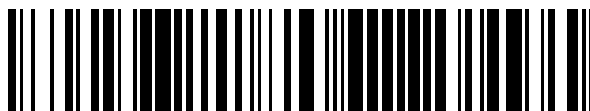


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 904 627**

51 Int. Cl.:

B23K 35/30	(2006.01)	C22C 38/40	(2006.01)
B23K 35/362	(2006.01)	C22C 38/42	(2006.01)
B23K 35/368	(2006.01)	C22C 38/44	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/46	(2006.01)
C22C 38/08	(2006.01)	C22C 38/48	(2006.01)
B23K 35/02	(2006.01)		
B23K 35/36	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/12	(2006.01)		
C22C 38/16	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.09.2017 PCT/JP2017/031694**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.03.2018 WO18051823**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2017 E 17850726 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.01.2022 EP 3513901**

54 Título: **Alambre para soldadura por electroescoria, fundente para soldadura por electroescoria y junta soldada**

30 Prioridad:

13.09.2016 JP 2016178802
21.02.2017 JP 2017030282

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.04.2022

73 Titular/es:

KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBESTEEL, LTD.) (100.0%)
2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome Chuo-ku Kobe-shi, Hyogo 651-8585, JP

72 Inventor/es:

ISHIZAKI KEITO;
YUAN YIMIN;
NAKO HIDENORI;
SUGIMURA TOMOKO y
OKAZAKI YOSHITOMI

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 904 627 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

Alambre para soldadura por electroescoria, fundente para soldadura por electroescoria y junta soldada

- 5 La presente invención se refiere a un alambre para su uso en soldadura por electroescoria de acero al Ni al 5-10 % que es un acero para servicio criogénico que se aplicará a un tanque para almacenar gas natural licuado o similares a una baja temperatura o a una planta química que utiliza el mismo gas, a un fundente para su uso en la misma soldadura, y a un método para producir una junta de soldadura utilizando estos materiales de soldadura.
- 10 El acero al Ni al 9 % tiene una alta resistencia y una excelente tenacidad a una temperatura ultrabaja tal como una temperatura de nitrógeno líquido (-196 °C). Por lo tanto, el acero al Ni al 9 % se utiliza generalmente como metal base para la fabricación, mediante soldadura, de tanques de almacenamiento de gas natural licuado (GNL) y similares a baja temperatura. Se requiere que estos tanques de almacenamiento tengan una excelente tenacidad criogénica en un intervalo de temperatura de -162 °C o menos, que es un intervalo de temperatura de un líquido tal como GNL. Por lo tanto, también se requiere que un metal de soldadura (es decir, porción de soldadura) de una
- 15 junta de soldadura formada al soldar un acero al Ni al 9 % tenga una excelente tenacidad criogénica similar.

En los antecedentes de la técnica, se ha utilizado un método de soldadura tal como soldadura por arco revestido, soldadura por arco sumergido o soldadura GIT (gas inerte de tungsteno) automática utilizando un material de

20 soldadura a base de Ni para una soldadura del acero al Ni al 9 %. Un metal de soldadura obtenido mediante estos métodos de soldadura es excelente en cuanto a tenacidad criogénica, pero inferior en cuanto a resistencia que el acero al Ni al 9 % como metal base. Por tanto, existe el problema de que el espesor de la chapa de diseño para una estructura ha de aumentarse de acuerdo con la resistencia de una porción de metal de soldadura a base de Ni. Por otro lado, las empresas siderúrgicas han promovido la reducción de la cantidad de Ni en el acero para servicio criogénico, y han investigado para poner en práctica acero al Ni al 7 % o acero al Ni al 5 %.

25

Las bibliografías de patente 1 a 4 proponen alambres macizos de soldadura o alambres con núcleo de fundente de soldadura por arco protegido con gas para un acero para servicio criogénico. De acuerdo con cada una de las

30 presentes invenciones, el gasto calorífico es de aproximadamente 1,4 a 2,2 kJ/mm con una eficiencia mejorada por soldadura por arco protegido con gas utilizando gas Ar puro o gas Ar que contiene 2 % o menos de oxígeno, gas dióxido de carbono o gas He, en comparación con la soldadura GIT. Sin embargo, se desea un método de operación con mayor eficiencia.

El documento JP H11-138290 A describe un método de soldadura y un material de soldadura. El documento JP S50-071529 A describe un método de soldadura por electroescoria para hierro fundido y un material de soldadura

35 utilizado para ello. El documento JP S60-111793 A describe un fundente para soldadura por acumulación con electroescoria utilizando un electrodo tipo correa. El documento JP S55-165294 A describe un fundente para soldadura por acumulación con electroescoria horizontal mediante un electrodo con forma de tira. El documento JP 2008-183570 A describe un fundente para soldadura por acumulación con electroescoria.

40

Bibliografía de patente 1: JP-A-2015-9247
 Bibliografía de patente 2: JP-A-2016-20004
 Bibliografía de patente 3: JP-A-2016-93823
 Bibliografía de patente 4: Patente japonesa n.º 5880662

45

Un objeto de la presente invención es proporcionar una junta de soldadura que tenga una alta eficiencia, por ejemplo, una cantidad de gasto calorífico de 10 kJ/mm o más, y que incluya un metal de soldadura excelente en cuanto a propiedades mecánicas tales como propiedades de resistencia y criogénicas.

50 Los presentes inventores investigaron un método de operación de soldadura de alta eficiencia capaz de obtener propiedades mecánicas predeterminadas en una junta de metal de soldadura utilizando un material de soldadura como se reivindica para soldar un acero al Ni de 5 a 10 % por soldadura por electroescoria. Como resultado, el presente inventor *et al.* descubrió un alambre de soldadura por electroescoria y un fundente capaces de soldar con alta eficiencia una cantidad de gasto calorífico de 10,0 kJ/mm o más y capaces de obtener propiedades mecánicas

55 predeterminadas, y un sistema de componentes químicos de metal de soldadura utilizando el alambre y el fundente.

Es decir, el alambre de soldadura por electroescoria de acuerdo con la presente invención capaz de resolver el problema mencionado anteriormente es un alambre de soldadura por electroescoria que contiene, en % en masa en función de la masa total del alambre:

60

C: más de 0 % y 0,07 % o menos;
 Si: más de 0 % y 0,50 % o menos;
 Mn: más de 0 % y 1,0 % o menos;
 Ni: de 6,0 a 15,0 %;

65

Fe: 79 % o más, y
 opcionalmente al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B, y que

cumple la siguiente relación (2):

$$0,150 \leq C + Si/30 + W/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + Nb/10 + V/10 + 5xB \leq 0,300 \quad (2),$$

5 conteniendo el alambre de soldadura por electroescoria opcionalmente además al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Ca, Mg, REM, Zr, Al y Ti y que cumple la siguiente relación (3):

$$0,001 \leq 1,6(Ca+Mg) + 1,25(REM+Zr) + Al + 0,8Ti \leq 0,70 \quad (3),$$

10 y
opcionalmente, cuando el alambre es un alambre con núcleo de fundente, conteniendo el fundente:
un fundente a base de metal que cumple los intervalos mencionados anteriormente de la composición; y
un agente formador de escoria en una cantidad superior a 0 % y no superior a 15 % en función de la masa total
del alambre,
15 donde el agente formador de escoria contiene al menos uno seleccionado del grupo que consiste en SiO₂, CaO,
CaF₂, BaF₂, MgO, Al₂O₃, MnO, TiO₂, ZrO₂, FeO, Na₂O, K₂O, y BaO, y cumple la siguiente relación (4):

$$(CaO + CaF_2 + BaF_2 + MgO + BaO + Na_2O + K_2O) / (SiO_2 + 0,5(Al_2O_3 + TiO_2 + ZrO_2 + MnO + FeO)) \geq 1,00 \quad (4)$$

20 donde el lado izquierdo es tomado como >100 cuando el agente formador de escoria no contiene ninguno de
SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂, MnO ni FeO,
el resto del alambre de soldadura por electroescoria siendo impurezas inevitables.

25 De acuerdo con una realización preferente de la presente invención, el alambre de soldadura por electroescoria es
un alambre macizo o un alambre con núcleo de fundente.

De acuerdo con una realización preferente de la presente invención, el alambre ha sido bañado en Cu.

30 De acuerdo con la presente invención, se proporciona además el uso de un fundente agregado adicionalmente para
compensar una escoria fundida que se reduce con el avance de la soldadura durante la soldadura por electroescoria
junto con uno cualquiera de los alambres de soldadura por electroescoria mencionados anteriormente, conteniendo
el fundente adicional en % en masa:

35 SiO₂: de 0 a 35 %;
CaO: de 5 a 60 %;
CaF₂: de 3 a 50 %;
BaF₂: de 0 a 20 %;
MgO: de 0 a 20 %;
40 Al₂O₃: de 0 a 65 %;
MnO: de 0 a 20 %;
TiO₂: de 0 a 10 %;
ZrO₂: de 0 a 10 %;
FeO: de 0 a 5 %;
45 Na₂O: de 0 a 10 %;
K₂O: de 0 a 10 %;
BaO: de 0 a 20 %, y

el resto siendo impurezas inevitables, y
el fundente cumpliendo la siguiente relación (5):

$$50 \quad (CaO + CaF_2 + BaF_2 + MgO + BaO + Na_2O + K_2O) / (SiO_2 + 0,5(Al_2O_3 + TiO_2 + ZrO_2 + MnO + FeO)) \geq 1,00 \quad (5)$$

El lado izquierdo es tomado como > 100 cuando el agente formador de escoria no contiene ninguno de SiO₂, Al₂O₃,
TiO₂, ZrO₂, MnO ni FeO.

55 Adicionalmente, se proporciona un método para producir una junta de soldadura utilizando uno cualquiera de los
alambres de soldadura por electroescoria mencionados anteriormente y el fundente para soldadura por
electroescoria que tiene la composición mencionada anteriormente, y una chapa de acero que contiene de 5 a 10 %
de Ni como material base,

60 donde un metal de soldadura en la junta de soldadura contiene, en % en masa:

65 C: más de 0 % y 0,07 % o menos;
Si: más de 0 % y 0,50 % o menos;
Mn: más de 0 % y 1,0 % o menos; y
Ni: de 6,0 a 15,0 %,

opcionalmente al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B, opcionalmente O: 0 % o más, y 0,025 % o menos; y opcionalmente N: 0 % o más, y 0,010 % o menos, con el resto consistiendo en Fe; Ca, Mg, REM, Al, Zr y Ti parcialmente dejados como escoria formada a partir del agente formador de escoria; e impurezas inevitables, y donde el metal de soldadura cumple la siguiente relación (7):

$$0,150 \leq C + Si/30 + W/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + Nb/10 + V/10 + 5xB \leq 0,300 \quad (7)$$

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar una junta de soldadura con un metal de soldadura excelente en cuanto a resistencia y tenacidad criogénica incluso en una soldadura con alto gasto calorífico, por ejemplo, con una cantidad de gasto calorífico de 10 kJ/mm o más.

[FIG. 1] La FIG. 1 es una vista de una configuración esquemática de una soldadura de bisel en los Ejemplos.

Con el fin de resolver el problema anterior, los presentes inventores llevaron a cabo una investigación mediante el uso de soldadura por electroescoria, que no había sido examinada en la técnica anterior, como soldadura de alto gasto calorífico utilizando un material de soldadura con aproximadamente de 6,0 a 15,0 % de Ni. Como resultado, los presentes inventores descubrieron que una junta de soldadura con un metal de soldadura excelente en cuanto a resistencia y tenacidad criogénica puede obtenerse a pesar de una soldadura de alto gasto calorífico, por ejemplo, con una cantidad de gasto calorífico de 10 kJ/mm o más mediante el uso de un material de soldadura que tiene componentes ajustados adecuadamente. Por tanto, los presentes inventores han completado la presente invención.

Aquí, la soldadura por electroescoria es un método en el que se agrega un alambre de soldadura en un baño de escoria fundida para que un metal base y el alambre de soldadura se fundan utilizando principalmente calor de Joule de la escoria fundida como fuente de calor. Mediante la soldadura por electroescoria, la soldadura vertical de una estructura que tiene un gran espesor de chapa en un campo de la construcción naval, maquinaria industrial, o similares puede realizarse en una sola pasada. La soldadura vertical de una estructura de este tipo se ha realizado mediante soldadura por arco con electrogás en la técnica anterior. Sin embargo, ha habido un problema en un entorno de trabajo para los trabajadores de la soldadura, tal como calor irradiado por un arco, humos, salpicaduras, etc. Además, hay otro problema que, cuando el espesor de la chapa aumenta, la protección puede deteriorarse para degradar el rendimiento mecánico de una porción de soldadura.

Por otro lado, de acuerdo con la soldadura por electroescoria, un alambre y un metal base se funden no por un arco expuesto como en la soldadura por arco con electrogás, sino por el calor generado en la escoria fundida. Por tanto, no se genera calor irradiado por el arco, y se reduce la generación de humos o salpicaduras. Como resultado, se mejora el entorno de trabajo. Adicionalmente, el metal de soldadura está protegido de la atmósfera por la escoria fundida. Por tanto, no se necesita gas de protección. Incluso cuando el espesor de la chapa aumenta, no hay preocupación alguna de que el efecto de protección se deteriore. Independientemente del espesor de la chapa, puede evitarse de manera eficaz que el nitrógeno y similares en la atmósfera entren en el metal fundido. Por tanto, es menos probable que el deterioro mecánico del metal de soldadura ocurra.

En la presente descripción, el alambre de soldadura por electroescoria se denomina a veces simplemente como alambre.

La presente invención se describe a continuación con detalle. Aquí, a menos que se indique específicamente de otro modo, % denota % en masa. Adicionalmente, "-" denota un intervalo del valor límite inferior o más y el valor límite superior o menos.

(Alambre de soldadura por electroescoria)

El alambre de soldadura por electroescoria de acuerdo con la presente invención contiene los siguientes componentes. En la presente invención, se utiliza preferentemente un alambre con núcleo de fundente como se describirá más adelante. En este caso, cada componente del alambre de soldadura por electroescoria se describe como porcentaje en masa del componente contenido en el alambre con núcleo de fundente con respecto a la masa total del alambre con núcleo de fundente. La masa total del alambre con núcleo de fundente es un total de la masa de un fleje y la masa de un fundente.

C: más de 0 % y 0,07 % o menos

El C es un elemento que refuerza una solución sólida y forma un compuesto para contribuir así a asegurar la resistencia. Con el fin de ejercer eficazmente el efecto mencionado anteriormente, el contenido de C es preferentemente de 0,003 % o más. Sin embargo, cuando se añade una cantidad excesiva de C, el número de partículas de compuesto aumenta de modo que las partículas de compuesto actúan como puntos de partida de formación de vacíos en una prueba de charpy. Por tanto, la tenacidad criogénica se deteriora. Por lo tanto, el contenido de C es de 0,07 % o menos. El contenido de C es preferentemente de 0,05 % o menos.

ES 2 904 627 T3

Si: más de 0 % y 0,50 % o menos

5 El Si es un elemento desoxidante, que tiene un efecto de reducir la concentración de oxígeno en el metal de soldadura para mejorar así la tenacidad criogénica. Con el fin de ejercer eficazmente el efecto mencionado anteriormente, el contenido de Si es preferentemente de 0,003 % o más. Sin embargo, una adición excesiva de Si provoca un aumento excesivo de la resistencia. Por tanto, la tenacidad criogénica se deteriora. Por lo tanto, el contenido de Si es de 0,50 % o menos. El contenido de Si es preferentemente de 0,40 % o menos.

10 Mn: más de 0 % y 1,0 % o menos

15 El Mn es un elemento que refuerza una solución sólida para contribuir así a asegurar la resistencia. Cuando el contenido de Mn es insuficiente, no se puede obtener una resistencia predeterminada. Por lo tanto, el contenido de Mn es preferentemente de 0,01 % o más. Sin embargo, una adición excesiva de Mn provoca un aumento excesivo de la resistencia. Por tanto, la tenacidad criogénica se deteriora. Por lo tanto, el contenido de Mn es de 1,0 % o menos. El contenido de Mn es preferentemente de 0,9 % o menos.

Ni: 6,0-15,0 %

20 El Ni es un elemento esencial para asegurar la tenacidad a baja temperatura. El contenido de Ni es de 6,0 % o más. El contenido de Ni es preferentemente de 7,0 % o más. Sin embargo, una adición excesiva de Ni provoca un aumento de la resistencia. Por tanto, la tenacidad criogénica se deteriora. Por lo tanto, el contenido de Ni es de 15,0 % o menos. El contenido de Ni es preferentemente de 14,0 % o menos.

25 Fe: 79 % o más

30 El Fe es un componente básico como ocurre en el caso de un metal base a unir. Con el fin de asegurar la continuidad de los componentes de una junta compuesta por el metal base y el metal de soldadura, el contenido de Fe es de 79 % o más. Cuando el contenido de Fe es inferior a 79 %, es necesario añadir otro componente de aleación o un agente formador de escoria superior a una cantidad determinada. Como resultado, la resistencia del metal de soldadura es excesiva de modo que la tenacidad criogénica se deteriora. El contenido de Fe es preferentemente de 82 % o más.

35 Aunque los efectos de los componentes respectivos se han descrito anteriormente, existe el caso de que las propiedades mecánicas requeridas no se cumplan incluso cuando los contenidos de los componentes están dentro de sus intervalos de componentes especificados. Por lo tanto, los presentes inventores llevaron a cabo investigaciones y exámenes más profundos. Como resultado, los presentes inventores descubrieron la relación (1) entre los componentes de la aleación que impide el engrosamiento de una estructura de un metal de soldadura y que obtiene una estructura fina para cumplir así las propiedades mecánicas en una soldadura por electroescoria de alto gasto calorífico. Cada componente, tal como C o Si en la relación (1) designa el contenido (% en masa) del componente con respecto a la masa total del alambre, pero su unidad no se muestra en la relación (1). Lo mismo se aplica a las relaciones (2) y (3) que se describen más adelante.

$$0,150 \leq C + Si/30 + Mn/20 + Ni/60 \leq 0,300 \quad (1)$$

45 Cuando el parámetro de la relación (1) es inferior a 0,150, no se puede obtener una resistencia predeterminada. El parámetro de la relación (1) es preferentemente de 0,160 o más, y más preferentemente de 0,170 o más. Por otro lado, cuando el parámetro de la relación (1) es superior a 0,300, la resistencia del metal de soldadura es excesiva de modo que la tenacidad criogénica se deteriora. El parámetro de la relación (1) es preferentemente de 0,290 o menos, y más preferentemente de 0,280 o menos.

50 De la misma manera, existe el caso de que las propiedades mecánicas requeridas no se cumplan a pesar de los intervalos de componentes especificados. Por lo tanto, los presentes inventores llevaron a cabo investigaciones y exámenes más profundos adicionales. Como resultado, los presentes inventores descubrieron la relación (2) entre los componentes de la aleación que impide el engrosamiento de una estructura de un metal de soldadura y que obtiene una estructura fina para cumplir así las propiedades mecánicas en una soldadura por electroescoria de alto gasto calorífico utilizando un alambre que contiene al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B.

$$60 \quad 0,150 \leq C + Si/30 + W/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + Nb/10 + V/10 + 5xB \leq 0,300 \quad (2)$$

65 Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B son elementos que contribuyen a asegurar la resistencia. Cuando el parámetro de la relación (2) es inferior a 0,150, no se puede obtener una resistencia predeterminada. El parámetro de la relación (2) es preferentemente de 0,160 o más, y más preferentemente de 0,170 o más. Por otro lado, cuando el parámetro de la relación (2) es superior a 0,300, la resistencia del metal de soldadura es excesiva de modo que la tenacidad criogénica se deteriora. El parámetro de la relación (2) es preferentemente de 0,290 o menos, y más

preferentemente de 0,280 o menos.

Los intervalos más preferibles de los contenidos mencionados anteriormente de Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B se describen a continuación.

5 Intervalos más preferibles:

10 Cu: 0,45 % o menos
 Cr: 0,50 % o menos
 Mo: 0,55 % o menos
 W: 0,50 % o menos
 Nb: 0,20 % o menos
 V: 0,20 % o menos
 B: 0,01 % o menos

15 Adicionalmente, es preferible contener además al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Ca, Mg, REM, Zr, Al y Ti, y cumplir la relación:

$$0,001 \leq 1,6(\text{Ca} + \text{Mg}) + 1,25(\text{REM} + \text{Zr}) + \text{Al} + 0,8\text{Ti} \leq 0,70 \quad (3)$$

20 Ca, Mg, REM, Zr, Al y Ti son elementos desoxidantes, que tienen un efecto de reducir la concentración de oxígeno en el metal de soldadura para mejorar así la tenacidad criogénica. Con el fin de ejercer tal efecto de manera eficaz, el parámetro de la relación (3) es preferentemente de 0,001 o más. Sin embargo, en el caso de una soldadura de alto gasto calorífico con una gran cantidad de gasto calorífico como en la presente invención, la velocidad de enfriamiento después de la soldadura es tan baja que el engrosamiento tiende a continuar debido a la agregación o coalescencia de óxidos, como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, una adición excesiva aumenta los óxidos gruesos. Con el fin de asegurar la tenacidad criogénica, el parámetro de la relación (3) es preferentemente de 0,70 o menos. Adicionalmente, el parámetro de la relación (3) es más preferentemente de 0,10 o más.

30 Los intervalos más preferibles de los contenidos mencionados anteriormente de Ca, Mg, REM, Zr, Al y Ti se describen a continuación. Intervalos más preferibles:

35 Ca: 0,0005-0,20 %;
 Mg: 0,0005-0,20 %;
 REM: 0,001-0,20 %;
 Zr: 0,001-0,15 %;
 Al: 0,001-0,20 %;
 Ti: 0,001-0,10 %

40 El resto del alambre de soldadura por electroescoria de acuerdo con la presente invención consiste en impurezas inevitables. Ejemplos de impurezas inevitables incluyen P, S, As, Sb, Sn, Bi, O, N, etc.

45 Es preferible que el alambre de soldadura por electroescoria de acuerdo con la presente invención tenga una superficie bañada con Cu con el fin de mejorar la conductividad eléctrica. La cantidad de revestimiento de Cu es preferentemente de 0,10 % o más y de 0,30 o menos.

50 El alambre de soldadura por electroescoria de acuerdo con la presente invención puede ser bien un alambre macizo o un alambre con núcleo de fundente. De ellos, el alambre con núcleo de fundente es un alambre en el que el interior de una envoltura (en lo sucesivo también denominada fleje) está lleno de fundente. Los componentes del alambre con núcleo de fundente pueden diseñarse fácilmente. Adicionalmente, el alambre con núcleo de fundente es excelente en cuanto a la velocidad de deposición, eficiencia de deposición, etc.

55 La composición del fleje mencionado anteriormente no está particularmente limitada siempre que la composición del alambre con núcleo de fundente esté dentro de los intervalos mencionados anteriormente.

Los fundentes de los alambres con núcleo de fundente se clasifican a grandes rasgos en los basados en óxido/flúor y los basados en metal. Los alambres con núcleo de fundente a base de metal se denominan en ocasiones alambres con núcleo de metal (CNM).

60 La relación de llenado de fundente del alambre con núcleo de fundente es preferentemente de 5-25 %. Fuera de ese intervalo, surge un problema tal como el deterioro de la trabajabilidad. Aquí, la relación de llenado de fundente se define como una relación de la masa del fundente con la que se llena el fleje a la masa total del alambre. La masa total del alambre es un total de la masa del fleje y la masa del fundente.

65 Los fundentes del alambre con núcleo de fundente se clasifican a grandes rasgos en los basados en óxido/flúor y los basados en metal. El fundente a base de metal cumple los intervalos mencionados anteriormente de la composición

del alambre. El fundente a base de óxido/flúor (es decir, el agente formador de escoria) está contenido en una cantidad superior a 0 % y 15 % o menos con respecto a la masa total del alambre. El fundente a base de óxido/flúor contiene al menos uno seleccionado del grupo que consiste en SiO₂, CaO, CaF₂, BaF₂, MgO, Al₂O₃, MnO, TiO₂, ZrO₂, FeO, Na₂O, K₂O, y BaO, y cumple la siguiente relación (4). Cada componente tal como CaO o CaF₂ en la relación (4) designa el contenido (% en masa) del componente con respecto a la masa total del alambre.

$$(CaO+CaF_2+BaF_2+MgO+BaO+Na_2O+K_2O)/(SiO_2+0,5(Al_2O_3+TiO_2+ZrO_2+MnO+FeO))\geq 1,00 \quad (4)$$

El lado izquierdo es tomado como >100 cuando el agente formador de escoria no contiene ninguno de SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂, MnO ni FeO.

Cuando se utiliza el agente formador de escoria, el agente formador de escoria se funde y se forma en escoria durante una soldadura por electroescoria, de manera que la escoria protege el metal fundido y evita que el nitrógeno y el oxígeno entren en el metal fundido desde la atmósfera. Además, cuando el agente formador de escoria se regula dentro del intervalo de la relación de composición (4), se reduce el contenido de oxígeno en el metal de soldadura y se mejora la tenacidad criogénica. El parámetro de la relación (4) es preferentemente de 1,00 o más, y más preferentemente de 1,30 o más. En el agente formador de escoria, carbonato tal como CaCO₃, BaCO₃ o MgCO₃ puede ser utilizado como carga de fundente para llenarse en el fundente. Sin embargo, el carbonato se descompone por el calor durante la soldadura para generar de este modo gas CO₂ y aumentar el contenido de oxígeno en el metal de soldadura para afectar así a la tenacidad criogénica. Es preferible no utilizar ningún carbonato como carga de fundente. Cuando se utiliza carbonato, el parámetro de la relación (4) se calcula teniendo en cuenta la descomposición térmica del carbonato, de modo que una cantidad correspondiente a CO₂ se excluye del peso actual del carbonato. Es decir, los contenidos de CaCO₃, BaCO₃ y MgCO₃ se convierten en los contenidos de CaO, BaO y MgO, respectivamente.

Un método para fabricar el alambre con núcleo de fundente no está particularmente limitado, pero puede ser fabricado por un proceso general. Por ejemplo, el alambre con núcleo fundente se fabrica de la siguiente manera. Es decir, se forma un fleje de acero blando en una forma de U. El fleje en forma de U se llena con fundente, y luego se moldea en una forma cilíndrica llena internamente con el fundente. El fleje lleno de fundente se estira para que tenga el diámetro deseado.

(Fundente)

Durante la soldadura por electroescoria, se agrega fundente adicionalmente para compensar una escoria fundida que se reduce con el avance de la soldadura. Este fundente se denomina simplemente como fundente en la presente descripción. En la soldadura por electroescoria, con el avance de la soldadura, el metal fundido se enfría y se convierte en un metal de soldadura, y una parte de un baño de escoria fundida se convierte en una capa de escoria fundida. Con el avance de la soldadura, la capa de escoria fundida se enfría y se convierte en escoria solidificada. Por tanto, la escoria fundida se consume. El fundente se utiliza para compensar la reducción del baño de escoria fundida. El fundente se clasifica, a grandes rasgos, en fundente de fusión y fundente de unión (es decir, cocido). El fundente de fusión se fabrica fundiendo y triturando diversas materias primas en un horno eléctrico o similares. Por otro lado, el fundente cocido se fabrica de la siguiente manera. Es decir, varias materias primas se unen con un aglutinante tal como silicato alcalino, se granulan y luego se cuecen. El fundente cocido a veces utiliza el carbonato mencionado anteriormente como materia prima. Sin embargo, el carbonato se descompone por el calor durante la soldadura para generar de este modo gas CO₂ y aumentar el contenido de oxígeno en el metal de soldadura para afectar así a la tenacidad criogénica. Por lo tanto, es preferible utilizar el fundente de fusión.

El fundente a utilizar en la presente invención tiene la siguiente composición.

SiO₂: 0-35 %

El SiO₂ es un componente ácido, que es un componente para ajustar la viscosidad y el punto de fusión de la escoria fundida. En la presente invención, la viscosidad y el punto de fusión pueden ajustarse mediante otros componentes. Por tanto, el SiO₂ no tiene que estar necesariamente contenido. Por otro lado, en caso de que vaya contenido, cuando el contenido de SiO₂ es superior a 35 %, la viscosidad de la escoria fundida es alta, lo que provoca falta de penetración. El contenido de SiO₂ es de 35 % o menos, y preferentemente de 30 % o menos.

CaO: 5-60 %

El CaO es un componente básico, que es un componente eficaz para ajustar la viscosidad y el punto de fusión de la escoria fundida, y que también es muy eficaz para reducir el contenido de oxígeno en el metal de soldadura. Cuando el contenido de CaO es inferior a 5 %, el contenido de oxígeno en el metal de soldadura aumenta. Por lo tanto, el contenido de CaO es de 5 % o más, y preferentemente de 10 % o más. Sin embargo, cuando el contenido de CaO es superior a 60 %, se producen entalladuras y marañas de escoria. Por lo tanto, el contenido de CaO es de 60 % o menos, y preferentemente de 55 % o menos.

CaF₂: 3-50 %

5 El CaF₂ es también un componente básico, que es un componente eficaz para ajustar la viscosidad y el punto de fusión de la escoria fundida, y que también tiene un alto efecto de reducción del contenido de oxígeno en el metal de soldadura. Cuando el contenido de CaF₂ es inferior a 3 %, el contenido de oxígeno en el metal de soldadura aumenta. Por lo tanto, el contenido de CaF₂ es de 3 % o más, y preferentemente de 5 % o más. Sin embargo, cuando el contenido de CaF₂ es superior a 50 %, tienden a producirse entalladuras y marañas de escoria, y la soldadura es inestable debido al gas flúor que se genera durante la soldadura. Por lo tanto, el contenido de CaF₂ es de 50 % o menos, y preferentemente de 45 % o menos.

10

BaF₂: 0-20 %

15 El BaF₂ es también un componente básico, que es un componente eficaz para ajustar la viscosidad y el punto de fusión de la escoria fundida, y que también tiene un alto efecto de reducción del contenido de oxígeno en el metal de soldadura. En la presente invención, la viscosidad y el punto de fusión, y además el contenido de oxígeno en el metal de soldadura pueden ajustarse mediante otros componentes. Por tanto, el BaF₂ no tiene que estar necesariamente contenido. Por otro lado, en caso de que vaya contenido, cuando el contenido de BaF₂ es superior a 20 %, el punto de fusión de la escoria fundida es tan bajo que la viscosidad es insuficiente. Por tanto, la escoria fundida se descarga con demasiada facilidad de entre un soporte de cobre deslizante y el metal de soldadura. Como resultado, el metal de soldadura que no puede ser retenido por la escoria fundida se quema. Por lo tanto, el contenido de BaF₂ es de 20 % o menos, y preferentemente de 15 % o menos.

20

MgO: 0-20 %

25 El MgO es también un componente básico, que es un componente eficaz para ajustar la viscosidad y el punto de fusión de la escoria fundida. En la presente invención, la viscosidad y el punto de fusión pueden ajustarse mediante otros componentes. Por tanto, el MgO no tiene que estar necesariamente contenido. Por otro lado, en caso de que vaya contenido, cuando el contenido de MgO es superior a 20 %, el punto de fusión de la escoria fundida es tan alto que la viscosidad también es lo suficientemente alta como para provocar una falta de penetración de la junta. Por lo tanto, el contenido de MgO es de 20 % o menos, y preferentemente de 15 % o menos.

30

Al₂O₃: 0-65 %

35 Al₂O₃ es un componente eficaz para ajustar la viscosidad y el punto de fusión de la escoria fundida. En la presente invención, la viscosidad y el punto de fusión pueden ajustarse mediante otros componentes. Por tanto, el Al₂O₃ no tiene que estar necesariamente contenido. Por otro lado, en caso de que vaya contenido, cuando el contenido de Al₂O₃ es superior a 65 %, la viscosidad de la escoria fundida es alta, lo que provoca falta de penetración. Por lo tanto, el contenido de Al₂O₃ es de 65 % o menos, y preferentemente de 60 % o menos.

40 Adicionalmente, el contenido de Al₂O₃ es preferentemente de 3 % o más.

MnO: 0-20 %

45 MnO es un componente eficaz para ajustar la viscosidad y el punto de fusión de la escoria fundida. En la presente invención, la viscosidad y el punto de fusión pueden ajustarse mediante otros componentes. Por tanto, el MnO no tiene que estar necesariamente contenido. Por otro lado, en caso de que vaya contenido, cuando el contenido de MnO es superior a 20 %, el punto de fusión de la escoria fundida es tan bajo que la viscosidad es insuficiente. Por tanto, la escoria fundida se descarga con demasiada facilidad de entre el soporte de cobre deslizante y el metal de soldadura. Como resultado, el metal de soldadura que no puede ser retenido por la escoria fundida se quema. Por lo tanto, el contenido de MnO es de 20 % o menos, y preferentemente de 15 % o menos.

50

TiO₂: 0-10 % y ZrO₂: 0-10 %

55 El TiO₂ y ZrO₂ son componentes eficaces para ajustar el punto de fusión de la escoria fundida. En la presente invención, el punto de fusión puede ajustarse mediante otros componentes. Por tanto, el TiO₂ y ZrO₂ no tienen que estar necesariamente contenidos. Por otro lado, en caso de que vaya contenido, cuando el contenido de cada uno de TiO₂ y ZrO₂ es superior a 10 %, la viscosidad aumenta repentinamente cerca del punto de fusión, de modo que es fácil que se produzca una maraña de escoria. Por lo tanto, el contenido de cada uno de TiO₂ y ZrO₂ es de 10 % o menos, y preferentemente de 5 % o menos.

60

FeO: 0-5 %

65 El FeO es un componente eficaz para ajustar la viscosidad y el punto de fusión de la escoria fundida, y también es muy eficaz para reducir el contenido de oxígeno en el metal de soldadura. En la presente invención, la viscosidad y el punto de fusión pueden ajustarse mediante otros componentes. Por tanto, el FeO no tiene que estar necesariamente contenido. Por otro lado, en caso de que vaya contenido, cuando el contenido de FeO es superior a

5 %, la escoria generada en una superficie de cordón tiende a agarrarse en ella. Por lo tanto, el contenido de FeO es de 5 % o menos, y preferentemente de 3 % o menos.

Na₂O: 0-10 %

5 El Na₂O es un componente muy eficaz para ajustar la viscosidad de la escoria fundida. En la presente invención, la viscosidad y el punto de fusión pueden ajustarse mediante otros componentes. Por tanto, el Na₂O no tiene que estar necesariamente contenido. Por otro lado, en caso de que vaya contenido, cuando el contenido de Na₂O es superior a 10 %, el punto de fusión de la escoria fundida es tan bajo que la viscosidad es insuficiente. Por tanto, la escoria fundida se descarga con demasiada facilidad de entre el soporte de cobre deslizante y el metal de soldadura. Como resultado, el metal de soldadura que no puede ser retenido por la escoria fundida se quema. Por lo tanto, el contenido de Na₂O es de 10 % o menos, y preferentemente de 7 % o menos.

15 K₂O: 0-10 %

15 El K₂O es un componente muy eficaz para ajustar la viscosidad de la escoria fundida. En la presente invención, la viscosidad y el punto de fusión pueden ajustarse mediante otros componentes. Por tanto, el K₂O no tiene que estar necesariamente contenido. Por otro lado, en caso de que vaya contenido, cuando el contenido de K₂O es superior a 10 %, el punto de fusión de la escoria fundida es tan bajo que la viscosidad es insuficiente. Por tanto, la escoria fundida se descarga con demasiada facilidad de entre el soporte de cobre deslizante y el metal de soldadura. Como resultado, el metal de soldadura que no puede ser retenido por la escoria fundida se quema. Por lo tanto, el contenido de K₂O es de 10 % o menos, y preferentemente de 7 % o menos.

25 BaO: 0-20 %

25 El BaO es un componente básico, que es un componente eficaz para ajustar la viscosidad y el punto de fusión de la escoria fundida, y que también es muy eficaz para reducir el contenido de oxígeno en el metal de soldadura. En la presente invención, la viscosidad y el punto de fusión pueden ajustarse mediante otros componentes. Por tanto, el BaO no tiene que estar necesariamente contenido. Por otro lado, en caso de que vaya contenido, cuando el contenido de BaO es superior a 20 %, el punto de fusión de la escoria fundida es tan bajo que la viscosidad es insuficiente. Por tanto, la escoria fundida se descarga con demasiada facilidad de entre el soporte de cobre deslizante y el metal de soldadura. Como resultado, el metal de soldadura que no puede ser retenido por la escoria fundida se quema. Por lo tanto, el contenido de BaO es de 20 % o menos, y preferentemente de 15 % o menos.

35 Se requiere que la composición del fundente tenga un contenido de cada componente dentro de un intervalo limitado del mismo y cumpla la siguiente relación (5) con el fin de reducir eficazmente el contenido de oxígeno en el metal de soldadura y mejorar la tenacidad de la porción de metal de soldadura. Cada componente tal como CaO o CaF₂ en la relación (5) designa un contenido (% en masa) del componente con respecto a la masa total del fundente.

$$40 \quad (\text{CaO} + \text{CaF}_2 + \text{BaF}_2 + \text{MgO} + \text{BaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2 + 0,5(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{MnO} + \text{FeO})) \geq 1,00 \quad (5)$$

El lado izquierdo es tomado como >100 cuando el fundente no contiene ninguno de SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂, MnO ni FeO.

45 El fundente usado de acuerdo con la presente invención tiene la composición mencionada anteriormente con el resto consistiendo en impurezas inevitables tales como P, S, As, Sb, Sn, Bi, etc.

(Junta de soldadura)

50 La junta de soldadura se fabrica de acuerdo con la presente invención mediante soldadura por electroescoria utilizando el alambre de soldadura por electroescoria mencionado anteriormente y el fundente mencionado anteriormente. El metal de soldadura en la junta de soldadura tiene la misma composición (contenido de cada componente) que la composición del alambre de soldadura por electroescoria, salvo que el resto consiste en Fe e impurezas inevitables. El funcionamiento y el efecto de cada componente también son los mismos. En consecuencia, en la siguiente descripción, se omitirá el funcionamiento y el efecto de cada componente que se solapa con el del alambre de soldadura por electroescoria para evitar una descripción redundante, y solo se describirá un intervalo de los mismos.

60 C: más de 0 % y 0,07 % o menos

límite superior preferible: 0,06 %

Si: más de 0 % y 0,50 % o menos

límite superior preferible: 0,40 %, más preferentemente 0,30 %

65 Mn: más de 0 % y 1,0 % o menos

límite superior preferible: 0,8 %

Ni: 6,0-15,0 %

límite inferior preferible: 7,0 %

5 límite superior preferible: 14,0 %, más preferentemente 12,0 %

Adicionalmente, el metal de soldadura en la junta de soldadura cumple la siguiente relación (6). Cada componente, tal como C o Si en la relación (6) designa el contenido (% en masa) del componente con respecto a la masa total del metal de soldadura, pero su unidad no se muestra en la relación (6).

10
$$0,150 \leq C + Si/30 + Mn/20 + Ni/60 \leq 0,300 \quad (6)$$

Los presentes inventores descubrieron un significado técnico en el que el metal de soldadura cumple la relación (6) desde un punto de vista similar al de la relación (1) en el alambre mencionado anteriormente. Cuando el parámetro de la relación (6) es inferior a 0,150, no se puede obtener una resistencia predeterminada. El parámetro de la relación (6) es preferentemente de 0,160 o más, y más preferentemente de 0,170 o más. Por otro lado, cuando el parámetro de la relación (6) es superior a 0,300, la resistencia del metal de soldadura es tan alta que la tenacidad criogénica se deteriora. El parámetro de la relación (6) es preferentemente de 0,290 o menos, y más preferentemente de 0,280 o menos.

Adicionalmente, cuando el metal de soldadura en la junta de soldadura contiene además al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B, el metal de soldadura cumple la siguiente relación (7). Cada componente, tal como C o Si en la relación (7) designa el contenido (% en masa) del componente con respecto a la masa total del metal de soldadura, pero su unidad no se muestra en la relación (7).

25
$$0,150 \leq C + Si/30 + W/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + Nb/10 + V/10 + 5xB \leq 0,300 \quad (7)$$

Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B son elementos que contribuyen a asegurar la resistencia. Los presentes inventores descubrieron un significado técnico en el que el metal de soldadura cumple la relación (7) desde un punto de vista similar al de la relación (2) en el alambre mencionado anteriormente. Cuando el parámetro de la relación (7) es inferior a 0,150, no se puede obtener una resistencia predeterminada. El parámetro de la relación (7) es preferentemente de 0,160 o más, y más preferentemente de 0,170 o más. Por otro lado, cuando el parámetro de la relación (7) es superior a 0,300, la resistencia del metal de soldadura es tan alta que la tenacidad criogénica se deteriora. El parámetro de la relación (7) es preferentemente de 0,290 o menos, y más preferentemente de 0,280 o menos.

El contenido preferible de cada uno de Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B en el metal de soldadura es el mismo que el contenido preferible del componente en el alambre.

40 O: 0 % o más y 0,025 % o menos

El O forma óxidos. Los óxidos actúan como puntos de partida de la formación de vacíos en una prueba de charpy. Por tanto, la tenacidad criogénica se deteriora. Por lo tanto, el contenido de O es de 0,025 % o menos, y preferentemente no está contenido.

45 N: 0 % o más y 0,010 % o menos

El N actúa como un elemento de solución sólida que refuerza la matriz de la porción de metal de soldadura, y también actúa como un elemento que desencadena una fractura frágil. Por tanto, la tenacidad criogénica se deteriora. Por lo tanto, el contenido de N es de 0,010 % o menos, y preferentemente no está contenido.

El metal de soldadura utilizado en el método de acuerdo con la presente invención tiene la composición fundamental mencionada anteriormente. El resto consiste en: hierro; Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B añadidos desde el alambre; Ca, Mg, REM, Al, Zr y Ti añadidos como agentes desoxidantes y parcialmente dejados como escoria en el metal de soldadura sin ser descargados del mismo; e impurezas inevitables. Ejemplos de impurezas inevitables incluyen P, S, As, Sb, Sn, Bi, etc.

De acuerdo con la presente invención, se utiliza una chapa de acero que contiene 5-10 % de Ni como metal base a utilizar para fabricar la junta de soldadura. Cuando el contenido de Ni es inferior a 5 %, existe, por ejemplo, el problema de que no se puede asegurar la tenacidad criogénica. El contenido en Ni es preferentemente de 5,2 % o más, y más preferentemente de 6,5 % o más. Sin embargo, cuando el contenido de Ni es superior a 10 %, el coste del material de acero aumenta. Por lo tanto, el contenido de Ni es preferentemente de 10 % o menos. El contenido de Ni es preferentemente de 9,5 % o menos.

65

Ejemplos

En los presentes ejemplos, los metales de soldadura se fabricaron en las siguientes condiciones de soldadura, utilizando chapas de acero que tienen composiciones (con el resto consistiendo en impurezas inevitables) mostradas en la Tabla 1 como metales base, alambres de soldadura por electroescoria que tienen las composiciones mostradas en las Tablas 2 a 5, y fundentes que tienen las composiciones mostradas en la Tabla 6. En las Tablas 1 a 6 y en las Tablas 7 a 10 siguientes, el contenido de cada componente se designa en % en masa, y "0" en cada componente de cada composición significa que el contenido del componente es inferior a un límite de detección en análisis de la composición.

Adicionalmente, cada cantidad de escoria mostrada en las Tablas 2 a 5 es una cantidad de un agente formador de escoria contenida en un alambre, en el que se describe un valor calculado por la expresión (4) en función de su composición. Como alambres analizados, se utilizaron alambres con núcleo de fundente, CNMs, y alambres macizos. Cuando se utilizó un CNM o un alambre macizo, el alambre utilizado se describe en una columna de observaciones correspondiente. Cuando se utilizó un alambre con núcleo de fundente, la columna de observaciones correspondiente está en blanco. Adicionalmente, en una columna de observaciones correspondiente se muestra si cada alambre ha sido bañado con Cu o no. La cantidad de revestimiento de Cu se fijó en un intervalo de 0,10-0,30 %. La cantidad de Cu de cada alambre en las Tablas 2 a 5 se expresa como un total de la cantidad de revestimiento de Cu y una cantidad contenida como aleación en el alambre excluyendo el revestimiento de Cu.

Además, al igual que para cada alambre mostrado en las Tablas 2 a 5, si el alambre no contiene ninguno de Cu, Cr, Mo, W, Nb, V ni B, solo se describe un valor de parámetro de la relación (1), aunque la columna de un valor de parámetro de la relación (2) está en blanco. Por otro lado, en cuanto a cada alambre que contenga al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B, solo se describe el valor de parámetro de la relación (2), aunque la columna del valor de parámetro de la relación (1) está en blanco.

Tabla 1 Componentes químicos de metal base

Símbolo	C	Si	Mn	Ni	Fe
9N	0,030	0,25	0,60	9,50	89,6
7 N	0,050	0,22	0,69	7,32	91,7
5 N	0,045	0,24	0,77	5,33	93,6

Tabla 2 Componentes químicos del alambre

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	Ca	Mg	REM	Zr	Al	Ti
N.º 1	0,048	0,23	0,45	9,4	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 2	0,020	0,19	0,15	13,9	83	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,08	0,08	0	0,02	0
N.º 3	0,033	0,13	0,14	14,0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 4	0,043	0,003	0,27	10,9	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 5	0,031	0,39	0,18	9,4	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 6	0,034	0,01	0,01	9,2	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 7	0,030	0,30	0,21	11,0	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 8	0,025	0,14	0,80	11,3	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 9	0,021	0,05	0,72	8,0	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 10	0,023	0,07	0,16	13,0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 11	0,019	0,17	0,52	10,6	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 12	0,017	0,17	0,05	8,7	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 13	0,033	0,34	0,51	12,5	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 14	0,009	0,15	0,11	8,5	83	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0	0
N.º 15	0,024	0,28	0,35	9,5	85	0	0,33	0,33	0,34	0	0	0,004	0	0	0	0	0	0

Tabla 2 continuación

	Parámetro (1)	Parámetro (2)	Parámetro (3)	Escoria	En alambre Parámetro (4)	Observaciones
N.º 1	0,235		0,000	2,8	>100	
N.º 2	0,266		0,376	2,4	>100	
N.º 3	0,278		0,000	0,6	>100	
N.º 4	0,238		0,000	2,7	>100	
N.º 5	0,210		0,000	6,9	3,71	
N.º 6	0,188		0,000	6,6	3,71	
N.º 7	0,234		0,000	2,4	>100	
N.º 8	0,258		0,000	2,6	>100	
N.º 9	0,192		0,000	0,1	>100	
N.º 10	0,250		0,000	1,6	10,11	
N.º 11	0,227		0,000	4,6	3,71	
N.º 12	0,170		0,000	8,0	1,90	

ES 2 904 627 T3

(continuación)

	Parámetro (1)	Parámetro (2)	Parámetro (3)	Escoria	Parámetro (4)	Observaciones
N.º 13	0,278		0,000	1,5	10,11	
N.º 14		0,171	0,000	8,1	1,90	
N.º 15		0,279	0,000	3,7	>100	

Tabla 2 continuación

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	Ca	Mg	REM	Zr	Al	Ti
N.º 16	0,042	0,16	0,04	9,0	86	0	0	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 17	0,040	0,17	0,20	102	84	0	0,47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 18	0,007	0,18	0,01	11,0	85	0	0	0	0,48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 19	0,006	0,02	0,21	10,4	87	0,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 20	0,016	0,12	0,15	10,5	84	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,04	0	0	0	0
N.º 21	0,049	0,11	0,09	11,5	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0,04	0
N.º 22	0,046	0,12	0,10	11,4	88	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,08	0,06	0	0,02	0
N.º 23	0,013	0,09	0,09	11,7	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0,02
N.º 24	0,044	0,28	0,08	9,7	86	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,10	0,09	0	0	0
N.º 25	0,012	0,15	0,07	13,4	82	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,09	0,08	0	0,08	0

Tabla 2 continuación

En alambre						
	Parámetro (1)	Parámetro (2)	Parámetro (3)	Escoria	Parámetro (4)	Observaciones
N.º 16		0,229	0,000	4,2	1,90	
N.º 17		0,249	0,000	4,8	1,90	
N.º 18		0,213	0,000	3,2	>100	
N.º 19		0,212	0,000	1,8	>100	Alambre bañado con Cu
N.º 20	0,203		0,144	5,0	3,71	
N.º 21	0,249		0,168	1,0	>100	
N.º 22	0,245		0,351	0,0	-	CNM
N.º 23	0,216		0,054	0,0	-	Macizo
N.º 24	0,219		0,401	3,5	>100	
N.º 25	0,244		0,452	3,9	>100	

Tabla 3 Componentes químicos del alambre

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	Ca	Mg	REM	Zr	Al	Ti
N.º 26	0,022	0,17	0,14	13,4	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0,11	0,20	0
N.º 27	0,027	0,21	0,11	10,9	87	0	0	0	0	0	0	0	0,20	0	0,20	0	0	0,03
N.º 28	0,021	0,20	0,13	11,0	84	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,20	0,04	0	0,02	0
N.º 29	0,024	0,18	0,21	11,5	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0
N.º 30	0,028	0,08	0,14	10,8	87	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0,07	0	0	0
N.º 31	0,019	0,10	0,18	9,8	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0	0	0	0
N.º 32	0,017	0,14	0,15	11,0	86	0	0,35	0,34	0,36	0	0	0,002	0,08	0,08	0,07	0	0,03	0
N.º 33	0,008	0,04	0,13	8,8	83	0	0	0,12	0	0	0	0	0,07	0	0,07	0	0	0,09
N.º 34	0,008	0,07	0,14	8,7	84	0	0	0	0,04	0	0	0,005	0,11	0,09	0,12	0	0,12	0
N.º 35	0,022	0,18	0,15	13,0	84	0	0	0,34	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0,04	0
N.º 36	0,024	0,21	0,14	13,3	85	0	0,35	0	0	0	0	0	0,16	0,15	0,16	0	0	0
N.º 37	0,021	0,22	0,15	11,9	87	0	0,25	0	0	0	0	0	0,15	0,10	0	0	0,08	0
N.º 38	0,013	0,04	0,06	9,6	90	0,15	0	0	0	0	0	0,003	0	0	0,03	0	0	0,02

Tabla 3 continuación

En alambre						
	Parámetro (1)	Parámetro (2)	Parámetro (3)	Escoria	Parámetro (4)	Observaciones
N.º 26	0,258		0,466	3,8	>100	
N.º 27	0,221		0,594	1,2	>100	
N.º 28	0,218		0,454	4,2	10,11	
N.º 29	0,232		0,110	1,9	>100	
N.º 30	0,218		0,216	1,7	>100	
N.º 31	0,195		0,192	3,7	>100	
N.º 32		0,275	0,374	1,3	>100	
N.º 33		0,171	0,272	7,6	10,11	

ES 2 904 627 T3

(continuación)

	Parámetro (1)	Parámetro (2)	Parámetro (3)	Escoria	Parámetro (4)	Observaciones
N.º 34		0,189	0,590	6,5	15,00	
N.º 35		0,275	0,104	2,1	>100	
N.º 36		0,277	0,696	0,4	>100	
N.º 37		0,247	0,480	0,0	-	CNM
N.º 38		0,200	0,054	0,0	-	Alambre bañado con Cu macizo

Tabla 3 continuación

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	Ca	Mg	REM	Zr	Al	Ti
N.º 39	0,008	0,07	0,15	10,8	88	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0,08	0,10	0	0,13	0
N.º 40	0,022	0,18	0,13	11,0	87	0	0,25	0	0	0	0	0	0,11	0,07	0,12	0	0,14	0
N.º 41	0,027	0,07	0,12	11,3	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 42	0,022	0,09	0,15	12,8	86	0	0	0,05	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 43	0,031	0,10	0,09	8,2	83	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,08	0,07	0	0,03	0
N.º 44	0,018	0,06	0,09	8,1	82	0	0	0	0	0,05	0,05	0	0	0	0	0	0	0
N.º 45	0,019	0,08	0,07	9,6	88	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,09	0,08	0	0,08	0
N.º 46	0,013	0,15	0,18	9,8	87	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,09	0,08	0	0,08	0
N.º 47	0,003	0,14	0,32	8,7	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 48	0,01	0,18	0,07	8,5	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 49	0,047	0,37	0,58	12,1	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 50	0,009	0,19	0,13	8,2	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3 continuación

	Parámetro (1)	Parámetro (2)	Parámetro (3)	Escoria	Parámetro (4)	Observaciones
N.º 39	0,198		0,575	0,4	1,30	
N.º 40		0,230	0,578	0,9	1,30	
N.º 41	0,224			0,4	1,30	
N.º 42		0,253	0,000	0,7	1,30	
N.º 43	0,176		0,374	8,2	10,11	
N.º 44	0,160		0,000	9,6	3,71	
N.º 45		0,195	0,452	1,7	>100	
N.º 46	0,190		0,452	2,4	>100	
N.º 47	0,169		0,000	5,7	10,11	
N.º 48	0,162		0,000	4,1	15,00	
N.º 49	0,290		0,000	2,8	>100	
N.º 50		0,161	0,000	4,4	1,90	

Tabla 4 Componentes químicos del alambre

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	Ca	Mg	REM	Zr	Al	Ti
N.º 51	0,036	0,36	0,45	10,1	84	0,14	0	0	0,05	0,20	0,02	0	0	0	0	0	0	0
N.º 52	0,004	0,18	0,15	8,7	85	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 53	0,022	0,13	0,35	10,8	87	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0
N.º 54	0,014	0,24	0,30	8,9	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0
N.º 55	0,020	0,24	0,27	10,9	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0
N.º 56	0,046	0,08	0,06	9,1	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0
N.º 57	0,018	0,26	0,21	11,1	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0
N.º 58	0,008	0,10	0,18	9,3	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
N.º 59	0,039	0,29	0,12	9,5	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,03	0	0	0
N.º 60	0,019	0,15	0,18	11,0	86	0	0,05	0	0	0	0	0,004	0,01	0	0,01	0	0	0

ES 2 904 627 T3

(continuación)

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	Ca	Mg	REM	Zr	Al	Ti
N.º 61	0,028	0,13	0,12	11,3	85	0	0	0	0,35	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0
N.º 62	0,052	0,008	0,03	8,4	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 63	0,069	0,003	0,16	11,5	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 64	0,032	0,50	0,21	11,6	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 4 continuación

En alambre						
	Parámetro (1)	Parámetro (2)	Parámetro (3)	Escoria	Parámetro (4)	Observaciones
N.º 51		0,288	0,000	4,4	15,00	Alambre bañado con Cu
N.º 52		0,165	0,000	5,8	1,14	
N.º 53	0,224		0,016	1,6	>100	
N.º 54	0,185		0,032	4,4	3,71	
N.º 55	0,223		0,025	4,5	1,14	
N.º 56	0,203		0,038	5,6	10,11	
N.º 57	0,222		0,030	1,3	>100	
N.º 58	0,175		0,016	4,3	1,90	
N.º 59	0,213		0,102	4,9	1,14	
N.º 60		0,239	0,029	2,5	>100	
N.º 61		0,238	0,016	3,0	>100	
N.º 62	0,194		0,000	1,4	>100	
N.º 63	0,269		0,000	2,2	>100	
N.º 64	0,253		0,000	0,6	>100	

Tabla 4 continuación

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	Ca	Mg	REM	Zr	Al	Ti
N.º 65	0,036	0,22	0,93	7,7	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 66	0,027	0,06	1,00	12,7	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 67	0,033	0,15	0,29	6,0	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 68	0,011	0,16	0,17	15,0	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 69	0,017	0,15	0,78	9,9	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 70	0,006	0,09	0,07	8,3	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 71	0,046	0,29	0,75	12,4	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 72	0,005	0,04	0,06	8,4	83	0	0	0	0,04	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 73	0,028	0,33	0,48	11,3	83	0,25	0	0,51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 74	0,027	0,12	0,66	10,7	87	0,25	0	0	0	0	0	0,008	0	0	0	0	0	0
N.º 75	0,005	0,17	0,19	10,1	86	0	0	0	0	0	0	0	0,0007	0	0	0	0	0

Tabla 4 continuación

En alambre						
	Parámetro (1)	Parámetro (2)	Parámetro (3)	Escoria	Parámetro (4)	Observaciones
N.º 65	0,218		0,000	3,0	10,11	
N.º 66	0,291		0,000	0,1	>100	
N.º 67	0,153		0,000	0,4	>100	
N.º 68	0,275		0,000	0,6	>100	
N.º 69	0,226		0,000	10,1	1,14	

ES 2 904 627 T3

(continuación)

	Parámetro (1)	Parámetro (2)	Parámetro (3)	Escoria	Parámetro (4)	Observaciones
N.º 70	0,151		0,000	7,4	1,90	
N.º 71	0,300		0,000	3,4	>100	
N.º 72		0,154	0,000	8,3	15,00	
N.º 73		0,298	0,000	4,0	1,90	Alambre bañado con Cu
N.º 74		0,295	0,000	1,1	>100	
N.º 75	0,189		0,001	3,4	>100	

[Tabla 5]

Tabla 5 Componentes químicos del alambre

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	Ca	Mg	REM	Zr	Al	Ti
N.º 76	0,018	0,05	0,09	9,9	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0007	0	0	0	0
N.º 77	0,026	0,21	0,11	10,3	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004	0	0	0
N.º 78	0,041	0,19	0,42	8,5	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0	0
N.º 79	0,029	0,20	0,18	10,0	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,006	0
N.º 80	0,025	0,10	0,26	10,3	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,008
N.º 81	0,043	0,19	0,45	9,9	85	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,12	0,15	0	0,12	0,03
N.º 82	0,019	0,15	0,18	10,8	87	0,25	0	0	0	0	0	0	0,13	0,12	0,15	0	0,14	0
N.º 83	0,021	0,19	0,15	11,5	87	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0,09	0,12	0	0,12	0
N.º 84	0,022	0,18	0,23	11,5	87	0	0,25	0	0	0	0	0	0,11	0,09	0,12	0	0,12	0
N.º 85	0,022	0,08	0,14	11,5	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 86	0,022	0,08	0,18	11,3	88	0	0	0,10	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0	0
N.º 87	0,048	0,03	0,03	5,0	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 88	0,016	0,04	0,39	7,0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 89	0,018	0,14	0,35	10,5	83	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0,07	0	0	0

Tabla 5 continuación

	Parámetro (1)	Parámetro (2)	Parámetro (3)	Escoria	Parámetro (4)	Observaciones
N.º 76	0,189		0,001	3,8	>100	
N.º 77	0,210		0,005	2,3	>100	
N.º 78	0,210		0,006	4,7	3,71	
N.º 79	0,211		0,006	5,5	10,11	
N.º 80	0,213		0,006	4,2	1,90	
N.º 81	0,237		0,732	3,8	>100	
N.º 82	0,213		0,728	1,0	15,00	
N.º 83	0,227		0,590	0,6	0,54	
N.º 84		0,244	0,590	0,3	0,54	
N.º 85	0,223		0,000	0,2	0,54	
N.º 86		0,239	0,000	0,2	0,54	
N.º 87	0,151		0,000	14,8	10,11	
N.º 88	0,154		0,000	0,5	>100	
N.º 89	0,215		0,216	5,7	1,36	Contiene carbonato en un fundente de alambre

ES 2 904 627 T3

Tabla 5 continuación

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	Ca	Mg	REM	Zr	Al	Ti
N.º 90	0,013	0,04	0,11	8,8	83	0	0,25	0	0	0	0	0	0,08	0	0,07	0	0	0
N.º 91	0,081	0,09	0,38	6,8	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 92	0,033	0,55	0,09	12,5	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 93	0,038	0,09	1,30	7,5	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 94	0,036	0,31	0,33	5,5	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 95	0,021	0,13	0,13	15,7	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 96	0,038	0,14	0,57	13,5	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 97	0,004	0,01	0,02	8,1	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 98	0,048	0,38	0,77	12,6	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 99	0,004	0,01	0,02	8,1	83	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N.º 100	0,037	0,31	0,43	11,1	84	0,25	0,41	0	0	0,13	0,13	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 5 continuación

N.º	En alambre					
	Parámetro (1)	Parámetro (2)	Parámetro (3)	Escoria	Parámetro (4)	Observaciones
N.º 90		0,179	0,216	7,5	1,36	Contiene carbonato en un fundente de alambre
N.º 91	0,216		0,000	4,5	1,90	
N.º 92	0,264		0,000	0,7	>100	
N.º 93	0,231		0,000	1,0	>100	
N.º 94	0,155		0,000	1,7	>100	
N.º 95	0,294		0,000	0,9	>100	
N.º 96	0,296		0,000	10,7	1,30	
N.º 97	0,140		0,000	7,8	1,90	
N.º 98	0,309		0,000	3,1	>100	
N.º 99		0,143	0,000	8,7	1,90	
N.º 100		0,313	0,000	3,1	>100	Alambre bañado con Cu

Tabla 6 Fundente

Parámetro (5)	Símbolo de fundente	CaO	CaF ₂	BaF ₂	MgO	BaO	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	ZrO ₂	MnO	FeO	TOTAL
	MIN	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	MAX	60	50	20	20	20	10	10	35	55	10	10	20	5	
1,02	A	20	12	0	4	2	3	3	30	3	3	0	19	1	100
1,33	B	23	8	5	12	0	3	3	35	3	0	4	4	0	100
1,90	C	45	9	0	6	0	0	0	23	3	2	0	10	2	100
3,13	D	49	3	0	0	0	9	0	0	21	9	0	0	0	100
3,71	E	35	30	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	100
2,44	F	6	49	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	100
1,64	G	10	25	0	0	0	0	10	0	55	0	0	0	0	100
6,00	H	5	10	20	20	20	0	0	0	0	0	0	20	5	100
1,30	I	30	10	0	0	10	0	0	27	20	0	3	0	0	100
1,36	J	30	10	0	6	5	0	0	26	20	0	3	0	0	100
9,76	K	60	10	5	8	0	0	0	0	17	0	0	0	0	100
1,08	L	10	25	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	100

Adicionalmente, como se muestra en la FIG. 1, la soldadura se realizó en una ranura en V de 20° con una anchura de ranura de 10 mm rodeada por un soporte de cobre 1 (en la parte posterior de la ranura) y un soporte de cobre deslizante 2 (en la parte delantera de la ranura). Se utilizó un soporte refrigerado por agua al igual que cada uno del soporte de cobre 1 y el soporte de cobre deslizante 2.

- 5 método de soldadura: soldadura por electroescoria
condiciones de soldadura:
- 10 espesor de la placa de metal base: 30 mm
forma de la ranura: véase la FIG. 1
soldadura iniciada a una profundidad de baño de escoria de 25 mm
alambre: véanse las Tablas 2 a 5
diámetro del alambre = 1,6 mm
- 15 condición de gasto calorífico: aproximadamente 12-19 kJ/mm (corriente de soldadura 340-380 A, tensión de soldadura 40-44 V)
posición de soldadura: una pasada vertical

20 Las composiciones (con el resto consistiendo en impurezas inevitables) de los metales de soldadura así obtenidos se muestran en las Tablas 7 a 10. Al igual que para cada metal de soldadura mostrado en las Tablas 7 a 10, si el metal de soldadura no contiene ninguno de Cu, Cr, Mo, W, Nb, V ni B, solo se establece un valor de parámetro de la relación (6), aunque la columna de un valor de parámetro de la relación (7) está en blanco. Por otro lado, en cuanto a cada metal de soldadura que contenga al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B, solo se establece el valor del parámetro de la relación (7), aunque la columna del valor de parámetro de la relación (6) está en blanco. Además, los metales de soldadura mencionados anteriormente se evaluaron en

25 cuanto a las siguientes propiedades.

(Resistencia)

30 Se extrajo una pieza de ensayo de tracción de una porción central de cada metal de soldadura y en paralelo con una dirección de la línea de soldadura por un método de acuerdo con la norma JIS Z2202, y se realizó una prueba de tracción sobre la misma por un método de acuerdo con la norma JIS Z2241. En cada ejemplo, cuando el metal de soldadura cumplía la resistencia a la tracción TS>690 MPa, se evaluó como aceptable.

(Tenacidad criogénica)

35 Se extrajo una pieza de prueba de impacto de charpy (pieza de prueba de muesca en V N.º 4 de la norma JIS Z3111) de una porción central de la dirección del espesor de la chapa de cada metal de soldadura obtenido y perpendicularmente a una dirección de la línea de soldadura, y se realizó acto seguido una prueba de impacto de charpy a -196 °C mediante un método de acuerdo con la norma JIS Z2242. Se realizaron pruebas similares tres

40 veces y se calculó un valor promedio de las mismas. Cuando el metal de soldadura tenía una energía absorbida IV de 40 J o más, se evaluó como excelente en tenacidad criogénica.

(Aspecto del cordón)

45 El aspecto del cordón se comprobó visualmente y se evaluó en función de los siguientes criterios.

aceptable: cordón con borde uniforme y excelente en linealidad

rechazado: cordón con un gran número de meandros o con una entalladura que se produce en el mismo

50 Tabla 7 Componentes químicos y propiedades mecánicas del metal de soldadura

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	O	N
N.º 1	0,049	0,19	0,49	9,3	90	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0,0041
N.º 2	0,031	0,17	0,30	10,5	89	0	0	0	0	0	0	0	0,013	0,0033
N.º 3	0,038	0,14	0,30	8,5	91	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0,0043
N.º 4	0,047	0,07	0,38	8,6	91	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0,0035
N.º 5	0,039	0,29	0,33	9,8	90	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0,0039
N.º 6	0,041	0,07	0,11	9,7	90	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0,0040
N.º 7	0,039	0,23	0,34	10,6	89	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0,0035
N.º 8	0,034	0,15	0,76	10,8	88	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0,0029
N.º 9	0,031	0,09	0,69	7,1	92	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0,0035
N.º 10	0,033	0,12	0,31	11,8	88	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0,0036

ES 2 904 627 T3

(continuación)

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	O	N
N.º 11	0,031	0,15	0,55	10,2	89	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0,0045
N.º 12	0,028	0,16	0,26	9,5	90	0	0	0	0	0	0	0	0,025	0,0034
N.º 13	0,038	0,24	0,55	11,5	88	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0,0039
N.º 14	0,023	0,16	0,29	9,1	90	0	0	0	0	0	0	0,001	0,024	0,0033
N.º 15	0,033	0,22	0,43	9,5	89	0	0,22	0,23	0,23	0	0	0,003	0,020	0,0033
N.º 16	0,045	0,16	0,23	9,4	90	0	0	0,30	0	0	0	0	0,025	0,0031
N.º 17	0,043	0,17	0,35	10,3	89	0	0,31	0	0	0	0	0	0,024	0,0045

Tabla 7 continuación

	Metal base	Símbolo de fundente	Parámetro (6)	Parámetro (7)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)
N.º 1	9N	E	0,235		810	56
N.º 2	7N	B	0,227		823	65
N.º 3	5N	E	0,199		714	55
N.º 4	7N	D	0,212		727	59
N.º 5	9N	K	0,229		828	58
N.º 6	9N	K	0,211		750	59
N.º 7	9N	C	0,240		860	57
N.º 8	9N	C	0,257		889	56
N.º 9	9N	E	0,187		699	59
N.º 10	9N	F	0,249		889	58
N.º 11	9N	E	0,234		828	59
N.º 12	9N	E	0,205		755	55
N.º 13	9N	F	0,265		934	55
N.º 14	9N	E		0,200	727	59
N.º 15	9N	F		0,269	929	55
N.º 16	9N	E		0,239	846	55
N.º 17	9N	E		0,253	911	56

Tabla 7 continuación

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	O	N
N.º 18	0,022	0,18	0,10	10,8	89	0	0	0	0,32	0	0	0	0,020	0,0043
N.º 19	0,010	0,08	0,34	10,2	89	0,29	0	0	0	0	0	0	0,020	0,0041
N.º 20	0,028	0,13	0,33	10,4	89	0	0	0	0	0	0	0	0,017	0,0037
N.º 21	0,050	0,12	0,25	10,7	89	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0,0037
N.º 22	0,046	0,13	0,28	10,5	89	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0,0035
N.º 23	0,025	0,13	0,26	10,8	89	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0,0059
N.º 24	0,045	0,22	0,25	9,9	90	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0,0031
N.º 25	0,026	0,15	0,26	9,2	90	0	0	0	0	0	0	0	0,009	0,0045

Tabla 7 continuación

	Metal base	Símbolo de fundente	Parámetro (6)	Parámetro (7)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)
N.º 18	9N	F		0,224	840	58
N.º 19	9N	F		0,214	785	59
N.º 20	9N	B	0,222		806	74
N.º 21	9N	I	0,245		848	72

ES 2 904 627 T3

(continuación)

	Metal base	Símbolo de fundente	Parámetro (6)	Parámetro (7)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)
N.º 22	9N	E	0,239		836	73
N.º 23	9N	E	0,222		816	77
N.º 24	9N	G	0,230		818	78
N.º 25	5N	G	0,197		732	70

Tabla 8 Componentes químicos y propiedades mecánicas del metal de soldadura

	C	Si	Mn	Ni	Fe		Cr	Mo	W	Nb	V	B	O	N
N.º 26	0,032	0,16	0,31	10,9	89	0	0	0	0	0	0	0	0,017	0,0043
N.º 27	0,036	0,18	0,29	10,3	89	0	0	0	0	0	0	0	0,006	0,0080
N.º 28	0,031	0,18	0,30	10,5	89	0	0	0	0	0	0	0	0,016	0,0039
N.º 29	0,032	0,18	0,35	10,8	89	0	0	0	0	0	0	0	0,012	0,0037
N.º 30	0,035	0,13	0,30	10,4	89	0	0	0	0	0	0	0	0,009	0,0037
N.º 31	0,029	0,13	0,31	9,8	90	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0,0041
N.º 32	0,027	0,14	0,30	10,6	88	0	0,21	0,22	0,23	0	0	0,001	0,013	0,0031
N.º 33	0,024	0,08	0,32	9,6	90	0	0	0,09	0	0	0	0	0,007	0,0096
N.º 34	0,024	0,12	0,30	9,7	90	0	0	0	0,09	0	0	0,004	0,009	0,0043
N.º 35	0,032	0,17	0,29	8,7	91	0	0	0,23	0	0	0	0	0,010	0,0041
N.º 36	0,030	0,18	0,31	10,3	89	0	0,21	0	0	0	0	0	0,019	0,0045
N.º 37	0,031	0,17	0,30	11,0	88	0	0,15	0	0	0	0	0	0,007	0,0037
N.º 38	0,029	0,09	0,25	9,1	90	0	0	0	0	0	0	0,002	0,008	0,0055

Tabla 8 continuación

	Metal base	Símbolo de fundente	Parámetro (6)	Parámetro (7)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)
N.º 26	7N	I	0,235		846	69
N.º 27	9N	H	0,228		821	73
N.º 28	9N	J	0,227		825	71
N.º 29	9N	E	0,236		849	70
N.º 30	9N	B	0,228		814	71
N.º 31	9N	I	0,212		771	69
N.º 32	9N	B		0,261	943	65
N.º 33	9N	H		0,209	763	83
N.º 34	9N	J		0,228	765	84
N.º 35	5N	E		0,213	777	71
N.º 36	7N	I		0,234	864	70
N.º 37	9N	E		0,243	887	76
N.º 38	9N	E		0,212	729	77

Tabla 8 continuación

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	O	N
N.º 39	0,022	0,11	0,31	10,3	89	0	0	0	0	0	0	0	0,015	0,0039
N.º 40	0,032	0,16	0,30	10,5	89	0	0,15	0	0	0	0	0	0,017	0,0031
N.º 41	0,038	0,11	0,30	10,5	89	0	0	0	0	0	0	0	0,025	0,0039
N.º 42	0,032	0,13	0,29	8,1	91	0	0	0,02	0,05	0	0	0	0,025	0,0043

ES 2 904 627 T3

(continuación)

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	O	N
N.º 43	0,038	0,14	0,28	8,8	91	0	0	0	0	0	0	0	0,014	0,0035
N.º 44	0,030	0,10	0,27	8,9	91	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0,0039
N.º 45	0,030	0,13	0,26	9,5	90	0	0	0	0	0,02	0,02	0	0,025	0,0033
N.º 46	0,026	0,16	0,32	10,0	90	0	0	0	0	0	0	0	0,010	0,0035
N.º 47	0,020	0,16	0,43	9,4	90	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0,0033
N.º 48	0,024	0,18	0,25	9,1	90	0	0	0	0	0	0	0	0,024	0,0031
N.º 49	0,050	0,29	0,60	11,3	88	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0,0033
N.º 50	0,025	0,18	0,30	8,8	91	0	0	0	0	0	0,01	0	0,024	0,0043

Tabla 8 continuación

	Metal base	Símbolo de fundente	Parámetro (6)	Parámetro (7)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)
N.º 39	9N	H	0,213		783	74
N.º 40	9N	H		0,235	858	71
N.º 41	9N	L	0,232		819	55
N.º 42	5N	K		0,189	695	55
N.º 43	9N	J	0,203		729	73
N.º 44	9N	I	0,195		711	51
N.º 45	9N	A		0,210	763	50
N.º 46	9N	E	0,214		786	73
N.º 47	9N	E	0,204		754	54
N.º 48	9N	F	0,194		729	52
N.º 49	9N	B	0,278		959	50
N.º 50	9N	E		0,194	722	52

Tabla 9 Componentes químicos y propiedades mecánicas del metal de soldadura

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	O	N
N.º 51	0,040	0,25	0,51	10,2	89	0,10	0	0	0,02	0,12	0,12	0	0,023	0,0041
N.º 52	0,022	0,18	0,29	9,4	90	0	0,02	0	0	0	0	0	0,025	0,0044
N.º 53	0,031	0,15	0,45	10,0	89	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0,0037
N.º 54	0,029	0,21	0,43	9,1	90	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0,0035
N.º 55	0,033	0,20	0,38	10,3	89	0	0	0	0	0	0	0	0,017	0,0041
N.º 56	0,050	0,11	0,24	9,5	90	0	0	0	0	0	0	0	0,016	0,0031
N.º 57	0,028	0,21	0,35	10,5	89	0	0	0	0	0	0	0	0,017	0,0045
N.º 58	0,023	0,11	0,34	9,6	90	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0,0054
N.º 59	0,044	0,23	0,29	9,9	90	0	0	0	0	0	0	0	0,013	0,0045
N.º 60	0,031	0,14	0,32	10,2	89	0	0,02	0	0	0	0	0,003	0,018	0,0037
N.º 61	0,035	0,14	0,30	10,6	89	0	0	0	0,24	0	0	0	0,019	0,0033
N.º 62	0,052	0,07	0,24	8,6	91	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0,0043
N.º 63	0,063	0,07	0,31	10,9	89	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0,0037

Tabla 9 continuación

	Metal base	Símbolo de fundente	Parámetro (6)	Parámetro (7)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)
N.º 51	9N	I		0,274	847	50
N.º 52	9N	K		0,200	752	50
N.º 53	9N	H	0,225		806	60
N.º 54	9N	F	0,209		764	63
N.º 55	9N	E	0,230		830	61
N.º 56	9N	J	0,224		777	64
N.º 57	9N	C	0,228		832	61
N.º 58	9N	B	0,204		749	62

ES 2 904 627 T3

(continuación)

	Metal base	Símbolo de fundente	Parámetro (6)	Parámetro (7)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)
N.º 59	9N	B	0,231		823	65
N.º 60	9N	E		0,238	807	63
N.º 61	9N	E		0,239	853	61
N.º 62	9N	B	0,210		720	48
N.º 63	9N	B	0,263		876	44

Tabla 9 continuación

	C	Si	Mn	N	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	O	N
N.º 64	0,038	0,39	0,35	10,4	89	0	0	0	0	0	0	0	6,020	0,0034
N.º 65	0,041	0,20	0,84	8,3	91	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0,0040
N.º 66	0,035	0,09	0,98	11,4	88	0	0	0	0	0	0	0	0,025	0,0037
N.º 67	0,039	0,14	0,41	7,0	92	0	0	0	0	0	0	0	0,024	0,0033
N.º 68	0,025	0,16	0,33	13,8	86	0	0	0	0	0	0	0	0,024	0,0035
N.º 69	0,035	0,28	0,89	10,1	89	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0,0037
N.º 70	0,021	0,13	0,26	9,3	90	0	0	0	0	0	0	0	0,024	0,0037
N.º 71	0,048	0,23	0,71	11,5	88	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0,0035
N.º 72	0,021	0,09	0,25	9,2	90	0	0	0	0,03	0,01	0	0	0,021	0,0034
N.º 73	0,035	0,24	0,53	10,9	88	0,18	0	0,35	0	0	0	0	0,022	0,0034
N.º 74	0,035	0,13	0,65	10,2	89	0,17	0		0	0	0	0,005	0,023	0,0034
N.º 75	0,020	0,16	0,33	9,9	90	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0,0043

Tabla 9 continuación

	Metal base	Símbolo de fundente	Parámetro (6)	Parámetro (7)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)
N.º 64	9N	H	0,242		886	43
N.º 65	9N	C	0,228		780	48
N.º 66	9N	H	0,277		934	41
N.º 67	9N	H	0,181	0,189	708	42
N.º 68	9N	H	0,277		1000	41
N.º 69	9N	K	0,257		953	42
N.º 70	9N	I	0,193		725	48
N.º 71	9N	J	0,283		965	40
N.º 72	9N	H		0,192	715	49
N.º 73	9N	E		0,284	997	42
N.º 74	9N	E		0,275	860	45
N.º 75	9N	D	0,207		771	48

Tabla 10 Componentes químicos y propiedades mecánicas del metal de soldadura

		Si	M	N	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	O	N
N.º 77	0,030	0,09	0,28	10,1	90	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0,0033
N.º 77	0,033	0,17	0,27	9,8	90	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0,0035
N.º 78	0,044	0,17	0,50	9,2	90	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0,0037
N.º 79	0,035	0,18	0,33	10,2	89	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0,0034
N.º 80	0,034	0,12	0,38	10,3	89	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0,0044
N.º 81	0,049	0,17	0,51	10,1	89	0	0	0	0	0	0	0	0,009	0,0057
N.º 82	0,033	0,13	0,32	9,9	89	0,17	0	0	0	0	0	0	0,012	0,0033
N.º 83	0,032	0,16	0,30	10,5	89	0	0	0	0	0	0	0	0,025	0,0040
N.º 84	0,034	0,14	0,37	10,8	89	0	0,16	0	0	0	0	0	0,025	0,0043
N.º 85	0,032	0,12	0,31	10,7	89	0	0	0	0	0	0	0	0,025	0,0033
N.º 86	0,033	0,11	0,33	10,5	89	0	0	0,07	0	0	0	0,001	0,025	0,0043
N.º 87	0,054	0,09	0,24	7,8	92	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0,0035
N.º 88	0,029	0,08	0,46	7,7	92	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0,0029

Tabla 10 continuación

	Metal base	Símbolo de fundente	Parámetro (6)	Parámetro (7)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)
N.º 76	9N	E	0,215		777	49
N.º 77	9N	E	0,216		783	47
N.º 78	9N	H	0,228		792	46

(continuación)

	Metal base	Símbolo de fundente	Parámetro (6)	Parámetro (7)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)
N.º 79	9N	H	0,228		818	45
N.º 80	9N	D	0,229		813	45
N.º 81	9N	E	0,249		852	42
N.º 82	9N	E		0,227	803	40
N.º 83	9N	K	0,227		822	43
N.º 84	9N	K		0,245	883	40
N.º 85	9N	K	0,230		825	41
N.º 86	9N	K		0,238	832	42
N.º 87	9N	E	0,199		718	43
N.º 88	9N	D	0,183		697	44

Tabla 10 continuación

	C	Si	Mn	Ni	Fe	Cu	Cr	Mo	W	Nb	V	B	O	N
N.º 89	0,031	0,16	0,44	10,4	89	0	0	0	0	0	0	0	0,025	0,0033
N.º 90	0,028	0,09	0,29	9,2	90	0	0,17	0	0	0	0	0	0,025	0,0038
N.º 91	0,073	0,12	0,48	7,9	91	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0,0039
N.º 92	0,039	0,41	0,27	11,2	88	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0,0033
N.º 93	0,042	0,12	1,03	8,2	91	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0,0038
N.º 94	0,040	0,24	0,42	5,9	93	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0,0035
N.º 95	0,031	0,14	0,29	14,1	85	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0,0037
N.º 96	0,046	0,16	0,60	13,4	86	0	0	0	0	0	0	0	0,025	0,0033
N.º 97	0,012	0,05	0,21	8,7	91	0	0	0	0	0	0	0	0,022	0,0039
N.º 98	0,054	0,29	0,79	11,9	87	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0,0035
N.º 99	0,010	0,05	0,21	8,7	91	0	0	0,03	0	0	0	0	0,021	0,0031
N.º 100	0,044	0,27	0,54	11,1	88	0,16	0,26	0	0	0,08	0,08	0	0,020	0,0043

5 Tabla 10 continuación

	Metal base	Símbolo de fundente	Parámetro (6)	Parámetro (7)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)
N.º 89	9N	I	0,232		830	41
N.º 90	9N	I		0,207	765	43
N.º 91	9N	D	0,233		753	37
N.º 92	9N	C	0,253		929	28
N.º 93	9N	B	0,234		777	32
N.º 94	9N	B	0,167		659	38
N.º 95	9N	C	0,285		1018	25
N.º 96	9N	F	0,305		1041	21
N.º 97	9N	E	0,169		680	35
N.º 98	9N	H	0,302		1011	20
N.º 99	9N	K		0,169	678	36
N.º 100	9N	H		0,302	1024	21

Los resultados de las Tablas 7 a 10 pueden llevar a la siguiente consideración.

- 10 En primer lugar, del N.º 1 al N.º 90 en las Tablas 7 a 10 son ejemplos que utilizan alambres del N.º 1 al N.º 90 en las Tablas 2 a 5 que cumplen los requisitos de la presente invención. En cada uno del N.º 1 al N.º 90, podría obtenerse un metal de soldadura excelente tanto en la tenacidad criogénica IV (es decir, energía absorbida) como en la resistencia TS (resistencia a la tracción), aunque se sometió a una soldadura con una alto gasto calorífico de 10,0 kJ/mm o más.
- 15 De estos ejemplos, cada ejemplo que utilizaba un fundente A a L en la Tabla 6 que cumplía la composición de la presente invención tenía un buen aspecto de cordón.
- Por otro lado, del N.º 91 al N.º 100 en la Tabla 10 son ejemplos que utilizan alambres del N.º 91 al N.º 100 en la Tabla 5 que no cumplen los requisitos de la presente invención. Los ejemplos tenían los siguientes defectos.
- 20 En el N.º 91, el contenido de C en el alambre y el metal de soldadura era tan grande que la tenacidad se deterioró.
- En el N.º 92, el contenido de Si en el alambre y el metal de soldadura era tan grande que la tenacidad se deterioró.

En el N.º 93, el contenido de Mn en el alambre y el metal de soldadura era tan grande que la tenacidad se deterioró.

En el N.º 94, el contenido de Ni en el alambre y el metal de soldadura era tan pequeño que la resistencia se redujo y la tenacidad se deterioró.

5 En el N.º 95, el contenido de Ni en el alambre y el metal de soldadura era tan grande que la tenacidad se deterioró.

En el N.º 96, el contenido de Fe en el alambre era tan pequeño que los componentes de aleación eran excesivos. Por tanto, el parámetro de la relación (6) en el metal de soldadura era tan grande que la tenacidad se deterioró.

10 En el N.º 97, el parámetro de la relación (1) en el alambre era tan pequeño que la resistencia se redujo y la tenacidad se deterioró.

15 En el N.º 98, el parámetro de la relación (1) en el alambre y el parámetro de la relación (6) en el metal de soldadura eran tan grandes que la tenacidad se deterioró.

En el N.º 99, el parámetro de la relación (2) en el alambre era tan pequeño que la resistencia se redujo y la tenacidad se deterioró.

20 En el N.º 100, el parámetro de la relación (2) en el alambre y el parámetro de la relación (7) en el metal de soldadura eran tan grandes que la tenacidad se deterioró.

Aunque la presente invención se ha descrito en detalle basándose en los ejemplos específicos mencionados anteriormente, la presente invención no se limita a los ejemplos específicos.

25

REIVINDICACIONES

1. Un alambre de soldadura por electroescoria que contiene, en % en masa en función de la masa total del alambre:

5 C: más de 0 % y 0,07 % o menos;
Si: más de 0 % y 0,50 % o menos;
Mn: más de 0 % y 1,0 % o menos;
Ni: de 6,0 a 15,0 %;
Fe: 79 % o más, y

10 opcionalmente al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B, y que cumple la siguiente relación (2):

$$0,150 \leq C + Si/30 + W/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + Nb/10 + V/10 + 5x B \leq 0,300 \quad (2),$$

15 conteniendo el alambre de soldadura por electroescoria opcionalmente además al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Ca, Mg, REM, Zr, Al y Ti, y que cumple la siguiente relación (3):

$$0,001 \leq 1,6(Ca + Mg) + 1,25(REM + Zr) + Al + 0,8Ti < 0,70 \quad (3),$$

20 y opcionalmente, cuando el alambre es un alambre con núcleo de fundente, conteniendo el fundente:

un fundente a base de metal que cumple los intervalos mencionados anteriormente de la composición; y un agente formador de escoria en una cantidad superior a 0 % y no superior a 15 % en función de la masa total del alambre, donde el agente formador de escoria contiene al menos uno seleccionado del grupo que consiste en SiO₂, CaO, CaF₂, BaF₂, MgO, Al₂O₃, MnO, TiO₂, ZrO₂, FeO, Na₂O, K₂O, y BaO, y cumple la siguiente relación (4):

$$(CaO + CaF_2 + BaF_2 + MgO + BaO + Na_2O + K_2O) / (SiO_2 + 0,5(Al_2O_3 + TiO_2 + ZrO_2 + MnO + FeO)) \geq 1,00 \quad (4)$$

30 donde el lado izquierdo es tomado como >100 cuando el agente formador de escoria no contiene ninguno de SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂, MnO ni FeO,

el resto del alambre de soldadura por electroescoria siendo impurezas inevitables.

35 2. El alambre de soldadura por electroescoria de acuerdo con la reivindicación 1, donde el alambre es un alambre macizo o un alambre con núcleo de fundente.

40 3. El alambre de soldadura por electroescoria de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, donde el alambre ha sido bañado con Cu.

4. Uso de un fundente agregado adicionalmente para compensar una escoria fundida que se reduce con el avance de la soldadura durante una soldadura por electroescoria junto con el alambre de soldadura por electroescoria de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, conteniendo el fundente adicional en % en masa:

45 SiO₂: de 0 a 35 %;
CaO: de 5 a 60 %;
CaF₂: de 3 a 50 %;
BaF₂: de 0 a 20 %;
50 MgO: de 0 a 20 %;
Al₂O₃: de 0 a 65 %;
MnO: de 0 a 20 %;
TiO₂: de 0 a 10 %;
ZrO₂: de 0 a 10 %;
55 FeO: de 0 a 5 %;
Na₂O: de 0 a 10 %;
K₂O: de 0 a 10 %;
BaO: de 0 a 20 %, y

60 el resto siendo impurezas inevitables; y el fundente cumpliendo la siguiente relación (5):

$$(CaO + CaF_2 + BaF_2 + MgO + BaO + Na_2O + K_2O) / (SiO_2 + 0,5(Al_2O_3 + TiO_2 + ZrO_2 + MnO + FeO)) \geq 1,00 \quad (5)$$

65 donde el lado izquierdo es tomado como >100 cuando el fundente no contiene ninguno de SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂, MnO ni FeO.

ES 2 904 627 T3

5. Un método para producir una junta de soldadura mediante soldadura por electroescoria utilizando el alambre de soldadura por electroescoria de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 y el fundente para soldadura por electroescoria tiene la composición definida en la reivindicación 4, y una chapa de acero que contiene de 5 a 10 % de Ni como metal base,

5 donde un metal de soldadura en la junta de soldadura contiene, en % en masa:

C: más de 0 % y 0,07 % o menos;

Si: más de 0 % y 0,50 % o menos;

Mn: más de 0 % y 1,0 % o menos;

10 Ni: de 6,0 a 15,0 %,

opcionalmente al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Cu, Cr, Mo, W, Nb, V y B,

opcionalmente O: 0 % o más y 0,025 % o menos; y

opcionalmente N: 0 % o más y 0,010 % o menos,

15 con el resto consistiendo en Fe; Ca, Mg, REM, Al, Zr y Ti parcialmente dejados como escoria formada a partir del agente formador de escoria; e impurezas inevitables, y

donde el metal de soldadura cumple la siguiente relación (7):

$$0,150 \leq C + Si/30 + W/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + Nb/10 + V/10 + 5xB \leq 0,300 \quad (7).$$

FIG. 1

