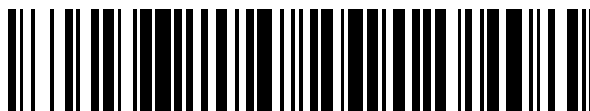


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 131**

51 Int. Cl.:

B23K 9/167	(2006.01)	B23K 9/23	(2006.01)
B23K 9/173	(2006.01)	B23K 35/30	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/58	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/44	(2006.01)		
C22C 38/46	(2006.01)		
C22C 38/48	(2006.01)		
B23K 101/10	(2006.01)		
B23K 103/04	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.02.2015 PCT/JP2015/054722**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.09.2015 WO15129561**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2015 E 15756051 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018 EP 3112082**

54 Título: **Método para la producción de una junta soldada**

30 Prioridad:

26.02.2014 JP 2014035376

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

31.10.2018

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**JOTOKU, KANA;
HIRATA, HIROYUKI;
OMURA, TOMOHIKO;
NAKAMURA, JUN y
OSUKI, TAKAHIRO**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 688 131 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

Método para la producción de una junta soldada

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una junta soldada y a un método de fabricación de una junta soldada, y más particularmente a una junta soldada de acero austenítico y a un método de fabricación de una junta soldada de acero austenítico.

10

Antecedentes en la técnica

En los últimos años, se ha realizado investigación para comercializar máquinas de transporte que usen hidrógeno, gas natural o similar como energía de impulsión. Tal comercialización requiere el establecimiento de un entorno de utilización donde se puedan almacenar y transportar tales gases a alta presión. Al mismo tiempo, se han desarrollado materiales de alta resistencia usados en estas aplicaciones que tienen resistencias a la tracción mayores de 800 MPa y se han considerado sus aplicaciones.

15

Los documentos de Patente WO 2004/083476, WO 2004/083477 y WO 2004/110695 proponen aumentar el Mn para aumentar la solubilidad de N e incluir V o incluir una combinación de V y Nb para sacar partido del fortalecimiento de soluto de N y el fortalecimiento de precipitación de nitruro para proporcionar un acero inoxidable austenítico con resistencia aumentada.

20

Cuando se usa un acero austenítico de alta resistencia como estructura, las partes hechas a partir del mismo se deben soldar conjuntamente. Para proporcionar suficiente rendimiento en uso, se requiere que la parte soldada tenga una resistencia básicamente igual que la del material de base. Los documentos de Patente WO 2004/110695, JP Hei5(1993)-192785 y JP 2010-227949 proponen utilizar activamente Al, Ti y Nb para proporcionar un material de soldadura y un metal de soldadura que tengan una resistencia a la tracción que exceda de 800 MPa.

25

Estos materiales de soldadura y los metales de soldadura proporcionados usando estos materiales de soldadura se deben someter a tratamiento térmico después de la soldadura con el fin de proporcionar alta resistencia. Un tratamiento térmico prolongado después de la soldadura significa una limitación en la fabricación y puede causar un aumento en los costes de fabricación.

30

El documento de Patente WO 2013/005570 propone sacar partido del fortalecimiento de soluto del metal de soldadura del N para proporcionar una junta soldada de acero austenítico que tenga alta resistencia y una buena resistencia frente a fragilidad debida a hidrógeno sin llevar a cabo un tratamiento térmico después de la soldadura.

35

El documento de Patente DE 1960025 desvela un proceso de fabricación de juntas soldadas completamente austeníticas que son resistentes al agrietamiento en caliente y que tienen un límite elástico de al menos 30 kp/mm², una elongación de al menos un 35 % y una alta resistencia a la corrosión, particularmente a la picadura, corrosión intercrystalina y corrosión por grietas de tensión.

40

Divulgación de la invención

En la fabricación de la junta soldada de acero austenítico del documento de Patente WO 2013/005570, se usa un material de soldadura que contiene de un 0,15 a un 0,35 % de N para que la soldadura haga que el metal de soldadura contenga de un 0,15 a un 0,35 % de N. Debido a eso, se limitan los materiales de soldadura que se usan para esta junta soldada de acero austenítico. Esta junta soldada de acero austenítico requiere el uso de un material de soldadura que contenga una gran cantidad de N y de ese modo no se puede producir de forma eficaz y, en algunas condiciones de soldadura, puede tener defectos de soldadura tales como sopladuras.

45

Además, incluso cuando se usa un material de soldadura que contiene una gran cantidad de N, N se puede separar del metal de soldadura durante la soldadura. Para sacar partido al fortalecimiento de soluto del N, N debe permanecer en el metal de soldadura. Siempre que se vaya a producir una junta soldada convencional, es difícil proporcionar cierto contenido de N en el metal de soldadura de una forma estable en un amplio intervalo de condiciones de soldadura.

55

Además, se requiere que una junta soldada que se usa en la manipulación de hidrógeno a alta presión tenga una buena resistencia frente a fragilidad debida a hidrógeno.

60

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una junta soldada que tenga una alta resistencia y una buena resistencia frente a fragilidad debida a hidrógeno.

Un método de fabricación de una junta soldada de acuerdo con la presente invención comprende las etapas de: preparar un material de base que tiene una composición química de, en % en masa: C: de un 0,005 a un 0,1 %; Si:

65

hasta un 1,2 %; Mn: de un 2,5 a un 6,5 %; Ni: de un 8 a un 15 %; Cr: de un 19 a un 25 %; Mo: de un 0,01 a un 4,5 %; V: de un 0,01 a un 0,5 %; Nb: de un 0,01 a un 0,5 %; Al: menos de un 0,05 %; N: 0,15 a un 0,45 %; O: hasta un 0,02 %; P: hasta un 0,05 %; y S: hasta un 0,04 %, y siendo el resto hierro e impurezas, preparar un material de soldadura que tiene una composición química de, en % en masa: C: de un 0,005 a un 0,1 %; Si: hasta un 0,7 %; Mn: de un 0,5 a un 3 %; Ni: de un 8 a un 23 %; Cr: de un 17 a un 25 %; Mo: de un 0,01 a un 4 %; V: de 0 a un 0,5 %; Nb: de 0 a un 0,5 %; Al: menos de un 0,05 %; N: menos de un 0,15 %; O: hasta un 0,02 %; P: hasta un 0,03 %; y S: hasta un 0,02 %, y siendo el resto hierro e impurezas, y soldar el material de base usando el material de soldadura, en el que la composición química del material de base satisface la Ecuación (1), y la composición química del material de soldadura satisface las Ecuaciones (1) y (2).

$$\text{Ni} + 0,65\text{Cr} + 0,98\text{Mo} + 1,05\text{Mn} + 0,35\text{Si} + 12,6\text{C} \geq 29 \dots (1)$$

$$0,31\text{C} + 0,048\text{Si} - 0,02\text{Mn} - 0,056\text{Cr} + 0,007\text{Ni} - 0,013\text{Mo} \leq -1,3 \dots (2)$$

Aquí, los contenidos de los elementos (en % en masa) se sustituyen por los símbolos de estos elementos en las Ecuaciones (1) y (2).

La presente invención proporciona una junta soldada que tiene una alta resistencia y una buena resistencia frente a fragilidad debida a hidrógeno.

Realizaciones para llevar a cabo la invención

Los presentes inventores investigaron para descubrir las condiciones en las que se puede proporcionar una junta soldada que tiene una alta resistencia y una buena resistencia frente a fragilidad debida a hidrógeno sin llevar a cabo un tratamiento térmico después de la soldadura y sin usar un material de soldadura que contenga una gran cantidad de N. Descubrieron los siguientes puntos (a) a (c).

(a) Cuando la fase austenítica del metal de soldadura es inestable, su tensión residual de soldadura y el posterior tratamiento transforman la fase austenítica del metal de soldadura en martensita. Esto disminuye la resistencia frente a fragilidad debida a hidrógeno del metal de soldadura. En vista de esto, el ajuste de la composición química del metal de soldadura para estabilizar la fase austenítica mejorará la resistencia frente a fragilidad debida a hidrógeno del metal de soldadura. Más específicamente, el metal de soldadura satisface de forma adecuada la siguiente Ecuación (1).

$$\text{Ni} + 0,65\text{Cr} + 0,98\text{Mo} + 1,05\text{Mn} + 0,35\text{Si} + 12,6\text{C} \geq 29 \dots (1)$$

(b) Para proporcionar una junta soldada que tenga una resistencia básicamente igual a la del material de base, es eficaz disolver una gran cantidad de N en el metal de soldadura para el fortalecimiento de soluto por parte del N. Esto se consigue si la composición química del material de soldadura satisface la Ecuación (2). Si la composición química del material de soldadura satisface la Ecuación (2), es posible disolver una gran cantidad de N en el material a soldar incluso si el contenido de N en el material de soldadura es menor que un 0,15 % en masa.

$$0,31\text{C} + 0,048\text{Si} - 0,02\text{Mn} - 0,056\text{Cr} + 0,007\text{Ni} - 0,013\text{Mo} \leq -1,3 \dots (2)$$

(c) Se puede conseguir una resistencia a la tracción aún mayor si la altura del metal de soldadura en exceso formada sobre la superficie exterior de la junta soldada (es decir, la altura de metal de soldadura en exceso superficial) se ajusta dependiendo de la composición química del material de soldadura. Más específicamente, la altura h (mm) de metal de soldadura en exceso superficial satisface de forma adecuada la Ecuación (3).

$$1,9 \times (0,31\text{C} + 0,048\text{Si} - 0,02\text{Mn} - 0,056\text{Cr} + 0,007\text{Ni} - 0,013\text{Mo}) + 3 \leq h \dots (3)$$

Aquí, los contenidos de los elementos en el material de soldadura (en % en masa) se sustituyen por los símbolos de estos elementos en la Ecuación (3).

El método para la producción de una junta soldada de la presente invención se desarrolló basándose en los descubrimientos anteriores. El método para la producción de una junta soldada en una realización de la presente invención se describirá posteriormente con mayor detalle. En la descripción posterior, "%" para el contenido de un elemento significa porcentaje en masa.

La junta soldada de la presente realización se obtiene por soldadura de un material de base con un material de soldadura. La junta soldada incluye un material de base y un metal de soldadura. El metal de soldadura está formado por una parte del material de base y el material de soldadura que se funde conjuntamente y solidifica. La junta soldada puede ser, por ejemplo, tubos de acero o placas de acero con sus extremos/bordes adyacentes soldados conjuntamente.

[Composición química]

El material de base y el material de soldadura incluyen la composición química que se describe a continuación.

5 C: de un 0,005 a un 0,1 % (material de base y material de soldadura)

El carbono (C) estabiliza la austenita. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de C, el calor durante la soldadura puede causar carburos a lo largo de los límites de grano, lo que disminuye la resistencia frente a la corrosión y la tenacidad. En vista de esto, tanto para el material de base como para el material de soldadura, el contenido de C debería estar un intervalo de un 0,005 a un 0,1 %. El límite inferior preferente del contenido de C es un 0,008 %. El límite superior preferente del contenido de C es un 0,008 %.

10

Si: hasta un 1,2 % (material de base), hasta un 0,7 % (material de soldadura)

15 El silicio (Si) desoxida el acero. El Si también mejora la resistencia frente a la corrosión del acero. Sin embargo, si está contenida una cantidad excesiva de Si, la tenacidad del acero disminuye. En vista de esto, el contenido de Si en el material de base sería hasta un 1,2 %. El límite superior preferente del contenido de Si en el material de base es un 1,0 %.

20 Además, si está contenida una cantidad excesiva de Si en un metal de soldadura formado por la fusión del material de soldadura, el Si se segrega a lo largo de los límites cristalinos columnares cuando se solidifica, lo que disminuye el punto de fusión de la fase líquida, aumentando la sensibilidad a las grietas tras solidificación. En vista de esto, el límite superior del contenido de Si en el material de soldadura sería menor que el del material de base. De ese modo, el contenido de Si en el material de soldadura sería hasta un 0,7 %. El límite superior preferente del contenido de Si en el material de soldadura es un 0,6 %. No es necesario ningún límite inferior para el contenido de Si; sin embargo, una cantidad excesivamente baja puede dar como resultado una desoxidación insuficiente, lo que aumenta el índice de limpieza del acero y perjudica la limpieza, aumentando los costes. De ese modo, el límite inferior deseable de Si es un 0,01 % tanto para el material de base como para el material de soldadura.

25

30 Mn: de un 2,5 a un 6,5 % (material de base), de un 0,5 a un 3 % (material de soldadura)

El manganeso (Mn) desoxida el acero. El Mn también estabiliza la fase austenítica. Además, el Mn aumenta la solubilidad del N en el metal de soldadura durante la producción del material de base y durante la soldadura, contribuyendo indirectamente de ese modo a aumentar la resistencia del metal de soldadura. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Mn, la ductilidad del acero disminuye. En vista de esto, el contenido de Mn en el material de base estaría en el intervalo de un 2,5 a un 6,5 %. El límite inferior preferente del contenido de Mn en el material de base es un 2,7 %. El límite superior preferente del contenido de Mn en el material de base es un 6 %.

35

La velocidad de solidificación para un metal de soldadura formado mediante la fusión del material de soldadura es mayor que para el material de base que se produce, y de ese modo la reducción en N durante la solidificación es menor. En vista de esto, el límite inferior del contenido de Mn en el material de soldadura puede ser menor que para el material de base. Por otra parte, en el caso del material de soldadura, una reducción en la ductilidad puede hacer difícil producir alambres finos a partir del mismo. En vista de esto, el límite superior del contenido de Mn en el material de soldadura sería menor que para el material de base. De ese modo, el contenido de Mn en el material de soldadura estaría en el intervalo de un 0,5 a un 3 %. El límite inferior preferente del contenido de Mn en el material de soldadura es un 0,7 %. El límite superior preferente del contenido de Mn en el material de soldadura es un 2,5 %.

40

45

Ni: de un 8 a un 15 % (material de base), de un 8 a un 23 % (material de soldadura)

El níquel (Ni) estabiliza la fase austenítica. Para conseguir este efecto de una forma estable, debe estar contenido un 8 % o más de Ni. Sin embargo, una cantidad excesiva de Ni disminuye la solubilidad del N en el metal de soldadura durante la producción del material de base. Además, dado que el Ni es un elemento caro, un contenido excesivo significa costes disminuidos. En vista de esto, el límite superior del contenido de Ni en el material de base sería de un 15 %. Además, el límite inferior preferente del contenido de Ni en el material de base es un 9 %. El límite superior preferente del contenido de Ni en el material de base es un 14,5 %.

50

55

Además, en el metal de soldadura, el Ni estabiliza la fase austenítica. Para conseguir este efecto de una forma estable, debe estar contenido un 8 % o más de Ni en el material de soldadura. Sin embargo, un contenido excesivo de Ni disminuye la solubilidad del N en el metal de soldadura. Además, dado que Ni es un elemento caro, un contenido excesivo significa costes aumentados incluso para materiales de soldadura en fabricación a pequeña escala. En vista de esto, el límite superior de Ni en el material de soldadura sería de un 23 %. El límite inferior preferente del contenido de Ni en el material de soldadura es de un 9 %. El límite superior preferente del contenido de Ni en el material de soldadura es un 22,5 %.

60

65 Cr: de un 19 a un 25 % (material de base), de un 17 a un 25 % (material de soldadura)

5 El cromo (Cr) aumenta la resistencia frente a la corrosión del acero. El Cr aumenta además la solubilidad del N en el metal de soldadura durante la producción del material de base y durante la soldadura, contribuyendo indirectamente de ese modo a aumentar la resistencia del metal de soldadura. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Cr, se puede producir una gran cantidad de partículas gruesas de un carburo tal como $M_{23}C_6$ que disminuye la ductilidad y la tenacidad. Además, si está contenida una cantidad excesiva de Cr, el acero se puede volver quebradizo en algunos tipos de entorno de gas de soldadura. En vista de esto, el contenido de Cr en el material de base estaría en el intervalo de un 19 a un 25 %. El límite inferior preferente del contenido de Cr en el material de base es un 19,2 %. El límite superior preferente del contenido de Cr en el material de base es un 24,5 %.

10 La velocidad de solidificación para un metal de soldadura formado mediante el material de soldadura que se funde es mayor que para el material de base que se produce, y de ese modo la reducción en N durante la solidificación es menor. En vista de esto, el límite inferior del contenido de Cr en el material de soldadura puede ser menor que para el material de base. De ese modo, el contenido de Cr en el material de soldadura estaría en el intervalo de un 17 a un 25 %. El límite inferior preferente del contenido de Cr en el material de soldadura es un 18,2 %. El límite superior preferente del contenido de Cr en el material de soldadura es un 24,5 %.

Mo: de un 0,01 a un 4,5 % (material de base), de un 0,01 a un 4 % (material de soldadura)

20 El molibdeno (Mo) se disuelve en una matriz y precipita en forma de un carbonitruro, aumentando la resistencia del acero. El Mo también aumenta la resistencia frente a la corrosión del acero. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Mo, esto aumenta los costes. Además, cuando se añade una cantidad excesiva de Mo al acero, el acero se satura en términos de efectos de Mo. En vista de esto, el contenido de Mo en el material de base estaría en el intervalo de un 0,01 a un 4,5 %. El límite inferior preferente del contenido de Mo en el material de base es un 0,03 %. El límite superior preferente del contenido de Mo en el material de base es un 4 %.

25 La velocidad de solidificación para un metal de soldadura formado mediante el material de soldadura que se funde es mayor que para el material de base que se produce, y de ese modo la reducción en N durante la solidificación es menor. En vista de esto, el límite superior del contenido de Mo en el material de soldadura sería menor que para el material de base. De ese modo, el contenido de Mo en el material de soldadura estaría en el intervalo de un 0,01 a un 4 %. El límite inferior preferente del contenido de Mo en el material de soldadura es un 0,03 %. El límite superior preferente del contenido de Mo en el material de soldadura es un 3,8 %.

V: de un 0,01 a un 0,5 % (material de base), de 0 a un 0,5 % (material de soldadura)

35 El vanadio (V) se disuelve en una matriz y precipita en forma de un carburo, aumentando la resistencia del acero. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de V, precipita una gran cantidad de carburo, disminuyendo la ductilidad del acero. En vista de esto, el contenido de V en el material de base estaría en el intervalo de un 0,01 a un 0,5 %. El límite superior preferente del contenido de V en el material de base es un 0,4 %.

40 El vanadio (V) no necesita añadirse al material de soldadura. Es decir, el V es un elemento opcional para el material de soldadura. Si el material de soldadura contiene V, esto aumenta la resistencia del metal de soldadura. En vista de esto, el contenido de V en el material de soldadura estaría en el intervalo de 0 a un 0,5 %. Si se añade V, el límite inferior preferente del contenido de V en el material de soldadura es un 0,01 %. El límite superior preferente del contenido de V en el material de soldadura es un 0,4 %.

45 Nb: de un 0,01 a un 0,5 % (material de base), de 0 a un 0,5 % (material de soldadura)

50 El niobio (Nb) se disuelve en una matriz o precipita en forma de un carbonitruro, aumentando la resistencia del acero. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Nb, precipita una gran cantidad de carbonitruro, disminuyendo la ductilidad del acero. En vista de esto, el contenido de Nb en el material de base estaría en el intervalo de un 0,01 a un 0,5 %. El límite superior preferente del contenido de Nb en el material de base es un 0,4 %.

55 El niobio (Nb) no necesita añadirse al material de soldadura. Es decir, el Nb es un elemento opcional para el material de soldadura. Si el material de soldadura contiene Nb, esto aumenta la resistencia del metal de soldadura. En vista de esto, el contenido de Nb en el material de soldadura estaría en el intervalo de 0 a un 0,5 %. Si se añade Nb, el límite inferior preferente del contenido de Nb en el material de soldadura es un 0,01 %. El límite superior preferente del contenido de Nb en el material de soldadura es un 0,4 %.

Al: menos de un 0,05 % (material de base y material de soldadura)

60 El aluminio (Al) desoxida el acero. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Al, precipita una gran cantidad de nitruro, disminuyendo la ductilidad del acero. En vista de esto, tanto para el material de base como para el material de soldadura, el contenido de Al sería menos de un 0,05 %. El límite superior preferente del contenido de Al es un 0,04 %. Cuanto menor es el contenido de Al, mejor. Sin embargo, una cantidad excesivamente baja de Al da como resultado una desoxidación insuficiente. Además, una cantidad excesivamente baja de Al aumenta el índice de limpieza del acero. Además, una cantidad excesivamente baja de Al significa costes aumentados. En vista de

65

esto, el límite inferior preferente del contenido de Al es un 0,0001 %.

N: de un 0,15 a un 0,45 % (material de base), menos de un 0,15 (material de soldadura)

5 El N se disuelve en una matriz o forma partículas finas de nitruro, aumentando la resistencia del acero. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de N, la trabajabilidad en caliente del acero disminuye. En vista de esto, el contenido de N en el material de base estaría en el intervalo de un 0,15 a un 0,25 %. El límite inferior preferente del contenido de N el material de base es un 0,16 %. El límite superior preferente del contenido de N en el material de base es un 0,42 %.

10 En un metal de soldadura formado mediante el material de soldadura que se funde, no se puede fundir una cantidad excesiva de N en la mezcla fundida durante la soldadura, lo que da como resultado sopladuras y/o picaduras. En vista de esto, el contenido de N el material de soldadura sería menos de un 0,15 %. El límite inferior preferente del contenido de N en el material de soldadura es un 0,01 %. El límite superior preferente del contenido de N en el material de soldadura es un 0,13 %.

15 El resto de la composición química de cada uno del material de base y el metal de soldadura es Fe e impurezas. Impureza significa un elemento que se origina a partir del mineral o las limaduras que se usan como materia prima del acero o un elemento que ha entrado por diversas razones durante el proceso de fabricación. En la presente realización, los contenidos de impurezas de O, P y S se limitan a los intervalos que se describen a continuación.

O: hasta un 0,02 % (material de base y material de soldadura)

25 El oxígeno (O) es una impureza. Si está contenida una cantidad excesiva de O, la trabajabilidad en caliente durante la producción del material de base y el material de soldadura disminuye. Además, si está contenida una cantidad excesiva de O, la tenacidad y la ductilidad del metal de soldadura disminuyen. En vista de esto, tanto para el material de base como para el material de soldadura, el contenido de O sería hasta un 0,02 %. El límite superior preferente del contenido de O es un 0,01 %.

30 P: hasta un 0,05 % (material de base), hasta un 0,03 % (material de soldadura)

35 El fósforo (P) es una impureza. Si está contenida una cantidad excesiva de P, la trabajabilidad en caliente durante la producción del material de base y el material de soldadura disminuye. En vista de esto, el contenido de P en el material de base sería hasta un 0,05 %. El límite superior preferente del contenido de P en el material de base es un 0,03 %.

40 En un metal de soldadura formado mediante el material de soldadura que se funde, el P disminuye el punto de fusión de la fase líquida cuando se solidifica, aumentando la sensibilidad a la formación de grietas por solidificación del metal de soldadura. En vista de esto, el límite superior del contenido de P en el material de soldadura sería menor que para el material de base. De ese modo, el contenido de P del material de soldadura es hasta un 0,03 %. El límite superior preferente del contenido de P en el material de soldadura es un 0,02 %.

S: hasta un 0,04 % (material de base), hasta un 0,02 % (material de soldadura)

45 El azufre (S) es una impureza. Si está contenida una cantidad excesiva de S, la trabajabilidad en caliente durante la producción del material de base y el material de soldadura disminuye. En vista de esto, el contenido de S en el material de base sería hasta un 0,04 %. El límite superior preferente del contenido de S en el material de base es un 0,03 %.

50 En un metal de soldadura formado mediante el material de soldadura que se funde, el S disminuye el punto de fusión de la fase líquida cuando se solidifica, aumentando la sensibilidad a la formación de grietas por solidificación del metal de soldadura. En vista de esto, el límite superior del contenido de S en el material de soldadura sería menor que para el material de base. De ese modo, el contenido de S en el material de soldadura sería hasta un 0,02 %. El límite superior preferente del contenido de S en el material de soldadura es un 0,01 %.

55 Además, las composiciones químicas del material de base y el material de soldadura en la presente realización satisfacen la Ecuación (1) que se proporciona a continuación.

$$\text{Ni} + 0,65\text{Cr} + 0,98\text{Mo} + 1,05\text{Mn} + 0,35\text{Si} + 12,6\text{C} \geq 29 \dots (1)$$

60 Aquí, los contenidos de los elementos (en % en masa) se sustituyen por los símbolos de estos elementos en la Ecuación (1).

65 Si la fase austenítica es estable en un entorno de hidrógeno, está presente una buena resistencia frente a fragilidad debida a hidrógeno. El metal de soldadura es una microestructura producida mediante solidificación por enfriamiento rápido, y de ese modo la fase austenítica tiende a ser inestable. Como se ha discutido anteriormente, el metal de

soldadura está formado por una parte del material de base y el material de soldadura que se funden conjuntamente y solidifican. Si las composiciones químicas tanto del material de base como del material de soldadura satisfacen la Ecuación (1), la fase austenítica también es estable en el metal de soldadura. Esto aumenta la resistencia frente a fragilidad debida a hidrógeno de la junta soldada.

5 El valor del lado izquierdo de la Ecuación (1) es preferentemente 32 o superior, más preferentemente 34 o superior.

La composición química del material de soldadura en la presente realización satisface además la Ecuación (2) que se proporciona a continuación.

$$10 \quad 0,31C + 0,048Si - 0,02Mn - 0,056Cr + 0,007Ni - 0,013Mo \leq -1,3 \dots (2)$$

Aquí, los contenidos de los elementos (en % en masa) se sustituyen por los símbolos de estos elementos en la Ecuación (2).

15 El material de soldadura se funde durante la soldadura para formar un metal de soldadura. En este momento, el N se puede separar del metal de soldadura. Si el N se separa del metal de soldadura, el efecto de fortalecimiento de soluto no se puede proporcionar, lo que disminuye la resistencia del metal de soldadura. Si la composición química del material de soldadura satisface la Ecuación (2), la actividad del N es baja, lo que evita que el N se separe del metal de soldadura. De ese modo, se puede disolver una gran cantidad de N en el metal de soldadura incluso si el contenido de N en el material de soldadura es menor que un 0,15 %.

20 Cuanto menor es el valor del lado izquierdo de la Ecuación (2), mejor. Cuanto menor es el valor del lado izquierdo de la Ecuación (2), menor es la altura de metal de soldadura en exceso superficial, que se describe posteriormente, que se permite. El valor del lado izquierdo de la Ecuación (2) es -1,3 o inferior.

Preferentemente, la junta soldada de la presente realización tiene una altura h (mm) de metal de soldadura en exceso superficial que satisface la Ecuación (3) que se proporciona a continuación.

$$30 \quad 1,9 \times (0,31C + 0,048Si - 0,02Mn - 0,056Cr + 0,007Ni - 0,013Mo) + 3 \leq h \dots (3)$$

Aquí, los contenidos de los elementos en el material de soldadura (en % en masa) se sustituyen por los símbolos de estos elementos en la Ecuación (3).

35 Cuando el valor del lado izquierdo de la Ecuación (2) es P2, la Ecuación (3) se puede expresar como se proporciona a continuación. Es decir, la Ecuación (3) indica que la altura h de metal de soldadura en exceso superficial se ajusta dependiendo de la actividad del N en el material de soldadura.

$$40 \quad 1,9 \times P2 + 3 \leq h$$

La altura de metal de soldadura en exceso superficial significa la distancia (mm) entre la superficie del material de base y la posición más superior del cordón de soldadura. Si la altura h de metal de soldadura en exceso superficial de la junta soldada satisface la Ecuación (3), la junta soldada tiene una resistencia a la tracción aumentada. Más específicamente, la junta soldada tiene una resistencia a la tracción básicamente igual a la del material de base.

45 [Método de fabricación]

En primer lugar, se describirá un método de ejemplo de fabricación de material de base. Se funde un acero que tiene la composición química para el material de base que se ha descrito anteriormente. La fundición se puede llevar a cabo mediante un horno eléctrico, un horno de descarburación de soplado inferior de mezcla de Ar-O₂ (horno AOD), o un horno de descarburación al vacío (horno VOD). El acero fundido se usa para producir un lingote mediante el método de preparación de lingote. Alternativamente, el acero fundido se puede usar para producir un desbaste plano mediante una colada continua.

50 El lingote o el desbaste plano se usan para producir un material de base. El material de base puede ser una placa de acero o un tubo de acero, por ejemplo. La placa de acero se puede producir sometiendo el lingote o el desbaste plano a trabajo en caliente tal como forja en caliente o laminado en caliente, por ejemplo. El tubo de acero se puede producir, por ejemplo, sometiendo el lingote o el desbaste plano a trabajo en caliente para producir una palanquilla redonda, y sometiendo la palanquilla redonda a trabajo en caliente tal como laminado con perforación, extrusión en caliente o forja en caliente. Alternativamente, el tubo de acero se puede producir doblando una placa de acero para formar un tubo abierto y soldando los bordes del tubo abierto que se prolongan en la dirección longitudinal.

55 Se lleva a cabo un tratamiento térmico sobre el material de base. Más específicamente, el material de base se sitúa en un horno de tratamiento térmico y se hornea de 1000 a 1200 °C. Después de eso, según sea necesario, se llevan a cabo un laminado en frío y un tratamiento térmico secundario de 800 a 1200 °C. De ese modo, se puede proporcionar un material de base que tiene una resistencia a la tracción de 800 MPa de forma estable.

A continuación, se describirá un método de ejemplo de fabricación del material de soldadura. Se funde un acero que tiene la composición química para el material de soldadura que se ha descrito anteriormente. El acero fundido se funde en un lingote. El lingote se trabaja en caliente para producir un material de soldadura. El material de soldadura puede estar en forma de varilla o de bloque.

5 Se lleva a cabo un tratamiento térmico sobre el material de soldadura de una forma similar al del material de base. Después de eso, según sea necesario, se llevan a cabo un laminado en frío y un tratamiento térmico secundario de 800 a 1250 °C.

10 El material de soldadura que se ha descrito anteriormente se usa para soldar el material de base que se ha descrito anteriormente. Esto proporciona una junta soldada. El método de soldadura puede ser, por ejemplo, soldadura TIG, soldadura MIG, soldadura MAG, o soldadura por arco sumergido. Durante la soldadura, una parte del material de base y del material de soldadura se funden conjuntamente y solidifican para formar un metal de soldadura.

15 **Ejemplos**

La presente invención se describirá con mayor detalle usando Ejemplos. La presente invención no se limita a estos Ejemplos.

20 Un acero marcado con el carácter A que tiene la composición química que se muestra en la Tabla 1 se fundió en un laboratorio para producir un lingote. El lingote se sometió a forja en caliente, laminado en caliente y tratamiento térmico para producir un tubo de acero (material de base) con un diámetro exterior de 9,53 mm, un espesor de placa de 2,2 mm y una longitud de 60 mm.

25 [Tabla 1]

TABLA 1

Carácter	Composición química (en % en masa, resto Fe e impurezas)												
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Al	N	O
A	0,03	0,40	4,40	0,017	0,002	12,0	22,0	2,1	0,20	0,20	< 0,001	0,30	0,015

30 Si la composición química del material de base se sustituye en la Ecuación (1), el valor del lado izquierdo de la Ecuación (1) es 34, que satisface la Ecuación (1).

35 Se fundieron los aceros marcados con los caracteres O a Z que tienen las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 2 en un laboratorio para producir lingotes. "-" en la Tabla 2 indica que el contenido del elemento asociado está a un nivel de impureza. Los lingotes se sometieron a forja en caliente, laminado en caliente, tratamiento térmico primario, tratamiento en frío y tratamiento térmico secundario para producir alambres de soldadura con un diámetro exterior de 1,2 mm (materiales de soldadura).

[Tabla 2]

40

TABLA 2

Carácter	Composición química (en % en masa, resto Fe e impurezas)												
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Al	N	O
O	0,098	0,42	2,29	0,001	0,002	12,5	24,3	2,79	0,10	0,1	0,004	0,10	0,011
P	0,096	0,42	2,28	0,001	0,002	12,5	24,3	2,78	-	0,1	0,003	0,14	0,011
Q	0,097	0,08	2,42	0,001	0,002	12,2	24,6	2,94	0,23	0,1	0,004	0,10	0,012
R	0,099	0,45	2,34	0,008	0,001	13,5	24,4	2,22	-	-	0,002	0,05	0,006
S	0,019	0,52	1,52	0,020	0,001	20,5	23,1	2,16	0,10	-	0,001	0,08	0,006
T	0,028	0,20	0,75	0,010	0,001	8,9	20,5	0,01	-	-	0,002	0,10	0,006
U	0,009	0,46	2,26	0,014	0,001	13,5	19,0	3,84	-	-	0,003	0,05	0,006
V*	0,008	0,30	1,21	0,001	0,002	12,3	23,6	2,25	-	-	0,003	0,19	0,007
W*	0,009	0,39	2,02	0,002	0,002	11,1	22,2	2,21	-	-	0,003	0,33	0,007
X*	0,005	1,10	2,18	0,002	0,002	8,1	26,7	-	-	-	0,004	0,10	0,006
Y*	0,100	0,70	2,25	0,014	0,002	18,8	19,0	3,82	-	-	0,004	0,11	0,006

ES 2 688 131 T3

Carácter	Composición química (en % en masa, resto Fe e impurezas)												
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Al	N	O
Z*	0,005	0,23	1,49	0,002	0,002	22,2	17,3	2,15	-	-	0,004	0,13	0,006

5 Se llevó a cabo la preparación del borde circunferencial del tubo de acero que se ha descrito anteriormente y, después de esto, el material de base y los materiales de soldadura se combinaron como se muestra en la Tabla 3 para producir juntas soldadas con diferentes alturas de metal de soldadura en exceso superficial. Las juntas soldadas se produjeron con diferentes entradas de calor de soldadura, números de pasos de soldadura y direcciones de soldadura. La velocidad a la que se alimentó el material de soldadura varió dependiendo de la entrada de calor de soldadura.

[Tabla 3]

10

TABLA 3

Carácter de ensayo	Material de base	Material de soldadura	Entrada de calor de soldadura [kJ/cm]	Dirección de soldadura	Número de pasos de soldadura
J1	A	O	15,0-65,0	horizontal	1
J2	A	O	3,2-8,0		2
J3	A	O	3,2-8,0		2
J4	A	O	3,2-8,0		2
J5	A	P	15,0-65,0		1
J6	A	P	3,2-8,0		2
J7	A	P	3,2-8,0		2
J8	A	P	3,2-8,0		2
J9	A	Q	15,0-65,0		1
J10	A	Q	3,2-8,0		2
J11	A	Q	3,2-8,0		2
J12	A	Q	3,2-8,0		2
J13	A	R	42,0-65,0		1
J14	A	R	3,2-8,0		2
J15	A	R	3,2-8,0		2
J16	A	S	42,0-65,0		1
J17	A	S	3,2-8,0		2
J18	A	S	3,2-8,0		2
J19	A	T	42,0-65,0		1
J20	A	T	3,2-8,0		2
J21	A	T	3,2-8,0		2
J22	A	U	42,0-65,0		1
J23	A	U	3,2-8,0		2
J24	A	U	3,2-8,0		2
J25	A	V*	15,0-65,0		1
J26	A	W*	15,0-65,0		1
J27	A	W*	3,2-8,0		2
J28	A	X*	3,2-8,0		2
J29	A	X*	3,2-8,0		2

Carácter de ensayo	Material de base	Material de soldadura	Entrada de calor de soldadura [kJ/cm]	Dirección de soldadura	Número de pasos de soldadura
J30	A	X*	3,2-8,0		2
J31	A	Y*	3,2-8,0		2
J32	A	Y*	3,2-8,0		2
J33	A	Z*	3,2-8,0		2
J34	A	Z*	3,2-8,0		2
J35	A	Q	3,2-8,0	vertical	2
J36	A	R	42,0-65,0		1
J37	A	R	3,2-8,0		2
J38	A	W*	15,0-65,0		1
J39	A	W*	3,2-8,0		2
* indica desviaciones de las condiciones requeridas por la invención					

"Horizontal" y "vertical" para la dirección de soldadura indica que la soldadura se produjo en una "posición plana" y en una "posición vertical", respectivamente, en cumplimiento de la norma JIS Z 3001. Más específicamente, "horizontal" significa que la soldadura se produjo en una posición horizontal (es decir, plana) con respecto al suelo. Cuando la soldadura se produce en una posición plana, la soldadura se produce sin trabajar frente a la gravedad, lo que generalmente significa la posición (o dirección) de soldadura más sencilla. Por otra parte, "vertical" significa habitualmente que la soldadura se produjo en una dirección hacia arriba con respecto al suelo. Cuando se produce una soldadura en una posición vertical, la soldadura se produce frente a la gravedad, y de ese modo el metal fundido puede gotear, lo que hace que la soldadura sea difícil y se puedan causar defectos de soldadura.

Se midieron las alturas de metal de soldadura en exceso superficial de las juntas soldadas producidas.

De cada una de las juntas soldadas producidas, se extrajo una muestra de ensayo que incluyó la parte soldada. La superficie cortada de cada una de las muestras de ensayo extraídas se pulió y se observó por microscopio óptico para determinar si existían defectos de soldadura. Se determinó que eran buenas las juntas soldadas que no tenían ningún defecto de soldadura tales como sopladuras.

De cada una de las juntas soldadas producidas, se produjeron dos muestras de ensayo de tracción con forma de tubo que tenían cada una metal de soldadura en el centro de la parte paralela y se sometieron a ensayo de tracción a temperatura ambiente. En el ensayo de tracción, se determinó que eran buenas las juntas soldadas que exhibieron una resistencia a la tracción mayor o igual que 800 MPa.

De cada una de las juntas soldadas producidas, se extrajeron muestras de ensayo de tracción de baja velocidad de deformación con forma de tubo que tenían cada una una parte paralela hecha del metal de soldadura. Las muestras de ensayo extraídas se sometieron a ensayo de tracción de baja velocidad de deformación en la atmósfera y en un entorno de hidrógeno a alta presión de 85 MPa. La velocidad de formación fue de 3×10^{-9} /s. En el ensayo de tracción de baja velocidad de deformación, se determinó que eran buenas las juntas soldadas en las que la proporción entre la reducción de área debida a la ruptura en un entorno de alta presión de hidrógeno y la reducción de área debida a la ruptura en la atmósfera fue de un 90 % o superior.

La Tabla 4 muestra la presencia/ausencia de defectos de soldadura, las mediciones de las alturas de metal de soldadura en exceso superficial, los resultados del ensayo de tracción a temperatura ambiente y los resultados de los ensayos de tracción de baja velocidad de deformación para las juntas soldadas.

[Tabla 4]

TABLA 4

Carácter de ensayo	P1	P2	P3	Defecto de soldadura	Altura de metal de soldadura en exceso [mm]	Ensayo de tracción	Ensayo de tracción de baja velocidad de deformación
J1	35	-1,3	0,53	O	1,2	⊙	O
J2	35	-1,3	0,53	O	0,15	Δ	O

ES 2 688 131 T3

Carácter de ensayo	P1	P2	P3	Defecto de soldadura	Altura de metal de soldadura en exceso [mm]	Ensayo de tracción	Ensayo de tracción de baja velocidad de deformación
J3	35	-1,3	0,53	O	0,9	⊙	O
J4	35	-1,3	0,53	O	1,5	⊙	O
J5	35	-1,31	0,51	O	1,3	⊙	O
J6	35	-1,31	0,51	O	0,12	Δ	O
J7	35	-1,31	0,51	O	0,78	⊙	O
J8	35	-1,31	0,51	O	1,51	⊙	O
J9	35	-1,35	0,44	O	1,18	⊙	O
J10	35	-1,35	0,44	O	0,12	Δ	O
J11	35	-1,35	0,44	O	0,92	⊙	O
J12	35	-1,35	0,44	O	1,5	⊙	O
J13	35	-1,3	0,53	O	1,15	⊙	O
J14	35	-1,3	0,53	O	0,5	Δ	O
J15	35	-1,3	0,53	O	1,48	⊙	O
J16	40	-1,18	0,76	O	1,22	⊙	O
J17	40	-1,18	0,76	O	0,57	Δ	O
J18	40	-1,18	0,76	O	1,45	⊙	O
J19	23 *	-1,08	0,95	O	1,08	⊙	X
J20	23 *	-1,08	0,95	O	0,9	Δ	X
J21	23 *	-1,08	0,95	O	1,49	⊙	X
J22	32	-1,04	1,02	O	1,17	⊙	O
J23	32	-1,04	1,02	O	0,6	Δ	O
J24	32	-1,04	1,02	O	1,5	⊙	O
J25	31	-1,27	0,59	X	1,11	X	X
J26	30	-1,21	0,70	X	1,01	X	X
J27	30	-1,21	0,70	X	0,55	X	X
J28	28 *	-1,43	0,28	O	0,29	O	X
J29	28 *	-1,43	0,28	O	0,65	⊙	X
J30	28 *	-1,43	0,28	O	1,65	⊙	X
J31	39	-0. 96 *	1,18	O	0,56	X	O
J32	39	-0. 96 *	1,18	O	1,53	X	O
J33	37	-0. 86 *	1,37	O	0,88	X	O
J34	37	-0. 86 *	1,37	O	1,45	X	O
J35	35	-1,35	0,44	O	0,56	⊙	O
J36	35	-1,3	0,53	O	0,95	⊙	O
J37	35	-1,3	0,53	O	0,66	⊙	O
J38	30	-1,21	0,70	X	0,97	X	X

ES 2 688 131 T3

Carácter de ensayo	P1	P2	P3	Defecto de soldadura	Altura de metal de soldadura en exceso [mm]	Ensayo de tracción	Ensayo de tracción de baja velocidad de deformación
J39	30	-1,21	0,70	X	0,54	X	X
* indica desviaciones de las condiciones requeridas por la invención							

- La columna de "P1" en la Tabla 4 enumera los valores del lado izquierdo de la Ecuación (1) obtenidos cuando las composiciones químicas de los materiales de soldadura de las juntas soldadas se sustituyeron en la Ecuación (1). La columna de "P2" enumera los valores del lado izquierdo de la Ecuación (2) obtenidos cuando las composiciones químicas de los materiales de soldadura de las juntas soldadas se sustituyeron en la Ecuación (2). La columna de "P3" enumera los valores del lado izquierdo de la Ecuación (3) obtenidos cuando las composiciones químicas de los materiales de soldadura de las juntas soldadas se sustituyeron en la Ecuación (3).
- La columna de "Defecto de soldadura" en la Tabla 4 indica la presencia o ausencia de defectos de soldadura. "O" indica que no hubo ningún defecto de soldadura. "X" indica que hubo sopladuras.
- La columna de "Altura de metal de soldadura en exceso" en la Tabla 4 enumera las alturas (mm) de metal de soldadura en exceso superficial de las juntas soldadas.
- La columna de "Ensayo de tracción" indica los resultados de los ensayos de tracción. "⊙" Indica que, en cada uno de los ensayos de tracción, las dos muestras de ensayo se rompieron en el material de base o se rompieron en la parte soldada caliente (es decir, ruptura HAZ). "O" indica que la resistencia a la tracción fue de 800 MPa o superior pero una de las dos muestras se rompió en el material de base y la otra se rompió en el metal de soldadura. "Δ" indica que la resistencia a la tracción fue de 800 MPa o superior pero las dos muestras de ensayo se rompieron en el metal de soldadura. "X" indica que las muestras de ensayo se rompieron en el metal de soldadura y la resistencia a la tracción fue menor que 800 MPa.
- La columna de "Ensayo de tracción de baja velocidad de deformación" enumera los resultados de los ensayos de tracción de baja velocidad de formación. "O" indica que la proporción entre la reducción de área debida a una ruptura en el entorno de hidrógeno de alta presión y la reducción de área debida a una ruptura en la atmósfera fue de un 90 % o superior. "X" indica que la proporción entre la reducción de área debida a una ruptura en el entorno de hidrógeno de alta presión y la reducción de área debida a una ruptura en la atmósfera fue menor de un 90 %.
- Las juntas soldadas con los caracteres de ensayo J1 a J18, J22 a J24 y J35 a J37 estuvieron dentro de los intervalos de la presente invención. Más específicamente, en cada una de estas juntas soldadas, las composiciones químicas del material de base y el material de soldadura estuvieron dentro de los intervalos de la presente invención, las composiciones químicas del material de base y el material de soldadura satisficieron la Ecuación (1) y la composición química del material de soldadura satisfizo la Ecuación (2). Como resultado, cada una de estas juntas soldadas tuvo una resistencia a la tracción no inferior a 800 MPa y se descubrió que eran buenas en el ensayo de tracción de baja velocidad de deformación.
- Además, hubo juntas soldadas que no tuvieron ningún defecto. En especial, las juntas soldadas con los caracteres de ensayo J1, J5, J9, J13, J16, J22 y J36 no tuvieron ningún defecto incluso aunque las entradas de calor de soldadura fueron relativamente altas. Las juntas soldadas con los caracteres de ensayo J35 a J37 no tuvieron ningún defecto de soldadura incluso aunque la dirección de soldadura fue vertical.
- Además, en cada una de las juntas soldadas con los caracteres de ensayo J1, J3 a J5, J7 a J9, J11 a J13, J15, J16, J18, J22, J24 y J35 a J37, la altura h de metal de soldadura en exceso superficial satisfizo la Ecuación (3). En otras palabras, en cada una de estas juntas soldadas, la altura h de metal de soldadura en exceso superficial tuvo un valor de P3 o superior. Como resultado, estas juntas soldadas tuvieron resistencias a la tracción particularmente altas. Más específicamente, estas juntas soldadas se rompieron en el material de base o experimentaron una ruptura HAZ en el ensayo de tracción.
- En cada una de las juntas soldadas con los caracteres de ensayo J19 a J21, las composiciones químicas del material de base y el material de soldadura estuvieron en los intervalos de la presente invención, y la composición química del material de base satisfizo la Ecuación (1). Sin embargo, en estas juntas soldadas, la composición química del material de soldadura no satisfizo la Ecuación (1). Como resultado, se descubrió que estas juntas soldadas no fueron buenas en los ensayos de tracción de baja velocidad de deformación.
- En cada una de las juntas soldadas con los caracteres de ensayo J25 a J27, J38 y J39, el contenido de N en el material de soldadura (carácter V o W) fue demasiado alto. Como resultado, la parte soldada tenía defectos de soldadura, más particularmente sopladuras, dando como resultado una junta que no fue buena. Como resultado, estas juntas soldadas tuvieron una resistencia a la tracción de 800 MPa o inferior.

En cada una de las juntas soldadas con los caracteres de ensayo J28 a J30, el contenido de Si y el contenido de Cr en el material de soldadura (carácter X) fueron demasiado altos. Además, en cada una de estas juntas soldadas, la composición química del material de soldadura no satisfizo la Ecuación (1). Como resultado, se descubrió que estas juntas soldadas no fueron buenas en los ensayos de tracción de baja velocidad de deformación.

5 En cada una de las juntas soldadas con los caracteres de ensayo J31 a J34, la composición química del material de soldadura (carácter Y o Z) no satisfizo la Ecuación (2) incluso aunque los contenidos de los elementos estuvieron dentro de los intervalos de la presente invención. Como resultado, estas juntas soldadas tuvieron una resistencia a la tracción de 800 MPa o inferior.

10 **Aplicabilidad industrial**

La presente invención se puede usar de forma adecuada en tuberías de gas a alta presión y, más particularmente, en juntas soldadas para tuberías de gas de hidrógeno a alta presión.

15

REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación de una junta soldada, que comprende las etapas de:

5 preparar un material de base que tiene una composición química de, en % en masa:

C: de un 0,005 a un 0,1 %;

Si: hasta un 1,2 %;

Mn: de un 2,5 a un 6,5 %;

10 Ni: de un 8 a un 15 %;

Cr: de un 19 a un 25 %;

Mo: de un 0,01 a un 4,5 %;

V: de un 0,01 a un 0,5 %;

Nb: de un 0,01 a un 0,5 %;

15 Al: menos de un 0,05 %;

N: de un 0,15 a un 0,45 %;

O: hasta un 0,02 %;

P: hasta un 0,05 %; y

S: hasta un 0,04 %, y

20

siendo el resto hierro e impurezas,

preparar un material de soldadura que tiene una composición química de, en % en masa:

C: de un 0,005 a un 0,1 %;

25 Si: hasta un 0,7 %;

Mn: de un 0,5 a un 3 %;

Ni: de un 8 a un 23 %;

Cr: de un 17 a un 25 %;

Mo: de un 0,01 a un 4 %;

30 V: de 0 a un 0,5 %;

Nb: de 0 a un 0,5 %;

Al: menos de un 0,05 %;

N: menos de un 0,15 %;

O: hasta un 0,02 %;

35 P: hasta un 0,03 %; y

S: hasta un 0,02 %, y

siendo el resto hierro e impurezas, y

soldar el material de base usando el material de soldadura,

40 en el que la composición química del material de base satisface la Ecuación (1), y

la composición química del material de soldadura satisface las Ecuaciones (1) y (2),

$$\text{Ni} + 0,65\text{Cr} + 0,98\text{Mo} + 1,05\text{Mn} + 0,35\text{Si} + 12,6\text{C} \geq 29 \dots (1),$$

45 y

$$0,31\text{C} + 0,048\text{Si} - 0,02\text{Mn} - 0,056\text{Cr} + 0,007\text{Ni} - 0,013\text{Mo} \leq -1,3 \dots (2),$$

50 donde los contenidos de los elementos (en % en masa) se sustituyen por los símbolos de estos elementos en las Ecuaciones (1) y (2).

2. El método para la junta soldada de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la composición química del material de soldadura incluye uno o más seleccionados entre el grupo que consiste en, en % en masa:

55 V: de un 0,01 a un 0,5 %; y

Nb: de un 0,01 a un 0,5 %.

3. El método para la junta soldada de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que tiene una altura h (mm) de metal de soldadura en exceso superficial que satisface la Ecuación (3),

60

$$1,9 \times (0,31\text{C} + 0,048\text{Si} - 0,02\text{Mn} - 0,056\text{Cr} + 0,007\text{Ni} - 0,013\text{Mo}) + 3 \leq h \dots (3),$$

donde los contenidos de los elementos en el material de soldadura (en % en masa) se sustituyen por los símbolos de estos elementos en la Ecuación (3).

65

4. El método para la junta soldada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la junta

soldada tiene una resistencia a la tracción de 800 MPa o superior.