

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 182**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

C21D 9/08 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.05.2009 PCT/JP2009/058635**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.11.2010 WO10128545**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2009 E 09844332 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2017 EP 2439301**

54 Título: **Tubo de acero inoxidable de alta resistencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.07.2017

73 Titular/es:
**NISSHIN STEEL CO., LTD. (100.0%)
4-1 Marunouchi 3-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8366, JP**

72 Inventor/es:
**ISOZAKI SEIICHI;
HIDESHIMA YASUTOSHI;
FUJIMOTO HIROSHI y
SUZUKI SATOSHI**

74 Agente/Representante:
SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 621 182 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

Tubo de acero inoxidable de alta resistencia

ÁMBITO TÉCNICO

5

[0001] La presente invención hace referencia a un tubo de acero inoxidable de alta resistencia que se utiliza para el transporte, construcción de maquinaria, arquitectura, decoración etc. y, en concreto, se refiere un tubo de acero inoxidable de alta resistencia que se utiliza preferentemente en aplicaciones que requieran resistencia y resistencia a la corrosión.

10

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

15

[0002]Un material de acero inoxidable es excelente en la resistencia a la corrosión y también es favorable en las características de resistencia, docilidad y unión. Por tanto, un tubo de acero inoxidable fabricado con material de acero inoxidable se utiliza en varias aplicaciones debido a una excelente resistencia a la corrosión y alta resistencia.

20

[0003]Además, en los últimos años, desde que se ha requerido la reducción en los costes, se exige la utilización de tubos de acero inoxidable de alta resistencia para mejorar la resistencia a la corrosión y la resistencia sin que contengan elementos caros.

25

[0004]Luego, basándose en el porcentaje en masa, se utiliza principalmente un material de acero inoxidable con base de martensita con Cr al 12%, aumentando el contenido de Cr y disminuyendo los contenidos de C y N, además Cr, Ni, Mo y Cu se contienen en cantidades adecuadas para proporcionar un compuesto. Posteriormente, se forma una estructura de fase diploide con una fase de ferrita y una fase de austenita residual, proporcionando la fase de martensita como fase base, y proporcionando un tubo de acero inoxidable que ha mejorado su resistencia, la docilidad en caliente, la resistencia a la corrosión y soldabilidad (remítase a JP 2005-336599, por ejemplo).

30

[0005]Basándose en el porcentaje en masa, habiendo disminuido el contenido de N a 0,015% o menos, se suelda un material de acero inoxidable con base de martensita para formar un tubo de acero inoxidable. Posteriormente, el tubo se austeniza a 920 °C hasta 1100 °C enfriado a una velocidad de enfriado mayor que el enfriamiento con agua, sometido a templado y enfriado a una velocidad de enfriado superior al enfriamiento con aire, proporcionando así un tubo de acero inoxidable de alta resistencia donde se forma la martensita. Este tubo de acero inoxidable de alta resistencia es suficiente en la resistencia a la corrosión incluso en una atmósfera de dióxido de carbono y también excelente en la tenacidad al impacto y la soldabilidad (remítase a JP 4-268018, por ejemplo).

35

40

[0006]Es más, en lo relativo a la estructura metálica, una cantidad adecuada de fase de ferrita se introduce en una fase primaria de austenita para dar una estructura bifásica basada en austenita que contiene 5 hasta 40% por volumen de la fase de ferrita, proporcionando así un tubo de acero inoxidable con una docilidad y resistencia a la corrosión mejoradas (remítase a JP 2004-225075, por ejemplo).

45

[0007]También está disponible un tubo de acero inoxidable donde Mo y V se combinan con un material de acero inoxidable con base de ferrita en un contenido adecuado para mejorar la resistencia a la corrosión, y las condiciones de laminado en caliente y laminado en frío se especifican para suprimir la reducción en la docilidad debido a su contenido de Mo (remítase a JP 2002-363712, por ejemplo).

50

[0008]JP 2005 230909 muestra un método para utilizar soldadura con resistencia eléctrica para fabricar un tubo de acero que contenga Cr. Se aplica una técnica de soldadura con resistencia eléctrica a la unión del acero, con una variedad de diferentes elementos, que se ha formado en un tubo a partir una plancha y se muestran los parámetros para ese párrafo de técnica de soldadura.

RESUMEN DE LA INVENCION

55

Problema técnico

[0009]Sin embargo, el material de acero inoxidable descrito en JP 2005-336599 es 689 MPa o inferior en la resistencia a la tracción y es deseable mejorar la resistencia. Además, como contiene Mo, un elemento relativamente caro, existe el problema del incremento de costes.

5 [0010]Además, el material de acero inoxidable descrito en JP 4-268018 es favorable en la resistencia a la corrosión y en la tenacidad al impacto, pero es deseable mejorar la resistencia. Aún más, como contiene Co, elemento relativamente caro, existe el problema del incremento de costes.

10 [0011]Los materiales de acero inoxidables descritos en JP 2004-25075 y JP 2002-363712 se forman en tubos en un estado tras el recocido final y se utilizan sin someterse al tratamiento térmico después de la formación del tubo. Por tanto, estos tubos son excelentes en la docilidad, sin embargo, existe el problema de que no puede obtenerse la alta resistencia.

15 [0012]La presente invención se ha realizado a la vista de la situación anterior, cuyo objeto es proporcionar un tubo de acero inoxidable de alta resistencia favorable en la resistencia y resistencia a la corrosión y que puede fabricarse a bajo coste.

Solución al problema

20 [0013]Según la presente invención se proporciona un tubo de acero inoxidable de alta resistencia donde se proporciona, como material de base, un material de acero inoxidable que contiene en la base de porcentaje en masa, C de 0,04 a 0,12%, Ni de 0 (incluyendo un caso de no adición) a 5,0%, Cr de 12,0 a 17,0%, N de 0 (incluyendo un caso de no adición) a 0,10%, Si de 0,2 a 2,0%, Mn a 2,0% o menos, Cu de 0 (incluyendo un caso de no adición) a 2,0%, P a 0,06% o menos, S a 0,006% o menos, siendo el residuo Fe e impurezas inevitables;

25 en el que una fase primaria queda constituida con cualquier estructura monofásica de fase de ferrita, o una estructura monofásica de fase de martensita y una estructura de fase diploide de fase de ferrita y fase de martensita y, donde el carburo se separa de manera uniforme en los límites de grano y dentro de los granos y una cantidad disuelta de C se ajusta para que sea 0,03% o menos;

30 en donde un extremo del material de base se suelda como una unión para formar un tubo, la unión tiene una estructura fundida resultante de la soldadura; y

el carburo separado se disuelve de la fase primaria y la unión mediante el tratamiento térmico después de la formación del tubo.

35 [0014]Preferentemente, la fase primaria y la unión después del tratamiento térmico se constituyen como una estructura monofásica de fase de martensita o una estructura de fase diploide de fase de martensita o fase de ferrita.

Efectos ventajosos de la invención

40 [0015]Según la invención descrita en la reivindicación 1, la fase primaria del material de acero inoxidable está constituida por una de las estructuras monofásica de fase de ferrita, una estructura monofásica de fase de martensita y una estructura de fase diploide de fase de ferrita y fase de martensita especificando las condiciones.

45 [0016]Por tanto, la fase primaria se estructura para contener la fase de martensita después de la formación del tubo, haciendo que así sea posible mejorar la resistencia.

50 [0017]Además, dado que las composiciones sólo se constituyen con elementos utilizados en materiales de acero inoxidable común, el tubo puede fabricarse a bajo coste.

55 [0018]Es posible evitar la reducción en la docilidad del material de acero inoxidable en el momento de la formación del tubo resultante del hecho de que el carburo se separa de manera uniforme en los límites de grano y dentro de los granos de la fase primaria y el carburo se separa de ahí localmente en el borde de grano para reducir la tenacidad. También es posible evitar la reducción en la resistencia a la corrosión al reducir una cantidad disuelta de Cr debido a la separación local del carburo en el borde de grano.

[0019]La cantidad disuelta de C en la fase primaria se ajusta para ser 0,03% en masa o menos, haciendo así posible evitar el incremento en cargas de trabajo y que se produzcan defectos de obra en la superficie en el momento de la fabricación del tubo debido a una resistencia excesivamente alta. También es posible evitar la reducción en la resistencia a la corrosión debido al hecho de que una cantidad de carburo separado aumenta con un incremento en la cantidad disuelta de C y una cantidad disuelta de Cr se reduce debido a la formación de un carburo separado.

[0020]El carburo separado en la fase primaria y la unión se disuelve de la fase primaria y la unión mediante el tratamiento térmico después de la formación del tubo. Por tanto, es posible mejorar la resistencia y la resistencia a la corrosión de la fase primaria y la unión después de la formación del tubo. A partir de un estado en el que el carburo se separa en el momento de la formación el tubo antes de desarrollar el tratamiento térmico, el tubo puede formarse fácilmente.

[0021]Según la invención descrita en la reivindicación 2, la fase primaria y la unión después de la formación del tubo y el tratamiento térmico son una estructura monofásica de fase de martensita o una estructura de fase diploide de fase de martensita y fase de ferrita, haciendo así posible mejorar la resistencia de la fase primaria y la unión. Cuando la fase primaria y la unión son una estructura de fase diploide de fase de martensita y fase de ferrita se proporciona una resistencia superior ya que la fase de martensita es mayor en relación por volumen.

DESCRIPCIÓN DE LA REALIZACIÓN

[0022]A partir de aquí, se da una explicación detallada para las realizaciones de la presente invención.

[0023]Se dará una explicación para los elementos individuales de un material de acero inoxidable que es un material de base del tubo de acero inoxidable de alta resistencia en las presentes realizaciones y los contenidos de estos elementos. Los contenidos de los elementos individuales se expresarán en porcentaje en masa, a menos que se especifique de otro modo.

[0024][C: 0,04 a 0,12%]

C, que es un elemento para mejorar la resistencia, es en concreto un elemento importante para mejorar la resistencia disolviendo en una fase primaria y una unión en el tratamiento térmico tras la formación del tubo. Para obtener la resistencia efectiva como el acero inoxidable para constituir un material de base de un tubo de acero inoxidable de alta resistencia, es necesario que contenga C a 0,04% o más. Sin embargo, con un incremento en el contenido de C, existe un incremento en el contenido de Cr que forma C y carburo. Por tanto, una cantidad disuelta de Cr se disminuye para reducir la resistencia a la corrosión. Además, en los casos donde el contenido de C supera el 0,12%, se produce una cantidad excesiva de carburo para reducir la ductilidad y tenacidad, por la cual también se deteriora la docilidad en el momento de la formación del tubo. Por tanto, el contenido de C tiene que ser de 0,04 a 0,12%.

[0025][Ni: 0 a 5,0%]

El Ni es un elemento capaz de evitar la reducción en la resistencia a la corrosión debido al contenido excesivo de C y N sustituyendo parcialmente C y N. Sin embargo, cuando el contenido de N supera 5,0%, la austenita residual aumenta en contenido para reducir la resistencia. Por tanto, el contenido de Ni es hasta 5,0%. Además, Cr, esto es, el elemento que genera la ferrita, y C, N, esto es, los elementos que generan la austenita, se ajustan para el contenido, por el cual una fase primaria de un material de acero inoxidable puede constituirse con cualquier estructura monofásica de fase de ferrita, una estructura monofásica de fase de martensita y una estructura de fase diploide de fase de ferrita y fase de martensita. Y no tiene que contener necesariamente Ni.

[0026][Cr: 12,0 a 17,0%]

Cr es un elemento para mejorar la resistencia a la corrosión de una fase primaria y una unión. Se requiere que este elemento se contenga al 12,0% o más para obtener la resistencia a la corrosión efectiva como el acero inoxidable que constituye un material de base de un tubo de acero inoxidable de alta resistencia. Sin embargo, cuando el contenido de Cr supere el 17,0%, es difícil obtener una fase de martensita por tratamiento térmico después de la formación del tubo. Además, en un intento por ajustar la composición al contener un elemento generador de austenita, un aumento de austenita residual disminuirá la resistencia de la fase primaria y la unión. Por tanto, el contenido de Cr tiene que ser de 12,0 a 17,0%.

[0027][N: 0 a 0,10%]

Al igual que con C, N es un elemento para mejorar la resistencia y capaz de mejorar la resistencia disolviéndose en una fase primaria, en particular por tratamiento térmico después de la formación del tubo. Además, puesto que C puede sustituirse parcialmente con N, es posible evitar la reducción de ductilidad y tenacidad debido a un gran contenido de C. Sin embargo, cuando el contenido de N excede de 0,10%, la resistencia se reducirá debido a un aumento en austenita residual. Por tanto, el contenido de N es hasta 0,10%. Además, no tiene que contener necesariamente N.

[0028][Si: 0,2 a 2,0%]

Si es un elemento para mejorar la resistencia de una fase primaria intensificando la disolución. Para obtener la resistencia efectiva como un acero inoxidable que constituye un material de base de un tubo de acero inoxidable de alta resistencia, es necesario que contenga Si a 0,2% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Si excede el 3,0%, las acciones intensificadoras de la disolución se saturan y la formación de la fase de ferrita δ se acelera para disminuir la ductilidad y la tenacidad. Por tanto, el contenido de Si es hasta 0,2 a 2,0%.

[0029][Mn: 2,0% o menos]

Mn suprime la generación de la fase de ferrita β en una región de alta temperatura. Además, Mn tiene funciones para complementar S en forma de MnS y mejorar la productividad. Sin embargo, un gran contenido de Mn aumenta la cantidad de austenita residual después del recocido, lo que es una causa para la reducción de la resistencia. Por tanto, el contenido de Mn es hasta 2,0%. Es preferible que el contenido de Mn sea de 0,1 a 1,2%.

[0030][Cu: 0 a 2,0%]

Cu es un elemento para suprimir la generación de la fase de ferrita β en una región de alta temperatura y también eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión. Sin embargo, cuando el contenido de Cu sobrepasa el 2,0%, la austenita residual o ferrita β se genera en una fase primaria o en una pieza soldada, lo cual es causa de reducción de la resistencia. Por tanto, el contenido de Cu es hasta 2,0%. Además, no tiene que contener necesariamente Cu.

[0031][P: 0,06% o menos]

P es un elemento que es una causa para reducir la resistencia a la corrosión. Por tanto, es más deseable un contenido inferior de P. Sin embargo, un descenso extremo de contenido P resultará en un aumento en el coste de la producción. El contenido de P es hasta 0,06% para evitar de manera sustancial influencias adversas.

[0032][S: 0,006% o menos]

S es un elemento que es una causa para provocar fisuras de trabajo en caliente y superficies rugosas al estar separado de manera desigual en los límites de grano en el momento de la laminación en caliente para reducir la docilidad en caliente y también causar un borde agrietado en el laminado en frío después del recocido intermedio. Además, una cantidad excesivamente grande de MnS influirá negativamente en la resistencia a la corrosión. Por tanto, es más deseable un contenido inferior de S. Sin embargo, cuando el contenido de S se reduce en exceso, los costes de producción aumentan. Por eso, el contenido de S es hasta 0,006% para evitar de manera sustancial influencias adversas.

[0033]Además de los elementos anteriormente descritos, puede contener Mo de 3,0% o menos, B de 0,01% o menos y Nb, Ti, V de 0,5% o menos, cuando sea necesario.

[0034][Mo: 3,0% o menos]

Mo es un elemento para mejorar la resistencia a la corrosión. Sin embargo, cuando el contenido de Mo supera el 3,0%, la docilidad en caliente se reducirá. Además, puesto que Mo es un elemento relativamente caro, un contenido mayor del elemento aumentará los costes. Por tanto, el contenido de Mo es hasta 3,0%.

[0035][B: 0,01% o menos]

B es un elemento que forma separaciones finas para suprimir el engrosamiento de granos y también incrementa una resistencia de unión de los límites de grano de la fase de ferrita con la fase austenita en una región de temperatura de laminación en caliente, mejorando así la docilidad en caliente. Sin embargo, cuando el

contenido de B supera el 0,01%, se forma boruro de bajo punto de fusión para deteriorar la docilidad en caliente. Por tanto, el contenido de B es hasta 0,01%.

[0036][Nb, Ti, V: 0,5% o menos]

5 Nb, Ti y V son elementos para hacer finos los granos y luego generar separaciones respectivamente para mejorar la resistencia. Sin embargo, cuando los contenidos respectivos de Nb, Ti y V exceden 0,5%, la generación de compuestos intermetálicos disminuirán la tenacidad. Por lo tanto, los respectivos contenidos de Nb, Ti y V son hasta 0,5%.

10 [0037]El residuo que excluye los elementos anteriormente descritos está formado por Fe e impurezas inevitables. Las composiciones se ajustan como se ha descrito hasta ahora, mediante las cuales se proporciona un material de acero inoxidable en el que una fase primaria está constituida con una estructura monofásica de fase de ferrita, una estructura monofásica de fase de martensita y una estructura de fase diploide de fase de ferrita y fase de martensita.

15 [0038]El material de acero inoxidable se somete al tratamiento térmico dos veces antes de la formación del tubo. Por tanto, el carburo se separa de manera uniforme en los límites de granos y dentro de los granos de la fase primaria y a una cantidad disuelta de C se ajusta para que sea 0,03% en masa o menos.

20 [0039]El carburo es el formado por la unión de C con uno o más elementos e incluye carbonitruro donde C y N están unidos con otros elementos.

25 [0040]Además, un estado en el que el carburo está uniformemente separado en los límites de grano y dentro de los granos es aquel en el que una relación de área de carburo en un sitio de observación es 80% o menos en desviación en un campo cuadrado de un micrómetro observado a 100.000 aumentos usando un microscopio electrónico de transmisión. Se excluye un estado donde el carburo se separa en continuación en los límites de granos o dentro de los granos.

30 [0041]El material de acero inoxidable se somete a un primer tratamiento térmico a una temperatura ambiente de 600 °C a 850 °C durante un intervalo de cocción de 0 a 24 hr, por el cual el C disuelto se separa casi por completo como un carburo.

35 [0042]En este caso, el carburo se separa más fácilmente en los límites de granos que dentro de los granos y preferentemente se separan en los límites de granos después del primer tratamiento con calor. En un estado donde el carburo se separa preferentemente en los límites de los granos, la tenacidad se reduce y la docilidad se deteriora. Además, como el carburo separado contiene carburo de cromo que se forma al unir C con Cr, el carburo se separa preferentemente de forma local en los límites de granos, la formación local del carburo se reducirá a una cantidad disuelta de Cr para formar una capa deficiente de Cr.

40 [0043]La capa deficiente de Cr es una región donde, por ejemplo, una cantidad de Cr es inferior en un 2% en masa o más que una cantidad de Cr en una fase primaria debido a la formación de carburo de cromo, etc. Dado que la resistencia a la corrosión se reduce, es deseable formar carburo sin cromo, etc.

45 [0044]Además, después del tratamiento de descalcificación, se lleva a cabo el laminado en frío a una relación de laminación de 20% o más para introducir deformación en frío.

50 [0045]Posteriormente, el material de acero inoxidable se somete a un segundo tratamiento térmico a una temperatura del material dentro de los 50 °C diferentes del primer tratamiento térmico y durante un intervalo de cocción de 0 a 1 hora. El carburo se separa de manera uniforme en los límites de granos y dentro de los granos en la fase primaria mediante el segundo tratamiento térmico.

55 [0046]Además, una cantidad disuelta de C en la fase primaria se ajusta para ser 0,03% en masa o menos por el segundo tratamiento térmico. Una cantidad mayor disuelta de C hace que la resistencia del material de acero inoxidable sea mayor. En los casos donde la cantidad disuelta de C supere 0,03% en masa, la resistencia es excesivamente alta para incrementar las cargas de trabajo en el momento de la formación del tubo y también deteriora la docilidad. Por tanto, los defectos de superficie pueden realizarse fácilmente. Además, en el proceso

de enfriado en el momento de la formación del tubo, el C disuelto en una unión se separa mediante la formación de carburo. En los casos donde una cantidad disuelta de C supere 0,03% en masa, una cantidad de Cr que forme carburo de cromo, un tipo de carburo, se incrementa excesivamente para formar fácilmente una capa deficiente de Cr. Como resultado, la cantidad disuelta de C es hasta 0,03% en masa.

5

[0047]Tal y como se describe hasta ahora, en el material de acero inoxidable, a la vista de la tenacidad, la resistencia a la corrosión y la docilidad en el momento de la formación del tubo, es necesario que el carburo se separe de manera uniforme en los límites de granos y dentro de los granos donde la fase primaria y la cantidad disuelta de C se ajuste para ser 0,03% en masa o menos. Además, es deseable que no se forme ninguna capa deficiente de Cr.

10

[0048]Si el material de acero inoxidable que constituye un material de base de un tubo de acero inoxidable de alta resistencia está en un estado donde el carburo se separa de manera uniforme en los límites de grano y donde los granos en la fase primaria y la cantidad disuelta de C en la fase primaria se ajusta para ser 0,03% en masa o menos, no siempre es necesario llevar a cabo un primer tratamiento térmico, un primer laminado en frío o un segundo tratamiento térmico. Por ejemplo, el tratamiento térmico, etc., puede llevarse a cabo en diferentes situaciones.

15

[0049]Luego, un extremo del material de base se utiliza como una unión para formar un tubo conduciendo la soldadura por fusión como la soldadura TIG, la soldadura MIG y la soldadura de alta frecuencia.

20

[0050]En la unión después de la formación, se forma una estructura fundida diferente de la fase primaria por medio de la soldadura por fusión.

25

[0051]El tubo de acero inoxidable después de la formación del tubo se somete a un tratamiento térmico a una temperatura del material de 950 a 1100 °C para el intervalo de cocción de 0 a 1 hora. Luego, se disuelve el carburo que se ha separado en la fase primaria y la unión, al tiempo que la fase primaria y la unión se encuentran en un estado donde el carburo se ha disuelto.

30

[0052]Tal y como se describe anteriormente, el carburo que se ha separado en la fase primaria y la unión se disuelve en la fase primaria y la unión mediante el tratamiento térmico después de la formación del tubo. Por tanto, la fase primaria y la unión del tubo de acero inoxidable de alta resistencia mejoran en la resistencia a la corrosión y la resistencia, lo cual es algo deseable.

35

[0053]Un método para disolver el carburo separado en la fase primaria y la unión no se limita al tratamiento térmico descrito anteriormente. Por ejemplo, el tratamiento térmico, etc., puede llevarse a cabo de distintas maneras.

40

[0054]El material de acero inoxidable en donde se constituye la fase primaria antes de la formación del tubo con cualquier estructura monofásica de fase de ferrita, una estructura monofásica de fase de martensita y una estructura de fase diploide de fase de ferrita y fase de martensita se forma en un tubo, que posteriormente se somete al tratamiento térmico. De ese modo, se proporciona una estructura donde la fase primaria y la unión del tubo de acero inoxidable pueden contener una fase de martensita.

45

[0055]Tal y como se ha descrito hasta ahora, donde una estructura que constituye la fase primaria y la unión después del tratamiento térmico es una estructura monofásica de fase de martensita o una estructura de fase diploide de fase de martensita y fase de ferrita, la fase primaria y la unión son favorables en la resistencia, lo cual es deseable.

50

[0056]Cuando la estructura sea de fase diploide de fase de martensita y fase de ferrita, con relación mayor en volumen de fase de martensita, seguirá mejorando la resistencia. Es deseable que la relación en volumen de la fase de martensita sea 30% en volumen o más.

55

[0057]Cierta cantidad de austenita residual no afectará sustancialmente la resistencia del tubo de acero inoxidable de alta resistencia. Sin embargo, es deseable que una relación por volumen de la fase de austenita sea 20% por volumen o menos.

[0058]A continuación, se explicarán las acciones y efectos de la realización descrita anteriormente.

5 [0059]En la producción de un tubo de acero inoxidable de alta resistencia, las composiciones especificadas se utilizan para dar un material de acero inoxidable donde se constituye una fase primaria con una estructura monofásica de fase de ferrita, una estructura monofásica de la fase de martensita y una estructura de fase diploide de fase de ferrita y fase de martensita como material de base.

10 [0060] El material de base descrito anteriormente se somete a un tratamiento térmico a una temperatura ambiente de 600 °C a 850 °C durante un intervalo de cocción de 0 a 24 hr, como primer tratamiento térmico. Después del tratamiento de descalcificación, el material de base somete al laminado en frío a una relación de laminado en frío de 20% o más para introducir deformación en frío. Después, como segundo tratamiento térmico, el material de base se somete a un tratamiento térmico a una temperatura del material dentro de los 50° C diferentes del primer tratamiento térmico y durante un intervalo de cocción de 0 a 1 hr. De ese modo, el carburo se separa de manera uniforme en los límites de granos y dentro de los granos en la fase primaria y una cantidad disuelta de C se ajusta para que sea 0,03% en masa o menos.

20 [0061]Después, un extremo del material de base se utiliza como una unión para formar un tubo mediante la soldadura por fusión como la soldadura TIG, la soldadura MIG y la soldadura de alta frecuencia. En la unión se forma una estructura fundida diferente de la fase primaria.

25 [0062]Después, tras la formación del tubo, el material de base se somete a un tratamiento térmico a una temperatura del material de 950 °C a 1100 °C durante un intervalo de cocción de 0 a 1 hr. De ese modo, el carburo que se ha separado en la fase primaria y la unión se disuelve en la fase primaria y la unión para formar un tubo de acero inoxidable de alta resistencia.

30 [0063]La fase primaria del material de acero inoxidable se forma con una estructura monofásica de fase de ferrita, una estructura monofásica de fase de martensita y una estructura de fase diploide de fase de ferrita y fase de martensita. De ese modo, tras la formación del tubo, se proporciona una estructura donde la fase primaria y la unión contengan la fase de martensita, haciendo así posible mejorar la resistencia de la fase primaria y la unión.

35 [0064]En este caso, por ejemplo, cuando una fase de austenita se contenga en la fase primaria del material de acero inoxidable, la fase de austenita permanecerá fácilmente después de la formación del tubo. Y, cuando permanezca una gran cantidad de austenita, será difícil mejorar la resistencia.

40 [0065]El material de acero inoxidable se somete al tratamiento térmico dos veces, y el carburo se separa de forma uniforme en los límites de granos y dentro de los granos en la fase primaria. De ese modo, es posible evitar la reducción en la docilidad en el momento de la formación del tubo debido al hecho de que el carburo se separa preferentemente de forma local en los límites de granos para reducir la tenacidad de la fase primaria.

45 [0066]Además, el material de acero inoxidable se somete al tratamiento térmico dos veces, por el cual una cantidad disuelta de C en la fase primaria se ajusta para ser 0,03% en masa o menos. De ese modo, es posible evitar un aumento en las cargas de trabajo en la formación del tubo y que se produzcan defectos en la superficie del material de acero inoxidable debido al hecho de que una cantidad mayor disuelta de C hará que la resistencia del material de acero inoxidable sea excesivamente elevada, provocando el deterioro en la docilidad. También es posible evitar la reducción en la resistencia a la corrosión debido a un aumento en el carburo separado con un incremento en la cantidad disuelta de C y también un descenso en la cantidad disuelta de Cr para formar el carburo separado.

50 [0067]Además, el carburo se separa de manera uniforme en los límites de granos y dentro de los granos en la fase primaria y una cantidad disuelta de C se ajusta para que sea 0,03% en masa. De ese modo, es posible evitar la formación de una capa deficiente de Cr debido al hecho de que el carburo se separa preferentemente de manera local en los límites de granos. También es posible evitar la formación de la capa deficiente de Cr debido al hecho de que el carburo se separa de manera local en la unión en un proceso de enfriado en el momento de la formación del tubo.

55

[0068]Es posible evitar la reducción en la resistencia a la corrosión evitando la formación de la capa deficiente de Cr. Luego, es posible evitar el óxido desarrollado en la fase primaria y también evitar la posibilidad de daños en la calidad de la superficie.

5 [0069]Una estructura fundida se forma en la unión mediante la soldadura por fusión, por la cual las uniones pueden unirse de forma fiable para formar un tubo de forma fiable.

10 [0070]En la fase primaria y la unión, el carburo separado se disuelve por tratamiento térmico tras la formación del tubo. Por tanto, tras la formación del tubo, se desarrolla un estado en el que se disuelve C en la fase primaria y la unión se desarrolla, haciendo así posible mejorar la resistencia y la resistencia a la corrosión de la fase primaria y la unión. Además, en el momento de la formación del tubo para el tratamiento térmico, se desarrolla un estado donde el carburo no se disuelva en la fase primaria o se desarrolle la unión. Por tanto, la docilidad es favorable y el tubo puede formarse fácilmente.

15 [0071]Además, el carburo se disuelve en la fase primaria y la unión mediante el tratamiento térmico después de la formación del tubo. Por tanto, es posible suprimir la variación en la dureza de la fase primaria y la unión y también mejorar la precisión dimensional durante el trabajo.

20 [0072]La fase primaria y la unión después de la formación del tubo y el tratamiento térmico se constituyen como una estructura monofásica de fase de martensita o una estructura de fase diploide de fase de martensita o fase de ferrita. De ese modo, es posible mejorar la resistencia de la fase primaria y la unión.

25 [0073]En el tubo de acero inoxidable de alta resistencia ya formado, las composiciones pueden constituirse con elementos utilizados con un material de acero inoxidable ordinario, sin utilizar elementos caros. Además, el tubo puede producirse a bajo coste sin llevar a cabo ningún tratamiento especial, sino llevando a cabo un tratamiento que se utilice en los procedimientos de producción de los tubos de acero inoxidable comunes.

Ejemplo 1

30 [0074]La Tabla 1 muestra composiciones de materiales de acero inoxidable como la presente realización, un ejemplo comparativo y un ejemplo convencional.

35 [0075]Los grado del acero números de A a C muestran los materiales de acero inoxidables formados con composiciones específicas, abarcando la presente realización. Además, el grado de acero número D muestra un ejemplo comparativo donde el contenido de C es inferior al de las composiciones indicadas. Aún más, el grado de acero número E muestra un ejemplo convencional de SUS 430LX y grado de acero número F muestra un ejemplo convencional de SUS 304.

[0076] [Tabla 1]

Clasificación	Grado de acero número	C	Ni	Cr	N	Otros
Realización actual	A	0,068	0,12	13,31	0,016	Si:0,48, Mn:0,82, P:0,026, S:0,003, Cu:1,13
Realización actual	B	0,059	2,37	16,37	0,022	Si:0,39, Mn:0,17, P:0,023, S:0,002
Realización actual	C	0,086	4,51	15,48	0,052	Si:1,21, Mn:1,35, P:0,031, S:0,002

Ejemplo comparativo	D	0,021	4,78	14,8	0,009	Si:0,27, Mn:0,35, P:0,024, S:0,001, Cu:1,62
Ejemplo comparativo	E	0,008	0,34	17,79	0,01	Si:0,19, Mn:0,28, P:0,037, S:0,002, Nb:0,28
Ejemplo comparativo	F	0,071	8,08	18,19	0,029	Si:0,62, Mn:0,74, P:0,032, S:0,007

[0077]En cuanto a los materiales de acero inoxidable con las composiciones mostradas en la Tabla 1, se utilizaron lingotes de acero de 100 kg respectivamente para preparar planchas laminadas de 3,0 mm de grosor después del laminado en caliente.

5

[0078]Posteriormente, estas planchas laminadas se sometieron a los procesos mostrados en la Tabla 2 y formados en planchas de acero inoxidable de 1,0 mm de grosor.

[0079]Además, en lo relativo a estos materiales de acero inoxidable, una cantidad disuelta de C se midió para confirmar estructuras metálicas y estados del carburo separado.

10

[0080] La cantidad disuelta de C se midió mediante el análisis del residuo extraído. El residuo extraído se recogió utilizando una solución formada por hasta el 10% por masa de C₅H₈O₂ (acetilacetona) + 1% en masa de (CH₃)₄ N + CL⁻ (cloruro de tetrametilamonio) + CH₃OH (metanol), con una tensión de disolución de 40 a 70 mV. Posteriormente, el residuo recogido se midió para conocer el peso y se sometió a un análisis cuantitativo utilizando un EPMA (microanalizador por sonda de electrones) (microanalizador por rayos X). Por tanto, se determinó el contenido de C en el residuo para calcular la cantidad disuelta de C.

15

[0081]Además, las estructuras metálicas y los estados de separación del carburo se confirmaron de forma que los respectivos materiales de acero inoxidable se pulieron, a partir de ese momento, se sumergieron en una solución mezclada formada por ácido fluorhídrico, ácido nítrico y glicerina a una relación por volumen de 1: 1: 2, sometido a agua fuerte y observado utilizando un microscopio óptico.

20

[0082]La Tabla 2 muestra los procesos de producción de los respectivos materiales de acero inoxidable en la Tabla 1, cantidades disueltas de C, estructuras metálicas y estados de separación del carburo.

25

[0083][Tabla 2]

Clasificación	Grado de acero número	Plancha de acero inoxidable (material del tubo)		
		Procesos de producción	Cantidades disueltas de C (% en masa)	Estructuras metálicas y estados de separación del carburo
Realización actual	A1	Recocido (760°C x 12h) → Laminado en frío (3.0t/1.0t) → Recocido (790°C x 60s)	0,017	Ferrita, separación uniforme del carburo

Realización actual	B1	Recocido (770°C x 6h) → Laminado en frío (3.0t/1.0t) → Recocido (820°C x 60s)	0,024	Ferrita, separación uniforme del carburo
Realización actual	B2	Recocido (830°C x 6h) → Laminado en frío (3.0t/1.0t) → Recocido (780°C x 60s)	0,018	Ferrita + Martensita, separación uniforme del carburo
Realización actual	C1	Recocido (710°C x 8h) → Laminado en frío (3.0t/1.0t) → Recocido (700°C x 60s)	0,015	Martensita, separación uniforme del carburo
Ejemplo comparativo	C2	Recocido (720°C x 8h) → Laminado en frío (3,0t/1,0t) Recocido (1000°C x 60s) → Tratamiento para la separación del carburo (700°C x 1h)	0,012	Martensita, separación del carburo en los límites de granos
Ejemplo comparativo	C3	Recocido (720°C x 8h) → Laminado en frío (3.0t/1.0t) → Recocido (1000°C x 60s)	0,081	Martensita, carburo mínimo
Ejemplo comparativo	D1	Recocido (710°C x 8h) → Laminado en frío (3.0t/1.0t) → Recocido (700°C x 60s)	0,009	Martensita, carburo mínimo
Ejemplo comparativo	E1	Recocido (920°C x 60h) → Laminado en frío (3.0t/1.0t) → Recocido (900°C x 60s)	0,006	Ferrita, carburo mínimo
Ejemplo comparativo	F1	Recocido (1080°C x 60h) → Laminado en frío (3.0t/1.0t) → Recocido (1090°C x 60s)	0,068	Austenita, carburo mínimo

[0084]El grado del acero número A1 abarca la presente realización. Un material de acero inoxidable con composiciones de grado de acero número A en la Tabla 1 se sometió a recocido a una temperatura del material de 760 °C durante el intervalo de cocción de 12 hr como primer tratamiento térmico y el material de acero

- 5 inoxidable con 3 mm de grosor se laminó en frío para dar al material de acero inoxidable un grosor de 1 mm, que posteriormente se sometió a recocido a una temperatura del material de 790 °C durante un intervalo de cocción de 60s como segundo tratamiento térmico. Además, la cantidad disuelta de C fue 0,017% en masa y la estructura metálica fue aquella en donde se constituyó la fase primaria con una estructura monofásica de fase de ferrita y el carburo se separó de manera uniforme.
- 10 [0085]El grado del acero número B1 abarca la presente realización. Un material de acero inoxidable con composiciones de grado de acero número B en la Tabla 1 se sometió a recocido a una temperatura del material de 770° C durante el intervalo de cocción de 6h como primer tratamiento térmico y el material de acero inoxidable con 3 mm de grosor se laminó en frío para dar al material de acero inoxidable un grosor de 1 mm, que luego se sometió a recocido a una temperatura del material de 820 °C durante un intervalo de cocción de 60s como segundo tratamiento térmico. Luego, la cantidad disuelta de C fue 0,024% en masa y la estructura metálica fue aquella en donde se constituyó la fase primaria con una estructura monofásica de fase de ferrita y el carburo se separó de manera uniforme.
- 15 [0086]El grado del acero número B2 abarca la presente realización. Un material de acero inoxidable con composiciones de grado de acero número B en la Tabla 1 se sometió a recocido a una temperatura del material de 830 °C durante un intervalo de cocción de 6 hr como primer tratamiento térmico y el material de acero inoxidable con 3 mm de grosor se laminó en frío para dar al material de acero inoxidable un grosor de 1 mm, que luego se sometió a recocido a una temperatura del material de 780 °C durante un intervalo de cocción de 60s como segundo tratamiento térmico. Después, la cantidad disuelta de C fue 0,018% en masa y la estructura metálica fue aquella en donde se constituyó la fase primaria con una estructura diploide de fase de ferrita y el carburo se separó de manera uniforme.
- 20 [0087]El grado del acero número C1 abarca la presente realización. Un material de acero inoxidable con composiciones de grado de acero número C en la Tabla 1 se sometió a recocido a una temperatura del material de 710 °C durante un intervalo de cocción de 8 hr como primer tratamiento térmico y el material de acero inoxidable con 3 mm de grosor se laminó en frío para dar al material de acero inoxidable un grosor de 1 mm, que luego se sometió a recocido a una temperatura del material de 700 °C durante un intervalo de cocción de 60s como segundo tratamiento térmico. Además, la cantidad disuelta de C fue 0,015% en masa y la estructura metálica fue aquella en donde se constituyó la fase primaria con una estructura monofásica de fase de martensita y el carburo se separó de manera uniforme.
- 25 [0088]El grado del acero número C2 abarca un ejemplo comparativo. Un material de acero inoxidable con composiciones de grado de acero número C en la Tabla 1 se sometió a recocido a una temperatura del material de 720 °C durante un intervalo de cocción de 8 hr como primer tratamiento térmico y el material de acero inoxidable con 3 mm de grosor se laminó en frío para dar al material de acero inoxidable un grosor de 1 mm, que luego se sometió a recocido a una temperatura del material de 1000 °C durante un intervalo de cocción de 60s como segundo tratamiento térmico. Además, el material de acero inoxidable se sometió al tratamiento térmico a una temperatura del material de 700 °C por intervalo de cocción de 1 hr, por el cual el carburo se separó en los límites de granos. Después, la cantidad disuelta de C fue 0,012% en masa y la estructura metálica fue aquella en donde se constituyó la fase primaria con una estructura monofásica de fase de martensita. El carburo se separó preferentemente en los límites de granos.
- 30 [0089]El grado del acero número C3 abarca un ejemplo comparativo. Un material de acero inoxidable con composiciones de grado de acero número C en la Tabla 1 se sometió a recocido a una temperatura del material de 720 °C durante un intervalo de cocción de 8 hr como primer tratamiento térmico y el material de acero inoxidable con 3 mm de grosor se laminó en frío para dar al material de acero inoxidable un grosor de 1 mm, que luego se sometió a recocido a una temperatura del material de 1000 °C durante un intervalo de cocción de 60s como segundo tratamiento térmico. Después, la cantidad disuelta de C fue 0,081% en masa y la estructura metálica fue aquella en donde se constituyó la fase primaria con una estructura monofásica de fase de martensita. El carburo se disolvió casi por completo en la fase primaria y el carburo se disolvió con dificultad.
- 35 [0090]El grado del acero número D1 abarca un ejemplo comparativo. Un material de acero inoxidable con composiciones de grado de acero número D en la Tabla 1 se sometió a recocido a una temperatura del material de 710 °C durante un intervalo de cocción de 8 hr como primer tratamiento térmico y el material de acero
- 40
- 45
- 50
- 55

5 inoxidable con 3 mm de grosor se laminó en frío para dar al material de acero inoxidable un grosor de 1 mm, que luego se sometió a recocido a una temperatura del material de 700 °C durante un intervalo de cocción de 60 s como segundo tratamiento térmico. Luego, dado que el contenido de C era bajo, la cantidad disuelta de C también fue baja, esto es 0,009% en masa. La estructura metálica fue aquella en donde se constituyó la fase primaria con una estructura monofásica de fase de martensita y el carburo se separó con dificultad.

10 [0091]El grado del acero número E1 abarca un ejemplo comparativo. Un material de acero inoxidable con composiciones de grado de acero número E en la Tabla 1 se sometió a recocido a una temperatura del material de 920 °C durante un intervalo de cocción de 60 hr como primer tratamiento térmico y el material de acero inoxidable con 3 mm de grosor se laminó en frío para dar al material de acero inoxidable un grosor de 1 mm, que luego se sometió a recocido a una temperatura del material de 900 °C durante un intervalo de cocción de 60 s como segundo tratamiento térmico. Después, dado que el contenido de C era bajo, la cantidad disuelta de C también fue baja, esto es 0,006% en masa. La estructura metálica fue aquella en donde se constituyó la fase primaria con una estructura monofásica de fase de ferrita y el carburo se separó con dificultad.

15 [0092]El grado del acero número F1 abarca un ejemplo comparativo. Como con un proceso de producción ordinario de SUS304, un material de acero inoxidable con composiciones de grado de acero número F en la Tabla 1 se sometió a recocido a una temperatura del material de 1080 °C durante un intervalo de cocción de 60 hr como primer tratamiento térmico y el material de acero inoxidable con 3 mm de grosor se laminó en frío para dar al material de acero inoxidable un grosor de 1 mm, que luego se sometió a recocido a una temperatura del material de 1090 °C durante un intervalo de cocción de 60s como segundo tratamiento térmico. Posteriormente, la cantidad disuelta de C fue 0,068% en masa. La estructura metálica fue aquella en donde se constituyó la fase primaria con una estructura monofásica de fase de austenita y el carburo se separó con dificultad.

25 [0093]Aunque se omitió en la Tabla 2, la cascarilla se eliminó los respectivos materiales de acero inoxidable mediante la limpieza con ácido después del recocido.

30 [0094]En los materiales de acero inoxidable mostrados en la Tabla 2, las uniones se unieron por la soldadura a alta frecuencia para formar tubos. Esto es, los tubos de acero inoxidable con un diámetro externo de 38,1 mm se prepararon y se evaluaron para la docilidad y la resistencia a la corrosión.

35 [0095]La docilidad se evaluó macroscópicamente y se confirmó si se encontraron fisuras o defectos de superficie en los tubos individuales de acero inoxidable después de la formación del tubo. En los casos donde se confirmó que no había fisuras ni defectos de superficie se dio o. En los casos donde sí hubo, se dio una x.

40 [0096]La resistencia a la corrosión se evaluó al llevar a cabo un ensayo CASS (aerosol de sal de ácido acético acelerado con cobre) de acuerdo con el método de ensayo CASS de JIS H8502 tras la eliminación de cascarilla en una unión al utilizar una amoladora. Una solución del ensayo utilizado en el ensayo CASS fue el 5% en masa de NaCl (solución acuosa de cloruro sódico) + 0,268 g/LCuC₁₂ (cloruro de cobre) + CH₃COOH (ácido acético) se ajustaron para ser pH 3,0 a 3,1, y ensayo se condujo a temperaturas de 50 ± 2 °C. Además, en el ensayo CASS, cada una de las planchas de acero inoxidable se midieron dos veces. Y estas planchas de acero inoxidable se colocaron en un tanque de ensayo y se sometieron a la pulverización de la solución del ensayo. Después, tras 200 horas, la fase primaria y la unión confirmaron macroscópicamente la presencia o ausencia del desarrollo de óxido. En los casos donde no se confirmó desarrollo de óxido, se dio una o. En los casos donde se encontró óxido, se dio una x.

45 [0097]La Tabla 3 muestra los resultados de la evaluación de docilidad y la evaluación de resistencia a la corrosión.

[0098] [Tabla 3]

Clasificación	Grado de acero número	Evaluación de la docilidad		Evaluación de resistencia a la corrosión
		Presencia o ausencia de fisuras o: sin fisuras encontradas x: fisuras encontradas	Presencia o defectos de superficie o: no se han encontrado fisuras x: se han encontrado fisuras	o: no se ha encontrado desarrollo de óxido x: se ha encontrado desarrollo de óxido
Realización actual	A1	o	o	o
Realización actual	B1	o	o	o
Realización actual	B2	o	o	o
Realización actual	C1	o	o	o
Ejemplo comparativo	C2	x	o	X
Ejemplo comparativo	C3	x	x	X
Ejemplo comparativo	D1	o	o	O
Ejemplo comparativo	E1	o	o	o
Ejemplo comparativo	F1	o	o	X

5 [0099] Como se muestra en la Tabla 3, no se encontraron fisuras ni defectos en la superficie en ninguno de los tubos de acero inoxidable de alta resistencia de grados de acero números A1, B1, B2, C1 que abarca la presente invención. Además, tampoco se confirmó ningún desarrollo de óxido después del ensayo CASS. Por tanto, la docilidad y la resistencia a la corrosión fueron favorables.

10 [0100] Por otro lado, en el tubo de acero inoxidable de grado de acero número C2 que abarca un ejemplo comparativo, con el carburo preferentemente separado en los límites de granos, se confirmaron fisuras. Por tanto, la docilidad fue insuficiente. Esto se consideró que se debió al hecho de que desde que el carburo se separó preferentemente en los límites de granos, la tenacidad se disminuyó para deteriorar la docilidad. Además, el desarrollo del óxido se confirmó en la fase primaria y la unión, por tanto, la resistencia a la corrosión fue insuficiente. Se consideró que esto era debido al hecho de que desde que el carburo se separó localmente en los límites de granos, una capa deficiente de Cr se formó alrededor del carburo para resultar en un descenso en la resistencia a la corrosión.

20 [0101] En el tubo de acero inoxidable del grado de acero número C3 que abarca un ejemplo comparativo donde C se disolvió completamente en la fase primaria, el tubo tuvo una alta resistencia en el momento de la formación del tubo y, por tanto, fue difícil la formación del tubo. Además, dado que se encontraron defectos en la superficie, la docilidad fue insuficiente. Esto se consideró debido al hecho de que la cantidad disuelta de C superó el 0,03% en masa y la resistencia incrementó de forma excesiva para deteriorar la docilidad. Aún más, como se confirmó el desarrollo de óxido en la unión, la resistencia a la corrosión fue insuficiente. Esto se consideró debido al hecho de que la cantidad disuelta de C excedió 0,03% en masa, se separó una gran cantidad de carburo en la unión en un proceso de enfriamiento en el momento de la formación del tubo y la formación de carburo dio como resultado una capa deficiente de Cr formada en la unión, por lo tanto la unión se redujo en la resistencia a la corrosión.

30 [0102] En los tubos de acero inoxidable de los grados de acero números D1, E1 que abarcan ejemplos comparativos, no se encontraron fisuras ni defectos superficiales después de la formación del tubo y no se confirmó ningún desarrollo de óxido después del ensayo CASS. Por tanto, la docilidad y la resistencia a la corrosión fueron favorables.

[0103] En el tubo de acero inoxidable del grado de acero número F1 que abarca un ejemplo comparativo y es el SUS 304 ordinario, no se confirmaron fisuras ni defectos superficiales después de la formación del tubo. Por

- 5 tanto, la docilidad fue favorable. Sin embargo, como se confirmó el desarrollo de óxido en la unión después del ensayo CASS, la resistencia a la corrosión fue insuficiente. Esto se consideró debido al hecho de que una cantidad disuelta de C excedió 0,03% en masa, se separó una gran cantidad de carburo en la unión en un proceso de enfriamiento en el momento de la formación del tubo y la generación de carburo dio como resultado la formación de una capa deficiente de Cr, por lo tanto la unión se redujo en la resistencia a la corrosión.
- 10 [0104] Los tubos de acero inoxidable de los grados de acero números A1, B1, B2, C1, D1 y E1 favorables en la evaluación de la docilidad y de la resistencia a la corrosión como se muestra en la Tabla 3 fueron sometidos a tratamiento térmico después de la formación del tubo. Además, se examinaron las estructuras metálicas, se examinó la presencia o ausencia de carburo separado, se midió la resistencia a la tracción y se evaluó la resistencia a la corrosión.
- 15 [0105] El grado del acero número A1-1 abarca la presente realización. Después de la formación del tubo de acero inoxidable con el grado de acero número A1 en la Tabla 3, el tubo se sometió a tratamiento térmico a una temperatura del material de 980 °C durante un intervalo de cocción de 60 segundos.
- 20 [0106] El grado del acero número A1-2 abarca un ejemplo comparativo. Después de la formación del tubo de acero inoxidable con el grado de acero número A1 en la Tabla 3, el tubo no se sometió a tratamiento término sino que se mantuvo como estaba, con el carburo separado.
- [0107] El grado del acero número B1 abarca la presente realización.
- 25 Después de la formación del tubo de acero inoxidable con el grado de acero número B1 en la Tabla 3, el tubo se sometió a tratamiento térmico a una temperatura del material de 1030 °C durante un intervalo de cocción de 60 segundos.
- 30 [0108] El grado del acero número B2 abarca la presente realización. Después de la formación del tubo de acero inoxidable con el grado de acero número B2 en la Tabla 3, el tubo se sometió a tratamiento térmico a una temperatura del material de 1030 °C durante un intervalo de cocción de 60 segundos.
- [0109] El grado del acero número C1 abarca la presente realización. Después de la formación del tubo de acero inoxidable con el grado de acero número C1 en la Tabla 3, el tubo se sometió a tratamiento térmico a una temperatura del material de 1050 °C durante un intervalo de cocción de 60 segundos.
- 35 [0110] El grado del acero número D1 abarca un ejemplo comparativo. Después de la formación del tubo de acero inoxidable con el grado de acero número D1 en la Tabla 3, el tubo se sometió a tratamiento térmico a una temperatura del material de 1030 °C durante un intervalo de cocción de 60 segundos.
- 40 [0111] El grado del acero número E1 abarca un ejemplo comparativo. Después de la formación del tubo de acero inoxidable con el grado de acero número E1 en la Tabla 3, el tubo se sometió a tratamiento térmico a una temperatura del material de 1000 °C durante un intervalo de cocción de 60 segundos.
- 45 [0112] Se estudiaron las estructuras metálicas y se examinó la presencia o ausencia de carburo en la fase primaria y la unión de acuerdo con un método similar al de la medición de las planchas de acero inoxidable descrito anteriormente.
- [0113] Se midió la resistencia a la tracción, con un tubo de acero inoxidable de 300 mm de longitud fijado en ambos extremos, realizando una prueba de tracción a una velocidad de travesaño de 3 mm/min.
- 50 [0114] La resistencia a la corrosión se evaluó mediante un estudio de ciclo compuesto compuesto de sales húmedas y secas, cuyas condiciones fueron más severas que las del ensayo CASS antes descrito, teniendo en cuenta los entornos de uso más duros. El estudio compuesto por sales húmedas y secas es un método de ensayo que consiste en una etapa de pulverización de agua salada para pulverizar NaCl al 5% en peso (cloruro sódico) sobre una probeta de 150 mm de largo a 35 °C durante 900s, una etapa de secado para mantener la probeta a una temperatura ambiente de 60 °C a una humedad del 35% durante 3,6 ks y una etapa de humedad para mantener la probeta a una temperatura ambiente de 50 °C a una humedad del 95% durante 10,8 Ks se dan
- 55

como un ciclo, esto se repite cinco veces, y la confirmación macroscópica se hace para saber si se encuentra cualquier desarrollo de óxido.

- 5 [0115]La Tabla 4 muestra los resultados que cubren la presencia o ausencia de estructuras metálicas, la presencia o ausencia de carburo separado, la medición de la resistencia a la tracción y la evaluación de la resistencia a la corrosión.

[0116][Tabla 4]

Clasificación	Grado de acero número	Condiciones del tratamiento térmico tras la formación del tubo	Plancha de acero inoxidable (material del tubo)			
			Estructuras metálicas (% por volumen)	Carburo separado o: no encontrado x: encontrado	Fuerza de tracción (N/mm ²)	Evaluación de resistencia a la corrosión o: no se ha encontrado desarrollo de óxido x: se ha encontrado desarrollo de óxido
Realización actual	A1-1	980 °C x 60s	Martensita 90% + Ferrita 10%	o	1255	o
Ejemplo comparativo	A1-2	No se ha proporcionado tratamiento de calor)	Ferrita 100%	x	610	x
Realización actual	B1	1030 °C x 60s	Martensita 75% + Ferrita 25%	o	1205	o
Realización actual	B2	1030 °C x 60s	Martensita 75% + Ferrita 25%	o	1200	o
Realización actual	C1	1050 °C x 60s	Martensita 90% + Austenita 10%	o	1560	o
Ejemplo comparativo	D1	1030 °C x 60s	Martensita 100%	o	865	o
Ejemplo comparativo	E1	1000 °C x 60s	Ferrita 100%	o	545	o

- 10 [0117]Tal y como se muestra en la Tabla 4, los tubos de acero inoxidable de alta resistencia de los grados de acero números A1-1, B1, B2 y C1 que abarcan la presente realización fueron 1200 (N/mm²) o más en la fuerza de tracción y, por tanto, favorables en la resistencia. Además, la evaluación de resistencia a la corrosión no confirmó ningún desarrollo de óxido. Por tanto, la resistencia a la corrosión fue favorable.

- 15 [0118]El tubo de acero inoxidable del grado de acero número A1-2 que abarca un ejemplo comparativo fue 610 (N/mm²) en la fuerza de tracción e insuficiente en la fuerza. Además, la evaluación de resistencia a la corrosión confirmó el desarrollo de óxido y la resistencia a la corrosión fue insuficiente. Se consideró que esto era debido al hecho de que no se proporcionó ningún tratamiento térmico tras la formación del tubo, por el cual se desarrolló un estado donde el carburo se separó y la fase primaria y la unión se constituyeron con una estructura monofásica de fase de ferrita para resultar en una resistencia a la corrosión y resistencia insuficientes.
- 20

[0119]El tubo de acero inoxidable del grado de acero número D1 que abarca un ejemplo comparativo fue favorable en la resistencia a la corrosión pero 865 (N/mm²) en la fuerza de tracción e insuficiente en la fuerza. Esto se consideró debido al hecho de que, con respecto a las composiciones del material de acero inoxidable,

esto es, un material de base, el contenido de C fue inferior al de C especificado en la presente invención y la resistencia fue insuficiente.

5 [0120]El tubo de acero inoxidable del grado de acero número E1 que abarca un ejemplo comparativo fue favorable en la resistencia a la corrosión pero 545 (N/mm²) en la fuerza de tracción e insuficiente en la fuerza. Se consideró que esto se debía al hecho de que, como material de acero inoxidable, es decir, un material de base, se utilizó SUS430LX de un ejemplo convencional, y el contenido de C fue inferior al de C especificado en la presente invención, la fase primaria y la unión se constituyeron con una estructura monofásica de fase de ferrita, por lo que la resistencia fue insuficiente.

10 [0121]Como se ha descrito hasta ahora, los materiales de acero inoxidable que tienen composiciones especificadas se mantienen en un estado especificado antes y después de la formación del tubo. De esta manera, el tubo de acero inoxidable de alta resistencia se puede mejorar en la capacidad de trabajo, resistencia y resistencia a la corrosión.

15 Ejemplo 2

20 [0122]Los tubos de acero inoxidable de los grados de acero números A1-1, A1-2, B1, B2 y C1 de la Tabla 4, así como el tubo de acero inoxidable del grado de acero número C3 de la Tabla 3, fueron sometidos a tratamiento térmico después de la formación del tubo y evaluado para la redondez, resistencia a fisuras por una prueba de aplanamiento y precisión dimensional después de la flexión. No se proporcionó tratamiento térmico para los grados de acero número A1-2 y C3 después de la formación del tubo.

25 [0123] El tubo se midió circunferencialmente para ver el diámetro en ocho puntos a intervalos cada 45° para evaluar la redondez. Cuando la diferencia entre un diámetro máximo y un diámetro mínimo en estos ocho puntos estaba dentro de 0,2 mm, se consideró que la redondez era favorable y se dio o. Cuando una diferencia superó 0,2 mm, se considera que la redondez es insuficiente y se dio x.

30 [0124]La resistencia a las fisuras se evaluó mediante el ensayo de aplanamiento de tal manera que se fijó un tubo de acero inoxidable de modo que una porción de cordón de soldadura del tubo de acero inoxidable de 300 mm de longitud fuera perpendicular con respecto a una dirección de compresión y comprimido a 19,05 mm, que era la mitad del diámetro del tubo. Posteriormente, la confirmación macroscópica se realizó para ver si se encontraban fisuras tras la compresión. En los casos donde se confirmó que no había fisuras se dio o. En los casos donde se confirmaron fisuras se dio x.

35 [0125]La precisión dimensional después de la flexión se evaluó de manera que el tubo se ajustó de modo que la porción de cordón de soldadura fuera colocada fuera de la curvatura y sometida a estiramiento/curvado rotacional con un ángulo de flexión predeterminado de 130° y medida 30 veces. Luego, después de doblar, se utilizó un transportador para medir un ángulo real. Donde la variación en el ángulo real estaba dentro de 1°, la precisión dimensional era favorable y se dio o. Cuando la variación excedió 1°, la exactitud dimensional fue insuficiente y se dio x.

40 [0126]La Tabla 5 muestra los resultados que cubren la evaluación de la redondez, la evaluación de fisuras y la evaluación de la precisión dimensional.

45

[0127] [Tabla 5]

Clasificación	Grado de acero número	Condiciones de tratamiento térmico tras la formación del tubo	Plancha de acero inoxidable (tras el tratamiento térmico)		
			Redondez o: (diferencia entre el máximo y el mínimo) ≤ 0,2 mm x: (diferencia entre el máximo y el mínimo) > 0,2 mm	Evaluación de resistencia a las fisuras por ensayo de aplanamiento o: no se han encontrado fisuras x: se han encontrado fisuras	Precisión dimensional tras la flexión o: variación en el ángulo ≤ 1° x: variación en ángulo > 1°
Realización actual	A1-1	980°C x 60s	o	o	o
Ejemplo comparativo	A1-2	- (sin tratamiento térmico)	o	o	x
Realización actual	B1	1030°C x 60s	o	o	o
Realización actual	B2	1030°C x 60s	o	o	o
Realización actual	C1	1050°Cx60s	o	o	o
Ejemplo comparativo	C3	- (sin tratamiento térmico)	x	o	x

5 [0128] Como se muestra en la Tabla 5, los tubos de acero inoxidable de los grados de acero números A1-1, B1, B2 y C1 que cubren la presente realización fueron todos favorables en cuanto a redondez, resistencia a las fisuras y precisión dimensional.

10 [0129] Por otro lado, el tubo de acero inoxidable de grado de acero número A1-2 que abarca un ejemplo comparativo fue insuficiente en la precisión dimensional. Esto se consideró debido al hecho de que antes de la formación del tubo, el carburo se separó en la fase primaria y la unión, el carburo se disolvió solamente en la unión mediante soldadura por fusión en el momento de la formación del tubo y no se proporcionó tratamiento térmico después de la formación del tubo, es decir, no se disolvió ningún carburo en la fase primaria, mientras que el carburo se disolvió en la unión, de modo que la fase primaria y la unión no eran uniformes en dureza, lo que dio como resultado un deterioro de la precisión dimensional.

20 [0130] Además, el tubo de acero inoxidable del grado de acero número C3 que abarca un ejemplo comparativo, fue insuficiente en la redondez. Esto se consideró debido al hecho de que C se disolvió en la fase primaria y la unión mediante un segundo tratamiento térmico, por lo que una alta resistencia dificultó la formación del tubo y, por lo tanto, el tubo fue insuficiente en la redondez después de la formación del tubo. El tubo también fue insuficiente en la precisión dimensional. Esto se consideró debido al hecho de que antes de la formación del tubo, C se disolvió en la fase primaria y la unión, el carburo se separó sólo en la unión en un proceso de enfriamiento en el momento de la formación del tubo, entonces no se proporcionó tratamiento térmico después de la formación del tubo, por tanto, C se disolvió en la fase primaria, mientras que no se disolvió C en la unión, por lo que la fase primaria y la unión no eran uniformes en dureza para dar lugar al deterioro de la precisión dimensional.

[0131]Como se ha descrito hasta ahora, los materiales de acero inoxidable que tienen composiciones especificadas se mantienen en un estado antes y después de la formación del tubo como se especifica. Por tanto, es posible mejorar la docilidad y la precisión dimensional del tubo de acero inoxidable de alta resistencia.

5 APLICACIÓN INDUSTRIAL

[0132]La presente invención es aplicable a un tubo de acero inoxidable de alta resistencia que exija la resistencia y resistencia a la corrosión y se utiliza para el transporte, construcción de maquinaria, arquitectura, decoración, etc.

10

REIVINDICACIONES

1. Un tubo de acero inoxidable de alta resistencia en el cual se proporciona, como material de base, un material de acero inoxidable que contiene en la base de porcentaje en masa, C, de 0,4 a 0,12%, Ni de 0 (incluyendo un caso de no adición) a 5,0%, Cr de 12,0 a 17,0%, N de 0 (incluyendo un caso de no adición) a 0,10%, Si de 0,2 a 2,0%, Mn a 2,0% o menos, Cu de 0 (incluyendo un caso de no adición) a 2,0%, P a 0,06% o menos, S a 0,006% o menos, siendo el residuo Fe e impurezas inevitables;
- 5
- 10 donde una fase primaria queda constituida con cualquier estructura monofásica de fase de ferrita, o una estructura monofásica de fase de martensita y una estructura de fase diploide de fase de ferrita y fase de martensita y, donde el carburo se separa de manera uniforme en los límites de grano y dentro de los granos y una cantidad disuelta de C se ajusta para que sea 0,03% o menos;
- 15 en donde el extremo del material de base se suelda como una unión para formar un tubo, la unión tiene una estructura fundida resultante de la soldadura; y
- el carburo separado se disuelve de la fase primaria y la unión mediante el tratamiento térmico después de la formación del tubo.

2. Un tubo de acero inoxidable de alta resistencia según la reivindicación 1, en donde la fase primaria y la unión después del tratamiento térmico se constituyen como una estructura monofásica de fase de martensita o una estructura de fase diploide de fase de martensita y fase de ferrita.
- 20