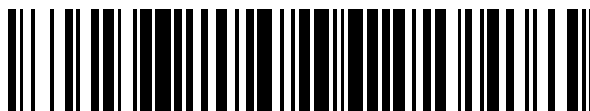


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 605**

51 Int. Cl.:

<b>B23K 101/04</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/46</b>	(2006.01)
<b>B23K 101/06</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/48</b>	(2006.01)
<b>B23K 101/10</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/58</b>	(2006.01)
<b>B23K 9/167</b>	(2006.01)		
<b>B23K 35/30</b>	(2006.01)		
<b>C21D 9/50</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/44</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.06.2012 PCT/JP2012/065694**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2013 WO13005570**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2012 E 12807616 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2730365**

54 Título: **Junta soldada de acero austenítico**

30 Prioridad:

**06.07.2011 JP 2011149692**

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

**05.11.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HIRATA, HIROYUKI;  
OMURA, TOMOHIKO;  
TOMIO, YUSAKU y  
NAKAMURA, JUN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 688 605 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 de acero austenítico

### Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a una junta soldada de acero austenítico. Específicamente, la presente invención se refiere a una junta soldada que tiene no sólo alta resistencia requerida en tuberías de gas a alta presión, sino también alta resistencia y excelente resistencia a la fragilidad por hidrógeno que son propiedades requeridas en tuberías de gas hidrógeno a alta presión al mismo tiempo.

### Técnica anterior

- 10 Recientemente, se han llevado a cabo con entusiasmo varios estudios sobre el uso práctico de equipos de transporte que utilizan hidrógeno, gas natural y similares como energía. Para facilitar el uso práctico, se requiere al mismo tiempo cumplir con la infraestructura de un entorno de uso para almacenar y transportar dichos gases a alta presión, de modo que los materiales de alta resistencia para su uso en este entorno de uso, que tengan una resistencia a la tracción de más de 800 MPa, se hayan desarrollado simultáneamente, así como la planificación de aplicaciones de estos materiales.

- 15 En este contexto, como material para usar en el entorno anterior, los documentos de patente 1 a 3 sugieren, por ejemplo, acero inoxidable austenítico que tenga un alto contenido de Mn con el fin de mejorar la solubilidad de N, y que también contenga V o una combinación de V y Nb para utilizar el fortalecimiento de la disolución sólida de N y el fortalecimiento de la precipitación de nitruro, logrando así un alto fortalecimiento.

- 20 En el caso de usar dicho acero austenítico de alta resistencia que contiene una gran cantidad de N como estructura, es necesario un ensamble mediante soldadura, y se requiere que las partes soldadas tengan una resistencia igual a la del metal base a la luz de un rendimiento de uso del mismo. Para este fin, los documentos de patente 3 a 5 sugieren materiales de soldadura (metal de soldadura) que tengan una resistencia a la tracción de más de 800 MPa al utilizar positivamente, por ejemplo, Al, Ti y Nb. Los documentos de patente EP 2 295 197 A1 y US 2002/0148533 A1 describen más materiales de soldadura.

- 25 Lamentablemente, tanto los materiales de soldadura como el metal de soldadura producido al usar estos materiales de soldadura requieren un tratamiento térmico posterior a la soldadura para obtener una alta resistencia. Mientras tanto, teniendo en cuenta el tamaño real de una estructura grande, el tratamiento térmico posterior a la soldadura durante largas horas limita en gran medida su viabilidad, y también puede causar un aumento extremo en el coste de producción.

- 30 Lista de documentos de la técnica anterior

Documentos de patentes

Documento de patente 1: WO 2004/083476

Documento de patente 2: WO 2004/083477

Documento de patente 3: WO 2004/110695

- 35 Documento de patente 4: JP5-192785A

Documento de patente 5: JP2010-227949A

### Descripción de la invención

Problemas que resuelve la invención

- 40 Un objeto de la presente invención, que se ha realizado a la vista de la situación anterior, es proporcionar una junta soldada que tenga tanto una alta resistencia como una excelente resistencia a la fragilidad por hidrógeno que son propiedades requeridas en tuberías de gas a alta presión, particularmente en tubería de gas de hidrógeno a alta presión sin el tratamiento térmico posterior a la soldadura.

Medios para resolver los problemas

- 45 Para resolver los problemas antes mencionados, los autores de la presente invención han llevado a cabo rigurosos estudios. Como resultado, en primer lugar, para lograr una alta resistencia en el metal de soldadura sin el tratamiento térmico posterior a la soldadura, se ha descubierto que es eficaz usar N para aprovechar al máximo el endurecimiento por disolución sólida.

Se han llevado a cabo rigurosos estudios adicionales sobre cómo asegurar que la resistencia en el metal de soldadura, sin el tratamiento térmico posterior a la soldadura, sea igual a la resistencia en el metal base que consiste, en % en

masa, C: 0,1% o menos, Si: 0,8% o menos, Mn: de 2,5 a 5,5%, Ni: de 8 a 15%, Cr: de 19 a 25%, Al: menos de 0,05% y N: de 0,15 a 0,45%.

5 Además, se evaluó la susceptibilidad a la fragilidad por hidrógeno de las partes soldadas obtenidas, y se llevaron a cabo rigurosos estudios para lograr que al menos la resistencia a la fragilización por hidrógeno fuese igual a la del metal base.

Como resultado, se hicieron los siguientes hallazgos (a) a (c).

(a) Es posible asegurar una resistencia igual a la del metal base si se incluye N en una cantidad de 0,15% o más, en % en masa, en el metal de soldadura dentro de un intervalo de composición química de Cr: de 18 a 24%, y Ni: de 8 a 15%, en % en masa.

10 (b) Si una cantidad grande de ferrita está presente en el metal de soldadura, la ferrita inicia grietas de fragilidad por hidrógeno, y las grietas se combinan entre sí para propagarse, deteriorando por lo tanto la resistencia a la fragilización por hidrógeno del metal de soldadura. Sin embargo, al ajustar la composición química, de modo que la cantidad de ferrita en el metal de soldadura alcance un 20% o menos en la relación de área, es posible obtener una excelente resistencia a la fragilización por hidrógeno.

15 (c) Si una fase de austenita en el metal de soldadura es inestable, la fase de austenita se transforma en martensita causada por la tensión residual de la soldadura y el mecanizado después de la soldadura, por lo cual aumenta la susceptibilidad a la fragilización por hidrógeno. Al ajustar la composición química, específicamente, si la composición química del metal de soldadura se ajusta para cumplir con la fórmula

$$413 \cdot 462(C + N) - 9,2Si - 8,1Mn - 13,7Cr - 9,5Ni - 18,5Mo \leq -70,$$

20 en la que un símbolo de cada elemento en la fórmula anterior denota un contenido (% en masa) del elemento, es posible mejorar la estabilidad de la austenita y también lograr una excelente resistencia a la fragilidad por hidrógeno.

También se descubrió que para lograr un contenido de N del 0,15% o más, en % en masa, en el metal de soldadura dentro del intervalo de composición de Cr: de 18 a 24%, y Ni: de 8 a 15%, en % en masa, de acuerdo con el anterior hallazgo (a), es preferible llevar a cabo los siguientes métodos de <1> a <3>.

25 <1> N se esparce desde la superficie de un charco de metal fundido durante la soldadura, de modo que la cantidad de N que queda en el metal de soldadura disminuye después de la soldadura. Por lo tanto, la incorporación del calor de soldadura se controla y/o se selecciona una forma de ranura para reducir la superficie específica del baño de material fundido durante la soldadura.

30 <2> Un gas formado al mezclar de 0 a 50%, en % en volumen, de N<sub>2</sub> en Ar se usa como un gas protector con el fin de reducir que N se esparza desde la superficie del baño de material fundido durante la soldadura. Hay que tener en cuenta que 0%, en % en volumen, de N<sub>2</sub> mezclado representa que el gas Ar se usa solo.

35 <3> Un gas formado al mezclar de 0 a 100%, en % en volumen, de N<sub>2</sub> en Ar se usa como gas de protección trasera para evitar que N se esparza desde la superficie del baño de material fundido en la parte posterior durante la soldadura de la primera capa. Hay que tener en cuenta que 0%, en % en volumen, de N<sub>2</sub> mezclado representa que el gas Ar se usa solo. En cambio, 100%, en % en volumen, de N<sub>2</sub> mezclado representa que el gas N<sub>2</sub> se usa solo.

La presente invención se ha logrado en base a los hallazgos anteriores, y su esencia se describe mediante la junta de soldadura de acero austenítico expuesta en la reivindicación 1 y el método de producción de la misma, como se expone en la reivindicación 5.

40 "Impurezas" de "Fe e impurezas" como el equilibrio denota minerales o residuos como materia prima, o sustancias mezcladas a través de un entorno de un proceso de fabricación y similares durante la producción industrial de materiales de acero.

Efectos ventajosos de la invención

45 De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar una junta soldada que tenga alta resistencia y excelente resistencia a la fragilidad por hidrógeno, que son propiedades requeridas en tuberías de gas a alta presión, particularmente en tuberías de gas hidrógeno a alta presión sin el tratamiento térmico posterior a la soldadura.

Breve descripción del dibujo

La Figura 1 es un dibujo que explica una forma de ranura.

Modo de llevar a cabo la invención

50 El motivo para limitar las composiciones químicas de metal o metales de base, material de soldadura, y metal de soldadura, así como una microestructura del metal de soldadura en la junta soldada de acero austenítico de la presente

invención es el siguiente.

En la siguiente descripción, el símbolo "%" del contenido de cada elemento denota, en lo sucesivo, "% en masa".

(A) Composiciones químicas del metal base, material de soldadura, y metal de soldadura

C: 0,002% o más y 0,1% o menos (metal base, material de soldadura, y metal de soldadura)

5 El C es un elemento eficaz para estabilizar la austenita. El C genera carburo, sin embargo, en los límites de los granos con calentamiento durante la soldadura, hace que se deteriore la resistencia a la corrosión y también produce un deterioro de la ductilidad. En consecuencia, el límite superior del contenido de C se define como del 0,1%. El límite superior más preferible del contenido de C es del 0,08%. No es necesario definir específicamente el límite inferior del contenido de C, pero la disminución extrema en el contenido de C provoca un aumento significativo en el coste de producción. Por consiguiente, el límite inferior del contenido de C es del 0,002%.

Si: 0,01% o más y 0,8% o menos (metal base, material de soldadura, y metal de soldadura)

15 El Si es un elemento eficaz como desoxidante, y es eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión. Sin embargo, el contenido excesivo de Si produce deterioro de la estabilidad de la austenita, y deterioro de la ductilidad, y el contenido excesivo de Si en el metal de soldadura provoca la segregación en los límites del cristal columnar durante la solidificación, lo que disminuye el punto de fusión de la fase líquida, y aumenta la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación. En consecuencia, el contenido de Si se define que es del 0,8% o menos. El contenido de Si se define preferiblemente que es del 0,6% o menos. No es necesario definir específicamente el límite inferior del contenido de Si, pero la disminución extrema del contenido de Si dificulta el efecto de desoxidación suficiente, y deteriora la limpieza del acero, además de aumentar el coste de producción. Por consiguiente, el límite inferior del contenido de Si es del 0,01%.

Mn: de 2,5 a 5,5% (metal base), de 1,5 a 4,5% (material de soldadura), de 1,5 a 5,5% (metal de soldadura)

25 El Mn es un elemento eficaz como desoxidante, y es eficaz para estabilizar la austenita. El Mn aumenta la solubilidad del N en el metal fundido durante la producción del metal base y durante la soldadura, contribuyendo así indirectamente al aumento de la resistencia. Con el fin de alcanzar suficientemente este efecto potenciador de la resistencia, el contenido de Mn debe ser del 2,5% o más en el metal base. Mientras tanto, la velocidad de solidificación del metal de soldadura es más rápida en comparación con la del metal base durante su producción, y el metal de soldadura tiene una menor disminución de N durante la solidificación, de modo que Mn está presente en una cantidad del 1,5% o más en el metal de soldadura. El contenido de Mn en el material de soldadura que se va a fundir durante la soldadura, y cuya totalidad se convierte en el metal de soldadura, es igual al del metal de soldadura. El límite inferior preferido del contenido de Mn es del 2,7% en el metal base, y del 1,7% en el material de soldadura y en el metal de soldadura. Por otro lado, el contenido excesivo de Mn produce un deterioro de la ductilidad. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Mn en el metal base y en el metal de soldadura debe ser del 5,5%. Para asegurar la trabajabilidad del material de soldadura, el límite superior del contenido de Mn en el material de soldadura debe restringirse más estrictamente en comparación con el metal base y el metal de soldadura, de modo que el límite superior del contenido de Mn sea del 4,5%. El límite superior preferido del contenido de Mn es del 5,0% en el metal base y en el metal de soldadura, y del 4,0% en el material de soldadura.

Ni: de 8 a 15% (metal base, material de soldadura, y metal de soldadura)

40 El Ni es un elemento esencial para obtener austenita estable, y se requiere un contenido de Ni del 8% o más para lograr este efecto de manera suficiente. El Ni es, sin embargo, un elemento costoso, de modo que un gran contenido de Ni produce un aumento en el coste, y disminuye la solubilidad del N en el metal fundido durante la producción del metal base, y durante la soldadura. En consecuencia, el límite superior del contenido de Ni se define como del 15%. El límite inferior preferible del contenido de Ni es del 8,2%, y el límite superior preferido del mismo es del 14,5%.

Cr: de 19 a 25% (metal base), de 18 a 24% (material de soldadura y metal de soldadura)

45 El Cr es un elemento esencial para asegurar la resistencia a la corrosión en el entorno de uso. El Cr es eficaz para aumentar la solubilidad del N en el metal fundido durante la producción del metal base y durante la soldadura, y un contenido de Cr del 19% o más en el metal base es necesario para lograr este efecto de manera suficiente. Mientras tanto, la velocidad de solidificación del metal de soldadura es más rápida en comparación con la del metal base durante su producción, y el metal de soldadura experimenta una menor disminución de N durante el proceso de solidificación, por lo que el contenido de Cr se define como del 18% o más. El contenido de Cr en el material de soldadura que se va a fundir durante la soldadura, y la totalidad del cual se convierte en el metal de soldadura, es el mismo que en el metal de soldadura. El límite inferior preferible del contenido de Cr es del 19,2% en el metal base, y del 18,2% en el material de soldadura y el metal de soldadura. Por otro lado, el contenido excesivo de Cr produce una austenita inestable, y puede ser causante de fragilización dependiendo del tipo del entorno de gas. Por consiguiente, es necesario definir que el límite superior del contenido de Cr en el metal base sea del 25%. Dado que la microestructura del metal de soldadura se vuelve inestable debido a la segregación de solidificación, el contenido de Cr en el metal de soldadura debe controlarse más estrictamente y, por lo tanto, el límite superior del contenido de Cr en el metal de

soldadura se define como del 24%. El límite superior del contenido de Cr en el material de soldadura que se va a fundir durante la soldadura, y la totalidad del cual que se convierte en el metal de soldadura, es el mismo que en el metal de soldadura. El límite superior preferido del contenido de Cr es del 24,5% en el metal base, y del 23,5% en el material de soldadura y el metal de soldadura.

5 Al: 0,003% o más y superior a 0,05% (metal base, material de soldadura, y metal de soldadura)

El Al está presente como un desoxidante similar a Si y Mn. El contenido excesivo de Al, sin embargo, genera una gran cantidad de nitruro y produce un deterioro de la ductilidad. Por lo tanto, el contenido de Al se define como inferior a 0,05%. El contenido de Al es preferiblemente del 0,04% o menos. No es necesario definir específicamente el límite inferior del contenido de Al, pero la disminución extrema del contenido de Al dificulta el logro suficiente del efecto de desoxidación, de modo que aumenta el índice de limpieza del acero, lo que da como resultado un deterioro de la limpieza y un aumento en el coste de producción. En consecuencia, el límite inferior del contenido de Al es 0,003%.

N: de 0,15 a 0,45% (metal base), N: de 0,15 a 0,35% (material de soldadura y metal de soldadura)

15 El N es un elemento soluble en la matriz y forma nitruro fino, y por lo tanto N es un elemento esencial para garantizar la alta resistencia. El contenido de N debe ser del 0,15% o más para alcanzar este efecto de manera suficiente. Sin embargo, en el metal base, el contenido de N de más del 0,45% provoca un deterioro de la trabajabilidad en caliente durante la producción del metal base. Por lo tanto, el límite superior del contenido de N en el metal base debe ser del 0,45%. En el metal de soldadura, N que está presente en más del 0,35% no se puede disolver en un baño de material fundido durante la soldadura, y produce sopladuras y/o picaduras. Por lo tanto, el límite superior del contenido de N en el metal de soldadura debe ser del 0,35%. En el material de soldadura que se va a fundir durante la soldadura, y la totalidad el cual se convierte en el metal de soldadura, el límite superior del contenido de N debe ser del 0,35%, por el mismo motivo que el del metal de soldadura. El límite inferior preferible del contenido de N en el metal base es del 0,16%, y el límite superior preferido del mismo es del 0,42%. En el material de soldadura y el metal de soldadura, el límite inferior preferible del contenido de N es del 0,16%, y el límite superior preferido del mismo es del 0,32%.

25 El metal base, el material de soldadura, y el metal de soldadura de la junta soldada de acero austenítico de la presente invención, tienen una composición química en la que están presentes los elementos C a N anteriormente mencionados, siendo el resto Fe e impurezas, y los contenidos de O, P, y S como las impurezas están limitadas en los siguientes intervalos.

O: 0,02% o menos (metal base, material de soldadura, y metal de soldadura)

30 El O existe como una impureza, y una gran cantidad de O provoca el deterioro de la trabajabilidad en caliente del metal base y el material de soldadura durante la producción de los mismos, y también produce el deterioro de la tenacidad y la ductilidad del metal de soldadura. En consecuencia, el contenido de O debe ser del 0,02% o menos. El límite superior preferible del contenido de O es del 0,01%.

P: 0,05% o menos (metal base, material de soldadura, y metal de soldadura)

35 El P está presente como una impureza, y una gran cantidad de P en el metal base y en el material de soldadura dificulta la trabajabilidad en caliente durante la producción de los mismos. En el metal de soldadura, una gran cantidad de P disminuye el punto de fusión de la fase líquida en el momento de la solidificación y produce un aumento en la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación. En consecuencia, el contenido de P se reduce preferiblemente para que sea lo más pequeño posible, pero la reducción excesiva del contenido de P provoca un aumento en el coste de producción del acero; por lo tanto, el contenido de P se define como del 0,05% o menos. El contenido de P preferible es del 0,03% o menos.

S: 0,03% o menos (metal base, material de soldadura, y metal de soldadura)

45 Al igual que P, el S está presente como una impureza, y una gran cantidad de S en el metal base y en el material de soldadura dificulta la trabajabilidad en caliente durante la producción de los mismos. En el metal de soldadura, una gran cantidad de S disminuye el punto de fusión de la fase líquida en el momento de la solidificación y provoca un aumento en la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación. Por consiguiente, al igual que P, el contenido de S se reduce preferiblemente para que sea lo más pequeño posible, pero la reducción excesiva del contenido de S produce un aumento en el coste de producción del acero; por lo tanto, el límite superior del contenido de S se define como del 0,03%. El contenido de S preferible es del 0,01% o menos.

50 El metal base, el material de soldadura, y el metal de soldadura de la junta soldada de acero austenítico de la presente invención pueden contener uno o más elementos de V, Nb, y Mo en lugar de una parte de Fe en "Fe y las impurezas" como el contenido restante.

En lo sucesivo, se describirán las ventajas operativas de V, Nb, y Mo que son elementos opcionales junto con el motivo para limitar el contenido de cada elemento.

V: 0,5% o menos

El V se disuelve en la matriz o se precipita como carburo, y es un elemento eficaz para mejorar la resistencia y, por lo tanto, puede estar presente. Sin embargo, el contenido excesivo de V de más del 0,5% permite que se precipite una gran cantidad de carburo, lo que provoca el deterioro de la ductilidad. En consecuencia, el contenido de V, si está presente, se define como del 0,5% o menos. El límite superior preferible del contenido de V, si está presente, es del 0,4%.

Con el fin de alcanzar de manera estable el efecto anterior de V, el contenido de V es preferiblemente del 0,01% o más.

Nb: 0,5% o menos

De manera similar al V, el Nb puede estar presente porque el Nb se disuelve en la matriz o se precipita como carbonitruro, y es un elemento eficaz para mejorar la resistencia. Sin embargo, el contenido excesivo de Nb de más del 0,5% permite que se precipite una gran cantidad de carbonitruro, lo que provoca el deterioro de la ductilidad. En consecuencia, el contenido de Nb, si está presente, se define como del 0,5% o menos. El límite superior preferible del contenido de Nb si está presente, es del 0,4%.

Con el fin de alcanzar establemente el efecto anterior de Nb, el contenido de Nb es preferiblemente de 0,01% o más.

Mo: 4,5% o menos

El Mo es un elemento eficaz para mejorar la resistencia. El Mo también es un elemento eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión en el entorno de uso. En consecuencia, el Mo puede estar presente. El Mo es, sin embargo, un elemento muy costoso, y el contenido excesivo de Mo de más del 4,5% produce una austenita inestable. En consecuencia, el contenido de Mo, si está presente, se define como del 4,5% o menos. El límite superior preferible del contenido de Mo, si está presente, es del 4%.

Con el fin de alcanzar de manera estable el efecto anterior del Mo, el contenido de Mo es preferiblemente del 0,1% o más.

Sólo puede estar presente uno cualquiera de V, Nb, y Mo, o más de uno de estos elementos en combinación. En el caso de estar presentes estos elementos en combinación, la cantidad total de estos elementos puede ser del 5,5% en el caso de usar los límites superiores respectivos de los contenidos de V, Nb, y Mo, pero esta es preferible del 5,0% o menos.

Además, la composición química del metal de soldadura de la junta soldada de acero austenítico de la presente invención debe cumplir la siguiente fórmula (1).

$$413 - 462(C + N) - 9,2Si - 8,1Mn - 13,7Cr - 9,5Ni - 18,5Mo \leq -70... (1)$$

en donde, un símbolo de cada elemento en la Fórmula (1) denota un contenido (% en masa) del elemento.

La austenita en el metal de soldadura es inestable porque el metal de soldadura tiene una microestructura rápidamente solidificada, de modo que la fase de austenita se transforma en martensita causada por la tensión residual de la soldadura y el mecanizado después de la soldadura, y se deteriora la resistencia a la fragilidad por hidrógeno. Sin embargo, la austenita se estabiliza cuando se cumple la Fórmula (1), de modo que es posible evitar la martensitización causada por la tensión residual de soldadura y el mecanizado después de la soldadura. El término izquierdo de Fórmula (1) es preferiblemente -80 o menos, y es más preferible si éste es lo más pequeño posible.

#### (B) Microestructura del metal de soldadura

La microestructura del metal de soldadura es una microestructura rápidamente solidificada. La ferrita generada a alta temperatura en el proceso de solidificación permanece incluso a temperatura ambiente en el metal de soldadura, que es diferente del metal base producido a través del tratamiento térmico de disolución sólida. La ferrita se vuelve más frágil en el entorno de hidrógeno e inicia la fractura. Luego, si está presente de manera continua, se combina y se propaga, deteriorando así la resistencia a la fragilización por hidrógeno del metal de soldadura. La cantidad de ferrita del 20% o menos en la relación de área, sin embargo, apenas causa los problemas anteriores. En consecuencia, la cantidad de ferrita en el metal de soldadura se define como del 20% o menos en la relación de área. La cantidad de ferrita en el metal de soldadura es preferiblemente del 15% o menos en la relación de área. El límite inferior de la cantidad de ferrita en el metal de soldadura es del 0% en la relación de área, es decir, el metal de soldadura es completamente austenítico.

La cantidad de ferrita en el metal de soldadura en la relación de área se incrementa si los elementos generadores de ferrita representados por Cr y Si aumentan con respecto a los elementos generadores de austenita representados por Ni, Mn, y C en el metal de soldadura. Por consiguiente, la cantidad anterior de la ferrita en el metal de soldadura en la relación de área se puede lograr ajustando de modo que la composición química del metal de soldadura cumpla el intervalo anteriormente mencionado, y la cantidad excesiva de los elementos generadores de ferrita no esté presente con respecto a los elementos generadores de austenita.

Para producir el metal de soldadura que incluye la composición química y la cantidad de ferrita anterior utilizando el metal base y el material de soldadura que tiene la composición química antes mencionada, es preferible hacer que la superficie específica del baño de material fundido durante la soldadura sea lo más pequeña posible en el proceso de soldadura por arco de wolframio y gas.

- 5 En la soldadura con el proceso de soldadura por arco de wolframio y gas, es preferible controlar las condiciones de soldadura de modo que la superficie específica del cráter después de la finalización de la soldadura sea de 120 mm<sup>2</sup> o menos.

En la soldadura con el proceso de soldadura por arco de wolframio y gas, un gas preparado mezclando un gas N<sub>2</sub> en un gas Ar se usa como un gas de protección y un gas de protección trasera. El motivo de esto es el siguiente.

- 10 En comparación con una soldadura por arco de metal y gas, la soldadura por arco de wolframio y gas logra fácilmente una junta soldada de alta calidad y libre de defectos. A pesar de esto, este proceso de soldadura hace que el N se esparza desde la superficie del baño de material fundido durante la soldadura, de modo que la cantidad de N que queda en el metal de soldadura después de la soldadura disminuye, lo que da como resultado un deterioro de la resistencia. Para evitar esto, es eficaz disminuir la superficie específica del baño de material fundido durante la soldadura con el fin de reducir una parte en la que se dispersa el N. Específicamente, la superficie específica del baño de material fundido durante la soldadura corresponde a la superficie específica del cráter de cada capa después de la finalización de la soldadura; por lo tanto, es preferible ajustar la condición de soldadura de manera que la superficie específica del cráter llegue a 120 mm<sup>2</sup> o menos.

- 20 Es eficaz mezclar el gas N<sub>2</sub> en el gas de protección o en el gas de protección trasera para aumentar la presión parcial de N con el fin de reducir las dispersiones de N desde la superficie del baño de material fundido, y nitrura la superficie de la soldadura solidificada, lo que contribuye ligeramente a fortalecer el metal de soldadura. Si N<sub>2</sub> en el gas de protección o en el gas de protección trasera pasa a ser más del 50%, en % en volumen, el N que se disuelve en el metal de soldadura a alta temperatura no se puede disolver más en el metal de soldadura durante la solidificación, y se convierte en N<sub>2</sub>; por lo tanto, en algunos casos se pueden generar sopladuras y/o picaduras. Por consiguiente, es preferible definir que el límite superior del gas N<sub>2</sub> en el gas de protección o en el gas de protección trasera sea del 50%, en % en volumen.

- 25 De aquí en adelante, la presente invención se describirá más específicamente mediante el uso de ejemplos, pero la presente invención no se limita a los ejemplos.

**Ejemplos**

- 30 Los lingotes producidos por materiales disolventes y de colada indicados por los símbolos de referencia de A a C que tienen las composiciones químicas mostradas en la Tabla 1 se sometieron a forjado en caliente, laminación en caliente, tratamiento térmico, y mecanizado para producir planchas de acero de 3 mm de espesor, 50 mm de ancho y 100 mm de largo para el metal base de soldadura.

- 35 Los lingotes producidos por materiales disolventes y de colada de laboratorio indicados por los símbolos de referencia de V a Z que tienen las composiciones químicas mostradas en la Tabla 2 se sometieron a forjado en caliente, laminación en caliente, y mecanizado para producir alambres de soldadura (material de soldadura) de 1,2 mm de diámetro exterior.

- 40 Cada una de las placas de acero anteriormente producidas para el metal base de soldadura se sometió a mecanizado de ranuras en su dirección longitudinal como se muestra en la Figura 1, y después se realizó una soldadura a tope por resistencia en combinación del metal base y el material de soldadura bajo las condiciones de soldadura como se muestra en la Tabla 3, con el proceso de soldadura por arco de wolframio y gas. La soldadura se completó con soldadura de dos capas, y también se llevó a cabo soldadura de vaivén en ciertas juntas durante la soldadura.

**Tabla 1**

Símbolo	Composición química (% en masa) Resto: Fe e impurezas												
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Al	N	O
A	0,031	0,41	4,52	0,017	0,001	12,2	21,9	2,1	0,22	0,23	0,012	0,32	0,007
B	0,030	0,42	3,57	0,017	0,001	9,8	20,5	2,5	-	0,31	0,009	0,40	0,005
C	0,068	0,39	5,13	0,015	0,001	8,8	24,1	-	-	-	0,010	0,42	0,005

ES 2 688 605 T3

**Tabla 2**

Símbolo	Composición química (% en masa) Resto: Fe e impurezas												
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Al	N	O
V	0,035	0,38	1,80	0,020	0,004	8,4	*24,5	3,2	-	-	0,006	*0,37	0,006
W	0,012	0,11	1,50	0,020	0,006	8,3	19,0	-	-	-	0,005	0,15	0,006
X	0,078	0,20	2,20	0,040	0,005	9,7	21,4	-	-	0,05	0,008	0,16	0,005
Y	0,013	0,41	1,90	0,015	0,008	13,8	19,4	3,8	0,01	-	0,006	0,18	0,003
Z	0,018	0,35	1,80	0,022	0,005	8,1	*24,9	3,5	-	-	0,007	0,15	0,006

Un asterisco "\*" representa desviación de la condición especificada por la presente invención.

**Tabla 3**

Referencia de ensayo	Metal base	Material de soldadura	Gas de protección	Gas de protección trasera	Entrada de calor de soldadura (kJ/cm)	Soldadura de vaivén	
J1	A	X	Ar	N <sub>2</sub>			
J2				Ar+50%N <sub>2</sub>			
J3				Ar+20%N <sub>2</sub>			
J4			Ar+5%N <sub>2</sub>	Ar			
J5	B		Y	Ar	N <sub>2</sub>		
J6					Ar+50%N <sub>2</sub>		
J7					Ar+20%N <sub>2</sub>		
J8				Ar+10%N <sub>2</sub>	Ar		
J9	A	Y		Ar	N <sub>2</sub>		
J10					Ar+50%N <sub>2</sub>	5,3	No
J11					Ar+20%N <sub>2</sub>		realizada
J12	B			Y	Ar+2%N <sub>2</sub>	Ar	
J13			Ar		N <sub>2</sub>		
J14					Ar+50%N <sub>2</sub>		
J15					Ar+20%N <sub>2</sub>		



ES 2 688 605 T3

Referencia de ensayo	Metal base	Material de soldadura	Gas de protección	Gas de protección trasera	Entrada de calor de soldadura (kJ/cm)	Soldadura de vaivén
J16			Ar+20%N <sub>2</sub>	Ar		
J17		*V	Ar	N <sub>2</sub>	7,2	Realizada
J18		W				
J19		X				
J20						
J21		*Z				
J22	A	W				
J23	C					
J24		X				
J25		Y				
J26		*V				
J27		*Z				
Un asterisco "*" representa desviación de la condición especificada por la presente invención.						

Se midió la superficie específica del cráter de cada capa en el momento de completar la soldadura. El cráter en el momento de completar la soldadura corresponde a la superficie del baño de material fundido durante la soldadura, y por lo tanto este cráter se puede considerar como la superficie específica del baño de material fundido durante la soldadura.

5

Se recolectó una muestra de ensayo microscópica transversal de cada junta soldada donde se había completado la soldadura de la capa, y se realizó una observación con un microscopio óptico en cada muestra con el fin de investigar la existencia de defectos de soldadura.

10

Como resultado de la observación con el microscopio óptico, las muestras que no tenían defectos de soldadura tal como sopladuras se determinaron como "aceptables". Para cada junta soldada que se determinó como "aceptable", se realizó un análisis químico del metal de soldadura, se midió la cantidad de ferrita en relación en área en una parte central del metal de soldadura, y se extrajo una probeta de ensayo de tracción similar a una placa con el metal de soldadura en su parte central paralela, de cada junta soldada para realizar un ensayo de tracción a una temperatura normal.

15

En este ensayo de tracción, las probetas rotas en sus metales base se determinaron como "aceptables", y de cada junta soldada que se determinó como "aceptable", se extrajo una probeta de ensayo de tracción de baja velocidad de deformación similar a una chapa que tenía el metal de soldadura en su parte paralela, y cada probeta de ensayo se sometió a un ensayo de tracción de baja velocidad de deformación en la atmósfera, y en el entorno de hidrógeno a alta presión de 85 MPa. La velocidad de deformación fue de  $3 \times 10^{-5}$ /s, y dicha junta soldada se determinó como "aceptable" en el ensayo de tracción a baja velocidad de deformación que tenía una relación de 90% o más entre la reducción del área después de la rotura en el entorno de hidrógeno a alta presión y la reducción del área después de la rotura en la atmósfera.

20

La Tabla 4 muestra el resultado del análisis con respecto a la superficie específica del cráter correspondiente a la superficie específica del baño de material fundido durante la soldadura, y sus defectos de soldadura. La Tabla 5 muestra el resultado del análisis químico del metal de soldadura, y el resultado de la medición de la cantidad (relación de área) de la ferrita en el metal de soldadura. Además, la Tabla 6 muestra los resultados respectivos del ensayo de

25

tracción y el ensayo de tracción a baja velocidad de deformación.

En la Tabla 4, el símbolo "-" en las columnas de "superficie específica del cráter de la primera capa" y "superficie específica del cráter de la segunda capa" indica que no se realizó ninguna medición debido a la aparición de innumerables sopladuras.

- 5 En la Tabla 5, el símbolo "-" para los números de referencia de ensayo J17 y J26 indica que no se realizó ningún análisis químico del metal de soldadura y ninguna medición de la cantidad de ferrita en el metal de soldadura debido a la confirmación de los defectos de soldadura.

- 10 En la columna "ensayo de tracción" de la Tabla 6, el símbolo "o" indica que la probeta de interés se determinó como "aceptable" porque la rotura ocurrió en el metal base, y el símbolo "x" indica que la rotura ocurrió en el metal de soldadura. El símbolo "-" indica que no se realizó ningún ensayo de tracción debido a la confirmación del defecto de soldadura.

- 15 De manera similar, en la Tabla 6, en la columna "ensayo de tracción a baja velocidad de deformación", el símbolo "o" indica que la probeta de interés se determinó como "aceptable" porque la relación de la reducción del área después de la rotura en el entorno de hidrógeno a alta presión con respecto a la reducción del área después de la rotura en la atmósfera fue del 90% o más, y el símbolo "x" indica que la relación anterior fue inferior al 90%. El símbolo "-" indica que no se llevó a cabo ningún ensayo de tracción a baja velocidad de deformación debido a la confirmación del defecto de soldadura (números de referencia de ensayo J17 y J26) o debido a la rotura en el metal de soldadura en el ensayo de tracción (números de referencia de ensayo J19 y J20).

**Tabla 4**

Referencia de ensayo	Superficie específica del cráter de la primera capa (mm <sup>2</sup> )	Superficie específica del cráter de la segunda capa (mm <sup>2</sup> )	Defecto de soldadura
J1	82	82	Sin defecto
J2	84	88	Sin defecto
J3	81	82	Sin defecto
J4	82	86	Sin defecto
J5	91	95	Sin defecto
J6	89	91	Sin defecto
J7	92	95	Sin defecto
J8	90	91	Sin defecto
J9	77	88	Sin defecto
J10	78	82	Sin defecto
J11	80	84	Sin defecto
J12	76	79	Sin defecto
J13	80	82	Sin defecto
J14	82	83	Sin defecto
J15	82	84	Sin defecto
J16	84	86	Sin defecto

ES 2 688 605 T3

Referencia de ensayo	Superficie específica del cráter de la primera capa (mm <sup>2</sup> )	Superficie específica del cráter de la segunda capa (mm <sup>2</sup> )	Defecto de soldadura
J17	-	-	incontables sopladuras
J18	83	88	Sin defecto
J19	126	132	Sin defecto
J20	134	145	Sin defecto
J21	75	79	Sin defecto
J22	84	92	Sin defecto
J23	81	84	Sin defecto
J24	82	87	Sin defecto
J25	83	90	Sin defecto
J26	-	-	incontables sopladuras
J27	87	94	Sin defecto

El símbolo "-" en las columnas de "superficie específica del cráter de la primera capa" y "superficie específica del cráter de la segunda capa" indica que no se realizó ninguna medición debido a la aparición de incontables sopladuras.

**Tabla 5**

Referencia de ensayo	Composición química (% en masa) Resto: Fe e impurezas													Valor en el término izquierdo de la Fórmula (1)	Relación de área de la ferrita (%)
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Al	N	O		
J1	0,059	0,28	3,13	0,031	0,003	10,7	21,6	0,8	0,09	0,12	0,010	0,20	0,006	-147	9,2
J2	0,058	0,29	3,17	0,030	0,002	10,8	21,5	0,9	0,09	0,13	0,011	0,19	0,004	-144	8,0
J3	0,060	0,28	3,08	0,030	0,003	10,6	21,5	0,8	0,08	0,12	0,010	0,18	0,005	-135	8,6
J4	0,059	0,29	3,15	0,031	0,003	10,7	21,4	0,9	0,09	0,12	0,010	0,18	0,003	-137	8,2
J5	0,060	0,28	2,71	0,029	0,004	9,7	21,1	0,9	-	0,15	0,008	0,19	0,005	-125	6,5
J6	0,063	0,27	2,64	0,033	0,002	9,6	20,9	0,8	-	0,13	0,007	0,18	0,003	-115	7,2

ES 2 688 605 T3

Referencia de ensayo	Composición química (% en masa) Resto: Fe e impurezas														Relación de área de la ferrita (%)
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Al	N	O	Valor en el término izquierdo de la Fórmula (1)	
J7	0,061	0,28	2,68	0,032	0,004	9,5	21,2	0,9	-	0,14	0,008	0,17	0,003	-115	6,8
J8	0,059	0,29	2,75	0,031	0,003	9,7	21,0	1,0	-	0,15	0,006	0,17	0,005	-116	7,5
J9	0,021	0,41	3,03	0,015	0,005	13,0	20,5	3,1	0,10	0,10	0,009	0,23	0,006	-193	7,4
J10	0,019	0,40	2,92	0,016	0,004	13,2	20,4	3,0	0,09	0,09	0,008	0,22	0,005	-185	7,2
J11	0,020	0,39	2,95	0,016	0,005	13,2	20,3	3,1	0,09	0,08	0,008	0,22	0,002	-186	7,6
J12	0,022	0,41	2,97	0,014	0,002	13,1	20,6	3,2	0,10	0,09	0,008	0,21	0,004	-188	7,8
J13	0,020	0,40	2,55	0,016	0,005	12,2	19,8	3,3	0,01	0,12	0,007	0,23	0,004	-175	11,2
J14	0,019	0,43	2,53	0,017	0,004	12,3	19,7	3,1	0,01	0,13	0,009	0,22	0,003	-166	11,5
J15	0,020	0,40	2,63	0,016	0,005	12,0	19,7	3,2	0,01	0,14	0,008	0,21	0,003	-161	12,0
J16	0,019	0,41	2,50	0,015	0,004	12,4	19,8	3,3	0,01	0,11	0,007	0,20	0,004	-162	10,8
J17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
J18	0,019	0,23	2,33	0,019	0,004	8,9	19,6	1,0	-	0,12	0,007	0,18	0,006	*-69	17,2
J19	0,055	0,31	2,86	0,029	0,003	9,7	21,0	1,2	-	0,17	0,008	*0,14	0,005	-107	9,8
J20	0,051	0,30	2,84	0,025	0,002	9,5	21,2	1,1	-	0,18	0,009	*0,13	0,005	-100	9,8
J21	0,023	0,38	2,35	0,020	0,003	8,7	23,2	3,1	-	0,12	0,008	0,20	0,006	-171	*38,6
J22	0,019	0,22	2,65	0,019	0,004	9,8	20,1	0,8	0,08	0,09	0,008	0,19	0,007	-90	13,1
J23	0,034	0,22	2,95	0,018	0,004	8,5	21,0	-	-	-	0,007	0,20	0,006	-89	11,3
J24	0,074	0,27	3,31	0,031	0,003	9,4	22,4	-	-	0,03	0,009	0,21	0,005	-144	9,8
J25	0,033	0,40	3,06	0,015	0,005	12,0	21,1	2,4	0,01	-	0,007	0,23	0,004	-184	7,8
J26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
J27	0,038	0,37	2,98	0,019	0,003	8,4	*24,6	2,0	-	-	0,008	0,20	0,005	-178	*41,1

Término izquierdo de la Fórmula (1): 413-462(C+N)-9,2Si-8,1Mn-13,7Cr-9,5Ni-18,5Mo

Un símbolo "--" para los números de referencia de ensayo J17 y J26 indica que no se realizaron análisis químicos del metal de soldadura y no se midió la cantidad de ferrita en el metal de soldadura debido a la confirmación de los

ES 2 688 605 T3

Referencia de ensayo	Composición química (% en masa) Resto: Fe e impurezas														Relación de área de la ferrita (%)
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Al	N	O	Valor en el término izquierdo de la Fórmula (1)	
defectos de soldadura.															
Un asterisco "*" representa desviación de la condición especificada por la presente invención.															

Tabla 6

	Referencia de ensayo	Ensayo de tracción	Ensayo de tracción a baja velocidad de deformación
	J1	○	○
	J2	○	○
	J3	○	○
	J4	○	○
	J5	○	○
	J6	○	○
	J7	○	○
Ejemplo	J8	○	○
de la invención	J9	○	○
	J10	○	○
	J11	○	○
	J12	○	○
	J13	○	○
	J14	○	○
	J15	○	○
	J16	○	○
Ejemplo comparativo	*J17	-	-
	*J18	○	×

	Referencia de ensayo	Ensayo de tracción	Ensayo de tracción a baja velocidad de deformación
	*J19	×	-
	*J20	×	-
	*J21	○	×
Ejemplo de la invención	J22	○	○
	J23	○	○
	J24	○	○
	J25	○	○
Ejemplo comparativo	*J26	-	-
	*J27	○	×
El símbolo "○" en la columna "ensayo de tracción" indica que la rotura se produjo en el metal base, y el símbolo "×" indica que la rotura se produjo en el metal de soldadura. El símbolo "-" indica que no se realizó ningún ensayo de tracción.			
El símbolo "○" en la columna "ensayo de tracción a baja velocidad de deformación" indica que la relación entre la reducción de área después de la rotura en el entorno de hidrógeno a alta presión y la reducción de área después de la rotura en la atmósfera fue del 90% o más, el símbolo "x" indica que la relación anterior fue inferior al 90%. El símbolo "-" indica que no se realizó ningún ensayo de tracción a baja velocidad de deformación.			
Un asterisco "*" indica una junta soldada que se desvía de la condición especificada por la presente invención.			

5 En las tablas 4 a 6, en el caso de los números de referencia de ensayo J1 a J16 y J22 a J25 de los ejemplos de la invención que cumplían todas las condiciones especificadas por la presente invención, es obvio que cada junta soldada no tenía defectos de soldadura en su interior, y al mismo tiempo tenía alta resistencia y excelente resistencia a la fragilidad por hidrógeno.

Por el contrario, en el caso de los números de referencia de ensayo J17 a J21, J26, y J27 de los ejemplos comparativos, existía tal problema en cada junta soldada que se confirmó, al menos, la aparición del defecto de soldadura, la rotura se produjo en la soldadura de metal, o la resistencia a la fragilidad por hidrógeno fue mala.

10 Específicamente, en los números de referencia de ensayo J17 y J26, el material de soldadura indicado por la letra de referencia V cuya cantidad de N fue del 0,37%, que fue mayor que el límite superior del intervalo especificado por la presente invención, se usó para que N no se pudiera disolver en el metal de soldadura durante la soldadura, lo que generó innumerables sopladuras (véase la Tabla 4).

15 En el número de referencia de ensayo J18, el valor del término izquierdo de la Fórmula (1) fue -69 en el metal de soldadura, que no cumplió la condición de la Fórmula (1), de modo que la martensita se generó a través del proceso de deformación en el momento del ensayo de tracción a baja velocidad de deformación, dando como resultado el deterioro de la resistencia a la fragilización por hidrógeno del metal de soldadura (véanse la Tabla 5 y la Tabla 6).

20 En ambos números de referencia de ensayo J19 y J20, cada superficie específica del cráter fue superior a 120 mm<sup>2</sup>, y las dispersiones de N desde la superficie del baño de material fundido se incrementaron, y la cantidad de N en el metal de soldadura fue menor que el intervalo especificado por la presente invención. En consecuencia, la rotura se produjo en el metal de soldadura (véanse las tablas 4 a 6).

En los números de referencia de ensayo J21 y J27, se utilizó el material de soldadura indicado por la letra de referencia Z que tenía un contenido de Cr del 24,9% que fue mayor que el límite superior del intervalo especificado por la presente invención. Por consiguiente, en el número de referencia de ensayo J21, aunque la composición química del metal de soldadura cumplió el intervalo especificado por la presente invención, estuvo presente una gran cantidad de Cr con

5 respecto a la cantidad de Ni, de modo que la cantidad de ferrita llegó a ser superior al 20%, y aumentó la susceptibilidad a la fragilización por hidrógeno del metal de soldadura. Además, en el número de referencia de ensayo J27, la cantidad de Cr en el metal de soldadura fue mayor que el límite superior del intervalo especificado por la presente invención, y una gran cantidad de Cr estuvo presente en el metal de soldadura, de modo que la cantidad de ferrita llegó a ser superior al 20%, y aumentó la susceptibilidad a la fragilización por hidrógeno del metal de soldadura (véanse la Tabla 5 y Tabla 6).

**Aplicabilidad industrial**

10 De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar una junta soldada que tenga alta resistencia y excelente resistencia a la fragilidad por hidrógeno, que son propiedades requeridas en tuberías de gas a alta presión, particularmente en tuberías de gas hidrógeno a alta presión sin el tratamiento térmico posterior a la soldadura.

## REIVINDICACIONES

1. Una junta soldada de acero austenítico producida por soldadura de metal base con un proceso de soldadura por arco de wolframio y gas que utiliza material de soldadura, en donde

5 el metal base tiene una composición química que consiste en, en % en masa, C: 0,002% o más y 0,1% o menos; Si: 0,01% o más y 0,8% o menos; Mn: de 2,5 a 5,5%; Ni: de 8 a 15%; Cr: de 19 a 25%; Al: 0,003% o más y menos de 0,05%; N: de 0,15 a 0,45%; y opcionalmente uno o más de, en % en masa, V: 0,5% o menos, Nb: 0,5% o menos, y Mo: 4,5% o menos, siendo el resto Fe e impurezas que contienen O: 0,02% o menos, P: 0,05% o menos, y S: 0,03% o menos, y

10 el material de soldadura tiene una composición química que consiste en, en % en masa, C: 0,002% o más y 0,1% o menos; Si: 0,01% o más y 0,8% o menos; Mn: de 1,5 a 4,5%; Ni: de 8 a 15%; Cr: de 18 a 24%; Al: 0,003% o más y menos de 0,05%; N: de 0,15 a 0,35%; y opcionalmente uno o más de, en % en masa, V: 0,5% o menos, Nb: 0,5% o menos, y Mo: 4,5% o menos, siendo el resto Fe e impurezas que contienen O: 0,02% o menos, P: 0,05% o menos, y S: 0,03% o menos,

en donde,

15 el metal de soldadura tiene una composición química que consiste en, en % en masa, C: 0,002% o más y 0,1% o menos; Si: 0,01% o más y 0,8% o menos; Mn: de 1,5 a 5,5%; Ni: de 8 a 15%; Cr: de 18 a 24%; Al: 0,003% o más y menos de 0,05%; N: de 0,15 a 0,35%; y opcionalmente uno o más de, en % en masa, V: 0,5% o menos, Nb: 0,5% o menos, y Mo: 4,5% o menos, siendo el resto Fe e impurezas que contienen O: 0,02% o menos, P: 0,05% o menos, y S: 0,03% o menos,

20 la composición química del metal de soldadura cumple la Fórmula (1),

y

una cantidad de ferrita en el metal de soldadura en una relación de área de 0 a 20%, en donde la Fórmula (1) viene dada por

$$413 - 462(C + N) - 9,2Si - 8,1Mn - 13,7Cr - 9,5Ni - 18,5Mo \leq -70...(1)$$

25 en donde, un símbolo de cada elemento en la Fórmula (1) denota un contenido (en % en masa) del elemento.

2. La junta soldada de acero austenítico de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la composición química del metal de soldadura cumple la Fórmula (1') dada por

$$413 - 462(C + N) - 9,2Si - 8,1Mn - 13,7Cr - 9,5Ni - 18,5Mo \leq -80...(1')$$

30 3. La junta soldada de acero austenítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la cantidad de ferrita en el metal de soldadura es del 15% o menos en relación de área.

4. La junta soldada de acero austenítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la superficie específica del cráter después de la finalización de la soldadura es de 120 mm<sup>2</sup> o menos.

35 5. Un método para producir una junta soldada de acero austenítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, al soldar el metal base como se define en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes con el proceso de soldadura por arco de wolframio y gas que utiliza el material de soldadura como se define en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, y en la que

un gas formado mezclando de 0 a 50%, en % en volumen, de N<sub>2</sub> en Ar se usa como un gas de protección, y

un gas formado mezclando de 0 a 100%, en % en volumen, de N<sub>2</sub> en Ar se usa como un gas de protección trasera.



FIGURA 1

