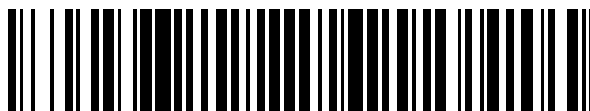


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 266**

51 Int. Cl.:

B23K 35/30	(2006.01)	C22C 38/06	(2006.01)
C22C 38/18	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)
C22C 38/58	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)
C22C 38/54	(2006.01)	C22C 38/22	(2006.01)
C22C 38/50	(2006.01)	C22C 38/00	(2006.01)
C22C 38/48	(2006.01)	B23K 35/02	(2006.01)
C22C 38/46	(2006.01)		
C22C 38/44	(2006.01)		
C22C 38/28	(2006.01)		
C22C 38/12	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.12.2013 PCT/KR2013/012146**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2015 WO15083878**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.12.2013 E 13898649 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 3078447**

54 Título: **Junta de soldadura de alta resistencia que tiene excelente dureza al impacto a temperatura muy baja, y un alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente correspondiente**

30 Prioridad:

06.12.2013 KR 20130151443
06.12.2013 KR 20130151444

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.04.2020

73 Titular/es:

POSCO (100.0%)
(Goedong-dong) 6261, Donghaean-ro, Nam-gu,
Pohang-si
Gyeongsangbuk-do 790-300, KR

72 Inventor/es:

LEE, BONG-KEUN;
LEE, SANG-CHUL;
HAN, IL-WOOK y
KIM, JEONG-KIL

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 753 266 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 de soldadura de alta resistencia que tiene excelente dureza al impacto a temperatura muy baja, y un alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente correspondiente.

5 Campo técnico

La presente descripción se refiere a una junta de soldadura de alta resistencia que tiene un alto grado de dureza al impacto criogénico y un alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente para la formación de la junta de soldadura de alta resistencia, y más particularmente, a una junta de soldadura que tiene un alto grado de dureza al impacto a baja temperatura y un alto grado de resistencia a la tracción a temperatura ambiente debido a austenita de alta dureza que se mantiene en la junta de soldadura incluso en entornos criogénicos, y un alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente para la formación de la junta de soldadura.

Antecedentes de la técnica

15 Junto con el reciente aumento explosivo en la demanda de gas natural licuado (LNG), también se ha aumentado de manera explosiva la demanda de instalaciones de transporte y tanques de almacenamiento para transportar y almacenar LNG. Por tanto, se requieren que los tanques para transportar o almacenar LNG tengan una estructura que puede resistir impactos a temperaturas iguales a o menores que la temperatura de LNG, -162°C. Para esto, en general se usan materiales que tienen un alto grado de dureza al impacto criogénico tales como aluminio (Al), acero de Ni al 9%, y acero inoxidable (a continuación en el presente documento denominado STS).

20 Sin embargo, el aluminio (Al) tiene un bajo grado de resistencia a la tracción, y por tanto deben usarse placas de aluminio gruesas. Además, el aluminio (Al) tiene baja soldabilidad. Además, los materiales de soldadura formados de acero de Ni al 9% (por ejemplo, Inconel 625 que tiene un contenido en níquel del 50% en peso o mayor y un contenido en cromo del 20% en peso o mayor) son caros y tienen un bajo grado de límite elástico de la zona de soldadura. STS tiene problemas tales como altos precios o baja deformación térmica, y las propiedades criogénicas de STS no han sido garantizadas.

25 Por lo tanto, lo que se necesita es el desarrollo de juntas de soldadura de alto manganeso criogénicas incluyendo manganeso (Mn) en lugar de níquel (Ni) relativamente caro para garantizar soldabilidad y estabilizar austenita.

30 Para este fin, puede requerirse la formación de juntas de soldadura que tienen una dureza al impacto de 27 J o mayor para asegurar la estabilidad de estructuras de soldadura a una temperatura muy baja, -196°C o menos. El grado de resistencia a la tracción de aceros de alto manganeso (Mn) era de 360 MPa a temperatura ambiente según estudios más recientes. Sin embargo, el grado de límite elástico de los aceros de alto manganeso actuales es de 500 MPa a 800 MPa. Por lo tanto, si se usan los materiales de soldadura que tienen un grado de resistencia a la tracción de 360 MPa, se forman juntas de soldadura que tienen resistencia relativamente baja. Cuando se diseñan tales estructuras que incluyen las juntas de soldadura que tienen resistencia relativamente baja, el diseño puede enfocarse en las juntas de soldadura, y por tanto pueden tener que usarse láminas de acero gruesas.

35 Por lo tanto, para tratar estos problemas, se requieren materiales de soldadura que tienen un grado de resistencia a la tracción a temperatura ambiente dentro del intervalo de 400 MPa o mayor. En la técnica relacionada, debido a esta razón, se usan materiales de soldadura que tienen alto contenido de níquel (Ni) y cromo (Cr) (Ni: el 50% en peso o mayor, y Cr: el 20% en peso o mayor) para garantizar la resistencia requerida. Es decir, en la técnica relacionada, no se han desarrollado materiales de soldadura o juntas de soldadura que tienen bajo contenido de elementos de aleación y que incurre bajos costes.

45 El documento KR 2013 0003686 da a conocer un alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente que tiene un contenido de: Carbono en el intervalo del 0,01 - 0,8 porcentaje en peso; Silicio en el intervalo del 0,1 - 3,0% en peso; Manganeso en el intervalo del 12 - 45% en peso; Níquel en el intervalo del 0,01 - 26% en peso; Cromo en el intervalo del 0,001 - 20% en peso; Molibdeno en el intervalo del 0,05 - 2,5% en peso; Aluminio en el intervalo del 0,01 - 4,0% en peso; Dióxido de titanio en el intervalo del 4,5 - 9,0% en peso y el equilibrio de hierro e impurezas inevitables.

El documento KR 2013 0003685 da a conocer una junta de soldadura que tiene un contenido de: Carbono en el intervalo del 0,02 - 0,75% en peso; Silicio en el intervalo del 0,3 - 0,7% en peso; Manganeso en el intervalo del 10 - 35% en peso; Cromo en el intervalo del 15% en peso o menos; Níquel en el intervalo del 25% en peso o menos; Fósforo en el intervalo del 0,02% en peso o menos y el equilibrio de hierro e impurezas inevitables.

50 Descripción

Problema técnico

55 Un aspecto de la presente descripción es proporcionar una junta de soldadura formada por soldadura de arco metálico sumergido, con núcleo de fundente o de gas y que tiene un alto grado de dureza al impacto a baja temperatura y un alto grado de límite elástico a temperatura ambiente debido a austenita de alta dureza que se mantiene en la junta de soldadura incluso en entorno criogénico, y se evita el agrietamiento a alta temperatura durante la soldadura.

Un aspecto de la presente descripción también es proporcionar un alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente para la formación de la junta de soldadura. El alcance de la presente descripción se define en las reivindicaciones adjuntas.

Solución técnica

- 5 Según un aspecto de la presente descripción, se proporciona una junta de soldadura de alta resistencia tal como se define en las reivindicaciones 1 y 2.

Según otro aspecto de la presente descripción, se proporciona un alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente tal como se define en la reivindicación 3.

Efectos ventajosos

- 10 La junta de soldadura según el aspecto de la presente descripción tiene un alto grado de dureza al impacto a baja temperatura y un alto grado de resistencia a la tracción a temperatura ambiente debido a que la austenita de alta dureza se mantiene en la junta de soldadura incluso en entorno criogénico y se evita el agrietamiento a alta temperatura durante la soldadura. Por lo tanto, la junta de soldadura puede aplicarse de manera útil a depósitos criogénicos tales como tanques de gas natural licuado (LNG).

- 15 Además, el alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente según el aspecto de la presente descripción puede usarse de manera eficaz para formar la junta de soldadura que tiene un alto grado de dureza al impacto a baja temperatura y un alto grado de resistencia a la tracción a temperatura ambiente, y por tanto una estructura de soldadura que tiene un alto grado de dureza al impacto en entornos criogénicos, por ejemplo, -196°C o inferior, puede formarse usando el alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente.

Mejor modo

A continuación en el presente documento, se describirán ideas técnicas de la presente descripción según realizaciones a modo de ejemplo.

En primer lugar, se describirá una junta de soldadura que tiene un alto grado de dureza criogénica según la presente descripción.

- 25 La junta de soldadura de la realización se forma por partes de soldadura de un acero de alto manganeso de alta resistencia y criogénico, y la junta de soldadura incluye, mediante el % en peso, carbono (C) : del 0,1% al 0,61%, silicio (Si) : del 0,23% al 1,0%, manganeso (Mn): del 14% al 35%, cromo (Cr): del 6% o menos, molibdeno (Mo): del 1,45% al 3,5%, azufre (S): del 0,02% o menos, fósforo (P): del 0,02% o menos, boro (B): del 0,001% al 0,01%, titanio (Ti): del 0,001% al 0,2%, nitrógeno (N): del 0,001% al 0,3%, y un equilibrio de hierro (Fe) e impurezas inevitables. Ahora se describirán simplemente las características de los elementos de aleación y la significancia crítica del intervalo contenido de cada uno de los elementos de aleación.

Carbono (C): del 0,1% en peso al 0,61% en peso

- 35 El carbono (C) puede ser actualmente el elemento más poderoso eficaz en garantizar la resistencia de la junta de soldadura y estabilizar la austenita que garantiza la dureza al impacto criogénico de la junta de soldadura. Por tanto, en la realización, se requiere la adición de carbono (C). Es suficiente que el límite inferior del contenido de carbono (C) sea del 0,1% en peso. Sin embargo, si el contenido de carbono (C) es mayor que el 0,61% en peso, gases tales como gas dióxido de carbono puede generarse durante un procedimiento de soldadura para provocar defectos en la junta de soldadura, y el carbono (C) puede combinar con elementos de aleación tales como manganeso (Mn) o cromo (Cr) y puede formar carburos tales como MC o M₂₃C₆ para provocar una disminución en la dureza al impacto a baja temperatura. Por lo tanto, el contenido de carbono (C) está dentro de un intervalo del 0,1% en peso al 0,61% en peso.

Silicio (Si): del 0,23% en peso al 1,0% en peso

- 45 Se añade silicio (Si) para retirar oxígeno de la junta de soldadura y garantizar la capacidad de extensión de las perlas de soldadura. Si el contenido de silicio (Si) es insuficiente (es decir, menos del 0,23% en peso), la fluidez de la junta de soldadura puede disminuir. Por el contrario, si el contenido de silicio (Si) es mayor que el 1,0% en peso, la segregación puede producirse en la junta de soldadura, disminuyendo de ese modo la dureza al impacto a baja temperatura de la junta de soldadura y afectando de manera negativa la sensibilidad a la grieta de soldadura de la junta de soldadura. Por lo tanto, según la realización de la presente descripción, el contenido de silicio (Si) está dentro de un intervalo del 0,23% en peso al 1,0% en peso.

Manganeso (Mn): del 14% en peso al 35% en peso

- 50 El manganeso (Mn) es un elemento que facilita la formación de austenita que es estable a una baja temperatura, y por tanto se requiere la adición de manganeso (Mn) en la realización. El manganeso (Mn) es relativamente económico en comparación con el níquel (Ni). Si el contenido de manganeso (Mn) es menos del 14% en peso, no se forma austenita de manera suficiente, y por tanto la dureza criogénica de la junta de soldadura puede ser muy baja. Sin embargo, si

ES 2 753 266 T3

el contenido de manganeso (Mn) es mayor que el 35% en peso, la segregación puede producirse de manera excesiva, y puede producirse el agrietamiento a alta temperatura. Además, pueden generarse humos tóxicos. Por lo tanto, el contenido de manganeso (Mn) está dentro de un intervalo del 14% en peso al 35% en peso.

Cromo (Cr): el 6% en peso o menos

- 5 El cromo (Cr) es un elemento estabilizante de ferrita, y si se añade una determinada cantidad de cromo (Cr), pueden disminuirse las cantidades de elementos estabilizantes de austenita. Aunque no se añade cromo (Cr), Si el contenido de carbono (C) y manganeso (Mn) es alto, puede mantenerse una matriz de austenita. Por tanto, el límite inferior del contenido de cromo (Cr) es cero. Sin embargo, si el contenido de cromo (Cr) es mayor que el 6% en peso, pueden formarse de manera excesiva carburos de cromo, y por tanto puede disminuir la dureza criogénica. Por lo tanto, el
- 10 contenido de cromo (Cr) está dentro de un intervalo del 6% en peso o menos.

Molibdeno (Mo): del 1,45% en peso al 3,5% en peso

- 15 El molibdeno (Mo) puede aumentar la resistencia de la matriz de la junta de soldadura, y si el contenido de molibdeno (Mo) es mayor que el 1,45% en peso, la resistencia a la tracción de la junta de soldadura puede ser de 400 MPa o mayor. Además, el molibdeno (Mo) incluido en materiales de soldadura austeníticos estrecha el ancho de una región coexistente sólido-líquido durante la soldadura, suprimiendo de ese modo el agrietamiento a alta temperatura. Sin embargo, si el contenido de molibdeno (Mo) es mayor que el 3,5% en peso, los carburos de molibdeno pueden formarse de manera excesiva, y por tanto la dureza criogénica puede disminuir. Por lo tanto, el contenido de molibdeno (Mo) está dentro de un intervalo del 1,45% en peso al 3,5% en peso.

Azufre (S): del 0,02% en peso o menos

- 20 El azufre (S) conduce a la formación de un precipitado complejo, MnS. Sin embargo, si el contenido de azufre (S) es mayor que el 0,02% en peso, se forman compuestos que tienen un bajo punto de fusión tal como FeS, y por tanto puede provocar el agrietamiento a alta temperatura. Por lo tanto, el contenido de azufre (S) está dentro de un intervalo del 0,02% en peso o menos.

Fósforo (P): del 0,02% en peso o menos

- 25 El fósforo (P) tiene un efecto sobre la dureza al impacto a baja temperatura y forma compuestos de fósforo frágiles a lo largo de los límites del grano. Por lo tanto, el límite superior del contenido de fósforo (P) es del 0,02% en peso.

Boro (B): del 0,001% en peso al 0,01% en peso

- 30 El boro (B) segrega a lo largo de los límites del grano. La segregación de boro (B) a lo largo de los límites del grano mejora la resistencia de los límites del grano, y por tanto la resistencia de la junta de soldadura puede mejorarse. Este efecto se obtiene de manera suficiente incluso cuando el contenido de boro (B) es del 0,001% en peso. Si el contenido de boro (B) es del 0,01% en peso o mayor, aunque la resistencia se aumenta de manera notable, se disminuye la dureza al impacto a baja temperatura. Por lo tanto, según la realización de la presente descripción, el contenido de boro (B) está dentro de un intervalo del 0,001% en peso al 0,01% en peso.

Titanio (Ti): del 0,001% en peso al 0,2% en peso

- 35 Se incluye titanio (Ti) en la junta de soldadura en forma de óxidos o nitruros. Tales óxidos o nitruros (o carbonitruros) existen a lo largo de los límites del grano y funciona como sitios formadores de núcleos a alta temperatura durante la solidificación, disminuyendo de ese modo el tamaño de los granos de austenita. Además, tales óxidos o nitruros (o carbonitruros) incluidos en la micro-estructura de la junta de soldadura mejoran la resistencia de la junta de soldadura. Este efecto de aumento de resistencia puede obtenerse incluso si el contenido de titanio (Ti) es del 0,001% en peso.
- 40 Por tanto, el límite inferior del titanio (Ti) es del 0,001% en peso en la realización a modo de ejemplo. Sin embargo, si se añade una gran cantidad de titanio (Ti), la dureza al impacto de la junta de soldadura puede disminuir. Por ejemplo, si el contenido de titanio (Ti) es mayor que el 0,2% en peso, aunque la resistencia de la junta de soldadura aumenta de manera notable, la dureza al impacto a baja temperatura de la junta de soldadura puede disminuir. Por lo tanto, según la realización de la presente descripción, el contenido de titanio (Ti) está dentro de un intervalo del 0,001% en
- 45 peso al 0,2% en peso.

Nitrógeno (N): del 0,001% en peso al 0,3% en peso

- 50 El nitrógeno (N) tiene el mismo efecto que el carbono (C). El nitrógeno (N) forma nitruros junto con titanio (Ti). Incluso si el contenido de nitrógeno (N) es del 0,001% en peso, el nitrógeno (N) puede mejorar la resistencia de la junta de soldadura junto con titanio (Ti). Por lo tanto, el contenido de nitrógeno (N) puede ser preferiblemente del 0,001% en peso o mayor. Sin embargo, si el contenido de nitrógeno (N) es mayor que el 0,3% en peso, pueden formarse fácilmente vacíos en la junta de soldadura, y la resistencia al impacto criogénico de la junta de soldadura puede disminuir debido a que el nitrógeno (N) aumenta la formación de nitruros junto con titanio (Ti). Por lo tanto, el límite superior del contenido de nitrógeno (N) es del 0,3% en peso.

ES 2 753 266 T3

Los elementos de aleación descritos anteriormente son elementos de aleación básicos que se incluyen en la junta de soldadura de la realización a modo de ejemplo, y los siguientes elementos de aleación pueden estar incluidos adicionalmente en la junta de soldadura de modo que mejore adicionalmente las propiedades de la junta de soldadura.

Al menos uno seleccionado de tungsteno (W), niobio (Nb), y vanadio (V): del 5% en peso o menos en contenido total

- 5 El tungsteno (W), niobio (Nb), o vanadio (V) aumenta la resistencia de la junta de soldadura a temperatura ambiente y puede incluirse opcionalmente en la junta de soldadura de la realización. Estos elementos combinan con el carbono (C) incluido en la junta de soldadura y forman carburos (o carbonitruros), mejorando de ese modo la resistencia a la tracción de la junta de soldadura a temperatura ambiente. Sin embargo, si el contenido total de estos elementos es mayor que el 5% en peso, pueden formarse fácilmente las grietas, y la dureza al impacto criogénico de la junta de soldadura puede disminuir. Por lo tanto, el contenido total de al menos uno de tungsteno (W), niobio (Nb), y vanadio (V) se ajusta para ser el 5% en peso o menos.

Itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM) : del 0,1% en peso o menos

- 15 El itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM) puede incluirse opcionalmente en la junta de soldadura de la realización a modo de ejemplo. El itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM) pueden formar óxidos a una alta temperatura, y los óxidos pueden funcionar como sitios formadores de núcleos a una alta temperatura durante la solidificación, disminuyendo de ese modo el tamaño de los granos de austenita. De esta manera, el itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM) mejoran la resistencia de la junta de soldadura. Sin embargo, si el contenido de itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM) es mayor que el 0,1% en peso, pueden formarse defectos en la junta de soldadura durante un procedimiento de soldadura. Por tanto, el contenido de itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM) se ajusta para ser el 0,1% en peso o menos. Es decir, según la realización, el contenido de itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM) es del 0,1% en peso o menos.

Níquel (Ni): del 10% o menos

- 25 El níquel (Ni) puede incluirse opcionalmente en la junta de soldadura de la realización a modo de ejemplo como un elemento estabilizante de austenita. Si se añade níquel (Ni) a la junta de soldadura, la dureza al impacto a baja temperatura de la junta de soldadura se aumenta abruptamente debido a que el níquel (Ni) aumenta la energía de falla de apilamiento de la junta de soldadura. Es decir, el níquel (Ni) aumenta la dureza al impacto a baja temperatura de la junta de soldadura. Además de la disminución de la resistencia de la junta de soldadura, el níquel (Ni) aumenta el precio de los materiales de soldadura. Por lo tanto, el contenido de níquel (Ni) se ajusta para ser del 10% en peso o menos.

- 30 La junta de soldadura incluye hierro (Fe) e impurezas inevitables además de los elementos de aleación descritos anteriormente. Sin embargo, no se excluye la adición de otros elementos de aleación, pero no forma parte de la presente invención.

- 35 La junta de soldadura de la realización se aplica a diversos aceros de alto manganeso requeridos para tener alta resistencia y alta dureza al impacto a baja temperatura en condiciones de temperatura muy baja. Es decir, la junta de soldadura de la realización no se limita al uso para metales básicos que tienen composiciones particulares. Por ejemplo, la junta de soldadura de la realización a modo de ejemplo puede aplicarse a un acero de alto manganeso que tiene $Mn_{24}C_{0.4}Cr_4Si_{0.3}$ como una composición básica.

A continuación, se describirá en detalle un alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente que tiene un alto grado de resistencia y un alto grado de dureza al impacto según la realización de la presente descripción.

- 40 El alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente de la realización incluye, mediante el % en peso, carbono (C) : del 0,15% al 0,8%, silicio (Si): del 0,2% al 1,2%, manganeso (Mn): del 15,0% al 34,0%, cromo (Cr): del 6% o menos, molibdeno (Mo): del 1,5% al 4%, azufre (S): del 0,02% o menos, fósforo (P): del 0,02% o menos, boro (B) : del 0,01% o menos, titanio (Ti): del 0,09% al 0,5%, nitrógeno (N): del 0,001% al 0,3%, TiO_2 : del 4% al 15%, al menos uno seleccionado de SiO_2 , ZrO_2 , y Al_2O_3 : del 0,01% al 9% en contenido total, al menos uno seleccionado de potasio (K), sodio (Na), y litio (Li): del 0,5% al 1,7% en contenido total, al menos uno de flúor (F) y calcio (Ca) : del 0,2% al 1,5%, y el equilibrio de hierro (Fe) e impurezas inevitables. Ahora se describirán simplemente las características de los elementos de aleación y la significancia crítica del intervalo contenido de cada uno de los elementos de aleación.

Carbono (C): del 0,15% en peso al 0,8% en peso

- 50 El carbono (C) puede ser actualmente el elemento más poderoso eficaz en garantizar la resistencia de las juntas de soldadura y estabilizar la austenita que garantiza la dureza al impacto criogénico de juntas de soldadura. Por tanto, en la realización, se requiere la adición de carbono (C). Si el contenido de carbono (C) es bajo, no se estabiliza la austenita, y por tanto se requiere para mantener adecuadamente el contenido de carbono (C). El límite inferior del contenido de carbono (C) se ajusta para ser del 0,15% en peso. Si el contenido de carbono (C) es mayor que el 0,8% en peso, pueden generarse gases tales como gas dióxido de carbono durante un procedimiento de soldadura para provocar defectos en las juntas de soldadura, y el carbono (C) puede combinar con elementos de aleación tales como manganeso (Mn) o cromo (Cr) y puede formar carburos tales como MC o $M_{23}C_6$ para provocar una disminución en la

dureza al impacto a baja temperatura. Por lo tanto, según la realización a modo de ejemplo de la presente descripción, el contenido de carbono (C) está dentro de un intervalo del 0,15% en peso al 0,8% en peso.

Silicio (Si): del 0,2% en peso al 1,2% en peso

5 Si el contenido de silicio (Si) es menos del 0,2% en peso, puede retirarse el oxígeno de manera insuficiente de las juntas de soldadura, y la fluidez de las juntas de soldadura puede disminuir. Por el contrario, si el contenido de silicio (Si) es mayor que el 1,2% en peso, puede producirse segregación en las juntas de soldadura, provocando de ese modo una disminución en la dureza al impacto a baja temperatura y teniendo un efecto negativo sobre la sensibilidad a la grieta de soldadura. Por lo tanto, según la realización de la presente descripción, el contenido de silicio (Si) está dentro de un intervalo del 0,2% en peso al 1,2% en peso.

10 Manganeso (Mn): del 15,0% en peso al 34,0% en peso

El manganeso (Mn) aumenta endurecimiento durante la operación y conduce a la formación de austenita que es estable a bajas temperaturas. Por tanto, se añade manganeso (Mn) al alambre de la realización. Además, el manganeso (Mn) forma carburos junto con el carbono (C) y funciona como un elemento estabilizante de austenita como el níquel (Ni).

15 Si el contenido de manganeso (Mn) es menos del 15,0% en peso, no se forma austenita de manera suficiente, y por tanto la dureza al impacto a baja temperatura disminuye. Por el contrario, si el contenido de manganeso (Mn) es mayor que el 34,0% en peso, se generan grandes cantidades de humos durante la soldadura. Por tanto, el contenido de manganeso (Mn) está dentro del intervalo del 15,0% en peso al 34,0% en peso.

Cromo (Cr): del 6,0% en peso o menos

20 El cromo (Cr) es un elemento estabilizante de ferrita, y la adición de cromo (Cr) permite la disminución de las cantidades de elementos estabilizantes de austenita. Además, el cromo (Cr) facilita la formación de carburos tales como MC o $M_{23}C_6$. Es decir, la adición de una determinada cantidad de cromo (Cr) aumenta el endurecimiento de la precipitación y permite la disminución de las cantidades de elementos estabilizantes de austenita. Por lo tanto, puede añadirse una determinada cantidad de cromo (Cr). Sin embargo, la adición de cromo (Cr) es opcional. Además, puesto
25 que el cromo (Cr) es un elemento de anti-oxidación poderoso, la adición de cromo (Cr) puede aumentar la resistencia a la oxidación en una atmósfera de oxígeno.

30 Sin embargo, si el contenido de cromo (Cr) es mayor que el 6,0% en peso, los costes de fabricación del alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente puede aumentar, y la dureza al impacto criogénico del alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente puede disminuir de manera notable debido a la precipitación. Por lo tanto, el contenido de cromo (Cr) está dentro del intervalo del 6,0% en peso o menos.

Molibdeno (Mo): del 1,5% en peso al 4,0% en peso

35 El molibdeno (Mo) es un elemento que aumenta la resistencia de las juntas de soldadura. En la realización, el molibdeno (Mo) añadido a un material de soldadura en una cantidad del 1,5% en peso o mayor tiene un efecto de aumento de la resistencia a la tracción de juntas de soldadura a 400 MPa o mayor. Además, el molibdeno (Mo) incluido en los materiales de soldadura austeníticos estrecha el ancho de una región coexistente sólido-líquido durante la soldadura, suprimiendo de ese modo el agrietamiento a alta temperatura. Sin embargo, si el contenido de molibdeno (Mo) es mayor que el 4,0% en peso, los carburos de molibdeno pueden formarse de manera excesiva en las juntas de soldadura, y por tanto la dureza criogénica de las juntas de soldadura puede disminuir. Por lo tanto, el contenido de molibdeno (Mo) está dentro de un intervalo del 1,5% en peso al 4,0% en peso.

40 Fósforo (P): del 0,02% en peso o menos

El fósforo (P) es una impureza que provoca el agrietamiento a alta temperatura, y por tanto el contenido de fósforo (P) se ajusta para ser lo más bajo posible. Es decir, el contenido de fósforo (P) se ajusta para ser del 0,02% en peso o menos de modo que evita el agrietamiento a alta temperatura.

Azufre (S): del 0,02% en peso o menos

45 El azufre (S) es una impureza que provoca el agrietamiento a alta temperatura junto con el fósforo (P), y por tanto el contenido de fósforo (P) se ajusta para ser lo más bajo posible. Si el contenido de azufre (S) es mayor que el 0,02% en peso, se forman los compuestos que tienen un bajo punto de fusión tal como FeS, y por tanto puede inducirse al agrietamiento a alta temperatura. Por lo tanto, el contenido de azufre (S) se ajusta para ser del 0,02% en peso o menos de modo que evita el agrietamiento a alta temperatura.

50 Boro (B): del 0,01% en peso o menos

El boro (B) segrega a lo largo de los límites del grano de juntas de soldadura. La segregación de boro (B) a lo largo de los límites del grano mejora la resistencia de los límites del grano, y por tanto puede mejorarse la resistencia de las juntas de soldadura. Aunque el contenido de boro (B) es del 0,001% en peso, estos efectos se obtienen de manera

ES 2 753 266 T3

suficiente. Si el contenido de boro (B) es mayor que el 0,01% en peso, aunque la resistencia de las juntas de soldadura se aumenta de manera notable, se disminuye la dureza al impacto a baja temperatura de las juntas de soldadura. Por lo tanto, el límite superior del contenido de boro (B) es del 0,01% en peso.

Titanio (Ti): del 0,09% en peso al 0,5% en peso

- 5 Durante la soldadura, el titanio (Ti) funciona como un estabilizante de arco y un oxidante, haciendo de ese modo juntas de soldadura limpias. Además, tras la soldadura, el titanio (Ti) incluido en las juntas de soldadura conduce a la formación de óxidos y nitruros (o carbonitruros) y por tanto aumenta la resistencia de las juntas de soldadura. Por lo tanto, el contenido de titanio (Ti) está dentro del intervalo del 0,09% en peso o mayor. Sin embargo, tras la soldadura, el titanio (Ti) incluido en las juntas de soldadura en grandes cantidades aumenta la dureza al impacto de las juntas de soldadura. Si el contenido de titanio (Ti) es mayor que el 0,5% en peso, la dureza al impacto a baja temperatura puede disminuir aunque la resistencia aumenta de manera notable. Por lo tanto, el límite superior del contenido de titanio (Ti) es del 0,5% en peso.

Nitrógeno (N): del 0,001% en peso al 0,3% en peso

- 15 El nitrógeno (N) mejora la resistencia a la corrosión y estabiliza la austenita. Es decir, la adición de nitrógeno (N) conduce a un efecto similar al efecto que puede obtenerse mediante la adición de carbono (C). Por lo tanto, el nitrógeno (N) puede estar sustituido por carbono (C). Estos efectos de nitrógeno (N) pueden obtenerse aun cuando se añade una pequeña cantidad de nitrógeno (N). Sin embargo, si el contenido de nitrógeno (N) es mayor que el 0,3% en peso, la resistencia al impacto disminuye de manera notable. Por tanto, el contenido de nitrógeno (N) está dentro de un intervalo del 0,001% en peso al 0,3% en peso.

- 20 TiO_2 (dióxido de titanio): del 4% en peso al 15% en peso

25 El dióxido de titanio (TiO_2) es una primera escoria que se solidifica antes de una junta de soldadura líquida se solidifique, evitando de ese modo que la junta de soldadura líquida fluya hacia abajo y permitiendo la soldadura en todas las posiciones. En la realización, se añade TiO_2 en una cantidad del 4% en peso o mayor de modo que se obtiene los efectos descritos anteriormente. Sin embargo, si el contenido de TiO_2 es mayor que el 15% en peso, el contenido de óxidos en las juntas de soldadura puede aumentar de manera notable, y por tanto la dureza al impacto a baja temperatura de las juntas de soldadura puede disminuir. Por lo tanto, según la realización de la presente descripción, el contenido de TiO_2 está dentro de un intervalo del 4% en peso al 15% en peso.

Al menos uno seleccionado de SiO_2 , ZrO_2 , y Al_2O_3 : del 0,01% en peso al 9,0% en peso en contenido total

- 30 Si el contenido total de al menos uno de SiO_2 , ZrO_2 , y Al_2O_3 es del 0,01% en peso, la capacidad de trabajo de la soldadura en todas las posiciones y la calidad de las perlas de soldadura puede disminuir debido a la mala aplicación y separación de escoria y generación de arcos inestables. Por el contrario, si el contenido de al menos uno de SiO_2 , ZrO_2 , y Al_2O_3 es mayor que el 9% en peso, la cantidad y viscosidad de escoria fundida puede aumentar de manera notable, empeorando de ese modo la soldabilidad en todas las posiciones y las formas de las perlas. Además, pueden incluirse grandes cantidades de elementos tales como silicio (Si) o aluminio (Al) en metal depositado, y por tanto la dureza al impacto puede disminuir.

Por lo tanto, el contenido total de al menos uno de SiO_2 , ZrO_2 , y Al_2O_3 está dentro de un intervalo del 0,01% en peso al 9% en peso.

Al menos uno seleccionado de potasio (K), sodio (Na), litio (Li): del 0,5% en peso al 1,7% en peso en contenido total

- 40 Durante la soldadura, estos metales alcalinos pueden disminuir el potencial de ionización de los arcos, y por tanto pueden generarse fácilmente los arcos y mantenerse de manera estable. Cuando el contenido total de estos metales alcalinos es del 0,5% en peso o mayor, pueden obtenerse ciertamente estos efectos. Sin embargo, si el contenido de estos metales alcalinos es mayor que el 1,7% en peso, pueden generarse de manera excesiva humos debido a alta presión de vapor. Los metales alcalinos pueden incluir uno o más de potasio (K), sodio (Na), y litio (Li). En la realización, los efectos que pueden obtenerse mediante la adición de los metales alcalinos no tienen relación con el contenido de cada uno de los metales alcalinos.

Flúor (F) y/o calcio (Ca): del 0,2% en peso al 1,5% en peso

- 50 Si el alambre de soldadura de la realización incluye además calcio (Ca) y flúor (F) en forma de un compuesto de flúor (F) con un metal alcalino o un metal alcalinotérreo, pueden mejorarse los efectos de la realización a modo de ejemplo. Si se añade fluoruro al alambre de soldadura en una cantidad del 0,2% en peso o mayor, el flúor (F) puede aparecer en arcos a alta temperatura y se hace reaccionar con hidrógeno durante la soldadura, retirando de ese modo de manera eficaz el hidrógeno de difusión mediante una reacción de deshidrogenación. Sin embargo, si el contenido de fluoruro es mayor que el 1,5% en peso, pueden generarse de manera excesiva humos debido a alta presión de vapor, y la viscosidad de la escoria de un baño de soldadura que contiene rutilo en el que TiO_2 está contenido como un componente de escoria principal puede disminuirse de manera excesiva para dar como resultado la formación de

perlas inestables. Por lo tanto, el contenido de flúor (F) y/o calcio (Ca) está dentro del intervalo del 0,2% en peso al 1,5% en peso.

5 Los elementos de aleación descritos anteriormente son elementos de aleación básicos que pueden incluirse en el alambre de soldadura de la realización a modo de ejemplo, y los siguientes elementos de aleación pueden incluirse adicionalmente en el alambre de soldadura de modo que mejora adicionalmente las propiedades del alambre de soldadura. Al menos uno seleccionado de tungsteno (W), niobio (Nb), y vanadio (V): del 5% en peso o menos en contenido total

10 El tungsteno (W), niobio (Nb), y vanadio (V) aumentan la resistencia a temperatura ambiente del alambre de soldadura. Estos elementos combinan con el carbono (C) incluido en las juntas de soldadura y forman carburos (o carbonitruros), mejorando de ese modo la resistencia a la tracción de las juntas de soldadura a temperatura ambiente. Sin embargo, si el contenido total de tungsteno (W), niobio (Nb), y vanadio (V) es mayor que el 5% en peso, pueden formarse fácilmente grietas, y la dureza al impacto criogénico puede disminuir. Por lo tanto, según la realización de la presente descripción, el contenido total de tungsteno (W), niobio (Nb), y vanadio (V) está dentro de un intervalo del 5% en peso o menos.

15 Itrio (Y) y/o REM: del 1% en peso o menos

20 El itrio (Y) y un metal de las tierras raras (REM) funcionan como un oxidante poderoso y estabilizan los arcos durante la soldadura. Además, el itrio (Y) y un metal de las tierras raras (REM) forman óxidos en las juntas de soldadura, y los óxidos funcionan como sitios formadores de núcleos a alta temperatura durante la solidificación, disminuyendo de ese modo el tamaño de los granos de austenita. De esta manera, el itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM) mejoran la resistencia de las juntas de soldadura. Sin embargo, si el contenido de itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM) es mayor que el 1% en peso, pueden formarse defectos en las juntas de soldadura durante un procedimiento de soldadura. Por tanto, el contenido de itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM) se ajusta para ser del 1% en peso o menos. Es decir, según la realización a modo de ejemplo, el contenido de itrio (Y) y/o metal de las tierras raras (REM) es del 1% en peso o menos.

25 Níquel (Ni): del 10% o menos

El níquel (Ni) es un elemento que estabiliza la austenita. El níquel (Ni) aumenta abruptamente la dureza al impacto a baja temperatura de juntas de soldadura aumentando la energía de falla de apilamiento de las juntas de soldadura. Sin embargo, el níquel (Ni) disminuye la resistencia y aumenta el precio de los materiales de soldadura. Por lo tanto, el contenido de níquel (Ni) se ajusta para ser del 10% en peso o menos.

30 El alambre de soldadura incluye hierro (Fe) e impurezas inevitables además de los elementos de aleación descritos anteriormente. Sin embargo, no se excluye la adición de otros elementos de aleación, pero no forman parte de la invención.

35 A continuación en el presente documento, se describirán más específicamente a través de los ejemplos las realizaciones de la presente descripción. Sin embargo, los siguientes ejemplos deben considerarse en un sentido descriptivo solamente y no para fin de limitación. El alcance de la presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

Mejor modo para la invención

Ejemplo 1

40 Se prepararon alambres de soldadura de arco con núcleo de fundente que tenían un diámetro de 1,2 mm. Los alambres de soldadura de arco con núcleo de fundente incluían, mediante el % en peso, carbono (C): del 0,15% al 0,8%, silicio (Si): del 0,2% al 1,2%, manganeso (Mn): del 15% al 34%, cromo (Cr): del 6% o menos, molibdeno (Mo): del 1,5% al 4%, azufre (S): del 0,02% o menos, fósforo (P): del 0,02% o menos, boro (B): del 0,01% o menos, titanio (Ti): del 0,09% al 0,5%, nitrógeno (N): del 0,001% al 0,3%, TiO_2 : del 4% al 15%, al menos uno seleccionado de SiO_2 , ZrO_2 , y Al_2O_3 : del 0,01% al 9% en contenido total, al menos uno seleccionado de potasio (K), sodio (Na), y litio (Li): del 0,5% al 1,7% en contenido total, al menos uno de flúor (F) y calcio (Ca): del 0,2% al 1,5%, y un equilibrio de hierro (Fe) e impurezas inevitables.

50 Se usó acero de alto manganeso criogénico que tenía una composición básica de $Mn_{24}C_{0.4}Cr_4Si_{0.3}$ como un metal básico, y se soldaron partes del metal básico juntas usando los alambres de soldadura de arco con núcleo de fundente. Se realizó el procedimiento de soldadura en condiciones de un gas de protección CO_2 del 100%, aproximadamente 290 A DC, aproximadamente 30 V DC, aproximadamente 31 CPM, y una entrada de calor de aproximadamente 1,7 kJ/mm. Además, una temperatura entre capas era inferior a 150°C, y una temperatura de precalentamiento era aproximadamente de 100°C para retirar solo la humedad.

55 Se analizaron las composiciones de juntas de soldadura formadas a través del procedimiento de soldadura tal como se ilustra en la tabla 1 a continuación. Además, se midieron la dureza al impacto a baja temperatura y resistencia a la tracción de las juntas de soldadura según las composiciones de las juntas de soldadura tal como se ilustra en la tabla

ES 2 753 266 T3

1 a continuación. En detalle, se realizó una prueba de impacto Charpy (a -196°C) para evaluar las propiedades mecánicas de las juntas de soldadura, y se muestran los resultados (J) de la prueba en la tabla 1 a continuación. Además, se midió la resistencia a la tracción (MPa) de las juntas de soldadura tal como se ilustra en la tabla 1 a continuación.

5

[Tabla 1]

	Composición de la junta de soldadura (% en peso)													IP (J)	RTTS
	C	Mn	Si	Cr	P	S	N	Mo	B	Ti	Ni	V+Nb+W	Y+REM		
IS1	0,12	28,2	0,65	1,95	0,011	0,007	0,1	1,67	0,002	0,05	4,7	4,32	-	28	513,4
IS2	0,58	18,1	0,52	1,87	0,013	0,008	0,001	1,52	0,001	0,04	-	2,34	-	29	480,9
IS3	0,33	20,1	0,23	0,01	0,012	0,008	0,001	1,52	0,004	0,11	5,3	1,23	-	32	448,6
CS1	0,32	18,7	0,52	6,52	0,014	0,01	0,04	2,03	0,002	0,03	5,1	-	-	14	567,7
CS2	0,75	15,2	0,52	0,02	0,021	0,023	0,001	1,75	0,001	0,01	-	-	-	Grietas	
CS3	0,58	16,2	1,23	0,03	0,014	0,005	0,001	1,72	0,001	0,03	-	-	-	Grietas	
CS4	0,58	18,4	0,42	1,78	0,012	0,006	0,002	1,65	0,001	0,04	-	-	alto	Vacíos	

IS: Muestra inventiva, CS: Muestra comparativa, IP: Propiedad de impacto, RTTS: Resistencia a la tracción a temperatura ambiente

10 Tal como se ilustra en la tabla 1 anteriormente, en el caso de las muestras inventivas 1 a 3 que tienen composiciones propuestas en la realización a modo de ejemplo de la presente descripción, las juntas de soldadura tenían un grado de dureza al impacto a baja temperatura dentro del intervalo de 28 J o mayor y un grado de resistencia a la tracción dentro del intervalo de mayor que 400 MPa.

15 Sin embargo, en el caso de la muestra comparativa 1 que tenía un contenido en cromo excesivamente alto, la junta de soldadura tenía un malo grado de dureza al impacto a baja temperatura, 14 J, aun cuando la resistencia a la tracción de la junta de soldadura era alta. En el caso de la muestra comparativa 2 que tenía un contenido en carbono excesivamente alto, se observaron grietas en la junta de soldadura tras el procedimiento de soldadura, y en el caso de la muestra comparativa 3 que tenía un contenido en silicio excesivamente alto, se formaron vacíos en la junta de soldadura. En el caso de la muestra comparativa 4 que tenía un alto contenido en elemento de tierras raras, se formaron vacíos en la junta de soldadura.

20 Ejemplo 2

25 Se prepararon alambres sólidos de soldadura de arco sumergidos que tenían un diámetro de 4,0 mm. Los alambres sólidos de soldadura de arco sumergidos incluían, mediante el % en peso, carbono (C): del 0,15% al 0,8%, silicio (Si) : del 0,5% al 1,5%, manganeso (Mn) : del 15% al 32%, cromo (Cr): del 5,5% o menos, molibdeno (Mo): del 1,5% al 3%, azufre (S) : del 0,025% o menos, fósforo (P) : del 0,025% o menos, boro (B): del 0,01% o menos, titanio (Ti): del 0,05% al 1,2%, nitrógeno (N): del 0,005% al 0,5%, y un equilibrio de hierro (Fe) e impurezas inevitables. Opcionalmente, los alambres sólidos de soldadura de arco sumergidos incluían al menos uno de tungsteno (W), niobio (Nb), y vanadio (V): del 6% en peso o menos en contenido total, el itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM): del 1% en peso o menos, y níquel (Ni): del 10% en peso o menos.

30 Se usó acero de alto manganeso criogénico que tenía una composición básica de $Mn_{24}C_{0.4}Cr_4Si_{0.3}$ como un metal básico, y se soldaron partes del metal básico juntas usando los alambres sólidos de soldadura de arco sumergidos. En la soldadura, se usó un flujo básico de alúmina. Se realizó el procedimiento de soldadura en condiciones de aproximadamente 600 A DC, aproximadamente 32 V DC, aproximadamente 29 CPM, y una entrada de calor de aproximadamente 4,0 kJ/mm. Además, una temperatura entre capas era menor que 150°C, y una temperatura de precalentamiento era aproximadamente de 100°C para retirar solo la humedad.

35 Se analizaron las composiciones de juntas de soldadura formadas a través del procedimiento de soldadura tal como se ilustra en la tabla 2 a continuación. Además, se midieron la dureza al impacto a baja temperatura y resistencia a la tracción de las juntas de soldadura según las composiciones de las juntas de soldadura tal como se ilustra en la tabla 2 a continuación. En detalle, se realizó una prueba de impacto Charpy (a -196°C) para evaluar las propiedades mecánicas de las juntas de soldadura, y se muestran los resultados (J) de la prueba en la tabla 2 a continuación. Además, se midió la resistencia a la tracción (MPa) de las juntas de soldadura tal como se ilustra en la tabla 2 a continuación.

[Tabla 2]

	Composición de la junta de soldadura (% en peso)													IP (J)	RTTS
	C	Mn	Si	Cr	P	S	N	Mo	B	Ti	Ni	V+Nb+W	Y+REM		
IS1	0,1	34,2	0,95	3,23	0,006	0,005	0,26	3,25	0,01	0,2	9,1	-	-	54	477,6
IS2	0,31	25,1	0,65	5,12	0,017	0,009	0,11	2,12	0,006	0,092	4,3	-	-	32	524,9
IS3	0,59	15,2	0,28	0,03	0,012	0,017	0,004	1,54	0,001	0,04	-	-	-	31	427,5
IS4	0,1	28,7	0,62	2,1	0,012	0,008	0,09	1,87	0,003	0,07	5,1	4,12	-	27	522,5
IS5	0,52	20,8	0,58	1,73	0,015	0,01	0,004	1,54	0,001	0,002	-	2,12	2,12	29	474,7
IS6	0,35	20,8	0,24	0,05	0,013	0,007	0,005	1,75	0,005	0,01	5,2	1,1	-	34	437,5
IS7	0,31	19,5	0,48	1,11	0,014	0,008	0,13	2,05	0,002	0,14	5,3	-	0,005	41	452,9
CS1	0,34	18,9	0,54	6,73	0,014	0,008	0,013	1,95	0,003	0,001	5,3	-	-	16	567,5
CS2	0,58	19,4	10,54	1,93	0,011	0,007	0,091	1,78	0,02	0,27	-	-	-	25	478,2
CS3	0,18	31,2	0,46	0,03	0,014	0,007	0,004	1,38	0,002	0,04	9,1	-	-	39	396,1
CS4	0,74	16,9	0,62	0,03	0,025	0,024	0,005	1,67	0,002	0,05	-	-	-	Grietas	
CS5	0,62	15,9	1,52	0,01	0,015	0,006	0,003	1,78	0,001	0,04	-	-	-	Grietas	
CS6	0,56	15,5	0,66	0,01	0,013	0,008	0,36	1,52	0,002	0,04	-	-	-	Vacíos	
CS7	0,62	18,9	0,49	1,92	0,014	0,008	0,004	1,56	0,001	0,002	-	-	0,17	Vacíos	

IS: Muestra inventiva, CS: Muestra comparativa, IP: Propiedad de impacto, RTTS: IS4 de tracción a temperatura ambiente es un ejemplo de referencia con una energía de impacto Charpy a -196°C de abajo de 28 J.

5 Tal como se ilustra en la tabla 2 anteriormente, en el caso de las muestras inventivas 1 a 3 y 5 a 7 que tiene composiciones propuestas en la realización de la presente descripción, las juntas de soldadura tenían un grado de dureza al impacto a baja temperatura dentro del intervalo de 28 J o mayor y un grado de resistencia a la tracción dentro del intervalo de 400 MPa o mayor.

10 Sin embargo, en el caso de las muestras comparativas 1 y 2 que tenían un alto contenido en cromo o boro, las juntas de soldadura tenían un malo grado de dureza al impacto a baja temperatura, 25 J, aun cuando la resistencia a la tracción de las juntas de soldadura era alta. En el caso de la muestra comparativa 3 que tenía un contenido en molibdeno excesivamente bajo, la resistencia a la tracción de la junta de soldadura era bajo, 400 MPa o menos, aun cuando la dureza al impacto a baja temperatura de la junta de soldadura era alta. En el caso de la muestra comparativa 4 que tenía cantidades excesivamente grandes de carbono (C), fósforo (P), y azufre (S), se formaron grietas en la junta de soldadura, y en el caso de la muestra comparativa 5 que tenía cantidades excesivamente grandes de carbono (C) y silicio (Si), se formaron grietas en la junta de soldadura.

15 En el caso de la muestra comparativa 6 que tenía una cantidad excesivamente grande de nitrógeno (N) y la muestra comparativa 7 que tenía cantidades excesivamente grandes de carbono (C) y un metal de las tierras raras (REM), se observaron vacíos en las juntas de soldadura tras el procedimiento de soldadura.

Ejemplo 3

20 Se prepararon alambres de soldadura de arco metálico con gas que tenían un diámetro de 1,2 mm. Los alambres de soldadura de arco metálico con gas tenían las mismas composiciones que los alambres sólidos de soldadura de arco sumergidos del ejemplo 2.

25 Se usó acero de alto manganeso criogénico que tenía una composición básica de Mn₂₄Co_{.4}Cr₄Si_{0.3} como un metal básico, y se soldaron partes del metal básico juntas usando los alambres de soldadura de arco metálico con gas. Se realizó el procedimiento de soldadura en condiciones de aproximadamente 200 A DC, aproximadamente 30 V DC, aproximadamente 40 CPM, y una entrada de calor de aproximadamente 0,9 kJ/mm. Además, una temperatura entre capas era inferior a 150°C, y una temperatura de precalentamiento era aproximadamente de 100°C para retirar solo la humedad.

30 Se analizaron las composiciones de juntas de soldadura formadas a través del procedimiento de soldadura tal como se ilustra en la tabla 3 a continuación. Además, se midieron la dureza al impacto a baja temperatura y resistencia a la tracción de las juntas de soldadura según las composiciones de las juntas de soldadura tal como se ilustra en la tabla 3 a continuación. En detalle, se realizó una prueba de impacto Charpy (a -196°C) para evaluar propiedades mecánicas

ES 2 753 266 T3

de las juntas de soldadura, y se muestran los resultados (J) de la prueba en la tabla 3 a continuación. Además, se midió la resistencia a la tracción (MPa) de las juntas de soldadura tal como se ilustra en la tabla 3 a continuación.

[Tabla 3]

	Composición de la junta de soldadura (% en peso)													IP (J)	RTTS
	C	Mn	Si	Cr	P	S	N	Mo	B	Ti	Ni	V+Nb+W	Y+REM		
IS1	0,11	32,3	0,89	3,25	0,005	0,002	0,23	2,54	0,009	0,19	8,2	-	-	53	476,9
IS2	0,32	29,8	0,62	5,52	0,018	0,01	0,12	2,23	0,005	0,12	4,5	-	-	35	518,4
IS3	0,61	14,2	0,23	0,02	0,013	0,015	0,002	1,55	0,002	0,002	-	-	-	31	424,0
IS4	0,29	19,3	0,45	1,23	0,012	0,009	0,12	2,19	0,001	0,13	5,1	-	0,06	36	463,7
CS1	0,57	18,2	0,52	1,87	0,01	0,007	0,082	1,75	0,019	0,25	-	-	-	24	480,8
CS2	0,19	32,5	0,47	0,03	0,012	0,007	0,002	1,4	0,001	0,002	8,2	-	-	42	392,1
CS3	0,57	17,2	0,57	0,02	0,013	0,006	0,35	1,54	0,002	0,002	-	-	-	Vacíos	

IS: Muestra inventiva, CS: Muestra comparativa, IP: Propiedad de impacto, RTTS: Resistencia a la tracción a temperatura ambiente

5

Tal como se ilustra en la tabla 3 anteriormente, en el caso de las muestras inventivas 1 a 4 que tenían composiciones propuestas en la realización de la presente descripción, las juntas de soldadura tenían un grado de dureza al impacto a baja temperatura dentro de un intervalo de 31 J o mayor y un grado de resistencia a la tracción dentro de un intervalo de 400 MPa o mayor.

- 10 Sin embargo, en el caso de la muestra comparativa 1 que tenía un contenido en boro excesivamente alto, la junta de soldadura tenía un malo grado de dureza al impacto a baja temperatura, 24 J, aun cuando la resistencia a la tracción de la junta de soldadura era alta. En el caso de la muestra comparativa 2 que tenía un contenido en molibdeno excesivamente bajo, la junta de soldadura tenía un malo grado de resistencia a la tracción, 392,1 MPa, aun cuando la dureza al impacto a baja temperatura de la junta de soldadura era alta.
- 15 En el caso de la muestra comparativa 3 que tenía un contenido en nitrógeno excesivamente alto, se observaron vacíos en la junta de soldadura tras el procedimiento de soldadura.

Ejemplo 4

- 20 Se prepararon los alambres de soldadura de arco con núcleo de fundente que tenían un diámetro de 1,2 mm tal como se ilustra en la tabla 4 a continuación. Se usó acero de alto manganeso criogénico que tenía una composición básica de $Mn_{24}C_{0.4}Cr_4Si_{0.3}$ como un metal básico, y se soldaron partes del metal básico juntas usando los alambres de soldadura de arco con núcleo de fundente. Se realizó el procedimiento de soldadura en condiciones de un gas de protección CO_2 del 100%, aproximadamente 290 A DC, aproximadamente 30 V DC, aproximadamente 31 CPM, y una entrada de calor de aproximadamente 1,7 kJ/mm. Además, una temperatura entre capas era inferior a 150°C, y una temperatura de precalentamiento era aproximadamente de 100°C para retirar solo la humedad.

ES 2 753 266 T3

[Tabla 4]

	Composición del alambre (% en peso)																W	IP (J)	TS	
	C	Mn	Si	Cr	P	S	N	Mo	B	Ti	Ni	A1	A2	A3	A4	A5				A6
IS 1	0.1	34	1.2	3.5	0.01	0.005	0.26	3.5	0.01	0.5	9.5	-	-	13	0.01	1.7	1.5	Buena	54	477.6
IS 2	0.3	30	0.7	5.5	0.02	0.01	0.12	2.5	0.005	0.3	4.5	-	-	9	1	1	1	Buena	35	518.4
IS 3	0.6	15	0.4	0.02	0.01	0.02	0.00	1.5	0.001	0.1	-	-	-	4	3	0.5	0.5	Buena	31	427.48
IS 4	0.1	30	0.7	2	0.01	0.01	0.09	2	0.005	0.1	5	4.5	-	15	3	1	0.6	Buena	27	522.5
IS 5	0.6	19	0.6	2	0.02	0.01	0.00	1.5	0.001	0.09	-	2.5	-	6	6	1	0.2	Buena	29	480.92
IS 6	0.3	20	0.2	0.02	0.01	0.01	0.00	1.5	0.005	0.25	5.5	1.5	-	6	3	0.5	0.5	Buena	32	448.62
IS 7	0.3	20	0.6	1.2	0.01	0.01	0.13	2.5	0.005	0.25	5.5	-	0.25	7	9	0.5	0.5	Buena	41	452.9
CS 1	0.3	20	0.6	6.5	0.01	0.01	0.04	2.5	0.005	0.1	5.5	-	-	7	5	0.5	0.5	Buena	14	567.7
CS 2	0.6	20	0.6	1.9	0.01	0.01	0.08	2	0.02	0.6	-	-	-	8	5	0.5	0.5	Buena	24	480.84
CS 3	0.2	31	0.6	0.05	0.01	0.01	0.00	1.4	0.005	0.1	9	-	-	7	5	0.5	0.5	Buena	39	396.08
CS 4	0.75	15	0.6	0.02	0.02	0.25	0.00	2	0.001	0.01	-	-	-	6	1	0.5	0.2	Mala (grietas)		
CS 5	0.6	16	1.3	0.02	0.01	0.005	0.00	2	0.001	0.03	-	-	-	7	2	1.7	0.2	Mala (grietas)		

CS	0.6	16	0.7	0.01	0.01	0.01	0.36	1.5	0.001	0.04	-	-	-	8	4	0.5	0.4	Mala (vacíos)
6				5														
CS	0.6	19	0.5	1.78	0.01	0.01	0.002	2	0.001	0.04	-	-	1.25	7	2	0.5	0.2	Mala (vacíos)
7				5			2											
CS	0.6	15	0.4	0.02	0.01	0.01	0.00	1.5	0.001	0.1	-	-	-	17	3	0.01	0.5	Imposible
8				5			4											
CS	0.6	15	0.7	5.5	0.01	0.02	0.00	1.5	0.001	0.1	-	-	-	6	10	0.01	0.5	Imposible
9							1											
CS	0.3	30	0.4	0.02	0.01	0.01	0.12	2.5	0.005	0.3	4.5	-	-	5	6	0.5	2	Imposible
10				5														

IS: Muestra Inventiva , CS: Muestra Comparativa , W: soldabilidad , IP: Propiedad de impacto , TS: Resistencia a la tracción, A1: V+Nb+W, A2: Y+REM, A3: TiO₂, A4: SiO₂+ZrO₂+Al₂O₃, A5: K+Na+Li, A6: F+Ca. IS⁴ es un ejemplo de referencia con una energía de impacto Charpy a -196°C de menos de 28 J.

Se realizó una prueba de impacto Charpy (a -196°C) para evaluar propiedades mecánicas de juntas de soldadura formadas a través del procedimiento de soldadura, y se muestran los resultados (J) de la prueba en la tabla 4 anteriormente. Además, se midió la resistencia a la tracción (MPa) de las juntas de soldadura tal como se ilustra en la tabla 4 anteriormente. Se midieron estas propiedades de las juntas de soldadura según las Normas Industriales Coreanas (KS), y se evaluó la soldabilidad de las juntas de soldadura a simple vista.

Tal como se ilustra en la tabla 4 anteriormente, en el caso de las muestras inventivas 1 a 3 y 5 a 7 (alambres de soldadura de arco con núcleo de fundente) que tenían composiciones propuestas en la realización de la presente descripción, las juntas de soldadura tenían un alto grado de soldabilidad, un grado de dureza al impacto a baja temperatura con el intervalo de 28 J o mayor, y un grado de resistencia a la tracción dentro de un intervalo de 400 MPa o mayor. Es decir, las juntas de soldadura tenían propiedades mecánicas satisfactorias.

Sin embargo, en el caso de la muestra comparativa 1 que tenía un contenido en cromo excesivamente alto, la dureza al impacto a baja temperatura de la junta de soldadura era mala, y en el caso de la muestra comparativa 2 que tenía contenido en boro y titanio fuera de los intervalos propuestos en la realización a modo de ejemplo de la presente descripción, la dureza al impacto a baja temperatura de la junta de soldadura también era mala. En el caso de la muestra comparativa 3 que tenía un contenido en molibdeno fuera del intervalo propuesto en la realización a modo de ejemplo de la presente descripción, la junta de soldadura tenía un malo grado de resistencia a la tracción, 396,08 MPa, aun cuando la dureza al impacto a baja temperatura de la junta de soldadura era alta.

Además, en el caso de las muestras comparativas 4 y 5 que tenían contenido en fósforo y azufre o silicio y titanio fuera de los intervalos propuestos en la realización a modo de ejemplo de la presente descripción, se observaron grietas en las juntas de soldadura tras el procedimiento de soldadura, y en el caso de las muestras comparativas 6 y 7 que tenían un nitrógeno o titanio fuera del intervalo propuesto en la realización a modo de ejemplo de la presente descripción, se formaron vacíos en las juntas de soldadura.

En el caso de las muestras comparativas 8 a 10 que tenían un contenido de TiO₂, SiO₂+ZrO₂+Al₂O₃, K+Na+Li, o F+Ca fuera del intervalo propuesto en la realización a modo de ejemplo de la presente descripción, se formaron grietas a una alta temperatura durante el procedimiento de soldadura, y por tanto la soldadura era imposible.

Aunque se han mostrado realizaciones a modo de ejemplo y descrito anteriormente, será evidente para los expertos en la técnica que las modificaciones y variaciones podrían realizarse sin apartarse del alcance de la presente invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Junta de soldadura de alta resistencia que tiene una resistencia a la tracción a temperatura ambiente de 400 MPa o mayor, un alto grado de dureza criogénica como se representa por una energía de impacto Charpy de 28 J o mayor a una temperatura de -196°C y se obtiene por partes de soldadura de un acero de alto manganeso de alta resistencia y criogénico, la junta de soldadura de alta resistencia que incluye, mediante % en peso, carbono (C) : del 0,1% al 0,61%, silicio (Si): del 0,23% al 1,0%, manganeso (Mn): del 14% al 35%, cromo (Cr): del 6% o menos, molibdeno (Mo): del 1,45% al 3,5%, azufre (S): del 0,02% o menos, fósforo (P) : del 0,02% o menos, boro (B) : del 0,001% al 0,01%, titanio (Ti): del 0,001% al 0,2%, nitrógeno (N): del 0,001% al 0,3%, opcionalmente: al menos uno seleccionado de tungsteno (W), niobio (Nb) y vanadio (V) en una cantidad total del 5% en peso o menos; itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM) en una cantidad del 0,1% en peso o menos; y níquel (Ni) en una cantidad del 10% en peso o menos; y un equilibrio de hierro (Fe) e impurezas inevitables.
2. Junta de soldadura de alta resistencia según la reivindicación 1, en la que el acero de alto manganeso tiene una composición básica de $Mn_{24}C_{0.4}Cr_4Si_{0.3}$.
3. Alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente para la formación de la junta de soldadura según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, el alambre de soldadura de arco con núcleo de fundente que incluye,% en peso, carbono (C) : del 0,15% al 0,8%, silicio (Si): del 0,2% al 1,2%, manganeso (Mn): del 15% al 34%, cromo (Cr) : del 6% o menos, molibdeno (Mo): del 1,5 % al 4%, azufre (S): del 0,02% o menos, fósforo (P): del 0,02% o menos, boro (B): del 0,01% o menos, titanio (Ti): del 0,09% al 0,5%, nitrógeno (N): del 0,001% al 0,3%, TiO_2 : del 4% al 15%, al menos uno seleccionado de SiO_2 , ZrO_2 , y Al_2O_3 : del 0,01% al 9% en contenido total, al menos uno seleccionado de potasio (K), sodio (Na), y litio (Li): del 0,5% al 1,7% en contenido total, al menos uno de flúor (F) y calcio (Ca): del 0,2% al 1,5%, opcionalmente: al menos uno seleccionado de tungsteno (W), niobio (Nb), y vanadio (V) en una cantidad total del 5% en peso o menos; itrio (Y) y/o un metal de las tierras raras (REM) en la cantidad del 1% en peso o menos; y níquel (Ni) en una cantidad del 10% en peso o menos; y un equilibrio de hierro (Fe) e impurezas inevitables.