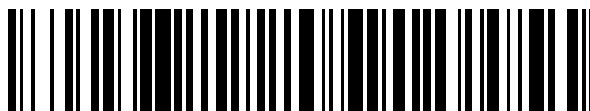


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 871**

51 Int. Cl.:

B23K 35/30	(2006.01)	C22C 38/44	(2006.01)
C22C 19/05	(2006.01)	C22C 38/46	(2006.01)
C22C 30/02	(2006.01)	C22C 38/48	(2006.01)
C22C 38/58	(2006.01)	B23K 103/04	(2006.01)
B23K 35/02	(2006.01)		
C22C 38/00	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/42	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.02.2015 PCT/JP2015/055061**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.09.2015 WO15129631**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2015 E 15754821 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 3112081**

54 Título: **Junta soldada**

30 Prioridad:

26.02.2014 JP 2014035385

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

19.02.2019

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;
NISHIYAMA, YOSHITAKA;
OKADA, HIROKAZU;
KURIHARA, SHINNOSUKE y
SUZUKI, YUHEI**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 700 871 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

Junta soldada

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a una junta soldada y, más en particular, a una junta soldada que tiene buena resistencia a la pulverización metálica.

10 **Antecedentes**

La demanda de combustibles de energía limpia tales como hidrógeno, metanol, combustibles líquidos (o gas a líquido (GTL)), o dimetil éter (DME) se espera que crezca significativamente. Los equipos de reformado que son indispensables para la fabricación de tales gases sintéticos son preferentemente de gran tamaño y alta eficacia térmica, que son adecuados para la producción a gran escala. Asimismo, el equipo de reformado para el reformado convencional de petróleo o en plantas petroquímicas, por ejemplo, o un equipo de producción de amonio, o un equipo de producción de hidrógeno, que usan petróleo como materia prima, por ejemplo, usan cada vez más el intercambio de calor para recoger el calor residual a fin de aumentar la eficiencia energética.

Para usar tal calor de forma eficaz en gases de alta temperatura, cada vez es más importante el intercambio de calor en el intervalo de temperatura de 400 a 800 °C, que es inferior a los objetivos convencionales. La corrosión asociada a la carburación de materiales metálicos basados en aleaciones de alto Cr-alto Ni-Fe usados en tubos de reacción o intercambiadores de calor está centrando la atención como problema.

Los gases sintéticos producidos por tal equipo de reacción, esto es, gases que contienen H₂, CO, CO₂, H₂O y un hidrocarburo tal como el metano, están normalmente en contacto con el material metálico del tubo de reacción o similares a una temperatura de 1000 °C o superior. En este intervalo de temperaturas, elementos tales como el Cr o el Si, que tienen mayores tendencias a oxidarse que el Fe o el Ni, por ejemplo, se oxidan selectivamente sobre la superficie del material metálico de modo que se forma una película fina de óxido de cromo, óxido de silicio, o similares, evitando de este modo la corrosión. Sin embargo, en componentes a temperaturas relativamente bajas, tales como componentes de intercambio de calor, la difusión de los elementos del interior del material metálico hacia la superficie es insuficiente de modo que se retrasa la formación de películas oxidadas con efecto preventivo de la corrosión. Además, puesto que los gases con una composición que incluye hidrocarburos se llegan a carburar, el carbono entra en el material metálico a través de su superficie, causando la carburación.

Cuando la carburación progresa en un tubo de un horno de descomposición de etileno, por ejemplo, y se forma una fase de carburación constituida por carburos de Cr o Fe, por ejemplo, esta porción se expande en volumen. Como resultado, pueden aparecer fácilmente grietas finas y, en el peor de los casos, el tubo se rompe durante su uso. Asimismo, cuando una superficie metálica está expuesta, la deposición de carbono (o parcheo) se produce en la superficie, con el metal actuando como catalizador, disminuyendo el área de paso de flujo en el tubo o disminuyendo las propiedades de transferencia de calor.

Igualmente, los tubos de hornos de calentamiento en un horno de craqueo catalítico, que aumenta el índice de octano de la nafta producida mediante destilación del petróleo, pueden ser un medio de carburación muy riguroso constituido por hidrocarburos e hidrógeno, causando carburación o pulverización metálica.

Si tal agrietamiento, desgaste u obturación del tubo se extiende, puede provocar un defecto o similar en el equipo e interrumpir el funcionamiento del mismo. En vista de todo ello, es necesaria una consideración suficiente para seleccionar los materiales para los componentes del equipo.

Para evitar la corrosión causada por tal carburación o pulverización metálica, se han desarrollado diversas medidas.

Para tales componentes del equipo se han usado convencionalmente aleaciones de alto Cr-alto Ni-Fe. Por ejemplo, el documento JP 2001-107196 A divulga una junta soldada en la que se define una composición química y la relación entre el contenido de Si, Cu o S y los contenidos de Nb, Ta, Ti y Zr y las relaciones entre los contenidos de Ni, Co y Cu están limitados a unos determinados intervalos. De acuerdo con este documento, esta junta soldada tiene una buena resistencia a la corrosión y una buena resistencia al agrietamiento de la soldadura en un medio ácido sulfúrico. Sin embargo, esta junta soldada tiene un bajo contenido de Si, haciendo difícil su uso en un medio en el que se puede producir la pulverización metálica.

El documento JP 2002-235136 A divulga una junta soldada formada por una aleación resistente al calor basada en Ni en la que se propone incluir activamente Al y se define una relación entre la cantidad de fusión en el límite de grano y la fuerza de fijación en los límites de grano. De acuerdo con este documento, esta junta soldada tiene una buena resistencia a la carburación y una buena resistencia a las altas temperaturas. Sin embargo, en esta junta soldada, un aumento del contenido de Si para asegurar una resistencia a la pulverización metálica puede causar la aparición de grietas de solidificación durante la soldadura, haciendo difícil proporcionar tanto una resistencia a la

pulverización metálica como una resistencia al agrietamiento por solidificación durante la soldadura.

El documento WO 2009/107585 propone un material metálico con mayor contenido de C en un acero que contiene Si y Cu para reducir la sensibilidad al agrietamiento en una zona afectada térmicamente (denominada HAZ en lo sucesivo en el presente documento) durante la soldadura. No obstante, un alto contenido de C aumenta la sensibilidad al agrietamiento por solidificación durante la soldadura y también disminuye la ductibilidad en la deformación plástica.

Los documentos JP 2007-186727 A y JP 2007-186728 A proponen incluir uno o más de P, S, Sb y Bi en cantidades apropiadas para reducir la absorción disociativa del gas (es decir, la reacción superficial gas/metall). Estos elementos se segregan sobre una superficie metálica, lo que hace posible reducir la carburación y la corrosión debida a la pulverización metálica significativamente incluso cuando no se añaden en cantidades excesivas. Sin embargo, estos elementos no solo se segregan sobre una superficie metálica sino también a lo largo de los límites de los granos cristalinos del metal, lo que conlleva problemas de operabilidad en caliente y soldabilidad.

El documento WO 2012/524983 A propone un material metálico en el que el contenido de C en un acero que contiene Si y Cu está limitado para reducir la sensibilidad al agrietamiento por solidificación y los contenidos de Al y Ti están limitados para reducir la sensibilidad al agrietamiento en la zona HAZ. Sin embargo, este documento no divulga materiales de soldadura requeridos para soldar materiales metálicos para la construcción de una estructura.

El documento JP 2006-45597 propone un material de soldadura y una junta soldada que utiliza el mismo en el que se añade una cantidad apropiada de Ti para reducir los efectos adversos del Si.

El documento WO 2012/176586 divulga un material metálico adecuado resistente a la carburación como materia prima para hornos de craqueo, hornos de reformado, hornos de calentamiento, intercambiadores de calor, etc. en plantas químicas, de refinado de petróleo y gas, y similares. Este material metálico consiste, en % en masa, en: C: de un 0,03 a un 0,075 %, Si: de un 0,6 a un 2,0 %, Mn: de un 0,05 % a un 2,5 %, P: un 0,04 % o inferior, S: un 0,015 % o inferior, Cr: superior a un 16,0 % e inferior a un 20,0 %, Ni: un 20,0 % o superior e inferior a un 30,0 %, Cu: de un 0,5 a un 10,0 %, Al: un 0,15 % o inferior, Ti: un 0,15 % o inferior, N: de un 0,005 a un 0,20 %, y O (oxígeno): un 0,02 % o inferior, siendo el resto Fe e impurezas. El material metálico puede contener además un tipo o más tipos de Co, Mo, W, Ta, B, V, Zr, Nb, Hf, Mg, Ca, Y, La, Ce y Nd.

Descripción de la invención

La investigación de los presentes inventores mostró que, incluso si se proporcionan determinadas resistencias a la pulverización metálica de un material de base y de un material de soldadura, cuando se fabrica una junta soldada, puede que no se proporcione una determinada resistencia a la pulverización metálica en el metal de la soldadura en algunas condiciones de soldadura.

Un objeto de la presente invención es proporcionar una junta soldada que tiene una buena resistencia a la pulverización metálica.

Una junta soldada de acuerdo con la presente invención comprende: un material de base que tiene una composición química, en % en masa, de: C: de un 0,03 a un 0,075 %; Si: de un 0,6 a un 2,0 %; Mn: de un 0,05 a un 2,5 %; P: hasta un 0,04 %; S: hasta un 0,015 %; Cr: más de un 16,0 % y menos de un 23,0 %; Ni: no menos de un 20,0 % y menos de un 30,0 %; Cu: de un 0,5 a un 10,0 %; Mo: menos de un 1 %; Al: hasta un 0,15 %; N: de un 0,005 a un 0,20 %; O: hasta un 0,02 %; Ca: de un 0 a un 0,1 %; REM: de un 0 a un 0,15 %; V: no menos de un 0 % y menos de un 0,5 %; y Nb: de un 0 a un 2 %, siendo el resto Fe e impurezas; y un metal de la soldadura de la primera capa que tiene una composición química que incluye, en % en masa, un contenido de Fe que varía de un 10 a un 40 %; C: de un 0,01 a un 0,15 %; Si: de un 0,01 a un 4,0 %; Mn: de un 0,05 a un 3,0 %; P: hasta un 0,03 %; S: hasta un 0,015 %; Cr: más de un 16,0 % y menos de un 32,0 %; Ni: no menos de un 20,0 %; Cu: de un 0,03 a un 5,0 %; Al: hasta un 1,0 %; N: de un 0,005 a un 0,2 %; O: hasta un 0,02 %; Ti: de un 0 a un 0,5 %; Mo: de un 0 a un 8 %; Nb: de un 0 a un 3 %; Co: de un 0 a un 15 %; siendo el resto Ni e impurezas.

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, en % en masa, de: C: de un 0,03 a un 0,075 %; Si: de un 0,6 a un 2,0 %; Mn: de un 0,05 a un 2,5 %; P: hasta un 0,04 %; S: hasta un 0,015 %; Cr: más de un 16,0 % y menos de un 23,0 %; Ni: no menos de un 20,0 % y menos de un 30,0 %; Cu: de un 0,5 a un 10,0 %; Mo: menos de un 1 %; Al: hasta un 0,15 %; N: de un 0,005 a un 0,20 %; O: hasta un 0,02 %; Ca: de un 0 a un 0,1 %; REM: de un 0 a un 0,15 %; V: no menos de un 0 % y menos de un 0,5 %; y Nb: de un 0 a un 2 %, siendo el resto Fe e impurezas; y soldar el material de base usando un material de soldadura que tiene una composición química, en % en masa, de: C: de un 0,01 a un 0,15 %; Si: hasta un 4,0 %; Mn: de un 0,01 a un 3,5 %; P: hasta un 0,03 %; S: hasta un 0,015 %; Cr: de un 15,0 a un 35,0 %; Ni: de un 40,0 a un 70,0 %; Cu: de un 0,01 a un 4,0 %; Al: de un 0 a un 1,5 %; N: de un 0,005 a un 0,1 %; O: hasta un 0,03 %; Ti: de un 0 a un 1,0 %; Mo: de un 0 a un 15 %; Nb: de un 0 a un 5 %; y Co: de un 0 a un 15 %; siendo el resto Fe e impurezas; en el que la junta soldada incluye un metal de la soldadura de la primera capa que tiene una composición química, en % en masa, de, un contenido de Fe que varía de un 10 a un

40 %: C: de un 0,01 a un 0,15 %; Si: de un 0,01 a un 4,0 %; Mn: de un 0,05 a un 3,0 %; P: hasta un 0,03 %; S: hasta un 0,015 %; Cr: más de un 16,0 % y menos de un 32,0 %; Ni: no menos de un 20,0 %; Cu: de un 0,03 a un 5,0 %; Al hasta un 1,0 %; N: de un 0,005 a un 0,2 %; O: hasta un 0,02 %; Ti: de un 0 a un 0,5 %; Mo: de un 0 a un 8 %; Nb: de un 0 a un 3 %; Co: de un 0 a un 15 %; siendo el resto Ni e impurezas.

5

La presente invención proporciona una junta soldada que tiene una buena resistencia a la pulverización metálica.

Breve descripción de las figuras

10 [FIG. 1] La FIG. 1 es una vista transversal esquemática de una junta soldada.

Realizaciones para llevar a cabo la invención

15 Los presentes inventores trataron de descubrir cómo mejorar la resistencia a la pulverización metálica de una junta soldada.

La resistencia a la pulverización metálica de un material es mejorada si el material contiene elementos tales como Si, Cu y P. Sin embargo, estos elementos aumentan significativamente la sensibilidad al agrietamiento por solidificación del material durante la soldadura. Las grietas de solidificación durante la soldadura se producen cuando, en una etapa próxima al final del proceso de solidificación en la soldadura y en la que está presente una fase líquida en forma de película principalmente a lo largo de los límites de los granos cristalinos, la tensión aplicada por la contracción de solidificación o contracción térmica supera la capacidad de deformación del metal de la soldadura. La sensibilidad al agrietamiento por solidificación durante la soldadura se puede reducir mejorando la capacidad de deformación del metal de la soldadura. Sin embargo, esto requiere cambios en los componentes del material de base, lo que está en contradicción con el objetivo de asegurar la resistencia a la pulverización metálica. En vista de esto, los presentes inventores trataron de descubrir cómo asegurar la resistencia a la pulverización metálica y la resistencia al agrietamiento por solidificación durante la soldadura sin cambiar los componentes del material de base.

20 Tal como se ha discutido previamente, incluso cuando se proporcionan determinadas resistencias a la pulverización metálica del material de base y del material de soldadura, cuando se fabrica una junta soldada, puede que no se proporcione una determinada resistencia a la pulverización metálica del metal de la soldadura en algunas condiciones de soldadura. Aunque no son claros los detalles de su mecanismo, se descubrió que, en una región en la que el contenido de Fe y el contenido de Ni en el metal de la soldadura están mal equilibrados, la microestructura solidificada puede facilitar la pulverización metálica. La primera capa del metal de la soldadura puede verse afectada fácilmente por la proporción de dilución con respecto al material de base de modo que el contenido de Fe y el contenido de Ni lleguen a estar mal equilibrados con facilidad. Así, si la primera capa es una superficie en contacto con gases, se puede producir fácilmente la pulverización metálica.

30 Para proporcionar una junta soldada que tenga una resistencia a la pulverización metálica sustancialmente igual a la del material de base, se debe limitar el contenido de Fe en el metal de la soldadura. Más específicamente, si se efectúan ajustes de modo que el contenido de Fe en la primera capa del metal de la soldadura sea de un 40 % en masa o inferior, se puede proporcionar una junta soldada con una resistencia a la pulverización metálica sustancialmente igual a la del material de base. Por otro lado, si el contenido de Fe en la primera capa del metal de la soldadura es demasiado bajo, se puede producir fácilmente la pulverización metálica. En vista de ello, se deben efectuar ajustes de modo que el contenido de Fe en la primera capa del metal de la soldadura sea de un 10 % en masa o superior.

45 La junta soldada de la presente invención se produjo basándose en los descubrimientos anteriores. Una junta soldada de acuerdo con una realización de la presente invención se describirá a continuación con detalle. En la descripción que sigue, "%" para el contenido de un elemento significa porcentaje en masa.

50 La junta soldada de acuerdo con la presente realización se obtiene soldando un material de base con un material de soldadura que tiene una composición química que incluye Cr: de un 15,0 a un 35,0 % y Ni: de un 40,0 a un 70,0 %. La junta soldada puede ser, por ejemplo, tuberías de acero o placas de acero con sus extremos/bordes soldados entre sí. La junta soldada incluye un material de base y un material de soldadura. El metal de la soldadura está formado por una parte del material de base y el material de soldadura que se funden conjuntamente y se solidifican. La primera capa del metal de la soldadura tiene una composición química con un contenido de Fe que varía de un 10 a un 40 %.

60

[Composición química del material de base]

El material de base tiene la composición química descrita a continuación.

65

ES 2 700 871 T3

C: de un 0,03 a un 0,075 %

5 Los enlaces de carbono (C) con Cr, por ejemplo, forman un carburo, aumentando así la resistencia del material de base. Por otro lado, si está contenida una cantidad excesiva de C, la ductibilidad en la deformación plástica a altas temperaturas disminuye. En vista de esto, el contenido de C en el material de base debe estar en el intervalo de un 0,03 a un 0,075 %. El límite inferior preferente del contenido de C en el material de base es del 0,035 %, y el límite inferior más preferente es del 0,04 %. El límite superior preferente del contenido de C en el material de base es del 0,07 %.

10 Si: de un 0,6 a un 2,0 %

15 El silicio (Si) tiene una gran afinidad por el oxígeno, y forma cascarillas oxidadas basadas en Si debajo de una capa protectora de cascarillas oxidadas de Cr_2O_3 , por ejemplo, bloqueando de este modo los gases causantes de la carburación. Por otro lado, si está contenida una cantidad excesiva de Si, la operabilidad en caliente y la soldabilidad se deterioran significativamente. En vista de esto, el contenido de Si en el material de base debe estar en el intervalo de un 0,6 a un 2,0 %. El límite inferior preferente del contenido de Si en el material de base es del 0,8 %. El límite superior preferente del contenido de Si en el material de base es del 1,5 %.

20 Mn: de un 0,05 a un 2,5 %

25 El manganeso (Mn) desoxida al acero. El Mn también estabiliza la fase austenítica. El Mn mejora además la operabilidad y la soldabilidad del acero. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Mn, se deteriora la capacidad de la capa protectora de cascarillas oxidadas para bloquear los gases causantes de la carburación. En vista de esto, el contenido de Mn en el material de base debe estar en el intervalo de un 0,05 a un 2,5 %. El límite inferior preferente del contenido de Mn en el material de base es del 0,1 %. El límite superior preferente del contenido de Mn en el material de base es del 2,0 %.

P: hasta un 0,04 %

30 El fósforo (P) es una impureza que entra en el acero procedente de una materia prima o similar durante la fundición. El P deteriora la operabilidad en caliente y la soldabilidad del acero. En vista de ello, el contenido de P en el material de base debe ser de hasta un 0,04 %. Es preferente reducir el contenido de P en el material de base hasta el nivel más bajo posible. El límite superior preferente del contenido de P en el material de base es del 0,03 %, y el límite superior más preferente es del 0,025 %.

35 S: hasta un 0,015 %

40 El azufre (S) es una impureza que entra en el acero procedente de una materia prima o similar durante la fundición. El S deteriora la operabilidad en caliente y la soldabilidad del acero. Este efecto es de particular relevancia en un acero con un alto contenido de Si o un alto contenido de Cu. En vista de ello, el contenido de S en el material de base debe ser de hasta un 0,015 %. Es preferente reducir el contenido de S en el material de base hasta el nivel más bajo posible. El límite superior preferente del contenido de S en el material de base es del 0,005 %, y el límite superior más preferente es del 0,002 %.

45 Cr: más de un 16,0 % y menos de un 23,0 %

50 El cromo (Cr) forma una capa protectora de cascarillas oxidadas de Cr_2O_3 , por ejemplo, y bloquea los gases causantes de la carburación. Así pues, el Cr confiere al acero resistencia a la carburación, resistencia a la pulverización metálica y resistencia al parcheo. Por otra parte, el Cr se une al C para formar carburos, reduciendo de este modo la ductibilidad en la deformación plástica. Además, el Cr disminuye la resistencia a la deformación plástica de la fase austenítica. Este efecto es particularmente significativo en aceros con contenidos elevados de Si y Cu. En vista de ello, el contenido de Cr en el material de base debe ser de más de un 16,0 % y menos de un 23,0 %. El límite inferior preferente del contenido de Cr en el material de base es del 18,0 %. Para definir un límite superior, el contenido de Cr en el material de base es preferentemente inferior al 20,0 %.

55 Ni: no menos de un 20,0 % y menos de un 30,0 %

60 El níquel (Ni) estabiliza una fase austenítica. El Ni también reduce la tasa de entrada de C que entra en el acero. El Ni asimismo aumenta la resistencia a las altas temperaturas del acero. Por otro lado, si está contenida una cantidad excesiva de Ni, esto requiere un coste mayor. Igualmente, si está contenida una cantidad excesiva de Ni, esto puede facilitar el parcheo o la pulverización metálica. En vista de ello, el contenido de Ni en el material de base debe ser no menos de un 20,0 % y menos de un 30,0 %. El límite inferior preferente del contenido de Ni en el material de base es del 22,0 %. El límite superior preferente del contenido de Ni en el material de base es del 28,0 %.

65

ES 2 700 871 T3

Cu: de un 0,5 a un 10,0 %

5 El cobre (Cu) previene la reacción superficial entre un gas causante de la carburación y un metal, mejorando de este modo la resistencia a la pulverización metálica del metal. El Cu también estabiliza la fase austenítica. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Cu, se deteriora la soldabilidad del acero. En vista de esto, el contenido de Cu en el material de base debe estar en el intervalo de un 0,5 a un 10,0 %. El límite inferior preferente del contenido de Cu en el material de base es del 1,5 %. El límite superior preferente del contenido de Cu en el material de base es del 6,0 %.

10 Mo: menos de un 1 %

15 El molibdeno (Mo) es una impureza. Si el Mo está contenido en más de un 1 % o más, esto provoca la producción de un compuesto intermetálico tal como una fase σ , la cual deteriora la estabilidad de la microestructura y la operabilidad en caliente. En vista de ello, el contenido de Mo en el material de base debe ser de inferior a un 1 %. Por otro lado, una reducción excesiva de Mo requiere un coste mayor. Así pues, el límite inferior preferente del contenido de Mo en el material de base es del 0,05 %.

Al: menos de un 0,15 %

20 El aluminio (Al) desoxida al acero. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Al, se forma una gran cantidad de nitruro lo que disminuye la tenacidad del acero. En vista de ello, el contenido de Al en el material de base debe ser inferior a un 0,15 %. Cuanto menor es el contenido de Al, mejor. Sin embargo, una cantidad excesivamente baja de Al da como resultado una desoxidación insuficiente. Asimismo, una cantidad excesivamente baja de Al aumenta el índice de limpieza del acero. Además, una cantidad excesivamente baja de Al requiere un coste mayor. Así pues, el límite inferior preferente del contenido de Al en el material de base es del 0,03 %.

N: de un 0,005 a un 0,20 %

30 El nitrógeno (N) aumenta la resistencia a las altas temperaturas del acero. El N también aumenta la actividad del C en el material de base, mejorando de este modo la resistencia a la pulverización metálica del material de base. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de N, se deteriora la operabilidad en caliente del acero. En vista de esto, el contenido de N en el material de base debe estar en el intervalo de un 0,005 a un 0,20 %. El límite inferior preferente del contenido de N en el material de base es del 0,010 %. El límite superior preferente del contenido de N en el material de base es del 0,15 %.

35 O: hasta un 0,02 %

40 El oxígeno (O) es una impureza. Si está contenida una cantidad excesiva de O, se deteriora la operabilidad en caliente durante la producción del material de base. Igualmente, si está contenida una cantidad excesiva de O, disminuyen la tenacidad y la ductibilidad del metal de la soldadura. En vista de ello, el contenido de O en el material de base debe ser de hasta un 0,02 %. El límite superior preferente del contenido de O en el material de base es del 0,01 %.

45 El resto de la composición química del material de base es Fe e impurezas. "Impurezas" significa un elemento que procede del mineral o la chatarra usados como materia prima del acero o un elemento que se ha introducido por diversas razones durante el proceso de fabricación.

50 En la composición química del material de base de acuerdo con la presente realización, parte del Fe anterior puede ser sustituido por uno o dos seleccionados entre al menos uno del primer y el segundo grupos descritos a continuación.

Primer grupo: Ca: hasta un 0,1 %; REM: hasta un 0,15 %

Segundo grupo: V: menos de un 0,5 %; Nb: hasta un 2 %

55 Primer grupo: (Ca: hasta un 0,1 %; REM: hasta un 0,15 %)

60 El calcio (Ca) y los metales de las tierras raras (REM) son elementos opcionales. Es decir, el Ca y los REM no han de estar contenidos en el material de base. Tanto el Ca como los REM mejoran la operabilidad en caliente del acero. Así pues, uno o los dos del Ca y los REM pueden estar contenidos en el material de base si es necesario. Si se desean los efectos del Ca y los REM en el material de base, es preferente que al menos uno de ellos esté contenido en un 0,005 % o más.

65 "REM" es un término general para 17 elementos en total, es decir, Sc, Y y los lantánidos, y el contenido de los REM es el contenido total de uno o más elementos REM. Asimismo, los REM están contenidos normalmente en mischmetal. Así, por ejemplo, se puede añadir mischmetal de modo que el contenido de REM esté en el intervalo anteriormente descrito.

ES 2 700 871 T3

Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Ca, se deteriora la soldabilidad del acero. En vista de ello, el límite superior del contenido de Ca en el material de base debe ser del 0,15 %. Si está contenida una cantidad excesiva de REM, se deteriora la soldabilidad del acero. En vista de ello, el límite superior del contenido de REM en el material de base debe ser del 0,15 %. Solamente uno del Ca y los REM puede estar contenido, o dos de ellos pueden estar combinados y contenidos. Si dos de ellos están combinados y contenidos, el límite superior preferente del contenido total es del 0,2 %.

Segundo grupo: (V: menos de un 0,5 %; Nb: hasta un 2 %)

El vanadio (V) y el niobio (Nb) son elementos opcionales. Es decir, el V y el Nb no han de estar contenidos en el material de base. Tanto el V como el Nb mejoran la resistencia a las altas temperaturas del acero. Así pues, uno o los dos del V y el Nb pueden estar contenidos en el material de base si es necesario. Si se desean los efectos del V, es preferente que el V esté contenido en un 0,002 % o más; si se desean los efectos del Nb, es preferente que el Nb esté contenido en un 0,005 % o más.

Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de V, se deteriora la soldabilidad del acero. En vista de ello, para definir un límite superior, el contenido de V en el material de base debe ser inferior al 0,5 %. Si está contenida una cantidad excesiva de Nb, se deteriora la soldabilidad del acero. En vista de ello, el límite superior del contenido de Nb en el material de base debe ser del 2 %. Solamente uno del V y el Nb puede estar contenido, o los dos pueden estar combinados y contenidos. Si los dos están combinados y contenidos, el límite superior preferente del contenido total es del 2,2 %.

[Composición química de la primera capa del metal de la soldadura]

El metal de la soldadura de la junta soldada de acuerdo con la presente realización incluye una primera capa que tiene una composición química con un contenido de Fe que varía de un 10 a un 40 %. La segregación por solidificación se produce en el metal de la soldadura. Aunque no son claros los detalles de su mecanismo, en una región en la que el contenido de Fe y el contenido de Ni en el metal de la soldadura están mal equilibrados, la microestructura solidificada puede facilitar la pulverización metálica. La primera capa del metal de la soldadura puede verse afectada fácilmente por la proporción de dilución con respecto al material de base de modo que el contenido de Fe y el contenido de Ni lleguen a estar mal equilibrados con facilidad. Una primera capa con un contenido de Fe que varía de un 10 a un 40 % tiene una resistencia a la pulverización metálica sustancialmente igual a la del material de base.

La primera capa del metal de la soldadura (metal de la soldadura de la primera capa) significa la primera capa definida en JIS B 0190. Más específicamente, el metal de la soldadura de la primera capa significa el metal de la soldadura fabricado por el primer paso de soldadura. El metal de la soldadura está formado por el material de base y el material de soldadura que se funden conjuntamente y se solidifican. Cuanto mayor es el número de pasos, menos afectado está el metal de la soldadura por la composición del material de base (esto es, diluido por el material de base) de modo que los componentes del material de soldadura llegan a ser los dominantes. En vista de ello, los intervalos de los componentes de solamente el metal de la soldadura de la primera capa, que pueden verse afectados más fácilmente por la dilución por el material de base, deben ser controlados y se debe asegurar el rendimiento de los mismos.

La FIG. 1 es una vista transversal esquemática de una junta soldada 1, la cual es una junta soldada ilustrativa. La junta soldada 1 incluye un material de base 10 y un material de soldadura 20. En este ejemplo, el metal de la soldadura 20 incluye un metal de la soldadura de la primera capa 21 y una segunda capa y capas posteriores 22.

La primera capa del metal de la soldadura tiene preferentemente la composición química descrita a continuación.

C: de un 0,01 a un 0,15 %

El carbono (C) aumenta la resistencia del metal de la soldadura. Por otro lado, si está contenida una cantidad excesiva de C, disminuye la tenacidad del metal de la soldadura. En vista de ello, el contenido de C en la primera capa del metal de la soldadura debe estar en el intervalo de un 0,01 a un 0,15 %. El límite inferior preferente del contenido de C en la primera capa del metal de la soldadura es del 0,03 %, y el límite inferior más preferente es del 0,05 %. El límite superior preferente del contenido de C en la primera capa del metal de la soldadura es del 0,12 %, y el límite superior más preferente es del 0,10 %.

Si: de un 0,01 a un 4,0 %

El silicio (Si) tiene una gran afinidad por el oxígeno, y forma cascarillas oxidadas basadas en Si debajo de una capa protectora de cascarillas oxidadas de Cr₂O₃, por ejemplo, bloqueando de este modo los gases causantes de la carburación. Por otro lado, si está contenida una cantidad excesiva de Si, la operabilidad en caliente y la soldabilidad se deterioran significativamente. En vista de ello, el contenido de Si en la primera capa del metal de la soldadura debe estar en el intervalo de un 0,01 a un 4,0 %. El límite inferior preferente del contenido de Si en la primera capa

del metal de la soldadura es del 0,08 %, y el límite inferior más preferente es del 0,3 %. El límite superior preferente del contenido de Si en la primera capa del metal de la soldadura es del 3,5 %, y el límite superior más preferente es del 2,0 %.

5 Mn: de un 0,05 a un 3,0 %

El manganeso (Mn) desoxida al acero. El Mn estabiliza la fase austenítica. El Mn además mejora la operabilidad y la soldabilidad del acero. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Mn, se deteriora la capacidad de la capa protectora de cascarillas oxidadas para bloquear los gases causantes de la carburación. En vista de ello, el contenido de Mn en la primera capa del metal de la soldadura debe estar en el intervalo de un 0,05 a un 3,0 %. El límite inferior preferente del contenido de Mn en la primera capa del metal de la soldadura es del 0,1 %. El límite superior preferente del contenido de Mn en la primera capa del metal de la soldadura es del 2,5 %.

15 P: hasta un 0,03 %

El fósforo (P) es una impureza que entra en el acero procedente de una materia prima o similar durante la fundición. El P deteriora la operabilidad en caliente y la soldabilidad del acero. El P además aumenta la sensibilidad al agrietamiento por solidificación durante la soldadura en el metal de la soldadura. En vista de esto, el contenido de P en la primera capa del metal de la soldadura debe ser de hasta un 0,03 %. Es preferente reducir el contenido de P en la primera capa del metal de la soldadura hasta el nivel más bajo posible. El límite superior preferente del contenido de P en la primera capa del metal de la soldadura es del 0,025 %.

20 S: hasta un 0,015 %

25 El azufre (S) es una impureza que entra en el acero procedente de una materia prima o similar durante la fundición. El S deteriora la operabilidad en caliente y la soldabilidad del acero. En vista de esto, el contenido de S en la primera capa del metal de la soldadura debe ser de hasta un 0,015 %. Es preferente reducir el contenido de S en la primera capa del metal de la soldadura hasta el nivel más bajo posible. El límite superior preferente del contenido de S en la primera capa del metal de la soldadura es del 0,005 %, y el límite superior más preferente es del 0,002 %.

30 Cr: más de un 16,0 % y menos de un 32,0 %

35 El cromo (Cr), en un medio de uso de alta temperatura, se une al C que ha entrado en la junta soldada y retarda así el crecimiento de capas carburadas, aumentando de este modo la resistencia a la pulverización metálica. Por otro lado, si está contenida una cantidad excesiva de Cr, disminuye la tenacidad del metal de la soldadura. En vista de esto, el contenido de Cr en la primera capa del metal de la soldadura debe ser de más de un 16,0 % y menos de un 32,0 %. El límite inferior preferente del contenido de Cr en la primera capa del metal de la soldadura es del 18,0 %. Para definir un límite superior, el contenido de Cr en la primera capa del metal de la soldadura es preferentemente inferior al 23,0 % y, más preferentemente, inferior al 20,0 %.

40 Ni: no menos de un 20,0 %

45 El níquel (Ni) mejora la resistencia a las altas temperaturas y la estabilidad de la microestructura. El Ni también aumenta la resistencia a la corrosión cuanto está presente conjuntamente con el Cr. El Ni previene igualmente la pulverización metálica. En vista de esto, el contenido de Ni en la primera capa del metal de la soldadura debe ser no menos de un 20,0 %. El límite superior preferente del contenido de Ni en la primera capa del metal de la soldadura es del 80 %.

50 Cu: de un 0,03 a un 5,0 %

55 El cobre (Cu) previene la reacción superficial entre un gas causante de la carburación y un metal, mejorando de este modo la resistencia a la pulverización metálica del metal. El Cu también estabiliza la fase austenítica. Por otro lado, si está contenida una cantidad excesiva de Cu, aumenta la sensibilidad al agrietamiento por solidificación durante la soldadura. En vista de ello, el contenido de Cu en la primera capa del metal de la soldadura debe estar en el intervalo de un 0,03 a un 5,0 %. El límite inferior preferente del contenido de Cu en la primera capa del metal de la soldadura es del 0,04 %. El límite superior preferente del contenido de Cu en la primera capa del metal de la soldadura es del 4,5 %.

60 Al: hasta un 1,0 %

65 El aluminio (Al) desoxida al acero. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Al, se forma una gran cantidad de nitruro lo que disminuye la tenacidad del acero. Asimismo, si está contenida una cantidad excesiva de Al, se deteriora la operabilidad de la soldadura. En vista de esto, el contenido de Al en la primera capa del metal de la soldadura debe ser de hasta un 1,0 %. Cuanto menor es el contenido de Al, mejor. Sin embargo, una cantidad excesivamente baja de Al da como resultado una desoxidación insuficiente. Asimismo, una cantidad excesivamente baja de Al aumenta el índice de limpieza del acero. Además, una cantidad excesivamente baja de Al requiere un

coste mayor. Por tanto, el límite inferior preferente del contenido de Al en la primera capa del metal de la soldadura es del 0,003 %.

N: de un 0,005 a un 0,20 %

5 El nitrógeno (N) aumenta la resistencia a las altas temperaturas del acero. El N también aumenta la actividad del C en el metal de la soldadura, mejorando de este modo la resistencia a la pulverización metálica del material de la soldadura. Por otro lado, si está contenida una cantidad excesiva de N, disminuye la ductilidad del metal de la soldadura. En vista de ello, el contenido de N en la primera capa del metal de la soldadura debe estar en el intervalo
10 de un 0,005 a un 0,20 %. El límite inferior preferente del contenido de N en la primera capa del metal de la soldadura es del 0,010 %. El límite superior preferente del contenido de N en la primera capa del metal de la soldadura es del 0,15 %.

15 O: hasta un 0,02 %

El oxígeno (O) es una impureza. Si está contenida una cantidad excesiva de O, disminuyen la tenacidad y la ductibilidad del metal de la soldadura. En vista de esto, el contenido de O en la primera capa del metal de la soldadura debe ser de hasta un 0,02 %. El límite superior preferente del contenido de O en la primera capa del metal de la soldadura es del 0,01 %.

20 Ti: de un 0 a un 0,5 %

El titanio (Ti) es un elemento opcional. Esto es, el Ti no ha de estar contenido en la primera capa del metal de la soldadura. El Ti se une con el Ni y precipita dentro de los granos en forma de partículas finas de un compuesto intermetálico, y es eficaz en cuanto a proporcionar una cierta resistencia a la deformación plástica a altas temperaturas. Así pues, el Ti puede estar contenido si es necesario. Cuando ha de contener Ti, el límite inferior preferente es del 0,005 %. Sin embargo, si el contenido de Ti es elevado, particularmente por encima de un 0,5 %, entonces, durante el uso a altas temperaturas, las partículas de la fase de compuesto intermetálico se hacen más gruesas rápidamente, lo que disminuye excesivamente la resistencia a la deformación plástica y la tenacidad y,
30 durante la soldadura, disminuye la limpieza del metal de la soldadura, deteriorando la soldabilidad. En vista de esto, el límite superior del contenido de Ti en la primera capa del metal de la soldadura debe ser de un 0,5 %.

Mo: de un 0 a un 8 %

35 El molibdeno (Mo) es un elemento opcional. Esto es, el Mo no ha de estar contenido en la primera capa del metal de la soldadura. El Mo se disuelve en una matriz y contribuye a aumentar la resistencia a la deformación plástica a altas temperaturas. Así pues, el Mo puede estar contenido si es necesario. Cuando ha de contener Mo, el límite inferior preferente es del 0,05 %. Sin embargo, si el contenido de Mo es elevado, particularmente por encima de un 8 %, entonces se reduce la estabilidad de la austenita, lo que disminuye la resistencia a la deformación plástica. En vista
40 de ello, el límite superior del contenido de Mo en la primera capa del metal de la soldadura debe ser del 8 %.

Nb: de un 0 a un 3 %

45 El niobio (Nb) es un elemento opcional. Esto es, el Nb no ha de estar contenido en la primera capa del metal de la soldadura. El Nb se disuelve en una matriz o precipita en forma de carbonitruro, contribuyendo de este modo a mejorar la resistencia a la deformación plástica a altas temperaturas. Así pues, el Nb puede estar contenido si es necesario. Cuando ha de contener Nb, el límite inferior preferente es del 0,05 %. Sin embargo, si el contenido de Nb es elevado, particularmente por encima de un 3 %, entonces precipita una gran cantidad de carbonitruro, lo que disminuye la ductilidad del acero. En vista de ello, el límite superior del contenido de Nb en la primera capa del metal de la soldadura debe ser del 3 %.

Co: de un 0 a un 15 %

55 El cobalto (Co) es un elemento opcional. Esto es, el Co no ha de estar contenido en la primera capa del metal de la soldadura. El Co estabiliza la fase austenítica y aumenta la resistencia a la deformación plástica. Así pues, el Co puede estar contenido si es necesario. Cuando ha de contener Co en la primera capa del metal de la soldadura, el límite inferior preferente es del 0,01 %. Por otro lado, si ha de contener una cantidad excesiva de Co, esto requiere un coste mayor. En vista de ello, el límite superior del contenido de Co en la primera capa del metal de la soldadura debe ser del 15,0 %. El límite superior preferente del contenido de Co en la primera capa del metal de la soldadura
60 es del 14,5 %.

El resto de la composición química de la primera capa del metal de la soldadura es Fe e impurezas. Sin embargo, tal como se ha discutido anteriormente, la primera capa del metal de la soldadura tiene un contenido de Fe que varía de un 10 a un 40 %.

65

ES 2 700 871 T3

[Composición química del material de soldadura]

5 Tal como se ha discutido anteriormente, la junta soldada de acuerdo con la presente realización se obtiene mediante soldadura usando un material de soldadura que tiene una composición química que incluye Cr: de un 15,0 a un 35,0 % y Ni: de un 40,0 a un 70,0 %. El material de soldadura, junto con una parte material del material de base, forma el metal de la soldadura.

Cr: de un 15,0 a un 35,0 %

10 El cromo (Cr) forma una capa protectora de escoria oxidada de Cr_2O_3 , por ejemplo, y bloquea los gases causantes de la carburación. Así pues, el Cr confiere al acero resistencia a la carburación, resistencia a la pulverización metálica y resistencia al parcheo. Por otra parte, el Cr se une al C para formar carburos, reduciendo de este modo la resistencia a la deformación plástica. Este efecto es particularmente significativo en un acero con contenidos elevados de Si y Cu. El contenido de Cr en el material de soldadura debe estar en el intervalo de un 15,0 % a un 35,0 %. El límite inferior preferente del contenido de Cr en el material de soldadura es del 16,0 %. El límite superior preferente del contenido de Cr en el material de soldadura es del 33,0 %, y el límite superior más preferente es del 30,0 %, y el límite superior aún más preferente es del 28,0 %.

Ni: de un 40,0 a un 70,0 %

20 El níquel (Ni) estabiliza una fase austenítica. El Ni también reduce la tasa de entrada de C que entra en el acero. El Ni asimismo aumenta la resistencia a las altas temperaturas del acero. Para conseguir que el Ni en el material de soldadura exhiba estos efectos, el Ni debe estar contenido en un 40 % o más. Por otra parte, cuando una cantidad excesiva de Ni está contenida en el acero, el acero está saturado en cuanto a los efectos del Ni. En vista de esto, el contenido de Ni en el material de soldadura debe estar en el intervalo de un 40,0 a un 70,0 %. El límite inferior preferente del contenido de Ni en el material de soldadura es del 45,0 %.

Además del Cr y el Ni, el material de soldadura tiene preferentemente la composición química descrita a continuación.

30 C: de un 0,01 a un 0,15 %

35 El carbono (C) aumenta la resistencia del metal de la soldadura. Por otro lado, si está contenida una cantidad excesiva de C, la sensibilidad al agrietamiento por solidificación aumenta durante la soldadura. En vista de esto, el contenido de C en el material de soldadura debe estar en el intervalo de un 0,01 a un 0,15 %. El límite inferior preferente del contenido de C en el material de soldadura es del 0,03 %, y el límite inferior más preferente es del 0,05 %. El límite superior preferente del contenido de C en el material de soldadura es del 0,12 %, y el límite superior más preferente es del 0,10 %.

40 Si: hasta un 4,0 %

45 El silicio (Si) deteriora la operabilidad en caliente y la soldabilidad. En vista de ello, el contenido de Si en el material de soldadura debe ser de hasta un 4,0 %. El límite superior preferente del contenido de Si en el material de soldadura es del 3,5 %, y el límite superior más preferente es del 2,0 %, y el límite superior aún más preferente es del 1,5 %. Si es necesaria una alta resistencia a la corrosión en la junta soldada, el límite inferior del contenido de Si en el material de soldadura es preferentemente del 0,5 %.

Mn: de un 0,01 a un 3,5 %

50 El manganeso (Mn) desoxida al acero. El Mn estabiliza la fase austenítica. El Mn mejora además la operabilidad y la soldabilidad del acero. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Mn, se deteriora la operabilidad en caliente durante la producción del material de soldadura. En vista de esto, el contenido de Mn en el material de soldadura debe estar en el intervalo de un 0,05 a un 3,5 %. El límite inferior preferente del contenido de Mn en el material de soldadura es del 0,05 %, y el límite inferior más preferente es del 0,10 %. El límite superior preferente del contenido de Mn en el material de soldadura es del 3,0 %.

P: hasta un 0,03 %

60 El fósforo (P) es una impureza que entra en el acero procedente de una materia prima o similar durante la fundición. El P deteriora la operabilidad en caliente y la soldabilidad del acero. El P además aumenta la sensibilidad al agrietamiento por solidificación durante la soldadura en el metal de la soldadura. En vista de ello, el contenido de P en el material de soldadura debe ser de hasta un 0,03 %. Es preferente reducir el contenido de P en el material de soldadura hasta el nivel más bajo posible. El límite superior preferente del contenido de P en el material de soldadura es del 0,025 %.

65

ES 2 700 871 T3

S: hasta un 0,015 %

El azufre (S) es una impureza que entra en el acero procedente de una materia prima o similar durante la fundición. El S deteriora la operabilidad en caliente y la soldabilidad del acero. En vista de ello, el contenido de S en el material de soldadura debe ser de hasta un 0,015 %. Es preferente reducir el contenido de S en el material de soldadura hasta el nivel más bajo posible. El límite superior preferente del contenido de S en el material de soldadura es del 0,005 %, y el límite superior más preferente es del 0,002 %.

Cu: de un 0,01 a un 4,0 %

El cobre (Cu) previene la reacción superficial entre un gas causante de la carburación y un metal, mejorando de este modo la resistencia a la pulverización metálica del metal. El Cu también estabiliza la fase austenítica. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Cu, la sensibilidad al agrietamiento por solidificación aumenta durante la soldadura. En vista de esto, el contenido de Cu en el material de soldadura debe estar en el intervalo de un 0,01 a un 4,0 %. El límite inferior preferente del contenido de Cu en el material de soldadura es del 0,03 %. El límite superior preferente del contenido de Cu en el material de soldadura es del 3,5 %.

Al: de un 0 a un 1,5 %

El aluminio (Al) es un elemento opcional. Esto es, el Al no ha de estar contenido en el material de soldadura. El Al desoxida al acero. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de Al, se forma una gran cantidad de nitruro lo que disminuye la tenacidad del acero. Asimismo, si está contenida una cantidad excesiva de Al, se deteriora la operabilidad de la soldadura. En vista de esto, el contenido de Al en el material de soldadura debe ser de hasta un 1,5 % y, preferentemente, de hasta un 1,0 %. 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. Asimismo, una cantidad excesivamente baja de Al requiere un coste mayor. Así pues, el límite inferior preferente del contenido de Al en el material de soldadura es del 0,003 %. Si es necesaria una alta resistencia a las altas temperaturas en la junta soldada, es preferente que el límite inferior del contenido de Al en el material de soldadura sea del 0,15 %.

N: de un 0,005 a un 0,1 %

El nitrógeno (N) aumenta la resistencia a las altas temperaturas del acero. El N aumenta también la actividad del C en el material de soldadura, mejorando de este modo la resistencia a la pulverización metálica del material de soldadura. Por otra parte, si está contenida una cantidad excesiva de N, se deteriora la operabilidad en caliente durante la producción del material de soldadura. En vista de esto, el contenido de N en el material de soldadura debe estar en el intervalo de un 0,005 a un 0,1 %. El límite inferior preferente del contenido de N en el material de soldadura es del 0,010 %. El límite superior preferente del contenido de N en el material de soldadura es del 0,05 %.

O: hasta un 0,03 %

El oxígeno (O) es una impureza. Si está contenida una cantidad excesiva de O, se deteriora la operabilidad en caliente durante la producción del material de soldadura. Además, disminuyen la tenacidad y la ductilidad del metal de la soldadura. En vista de ello, el contenido de O en el material de soldadura debe ser de hasta un 0,03 %. El límite superior preferente del contenido de O en el material de soldadura es del 0,02 %.

Ti: de un 0 a un 1,0 %

El titanio (Ti) es un elemento opcional. Esto es, el Ti no ha de estar contenido en el material de soldadura. El Ti se une con el Ni y precipita dentro de los granos en forma de partículas finas de un compuesto intermetálico, y es eficaz en cuanto a proporcionar una cierta resistencia a la deformación plástica a altas temperaturas. Así pues, el Ti puede estar contenido si es necesario. Cuando ha de contener Ti, el límite inferior preferente es del 0,15 %. Sin embargo, si el contenido de Ti es elevado, particularmente por encima de un 1,0 %, entonces, durante el uso a altas temperaturas, las partículas de la fase de compuesto intermetálico se hacen más gruesas rápidamente, lo que disminuye excesivamente la resistencia a la deformación plástica y la tenacidad y, durante la producción de una aleación, disminuye la limpieza, deteriorando la manufacturabilidad. En vista de ello, el límite superior del contenido de Ti en el material de soldadura debe ser del 1,0 %.

Mo: de un 0 a un 15 %

El molibdeno (Mo) es un elemento opcional. Esto es, el Mo no ha de estar contenido en el material de soldadura. El Mo se disuelve en una matriz y contribuye a aumentar la resistencia a la deformación plástica a altas temperaturas. Así pues, el Mo puede estar contenido si es necesario. Cuando ha de contener Mo, el límite inferior preferente es del 0,01 %, y el límite inferior más preferente es del 7 %. Sin embargo, si el contenido de Mo es elevado, particularmente por encima de un 15 %, entonces se reduce la estabilidad de la austenita, lo que disminuye la resistencia a la deformación plástica. En vista de ello, el límite superior del contenido de Mo en el material de

soldadura debe ser del 15 %.

Nb: de un 0 a un 5 %

- 5 El niobio (Nb) es un elemento opcional. Esto es, el Nb no ha de estar contenido en el material de soldadura. El Nb se disuelve en una matriz o precipita en forma de carbonitruro, contribuyendo de este modo a mejorar la resistencia a la deformación plástica a altas temperaturas. Así pues, el Nb puede estar contenido si es necesario.

- 10 Cuando ha de contener Nb, el límite inferior preferente es del 0,005 %. Sin embargo, si el contenido de Nb es elevado, particularmente por encima de un 5 %, entonces precipita una gran cantidad de carbonitruro, lo que disminuye la ductilidad del acero. En vista de ello, el límite superior del contenido de Nb en el material de soldadura debe ser del 5 %.

Co: de un 0 a un 15 %

- 15 El cobalto (Co) es un elemento opcional. Esto es, el Co no ha de estar contenido en el material de soldadura. El Co estabiliza la fase austenítica y aumenta la resistencia a la deformación plástica. Así pues, el Co puede estar contenido si es necesario. Cuando ha de contener Co en el material de soldadura, el límite inferior preferente es del 0,01 %. Por otro lado, si ha de contener una cantidad excesiva de Co, esto requiere un coste mayor. En vista de ello, el límite superior del contenido de Co en el material de soldadura debe ser del 15,0 %. El límite superior preferente del contenido de Co en el material de soldadura es del 14,5 %.

- 20 Si se ha de asegurar en particular la resistencia a las altas temperaturas, es preferente que la composición química del material de soldadura incluya Al: de un 0,15 a un 1,5 %; Ti: de un 0,15 a un 1,0 %; y Mo: de un 7 a un 15 %, e incluya adicionalmente al menos uno de Nb: de un 0,1 a un 5 % y Co: de un 0,1 a un 15 %.

Asimismo, si se ha de asegurar en particular la resistencia a la corrosión, es preferente que la composición química del material de soldadura incluya Si: de un 0,5 a un 4,0 %.

- 30 [Método de fabricación]

- 35 Se describirá en primer lugar un método de fabricación del material de base. Se funde un acero que tiene la composición química para el material de base descrita anteriormente. La fundición se puede efectuar en un horno eléctrico, en un horno de descarburación con soplado por el fondo de una 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 lingotes. De forma alternativa, el acero fundido se puede usar para producir una plancha mediante colada continua.

- 40 El lingote o la plancha se usan para producir un material de base. El material de base puede ser una placa de acero o una tubería de acero, por ejemplo. La placa de acero se puede producir sometiendo el lingote o la plancha a un trabajo en caliente tal como forja en caliente o laminado en caliente, por ejemplo. La tubería de acero se puede producir, por ejemplo, sometiendo el lingote o la plancha a un trabajo en caliente para producir un tocho redondo, y sometiendo el tocho redondo a un trabajo en caliente tal como perforación-laminación, extrusión en caliente o forja en caliente. Como alternativa, la tubería de acero se puede producir curvando una placa de acero para formar una tubería abierta y soldando aquellos bordes de la tubería abierta que se extienden en dirección longitudinal.

Se efectúa un tratamiento térmico bien conocido sobre el material de base, si es necesario.

- 50 Se describirá a continuación un método de fabricación del material de soldadura. Se funde un acero que tiene la composición química para el material de soldadura descrita anteriormente. El acero fundido se cuela en forma de lingote. El lingote se trabaja en caliente para producir un material de soldadura. El material de soldadura puede estar en forma de una varilla o un bloque.

Igualmente, se efectúa un tratamiento térmico bien conocido sobre el material de soldadura, si es necesario.

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

- 60 En ese momento, se ajusta la tasa de dilución con respecto al material de base de modo que el contenido de Fe en la primera capa del metal de la soldadura esté en el intervalo de un 10 a un 40 %. Más específicamente, el aporte de calor durante la soldadura de la primera capa y la velocidad a la que se alimenta el material de soldadura se ajustan dependiendo de la composición química del material de base y la composición química del material de soldadura. A medida que aumenta el aporte de calor durante la soldadura de la primera capa, aumenta la proporción de dilución con respecto al material de base y aumenta el contenido de Fe en la primera capa del metal de la soldadura. A

medida que aumenta la velocidad a la que se alimenta el material de soldadura, disminuye la proporción de dilución con respecto al material de base y disminuye el contenido de Fe en la primera capa del metal de la soldadura.

Ejemplos

5 La presente invención se describirá con más detalle usando ejemplos. La presente invención no se limita a estos ejemplos.

10 Se fundieron aceros etiquetados con los caracteres A y B que tenían las composiciones químicas mostradas en la Tabla 1 en un laboratorio para producir lingotes. Los lingotes se sometieron a forja en caliente, laminado en caliente, tratamiento térmico y mecanizado para producir tuberías de acero (materiales de base) con un diámetro externo de 25,4 mm, un espesor de 3,3 mm y una longitud de 60 mm.

[Tabla 1]

15

TABLA 1

Material de base	Composición química (en % en masa, resto: Fe e impurezas)												
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	O	N	Mo	Otros
A	0,070	0,96	0,82	0,022	0,001	19,93	25,10	3,01	0,03	0,0026	0,095	< 1	-
B	0,051	0,68	1,15	0,018	0,001	21,10	26,30	0,72	0,11	0,0100	0,012	< 1	V: 0,003, Ca: 0,007, REM: 0,04, Nb: 0,5

ES 2 700 871 T3

Se fundieron aceros etiquetados con los caracteres T que tenían las composiciones químicas mostradas en la Tabla 2 en un laboratorio para producir lingotes. Los lingotes se sometieron a forja en caliente, laminado en caliente, tratamiento térmico y mecanizado para producir hilos de soldar (materiales de soldadura) con un diámetro externo de 1,2 mm.

5

[Tabla 2]

TABLA 2

Material de soldadura	Composición química (en % en masa, resto: Fe e impurezas)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	N	O	Otros
T	0,07	0,20	0,07	0,003	0,007	22,00	54,60	0,07	0,006	0,01	Al: 0,98, Ti: 0,4, Mo: 9,1, Co: 12,5
U	0,01	0,02	0,01	0,003	0,001	22,07	65,79	0,01	0,007	0,01	Al: 0,2, Ti: 0,28, Mo: 8,3, Nb: 3,2
V	0,03	0,12	3,05	0,006	0,004	16,20	69,80	0,03	0,006	0,02	-
W	0,07	0,20	0,07	0,003	0,007	20,10	60,10	0,07	0,009	0,01	Al: 0,82, Co: 10,5
X	0,10	1,46	0,21	0,001	0,001	29,90	65,82	2,10	0,007	< 0,01	Al: 0,036
Y	0,10	0,08	3,50	0,002	0,002	22,50	40,00	2,50	0,006	< 0,01	-
Z*	0,10	0,60	0,08	0,002	0,002	15,60	35,00*	2,10	0,008	0,01	-
*indica desviación de los intervalos de la invención											

- 10 La preparación de un borde circunferencial se efectuó sobre las tuberías de acero descritas anteriormente y, después de eso, los materiales de base y los materiales de soldadura se combinaron tal como muestra la Tabla 3 y se soldaron en las condiciones mostradas para producir juntas soldadas.

[Tabla 3]

15

TABLA 3

Número de ensayo	Material de base	Material de soldadura	Aporte calor primera capa (KJ/cm)	Velocidad alimentación material de soldadura (mm/min)	Metal soldadura N.º	Composición química (en % en masa)													Resistencia MD del metal de la soldadura			
						C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	O	N	Co	Ti		Mo	Nb	Fe
J1				490	T1	0,07	0,58	0,45	0,013	0,0040	20,97	39,85	1,54	0,505	0,008	0,053	6,25	0,20	4,55	-	25,0	0
J2	A		7,5	640	T2	0,07	0,51	0,38	0,011	0,0045	21,15	42,51	1,28	0,591	0,008	0,045	7,38	0,24	5,37	-	26,1	0
J3				770	T3	0,07	0,47	0,33	0,010	0,0049	21,28	44,28	1,10	0,648	0,007	0,040	8,13	0,26	5,92	-	23,7	0
J4		T	6		T4	0,07	0,41	0,28	0,008	0,0053	21,42	46,34	0,89	0,714	0,007	0,034	9,00	0,29	6,55	-	20,8	0
J5				490	T5	0,06	0,44	0,61	0,011	0,0040	21,55	40,45	0,40	0,545	0,008	0,011	6,25	0,20	4,55	0,25	24,6	0
J6	B		7,5	640	T6	0,06	0,40	0,51	0,009	0,0045	21,63	43,00	0,34	0,623	0,008	0,011	7,38	0,24	5,37	0,21	25,8	0
J7				770	T7	0,06	0,37	0,45	0,008	0,0049	21,69	44,70	0,30	0,676	0,007	0,011	8,13	0,26	5,92	0,18	23,4	0
J8				490	U1	0,04	0,49	0,42	0,013	0,0010	21,00	47,13	1,51	0,115	0,009	0,053	-	0,14	4,12	1,69	27,6	0
J9			7,5	640	U2	0,03	0,41	0,34	0,011	0,0010	21,19	51,09	1,24	0,130	0,008	0,045	-	0,17	4,86	1,99	23,5	0
J10	A				U3	0,03	0,35	0,29	0,010	0,0010	21,32	53,74	1,06	0,141	0,008	0,040	-	0,18	5,36	2,19	20,8	0
J11		U	6	770	U4	0,03	0,28	0,24	0,008	0,0010	21,47	56,82	0,85	0,152	0,008	0,034	-	0,20	5,93	2,43	17,7	0
J12			4		U5	0,02	0,21	0,17	0,007	0,0010	21,64	60,34	0,61	0,166	0,008	0,027	-	0,22	6,59	2,70	14,1	0
J13				490	U6	0,03	0,35	0,58	0,011	0,0010	21,59	47,73	0,37	0,155	0,009	0,011	-	0,14	4,12	1,94	27,2	0
J14	B		7,5	640	U7	0,03	0,29	0,48	0,009	0,0010	21,67	51,59	0,30	0,163	0,008	0,011	-	0,17	4,86	2,19	23,3	0
J15				770	U8	0,02	0,25	0,41	0,008	0,0010	21,73	54,16	0,26	0,169	0,008	0,011	-	0,18	5,36	2,37	20,6	0
J16				490	V1	0,05	0,54	1,94	0,014	0,0025	18,07	47,45	1,52	0,015	0,015	0,051	-	-	-	-	30,4	0
J17			7,5	640	V2	0,05	0,46	2,14	0,013	0,0028	17,73	51,47	1,25	0,012	0,016	0,042	-	-	-	-	28,8	0
J18	A				V3	0,04	0,41	2,27	0,012	0,0030	17,51	54,16	1,07	0,011	0,017	0,037	-	-	-	-	24,5	0
J19		V	6	770	V4	0,04	0,36	2,43	0,010	0,0032	17,24	57,28	0,86	0,008	0,017	0,031	-	-	-	-	21,7	0
J20			4		V5	0,04	0,29	2,60	0,009	0,0034	16,95	60,86	0,63	0,006	0,018	0,024	-	-	-	-	18,6	0
J21	B		7,5	490	V6	0,04	0,40	2,10	0,012	0,0025	18,65	48,05	0,38	0,055	0,015	0,009	-	-	-	-	30,0	0
J22				640	V7	0,04	0,35	2,27	0,011	0,0028	18,21	51,97	0,31	0,045	0,016	0,009	-	-	-	-	26,6	0
J23				770	V8	0,04	0,32	2,39	0,010	0,0030	17,92	54,58	0,27	0,039	0,017	0,009	-	-	-	-	24,2	0
J24			7,5		W1	0,07	0,43	0,30	0,009	0,0051	20,05	49,60	0,95	0,583	<0,01	0,035	7,35	-	-	-	20,6	0
J25	A		6		W2	0,07	0,39	0,26	0,008	0,0055	20,06	51,35	0,81	0,623	<0,01	0,031	7,88	-	-	-	18,5	0
J26		W	4	770	W3	0,07	0,35	0,22	0,007	0,0058	20,07	53,10	0,66	0,662	<0,01	0,026	8,40	-	-	-	16,4	0
J27			7,5		W4	0,06	0,34	0,39	0,008	0,0052	20,40	49,96	0,27	0,607	0,01	0,010	7,35	-	-	-	20,4	0
J28	B		6		W5	0,07	0,32	0,34	0,007	0,0055	20,35	51,65	0,23	0,643	0,01	0,010	7,88	-	-	-	18,4	0
J29				490	X1	0,09	1,38	1,68	0,011	0,0009	21,80	46,72	3,57	0,033	<0,01	0,050	-	-	-	-	24,7	0
J30		X	7,5	640	X2	0,09	1,48	1,90	0,009	0,0009	22,28	52,24	3,71	0,034	<0,01	0,039	-	-	-	-	18,2	0
J31	A			770	X3	0,09	1,51	1,95	0,008	0,0009	22,39	53,51	3,74	0,034	<0,01	0,036	-	-	-	-	16,7	0
J32			6		X4	0,09	1,58	2,08	0,006	0,0010	22,68	56,90	3,83	0,035	<0,01	0,029	-	-	-	-	12,8	0
J33			4	770	X5	0,09	1,64	2,21	0,005	0,0010	22,98	60,29	3,91	0,035	<0,01	0,022	-	-	-	-	8,8*	X
J34			7,5		Y1	0,09	0,47	2,32	0,011	0,0015	21,37	33,44	2,72	0,013	<0,01	0,045	-	-	-	-	39,5	0
J35	A		6		Y2	0,09	0,40	2,54	0,009	0,0016	21,57	34,64	2,68	0,011	<0,01	0,038	-	-	-	-	38,0	0
J36		Y		490	Y3	0,08	0,38	2,33	0,010	0,0015	21,80	33,15	1,61	0,055	<0,01	0,009	-	-	-	-	40,3*	X
J37	B		7,5	640	Y4	0,08	0,36	2,42	0,009	0,0015	21,86	33,70	1,68	0,051	<0,01	0,009	-	-	-	-	39,6	0
J38				770	Y5	0,08	0,34	2,47	0,009	0,0016	21,88	33,97	1,72	0,048	<0,01	0,009	-	-	-	-	39,2	0
J39			7,5		Z1	0,09	0,73	0,34	0,009	0,0016	17,12	31,54	2,42	0,011	<0,01	0,038	-	-	-	-	47,7*	X
J40	A	Z*	6	770	Z2	0,09	0,70	0,29	0,008	0,0017	16,81	33,22	2,35	0,008	<0,01	0,032	-	-	-	-	47,5*	X
J41			4		Z3	0,09	0,67	0,23	0,006	0,0018	16,47	33,02	2,28	0,006	<0,01	0,025	-	-	-	-	47,2*	X

*Indica desviación de los intervalos de la invención

Tal como se muestra en la Tabla 3, la proporción de dilución con respecto al material de base se modificó variando el aporte de calor para la soldadura de la primera capa (aporte de calor de la primera capa) en el intervalo de 4 a 8 kJ/cm y variando la velocidad a la que se alimenta el material de soldadura en el intervalo de 490 a 770 mm/min. A continuación, durante la construcción, se efectuó la soldadura con un aporte de calor en el intervalo de 8 a 15 kJ/cm para producir juntas soldadas.

En primer lugar, en una junta a la que se soldó solamente una primera capa, se analizó la composición química de la primera capa del metal de la soldadura.

Después, se evaluó la resistencia al agrietamiento por solidificación de la soldadura de cada junta soldada. Más específicamente, se efectuó un examen con líquido penetrante sobre el cordón de soldadura de cada junta soldada producida para detectar cualquier defecto sobre la superficie del cordón (es decir, agrietamiento por solidificación de la soldadura). Si no se detectaban defectos, se determinó que la junta soldada cumplía los requisitos de rendimiento de la presente invención.

Asimismo, se evaluó la resistencia a la pulverización metálica de cada junta soldada. Más específicamente, de cada junta soldada producida, se recortó una muestra de ensayo que tenía metal de la soldadura en su centro y que tenía un espesor de placa de 3,3 mm, una anchura de 20 mm y una longitud de 30 mm. La muestra de ensayo se mantuvo a una temperatura constante de 650 °C durante 500 horas en un medio gaseoso con, en una proporción en volumen, un 45 % de CO, un 42,5 % de H₂, un 6,5 % de CO₂ y un 6 % de H₂O. Seguidamente se determinó mediante inspección visual y microscopía óptica si había picaduras en la superficie de la muestra de ensayo. Si no había picaduras, se determinó que la junta soldada cumplía los requisitos de rendimiento de la presente invención.

Los resultados se muestran en la Tabla 3. La columna de "Composición química" de la Tabla 3 enumera la composición química de la primera capa del metal de la soldadura de cada junta soldada. La columna de "Resistencia MD del metal de la soldadura" de la Tabla 3 enumera los resultados de la evaluación relativa a la resistencia a la pulverización metálica (MD o *metal-dusting* en inglés). La notación "O" indica que no había picaduras de acuerdo con tal evaluación. La notación "X" indica que había picaduras de acuerdo con tal evaluación. No se detectaron grietas por solidificación de la soldadura en ninguna de las juntas soldadas.

Las juntas soldadas con los números de ensayo J1 a J32, J34, J35, J37 y J38 estaban dentro de los intervalos de la presente invención. Más específicamente, en cada una de estas juntas soldadas, la composición química del material de base estaba dentro de los intervalos de la presente invención, el material de soldadura contenía Cr: de un 15,0 a un 30,0 % y Ni: de un 40,0 a un 70,0 %, y el contenido de Fe en la primera capa del metal de la soldadura estaba en el intervalo de un 10 a un 40 %. Estas juntas soldadas exhibían resistencia al agrietamiento por solidificación de la soldadura y una buena resistencia a la pulverización metálica.

En la junta soldada con el número de ensayo J33, se produjo pulverización metálica de acuerdo con la evaluación referente a la resistencia a la pulverización metálica. En la junta soldada con el número de ensayo J33, la composición química del material de base estaba dentro de los intervalos de la presente invención, y el material de soldadura contenía Cr: de un 15,0 a un 30,0 % y Ni: de un 40,0 a un 70,0 %. Sin embargo, en la junta soldada con el número de ensayo J33, el contenido de Fe en la primera capa del metal de la soldadura era bajo. Esto es por lo que, presuntamente, el metal de la soldadura, que es la microestructura solidificada, no tuvo un efecto de prevención de la carburación suficiente.

En la junta soldada con el número de ensayo J36, se produjo pulverización metálica de acuerdo con la evaluación referente a la resistencia a la pulverización metálica. En la junta soldada con el número de ensayo J36, la composición química del material de base estaba dentro de los intervalos de la presente invención, y el material de soldadura contenía Cr: de un 15,0 a un 30,0 % y Ni: de un 40,0 a un 70,0 %. Sin embargo, en la junta soldada con el número de ensayo J36, el contenido de Fe en la primera capa del metal de la soldadura era elevado. Esto es por lo que, presuntamente, el metal de la soldadura, que es la microestructura solidificada, no tuvo un efecto de prevención de la carburación suficiente.

En las juntas soldadas con los números de ensayo J39 a J41, se produjo pulverización metálica de acuerdo con las evaluaciones referentes a la resistencia a la pulverización metálica. En las juntas soldadas con los números de ensayo J39 a J41, el contenido de Ni en el material de soldadura era bajo. Como resultado, la proporción del metal de la soldadura representado por el contenido de Fe era grande, y el contenido de Fe en la primera capa era elevado. Esto es por lo que, presuntamente, el metal de la soldadura, que es la microestructura solidificada, no tuvo un efecto de prevención de la carburación suficiente.

Aplicabilidad industrial

La presente invención se puede usar adecuadamente como junta soldada para un componente usado en un medio corrosivo a alta temperatura. La presente invención se puede usar adecuadamente como junta soldada para una cámara, tubo de reacción, pieza o similar usado en un equipo de reformado de hidrocarburos con intercambio de calor, un equipo de recogida de calor residual o similar para el refinado de petróleo/gas o en una planta petroquímica.

REIVINDICACIONES

1. Una junta soldada que comprende:

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

- C: de un 0,03 a un 0,075 %;
- Si: de un 0,6 a un 2,0 %;
- Mn: de un 0,05 a un 2,5 %;
- 10 P: hasta un 0,04 %;
- S: hasta un 0,015 %;
- Cr: más de un 16,0 % y menos de un 23,0 %;
- Ni: no menos de un 20,0 % y menos de un 30,0 %;
- Cu: de un 0,5 a un 10,0 %;
- 15 Mo: menos de un 1 %;
- Al: hasta un 0,15 %;
- N: de un 0,005 a un 0,20 %;
- O: hasta un 0,02 %;
- Ca: de un 0 a un 0,1 %;
- 20 REM: de un 0 a un 0,15 %;
- V: no menos de un 0 % y menos de un 0,5 %; y
- Nb: de un 0 a un 2 %,

siendo el resto Fe e impurezas; y

25 un metal de la soldadura de la primera capa que tiene una composición química, en % en masa, de un contenido de Fe que varía de un 10 a un 40 %:

- C: de un 0,01 a un 0,15 %;
- Si: de un 0,01 a un 4,0 %;
- 30 Mn: de un 0,05 a un 3,0 %;
- P: hasta un 0,03 %;
- S: hasta un 0,015 %;
- Cr: más de un 16,0 % y menos de un 32,0 %;
- Ni: no menos de un 20,0 %;
- 35 Cu: de un 0,03 a un 5,0 %;
- Al: hasta un 1,0 %;
- N: de un 0,005 a un 0,2 %;
- O: hasta un 0,02 %;
- Ti: de un 0 a un 0,5 %;
- 40 Mo: de un 0 a un 8 %;
- Nb: de un 0 a un 3 %;
- Co: de un 0 a un 15 %; y
- siendo el resto Ni e impurezas.

45 2. La junta soldada de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el material de base tiene una composición química que incluye, en % en masa, uno o dos seleccionados entre el grupo que consiste en:

- Ca: de un 0,005 a un 0,1 %; y
- 50 REM: de un 0,005 a un 0,15 %.

3. La junta soldada de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que el material de base tiene una composición química que incluye, en % en masa, uno o dos seleccionados entre el grupo que consiste en:

- V: no menos de un 0,002 % y menos de un 0,5 %; y
- 55 Nb: de un 0,005 a un 0,15 %.

4. Un método de fabricación de una junta soldada, que comprende las etapas de:

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

- C: de un 0,03 a un 0,075 %;
- Si: de un 0,6 a un 2,0 %;
- Mn: de un 0,05 a un 2,5 %;
- P: hasta un 0,04 %;
- 65 S: hasta un 0,015 %;
- Cr: más de un 16,0 % y menos de un 23,0 %;

5 Ni: no menos de un 20,0 % y menos de un 30,0 %;
 Cu: de un 0,5 a un 10,0 %;
 Mo: menos de un 1 %;
 Al: hasta un 0,15 %;
 N: de un 0,005 a un 0,20 %;
 O: hasta un 0,02 %;
 Ca: de un 0 a un 0,1 %;
 REM: de un 0 a un 0,15 %;
 V: no menos de un 0 % y menos de un 0,5 %; y
 10 Nb: de un 0 a un 2 %,

siendo el resto Fe e impurezas; y
 soldar el material de base usando un material de soldadura que tiene una composición química, en % en masa,
 de:

15 C: de un 0,01 a un 0,15 %;
 Si: hasta un 4,0 %;
 Mn: de un 0,01 a un 3,5 %;
 P: hasta un 0,03 %;
 20 S: hasta un 0,015 %;
 Cr: de un 15,0 a un 35,0 %;
 Ni: de un 40,0 a un 70,0 %;
 Cu: de un 0,01 a un 4,0 %;
 Al: de un 0 a un 1,5 %;
 25 N: de un 0,005 a un 0,1 %;
 O: hasta un 0,03 %;
 Ti: de un 0 a un 1,0 %;
 Mo: de un 0 a un 15 %;
 Nb: de un 0 a un 5 %; y
 30 Co: de un 0 a un 15 %,

siendo el resto Fe e impurezas,
 en el que la junta soldada incluye un metal de la soldadura de la primera capa que tiene una composición
 química, en % en masa, de un contenido de Fe que varía de un 10 a un 40 %:

35 C: de un 0,01 a un 0,15 %;
 Si: de un 0,01 a un 4,0 %;
 Mn: de un 0,05 a un 3,0 %;
 P: hasta un 0,03 %;
 40 S: hasta un 0,015 %;
 Cr: más de un 16,0 % y menos de un 32,0 %;
 Ni: no menos de un 20,0 %;
 Cu: de un 0,03 a un 5,0 %;
 Al: hasta un 1,0 %;
 45 N: de un 0,005 a un 0,2 %;
 O: hasta un 0,02 %;
 Ti: de un 0 a un 0,5 %;
 Mo: de un 0 a un 8 %;
 Nb: de un 0 a un 3 %;
 50 Co: de un 0 a un 15 %; y
 siendo el resto Ni e impurezas.

5. El método de fabricación de la junta soldada de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el material de base
 tiene una composición química que incluye, en % en masa, uno o dos seleccionados entre el grupo que consiste en:

55 Ca: de un 0,005 a un 0,1 %; y
 REM: de un 0,005 a un 0,15 %.

6. El método de fabricación de la junta soldada de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en el que el material de base
 tiene una composición química que incluye, en % en masa, uno o dos seleccionados entre el grupo que consiste en:

60 V: no menos de un 0,002 % y menos de un 0,5 %; y
 Nb: de un 0,005 a un 0,15 %.

65 7. El método de fabricación de la junta soldada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el
 que el material de soldadura tiene una composición química que incluye, en % en masa:

ES 2 700 871 T3

Al: de un 0,15 a un 1,5 %;

Ti: de un 0,15 a un 1,0 %; y

Mo: de un 7 a un 15 %,

5 la composición química del material de soldadura incluyendo además al menos uno de Nb: de un 0,1 a un 5 % y
Co: de un 0,1 a un 15 %.

8. El método de fabricación de la junta soldada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que el material de soldadura tiene una composición química que incluye, en % en masa:

10 Si: de un 0,5 a un 4,0 %.

Fig.1

