha sometido al descascarillado puede someterse a un laminado de pasada superficial.

Ejemplos

A continuación en el presente documento, se describirá específicamente la presente invención basándose en los ejemplos. El alcance de la presente invención no se limita a los siguientes ejemplos.

Se prepararon aceros fundidos que tenían las composiciones químicas (siendo el resto Fe e impurezas inevitables) dadas en las Tablas 1 a 3, usando un pequeño horno de fusión al vacío, y se transformaron en lingotes de acero de 50 kg. Estos lingotes se calentaron hasta una temperatura de 1200 °C y se laminaron en caliente en láminas de acero laminadas en caliente que tenían un espesor de 4,0 mm. Después, se sometieron las láminas de acero laminadas en caliente a un recocido de láminas laminadas en caliente, en el que las láminas de acero laminadas en caliente se mantuvieron a una temperatura de 1050 °C durante 60 segundos, se decaparon, se laminaron en frío, convirtiéndose en láminas de acero laminadas en frío que tenían un espesor de 1,0 mm, y se sometieron a un recocido de láminas laminadas en frío, en el que las láminas de acero laminadas en frío se mantuvieron a una temperatura de 950 °C durante 30 segundos. Tras someterse a pulido para el descascarillado de la superficie, las láminas de acero laminadas en frío se pulieron hasta obtener un acabado n.º 600 usando papel de lija, y se usaron como materiales de muestra.

De cada una de las láminas de acero obtenidas como se ha descrito anteriormente, se tomó una pieza de prueba que tenía una longitud lateral en la dirección de laminación (dirección L) de 200 mm y una longitud lateral en una dirección (dirección C) perpendicular a la dirección de laminación de 90 mm. Se soldó la pieza de prueba con una lámina de SUS304 con un espesor de 1,0 mm, una longitud lateral en la dirección de laminación de 200 mm y una longitud lateral en una dirección perpendicular a la dirección de laminación de 90 mm para formar una junta soldada a tope, teniendo los lados mutuos una longitud de 200 mm de la pieza de prueba y siendo la lámina de SUS 304 unida a tope mediante soldadura TIG a una tensión de soldadura de 10 V, una corriente de soldadura de 90 A a 110 A y una velocidad de soldadura de 600 mm/min, con un electrodo de tungsteno que tenía un diámetro de 1,6 mm y un gas protector anterior y posterior (gas Ar) a un caudal de 20 l/min. Por lo tanto, la dirección de soldadura (la dirección del cordón de soldadura) era paralela a la dirección de laminación.

(1) Forma de la zona de soldadura

Se tomó de la junta soldada a tope obtenida como se ha descrito anteriormente una pieza de prueba con un espesor de 1,0 mm, una anchura de 15 mm y una longitud de 10 mm, de modo que la dirección longitudinal de la pieza de prueba fuera paralela a la dirección de soldadura, y el cordón de soldadura estaba en el centro en la dirección de la anchura, y se observó la sección transversal de la pieza de prueba perpendicular a la dirección de la soldadura tras grabarse usando agua regia. Se consideró un caso de combamiento aquel caso en el que una zona de fusión de soldadura tenía una parte de 0,15 mm o más por debajo de las posiciones de los metales base unidos a tope en los lados derecho e izquierdo de la misma (véase la Fig.1 (A) "COMBAMIENTO"). Además, Se consideró un caso de entalladura aquel caso en el que el espesor de una zona de fusión de soldadura en la posición donde la zona de fusión

de soldadura está en contacto con el metal base era 0,15 mm o más inferior al del metal base (véase la Fig. 1 (B) "CON ENTALLADURA"). Un caso de combamiento o un caso de entalladura se consideró un caso de forma insuficiente de la zona de soldadura "x". Por otro lado, se consideró un caso de buena forma de zona de soldadura "O" aquel caso no considerado como un caso de forma insatisfactoria de la zona de soldadura (véase la Fig. 1 (C) "EXCELENTE FORMA DE LA ZONA DE SOLDADURA"). Los resultados se dan en la columna de "Forma de la zona de soldadura" de las Tablas 1 a 3.

(2) Resistencia a la corrosión de la zona de soldadura

- 10 Se tomó de la junta soldada a tope una pieza de prueba con un espesor de 1,0 mm, una anchura de 60 mm y una longitud de 80 mm de modo que la dirección longitudinal de la pieza de prueba fuera paralela a la dirección de soldadura y que el cordón de soldadura estuviera sobre toda la línea central de la dirección de la anchura, se pulió la superficie frontal (en el lado del electrodo en el momento de la soldadura) de la pieza de prueba con papel de lija n.º 600, se sellaron toda la superficie posterior y las regiones que tenían una anchura de 5 mm, medida desde los
- 15 bordes circunferenciales exteriores de la pieza de prueba, y la pieza de prueba se sometió a una prueba de corrosión cíclica combinada, de modo que se repitió un ciclo de prueba de corrosión unitaria 30 veces, donde el ciclo de prueba de corrosión unitaria consistió en pulverización de sal (35 °C, NaCl al 5 %, 2 horas), secado (60 °C, 4 horas) y humedecimiento (50 °C, 4 horas), para determinar una proporción del área con corrosión en una región de la superficie que tenía una anchura de 20 mm con el cordón de soldadura sobre la línea central de la región de la superficie. Se
- 20 consideró un caso de buena resistencia a la corrosión de una zona de soldadura "O" aquel caso en el que la proporción del área con corrosión era del 10 % o inferior. Se consideró un caso de resistencia a la corrosión insatisfactoria de una zona de soldadura "x" aquel caso en el que la proporción del área con corrosión era superior al 10 %. Los resultados se dan en la columna "Resistencia a la corrosión" de las Tablas 1 a 3.

25 (3) Calidad de la superficie de la zona de soldadura tras someterse a labores

Se tomó una pieza de prueba de tracción JIS n.º 5 de la junta soldada a tope, de modo que la dirección de tracción fuera perpendicular a la dirección de soldadura y el cordón de soldadura estuviera en el centro en la dirección longitudinal de la pieza de prueba, se pulió la superficie de la pieza de prueba con papel de lija n.º 600, se sometió la

30 pieza de prueba pulida a una deformación plástica de tracción del 20 % y se determinó la rugosidad de altura máxima Rz en la dirección de soldadura en una zona de soldadura. La expresión "zona de soldadura" se refiere a una zona de metal de fusión de soldadura y una zona soldada afectada por el calor.

- Se consideró un caso de excelente calidad de la superficie "O" aquel caso en el que la rugosidad de altura máxima Rz
- 35 en una zona de soldadura tras aplicar tensión de tracción fue de 10 µm o inferior. Se consideró un caso de mejora no notable en la calidad de la superficie "x" aquel caso en el que la rugosidad de altura máxima Rz en una zona de soldadura tras aplicar tensión de tracción fue superior a 10 µm. Los resultados de la prueba de calidad de la superficie se dan en la columna "Calidad de la superficie" de las Tablas 1 a 3. En este caso, se determinó la rugosidad de altura máxima Rz, de acuerdo con la norma JIS B 0601 (2013). La longitud de determinación fue de 5 mm, la determinación
- 40 se realizó tres veces para cada muestra, y el valor medio simple de los tres valores determinados se definió como la rugosidad de altura máxima Rz de la muestra.

Como se indica en las Tablas 1 a 3, todos los aceros de ejemplo de la presente invención resultaron tener una forma excelente de la zona de soldadura y, una excelente resistencia a la corrosión de una zona de soldadura de materiales

45 de diferentes tipos. Además, en caso de cumplirse también la expresión relacional (2), la calidad de la superficie de una zona de soldadura tras someterse a labores también fue excelente. En cambio, los aceros comparativos, que estaban fuera del alcance de la presente invención, resultaron ser deficientes en cuanto a la forma de la zona de soldadura o la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura, o en cuanto a ambas propiedades.

Tabla 1)

Grado del acero	C						Composición química (% en masa)										Expresión relacional (1)	Expresión relacional (2)	Forma de la zona de soldadura	Resistencia a la corrosión	Calidad de la superficie	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Al	N	Nb	Ti	Zr	Otros								
A1	0.009	0.13	0.14	0.025	0.0027	21.1	0.42	0.41	0.03	0.007	0.55	0.01	0.01	-	-	0.68	O	x	Acero de ejemplo			
A2	0.008	0.08	0.16	0.027	0.0023	21.9	0.63	0.45	0.02	0.009	0.54	0.01	0.03			2.8	0.67	O	Acero de ejemplo			
A3	0.015	0.19	0.47	0.022	0.0018	23.8	0.55	0.33	0.02	0.015	0.61	0.01	0.01	V: 0.08		2.7	0.71	O	Acero de ejemplo			
A4	0.009	0.17	0.15	0.014	0.0035	20.9	0.41	0.28	0.02	0.008	0.54	0.01	0.02	Mo: 0.15		2.4	0.65	O	Acero de ejemplo			
A5	0.019	0.22	0.31	0.033	0.0071	21.3	0.43	0.55	0.02	0.006	0.47	0.01	0.07	Mg: 0.0011		1.6	0.66	O	Acero de ejemplo			
A6	0.017	0.15	0.17	0.035	0.0044	21.5	0.41	0.32	0.02	0.012	0.57	0.02	0.01	Ca: 0.0015		2.5	0.69	O	Acero de ejemplo			
A7	0.014	0.05	0.19	0.024	0.0015	20.4	0.32	0.21	0.03	0.009	0.49	0.04	0.02	Sn: 0.19		1.8	0.69	O	Acero de ejemplo			
A8	0.011	0.07	0.21	0.028	0.0032	21.9	0.44	0.44	0.02	0.006	0.52	0.03	0.02	Sb: 0.15		2.4	0.67	O	Acero de ejemplo			
A9	0.012	0.14	0.11	0.029	0.0057	21.2	0.36	0.32	0.01	0.008	0.47	0.08	0.01	B: 0.0025		1.6	0.68	O	Acero de ejemplo			
A10	0.008	0.33	0.13	0.032	0.0034	22.4	0.26	0.41	0.02	0.011	0.61	0.01	0.01	Co: 0.11		2.1	0.71	O	Acero de ejemplo			
A11	0.006	0.03	0.15	0.025	0.0025	22.1	0.33	0.35	0.01	0.007	0.41	0.09	0.01	REM: 0.0025		1.6	0.64	O	Acero de ejemplo			
A12	0.004	0.15	0.14	0.021	0.0018	21.9	0.27	0.36	0.02	0.005	0.52	0.03	0.03			2.0	0.69	O	Acero de ejemplo			
A13	0.009	0.13	0.17	0.016	0.0035	22.3	0.42	0.18	0.02	0.009	0.58	0.02	0.02	V: 0.16, Mo: 0.05		2.6	0.71	O	Acero de ejemplo			
A14	0.012	0.09	0.22	0.013	0.0061	20.7	0.38	0.25	0.03	0.012	0.57	0.01	0.01	V: 0.05, Mg: 0.0015		2.5	0.70	O	Acero de ejemplo			
A15	0.011	0.18	0.46	0.027	0.0022	21.8	0.39	0.16	0.02	0.014	0.56	0.01	0.04	Mo: 0.05, Mg: 0.0012		2.2	0.70	O	Acero de ejemplo			
A16	0.014	0.22	0.23	0.024	0.0014	21.5	0.43	0.44	0.01	0.008	0.57	0.01	0.05	Mo: 0.16, Co: 0.05, Mg: 0.0024		2.5	0.70	O	Acero de ejemplo			
A17	0.008	0.25	0.15	0.035	0.0026	21.1	0.45	0.22	0.02	0.009	0.58	0.01	0.03	V: 0.04, Mo: 0.04, Co: 0.06, B: 0.0007, Ca: 0.0008, Mg: 0.0011, REM: 0.0018, Sn: 0.07, Sb: 0.09		2.1	0.71	O	Acero de ejemplo			
A18	0.009	0.15	0.15	0.025	0.0031	20.9	0.42	0.21	0.02	0.008	0.55	0.01	0.01	V: 0.03, Mo: 0.05, Ca: 0.0005		2.7	0.65	O	Acero de ejemplo			

[Tabla 2]

Grado del acero	Composición química (% en masa)														Otros	Expresión relacional (1)	Expresión relacional (2)	Forma de la zona de soldadura	Resistencia a la corrosión	Calidad de la superficie	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Al	N	Nb	Ti	Zr								
B1	0.011	0.17	0.15	0.022	0.0018	21.2	0.38	0.22	0.05	0.005	0.85	0.01	0.01		1.8	0.84	O	O	Acero de ejemplo		
B2	0.004	0.08	0.22	0.033	0.0021	20.4	0.41	0.25	0.04	0.008	0.59	0.05	0.04	-	1.6	0.87	O	O	Acero de ejemplo		
B3	0.015	0.04	0.31	0.038	0.0015	22.5	0.44	0.31	0.05	0.011	0.83	0.05	0.01	V: 0.14	1.7	0.90	O	O	Acero de ejemplo		
B4	0.017	0.09	0.45	0.027	0.0018	23.2	0.51	0.19	0.05	0.015	0.58	0.03	0.01	Mo: 0.16	1.6	0.81	O	O	Acero de ejemplo		
B5	0.018	0.12	0.38	0.015	0.0019	23.8	0.63	0.28	0.05	0.012	0.66	0.02	0.09	Mg: 0.0011	1.5	0.99	O	O	Acero de ejemplo		
B6	0.013	0.05	0.29	0.011	0.0015	23.5	0.57	0.37	0.02	0.009	0.54	0.09	0.01	Ca: 0.0018	1.7	0.80	O	O	Acero de ejemplo		
B7	0.012	0.26	0.18	0.013	0.0023	23.3	0.44	0.46	0.04	0.008	0.84	0.01	0.01	Sn: 0.08	1.8	0.80	O	O	Acero de ejemplo		
B8	0.008	0.05	0.04	0.022	0.0027	22.8	0.46	0.55	0.05	0.007	0.57	0.02	0.01	Sb: 0.02	1.8	0.78	O	O	Acero de ejemplo		
B9	0.006	0.06	0.06	0.026	0.0029	22.5	0.32	0.34	0.04	0.005	0.89	0.05	0.01	B: 0.0008	2.0	0.93	O	O	Acero de ejemplo		
B10	0.005	0.36	0.09	0.029	0.0035	22.1	0.41	0.21	0.03	0.003	0.68	0.02	0.05	Co: 0.015	1.6	0.89	O	O	Acero de ejemplo		
B11	0.007	0.24	0.11	0.035	0.0046	21.8	0.39	0.18	0.04	0.004	0.89	0.04	0.02	REM: 0.0015	1.6	0.92	O	O	Acero de ejemplo		
B12	0.009	0.11	0.13	0.032	0.0051	21.9	0.29	0.33	0.04	0.006	0.75	0.01	0.03	Mo: 0.26	2.5	0.94	O	O	Acero de ejemplo		
B13	0.014	0.13	0.15	0.029	0.0042	21.5	0.22	0.51	0.04	0.009	0.82	0.02	0.04	V: 0.02; Mo: 0.06	1.8	0.84	O	O	Acero de ejemplo		
B14	0.016	0.12	0.18	0.025	0.0037	21.6	0.25	0.22	0.04	0.011	0.81	0.04	0.04	V: 0.06; Mg: 0.0015	1.6	0.87	O	O	Acero de ejemplo		
B15	0.006	0.09	0.21	0.022	0.0034	21.2	0.39	0.33	0.04	0.012	0.85	0.02	0.03	V: 0.15; Ca: 0.0012; Mg: 0.0008	2.1	0.86	O	O	Acero de ejemplo		
B16	0.004	0.14	0.24	0.019	0.0031	21.1	0.41	0.25	0.03	0.008	0.61	0.05	0.01	Mo: 0.15; Ca: 0.0015	1.8	0.82	O	O	Acero de ejemplo		
B17	0.009	0.06	0.12	0.015	0.0029	20.9	0.35	0.24	0.05	0.007	0.57	0.02	0.04	V: 0.05; Mo: 0.05; Co: 0.05; B: 0.0015; Ca: 0.0007; Mg: 0.0006; REM: 0.0022; Sn: 0.09; Sb: 0.08	1.6	0.82	O	O	Acero de ejemplo		
B18	0.012	0.21	0.14	0.013	0.0027	20.8	0.41	0.17	0.04	0.005	0.81	0.03	0.02	Mg: 0.0007	1.6	0.82	O	O	Acero de ejemplo		
B19	0.014	0.25	0.16	0.011	0.0025	20.5	0.49	0.19	0.04	0.003	0.69	0.02	0.04	Mo: 0.08; Mg: 0.0006; Sn: 0.07	1.7	0.91	O	O	Acero de ejemplo		
B20	0.018	0.15	0.18	0.011	0.0015	20.3	0.56	0.21	0.05	0.004	0.58	0.01	0.03	Mg: 0.0013; Sb: 0.03	1.5	0.80	O	O	Acero de ejemplo		
B21	0.019	0.44	0.33	0.011	0.0021	20.9	0.43	0.23	0.03	0.006	0.72	0.01	0.01	Ca: 0.0004; Mg: 0.0022; Sb: 0.03	1.8	0.85	O	O	Acero de ejemplo		
B22	0.017	0.15	0.47	0.017	0.0016	21.1	0.41	0.25	0.05	0.008	0.85	0.02	0.02	V: 0.22; Ca: 0.0016; Mg: 0.0018; Sb: 0.05	1.7	0.87	O	O	Acero de ejemplo		
B23	0.018	0.08	0.39	0.019	0.0015	21.6	0.37	0.15	0.04	0.011	0.58	0.04	0.01	90.06; B: 0.0036; Ca: 0.0022; Mg: 0.0035	1.8	0.80	O	O	Acero de ejemplo		
B24	0.011	0.11	0.26	0.022	0.0018	21.2	0.41	0.32	0.04	0.013	0.89	0.02	0.02	Co: 0.25	2.2	0.88	O	O	Acero de ejemplo		
B25	0.003	0.07	0.17	0.026	0.0029	21.4	0.44	0.04	0.04	0.009	0.57	0.06	0.01	Mo: 0.16; REM: 0.0045	1.6	0.83	O	O	Acero de ejemplo		
B26	0.011	0.12	0.12	0.025	0.0035	21.1	0.41	0.18	0.03	0.008	0.59	0.03	0.05	V: 0.04; Mo: 0.03; Ca: 0.0006	1.8	0.82	O	O	Acero de ejemplo		
B27	0.008	0.15	0.13	0.031	0.0023	21.6	0.46	0.22	0.02	0.007	0.44	0.01	0.03		2.0	0.57	O	O	Acero de ejemplo		
B28	0.013	0.22	0.11	0.035	0.0024	20.8	0.36	0.18	0.01	0.006	0.51	0.01	0.02	-	2.6	0.59	O	O	Acero de ejemplo		

[Table 3]

Grado del acero	Composición química (% en masa)														Expresión relacional (1)	Expresión relacional (2)	Forma de la zona de soldadura	Resistencia a la corrosión	Calidad de la superficie	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Al	N	Nb	Ti	Zr	Otros						
A19	0.017	0.03	0.16	0.017	0.0012	21.5	0.38	0.29	0.02	0.008	0.55	0.01	0.02	Mg: 0.0008	3.5	0.66	x	O	x	Acero comparativo
A20	0.014	0.18	0.08	0.026	0.0024	21.4	0.51	0.44	0.04	0.011	0.42	0.05	0.06	-	9.9	0.73	x	O	x	Acero comparativo
A21	0.024	0.21	0.15	0.021	0.0035	20.8	0.46	0.23	0.01	0.014	0.61	0.02	0.02	-	2.8	0.71	O	x	x	Acero comparativo
A22	0.008	0.11	0.12	0.029	0.0031	21.1	0.45	0.22	0.04	0.025	0.49	0.01	0.01	-	1.7	0.65	O	x	x	Acero comparativo
A23	0.008	0.12	0.15	0.025	0.0025	20.9	0.41	0.21	0.01	0.007	0.66	0.01	0.01	V: 0.04, Ca: 0.0006	4.7	0.73	x	O	x	Acero comparativo
A24	0.011	0.18	0.13	0.018	0.0032	21.3	0.43	0.18	0.04	0.009	0.42	0.02	0.01	V: 0.03, Ca: 0.0011	1.2	0.60	x	O	x	Acero comparativo
A25	0.012	0.16	0.15	0.026	0.0027	21.2	0.42	0.22	0.04	0.008	0.55	0.01	0.01	-	1.9	0.69	x	x	x	Acero comparativo
A26	0.013	0.14	0.13	0.024	0.0035	20.8	0.41	0.23	0.02	0.007	0.58	0.02	0.02	-	2.8	0.68	x	x	x	Acero comparativo
A27	0.007	0.18	0.12	0.021	0.0022	21.5	0.39	0.42	-	0.008	0.51	0.03	0.03	-	2.8	0.82	x	o	x	Acero comparativo
B29	0.012	0.02	0.32	0.022	0.0022	21.2	0.31	0.16	0.04	0.008	0.35	0.01	0.01	-	1.5	0.51	x	x	x	Acero comparativo
B30	0.011	0.11	0.15	0.022	0.0018	22.1	0.38	0.22	0.04	0.005	0.59	0.04	0.01	-	1.8	0.79	x	x	x	Acero comparativo
B31	0.022	0.17	0.22	0.021	0.0021	21.1	0.42	0.21	0.05	0.006	0.61	0.01	0.01	-	1.7	0.80	O	x	O	Acero comparativo
B32	0.008	0.08	0.24	0.011	0.0022	21.5	0.45	0.25	0.04	0.025	0.62	0.02	0.03	-	2.0	0.83	O	x	O	Acero comparativo
B33	0.011	0.21	0.15	0.035	0.0024	21.1	0.41	0.22	0.04	0.008	0.59	-	0.04	-	1.7	0.77	x	x	x	Acero comparativo
B34	0.007	0.07	0.21	0.027	0.0038	20.9	0.43	0.19	0.02	0.009	0.66	0.12	0.02	-	1.7	0.99	x	O	x	Acero comparativo
B35	0.008	0.18	0.17	0.022	0.0015	21.3	0.42	0.35	-	0.007	0.59	0.06	0.04	-	2.4	0.77	x	O	x	Acero comparativo

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de acero inoxidable ferrítico que tiene una composición química que contiene, en % en masa,
 C: del 0,003 % al 0,020 %,

5 Si: del 0,01 % al 1,00 %,

Mn: del 0,01 % al 0,50 %,

P: 0,040 % o inferior,

S: 0,010 % o inferior,

Cr: del 20,0 % al 24,0 %,

10 Cu: del 0,20 % al 0,80 %,

Ni: del 0,01 % al 0,60 %,

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

N: del 0,003 % al 0,020 %,

Nb: del 0,40 % al 0,80 %,

15 Ti: del 0,01 % al 0,10 %,

Zr: del 0,01 % al 0,10 %,

que opcionalmente contiene uno o más de

V: del 0,01 % al 0,30 %,

Mo: del 0,01 % al 0,30 %,

20 Co: del 0,01 % al 0,30 %,

B: del 0,0003 % al 0,0050 %,

Ca: del 0,0003 % al 0,0050 %,

Mg: del 0,0005 % al 0,0050 %,

REM: del 0,001 % al 0,050 %,

25 Sn: del 0,01 % al 0,50 % y

Sb: del 0,01 % al 0,50 %, y

siendo el resto Fe e impurezas inevitables,

en donde se cumple la siguiente expresión relacional (1):
- $$30 \quad 3,0 \geq \text{Nb}/(2\text{Ti} + \text{Zr} + 0,5\text{Si} + 5\text{Al}) \geq 1,5 \quad (1),$$
- donde, en la expresión relacional (1), cada uno de los símbolos atómicos denota el contenido en % en masa del elemento químico correspondiente.
- 35 2. La lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la reivindicación 1, en donde se cumple la siguiente expresión relacional (2):
- $$2\text{Ti} + \text{Nb} + 1,5\text{Zr} + 3\text{Al} \geq 0,75 \quad \cdots \quad (2),$$
- 40 donde, en la expresión relacional (2), cada uno de los símbolos atómicos denota el contenido en % en masa del elemento químico correspondiente.

FIG. 1

