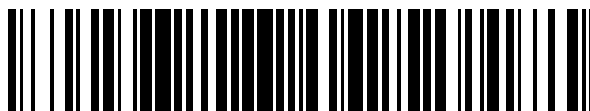


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 464**

51 Int. Cl.:

B23K 35/30 (2006.01)

C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/08 (2006.01)

C22C 38/12 (2006.01)

C22C 38/14 (2006.01)

B23K 35/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06003516 .9**

96 Fecha de presentación: **21.02.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1707303**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.10.2006**

54 Título: **Metal de aportación de acero de baja aleación y alambre con núcleo de fundente**

30 Prioridad:
31.03.2005 JP 2005100761

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.11.2012

73 Titular/es:
**KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (100.0%)
10-26, WAKINOHAMACHO 2-CHOME, CHUO-KU
KOBE-SHI, HYOGO 651-8585, JP**

72 Inventor/es:
**SUENAGA, KAZUYUKI;
HIDAKA, TAKESHI y
OKAZAKI, YOSHITOMI**

74 Agente/Representante:
UNGRÍA LÓPEZ, Javier

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).

ES 2 391 464 T3

DESCRIPCIÓN

Metal de aportación de acero de baja aleación y alambre con núcleo de fundente

5 La presente invención se refiere a un metal de aportación de acero de baja aleación formado por una soldadura por arco con gas de protección usando un alambre con núcleo de fundente, y que tiene una resistencia a la tracción del orden de 490 a 670 MPa, y a un alambre con núcleo de fundente para proporcionar el mismo. Más particularmente, la invención se refiere a un metal de aportación de acero de baja aleación con una buena tenacidad a baja temperatura, y a un alambre con núcleo de fundente para proporcionar el mismo.

10 En los últimos años, el desarrollo energético ha avanzado a las zonas terrestres y marítimas más frías, en las que los componentes se fabrican usando un acero para baja temperatura. Estos componentes en las zonas terrestres y marítimas frías, no obstante, se diseñan teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas en las zonas terrestres y marítimas en las que éstos se hacen funcionar, además de un requisito para una tenacidad a baja temperatura normal en la técnica anterior y, por lo tanto, requieren un acero de tenacidad superior. Además, el requisito para la aplicación de los alambres con núcleo de fundente para este tipo de soldadura del acero a baja temperatura se ha aumentado con el fin de lograr una alta eficiencia de la soldadura sin experiencia.

15 Con unos antecedentes de este tipo, una tecnología para mejorar la tenacidad del metal de aportación a baja temperatura controlando los componentes químicos y el contenido en Ti en disolución sólida del metal de aportación se da a conocer en, por ejemplo, el documento JP-A- 263283/2000. La técnica conocida que se da a conocer en el documento de patente que se menciona anteriormente se centra en la formación de la ferrita acicular en el grano de austenita anterior.

25 A pesar de que, en la técnica anterior precedente, la formación de la ferrita acicular en el grano de austenita anterior se restringe para mejorar la tenacidad, el fenómeno en un límite de grano de austenita anterior no se tiene en cuenta en absoluto. Por lo tanto, la tenacidad del metal de aportación cuando se suelda el acero a baja temperatura no es suficiente.

30 El documento JP 2004 315962A describe un metal de aportación que tiene una composición específica, obtenido mediante una soldadura por arco con gas de protección usando un alambre con núcleo de fundente.

La invención se ha realizado a la vista de los problemas precedentes, y es un objeto de la invención la provisión de un metal de aportación de acero de baja temperatura con una tenacidad mejorada cuando se montan los componentes realizando una soldadura por arco con gas de protección de un acero para baja temperatura, y un alambre con núcleo de fundente para proporcionar el mismo.

35 En un aspecto de la invención, se proporciona un metal de aportación con una buena tenacidad a baja temperatura obtenido mediante una soldadura por arco con gas de protección usando un alambre con núcleo de fundente que incluye una funda de acero, y un flujo cargado en la funda de acero. El metal de aportación comprende C: de un 0,04 a un 0,08 % en masa, Si: de un 0,20 a un 0,50 % en masa, Mn: de un 0,80 a un 1,70 % en masa, Ti: de un 0,030 a un 0,080 % en masa, Ni: de un 0,30 a un 3,00 % en masa, Mo: de un 0,01 a un 0,20 % en masa, B: de un 0,0020 a un 0,0070 % en masa, O: de un 0,040 a un 0,070 % en masa, Al: un 0,01 % en masa o menos, y el resto de Fe y de impurezas incidentales. Se satisface la siguiente ecuación: $([C] \times [Mn] \times [Ti]) / ([Si] \times [O]) = \text{de } 0,20 \text{ a } 0,60$, en la que [C], [Mn], [Ti], [Si], y [O] representan los contenidos de C, Mn, Ti, Si, y O, respectivamente, en la que la relación de volumen de las placas laterales de ferrita en una estructura en columna es de un 20 % en masa o menos.

40 En otro aspecto de la invención, el alambre con núcleo de fundente incluye una funda de acero, y un flujo cargado en la funda de acero, y puede proporcionar el metal de aportación que se menciona anteriormente realizando una soldadura por arco con gas de protección sobre por lo menos un material de base dentro de los siguientes límites de composición. La composición del material de base incluye, C: de un 0,03 a un 0,15 % en masa, Si: de un 0,10 a un 0,50 % en masa, Mn: de un 0,80 a un 1,80 % en masa, P: un 0,02 % en masa o menos, S: un 0,02 % en masa o menos, Ni: de un 0,01 a un 3,00 % en masa, Cr: un 0,2 % en masa o menos, Mo: un 0,2 % en masa o menos, Ti: un 0,08 % en masa o menos, Al: un 0,05 % en masa o menos, B: un 0,005 % en masa o menos, y el resto de Fe y de impurezas incidentales.

55 En el presente caso, para un alambre con núcleo de fundente de metal que incorpora el alambre con núcleo de fundente de la invención, el alambre comprende en base a la masa total de la totalidad del alambre, Fe: de un 92,0 a un 98,5 % en masa, C: de un 0,03 a un 0,09 % en masa, Mn: de un 1,0 a un 2,5 % en masa, Si: de un 0,20 a un 0,60 % en masa, Ti: de un 0,05 a un 0,30 % en masa (en términos de Ti, lo que se corresponde con el contenido en Ti en una aleación de Ti y un óxido de Ti), B: de un 0,003 a un 0,012 % en masa, Ni: de un 0,3 a un 3,0 % en masa, Mo: de un 0,01 a un 0,20 % en masa, y Al: un 0,05 % en masa o menos.

65 Alternativamente, para un alambre con núcleo de fundente para una soldadura en ángulo plana y horizontal que incorpora el alambre con núcleo de fundente de la invención, el alambre comprende en base a la masa total de la totalidad del alambre, Fe: de un 87 a un 95 % en masa, Ti: de un 1,0 a un 2,6 % en masa (en términos de Ti, lo que

se corresponde con el contenido en Ti en una aleación de Ti y un óxido de Ti), C: de un 0,03 a un 0,09 % en masa, Mn: de un 1,0 a un 2,5 % en masa, Si: de un 0,20 a un 0,60 % en masa, B: de un 0,003 a un 0,012 % en masa, Ni: de un 0,3 a un 3,0 % en masa, Mo: de un 0,01 a un 0,20 % en masa, y Al: un 0,05 % en masa o menos, en el que el contenido en ZrO_2 del flujo es de un 0,02 % a un 0,50 % en masa, el contenido en Al_2O_3 del flujo es de un 0,02 % a un 0,80 % en masa, el contenido en SiO_2 del flujo es de un 0,1 % a un 0,5 % en masa y el contenido en Mg del flujo es de un 0,2 a un 1,0 % en masa, en base a la masa total del alambre.

Alternativamente, para un alambre con núcleo de fundente a base de óxido de titanio para una soldadura en todas las posiciones que incorpora el alambre con núcleo de fundente de la invención, el alambre comprende en base a la masa total de la totalidad del alambre, Fe: de un 85 a un 93 % en masa, Ti: de un 2,4 a un 3,6 % en masa (en términos de Ti, lo que se corresponde con el contenido en Ti en una aleación de Ti y un óxido de Ti), C: de un 0,03 a un 0,09 % en masa, Mn: de un 1,0 a un 2,5 % en masa, Si: de un 0,20 a un 0,60 % en masa, B: de un 0,003 a un 0,012 % en masa, Ni: de un 0,3 a un 3,0 % en masa, Mo: de un 0,01 a un 0,20 % en masa, y Al: un 0,05 % en masa o menos, en el que el contenido en ZrO_2 del flujo es de un 0,02 % a un 0,50 % en masa, el contenido en Al_2O_3 del flujo es de un 0,02 % a un 0,80 % en masa, el contenido en SiO_2 del flujo es de un 0,1 % a un 0,5 % en masa y el contenido en Mg del flujo es de un 0,2 a un 1,0 % en masa, en base a la masa total del alambre.

De acuerdo con la invención, la composición del metal de aportación se ajusta tal como se menciona anteriormente, y se satisface la siguiente ecuación: $([C] \times [Mn] \times [Ti]) / ([Si] \times [O]) = \text{de } 0,20 \text{ a } 0,60$. Esto puede evitar la aparición de las placas laterales de ferrita en el límite de grano de austenita anterior en la estructura en columna del metal de aportación, lo que da como resultado una buena tenacidad a baja temperatura que podría no obtenerse mediante el metal de aportación convencional. Además, la composición adecuada del alambre con núcleo de fundente puede proporcionar el metal de aportación que se menciona anteriormente con una buena tenacidad a baja temperatura. Por lo tanto, de acuerdo con la invención, la estabilidad de los componentes usados a baja temperatura puede potenciarse adicionalmente.

A continuación se hará referencia a unas realizaciones a modo de ejemplo de la invención, las cuales se ilustran en los dibujos adjuntos.

(1) Metal de aportación

En primer lugar, la razón para los límites de composición de un metal de aportación de la invención se describirá en detalle a continuación.

“C (carbono)”

El carbono en una cantidad adecuada tiene el efecto de estabilizar de la tenacidad debido a la estabilización de la cementita. Si el contenido en C es menor que un 0,04 % en masa en el metal de aportación, el efecto de estabilización de la tenacidad se vuelve pequeño. Si el contenido en C es mayor que un 0,08 % en masa, la resistencia a la fisura en caliente se deteriora. Por consiguiente, el contenido en C se encuentra preferentemente en un intervalo de un 0,05 a un 0,07 % en masa.

“Si (silicio)”

El silicio actúa como un agente desoxidante, a la vez que afecta a la microestructura. Si la cantidad de Si es grande, se producen unas altas proporciones de las placas laterales de ferrita a partir del límite de grano de austenita anterior, lo que da como resultado una tenacidad reducida. Si la cantidad de Si es menor que un 0,20 % en masa en el metal de aportación, es probable que tengan lugar unas sopladuras debido a una desoxidación insuficiente. Si la cantidad de Si es mayor que un 0,50 % en masa, la aparición de las placas laterales de ferrita en el límite de grano de austenita anterior que se menciona previamente no puede restringirse, lo que da como resultado una tenacidad reducida del metal de aportación. Por consiguiente, el contenido en Si se encuentra preferentemente en un intervalo de un 0,25 a un 0,45 % en masa.

“Mn (manganeso)”

El manganeso actúa como un agente desoxidante, a la vez que afecta a la resistencia y a la tenacidad del metal de aportación. Si el contenido en Mn es menor que un 0,80 % en masa en el metal de aportación, la resistencia del metal de aportación es insuficiente, y su tenacidad se deteriora. Si el contenido en Mn es mayor que un 1,70 % en masa, la resistencia del metal y su templabilidad se vuelven excesivas, lo que da como resultado una tenacidad deteriorada. Por consiguiente, el contenido en Mn se encuentra preferentemente en un intervalo de un 0,90 a un 1,60 % en masa.

“Ti (titanio)”

El titanio existe en el metal de aportación como un óxido, o una disolución sólida. El elemento de Ti en forma de óxido sirve como un núcleo de la ferrita acicular en el límite de grano de austenita anterior para contribuir a mejorar

la tenacidad del metal de aportación. Es decir, en el límite de grano de austenita anterior, la ferrita acicular se forma con el óxido de Ti actuando como su núcleo. La ferrita acicular tiene un efecto de contribución a la miniaturización de la estructura para mejorar su tenacidad. Si el contenido en Ti es menor que un 0,30 % en masa en el metal de aportación, el núcleo no puede formarse de manera suficiente y, por lo tanto, el engrosamiento de la ferrita da como resultado una tenacidad deteriorada del metal de aportación. Por el contrario, si el contenido en Ti es mayor que un 0,080 % en masa, la cantidad del Ti en disolución sólida es excesiva y, por lo tanto, la resistencia del metal de aportación es excesivamente alta, mientras que la tenacidad de la misma se deteriora. Por consiguiente, el contenido en Ti se encuentra preferentemente en un intervalo de un 0,040 a un 0,070 % en masa.

“Ni (níquel)”

El níquel tiene un efecto que da lugar a que la temperatura de transición de la rotura frágil se desplace hacia la temperatura inferior, mejorando de este modo la tenacidad del metal de aportación. No obstante, la adición excesiva de Ni da lugar a la fisura en caliente (fisura por solidificación) con facilidad en el metal de aportación. Si el contenido en Ni del metal de aportación es menor que un 0,30 % en masa, la tenacidad del metal de aportación no se mejora en tal medida. Por el contrario, si el contenido en Ni es mayor que un 3,00 % en masa, la resistencia a la fisura en caliente se deteriora. Por consiguiente, el contenido en Ni se encuentra preferentemente en un intervalo de un 0,35 a un 2,80 % en masa.

“Mo (molibdeno)”

El molibdeno se añade en una cantidad de un 0,01 % en masa o más con el fin de garantizar la resistencia del metal de aportación. La adición excesiva de Mo da lugar a que la temperatura de transición de la rotura frágil se desplace hacia la temperatura superior, dando como resultado de este modo una tenacidad deteriorada del metal de aportación. El contenido en Mo del metal de aportación de un 0,20 % en masa o menos apenas afecta al deterioro de la tenacidad del metal de aportación. Por consiguiente, el contenido en Mo se encuentra preferentemente en un intervalo de un 0,01 a un 0,15 % en masa.

“B (boro)”

El boro tiene un efecto que evita la aparición de ferrita de límite de grano debido a su segregación al límite de grano de austenita anterior, mejorando de este modo la tenacidad del metal de aportación. La adición excesiva de B da lugar a la fisura en caliente (fisura por solidificación) con facilidad en el metal de aportación. Si el contenido en B del metal de aportación es menor que un 0,0020 % en masa, la tenacidad del metal de aportación no se mejora en tal medida. Por el contrario, si el contenido en B es mayor que un 0,0070 % en masa, la resistencia a la fisura en caliente del metal de aportación se deteriora. Por consiguiente, el contenido en B se encuentra preferentemente en un intervalo de un 0,0025 a un 0,0060 % en masa.

“O (oxígeno)”

Se supone que la mayor parte del oxígeno en el metal de aportación existe en forma de óxido. Aumentar el contenido en O disminuye la energía absorbida en el campo de fractura dúctil del metal de aportación en una prueba de impacto. Por lo tanto, con el fin de obtener la más elevada tenacidad en el metal de aportación, es importante reducir el contenido en O a un nivel inferior. La reducción del contenido en O al nivel inferior en el alambre con núcleo de fundente deteriora de forma significativa la labrabilidad de la soldadura (lo que conduce a un aumento en la salpicadura, a un deterioro en la soldabilidad de una soldadura en todas las posiciones o similar), lo cual no es práctico. En la invención, se ha descubierto que el contenido en O de un 0,040 a un 0,070 % en masa en el metal de aportación puede garantizar la tenacidad del metal de aportación a baja temperatura. Es decir, si el contenido en O en el metal de aportación es menor que un 0,040 % en masa, la labrabilidad de la soldadura se deteriora de forma significativa. Por el contrario, si el contenido en O es mayor que un 0,070 % en masa, la energía absorbida en el campo de fractura dúctil se reduce, lo que da como resultado una tenacidad reducida. Por consiguiente, el contenido en O se encuentra preferentemente en un intervalo de un 0,040 a un 0,060 % en masa.

“Al (Aluminio)”

El aluminio existe en forma de óxido en el metal de aportación para evitar la formación de un núcleo de la ferrita acicular que puede producirse mediante el óxido de Ti en el límite de grano de austenita anterior. En el metal de aportación, si el contenido en Al es de un 0,01 % en masa o menos, la formación del núcleo de ferrita acicular se reduce. Preferentemente, el contenido en Al es de un 0,008 % en masa o menos.

$$\frac{([C] \times [Mn] \times [Ti])}{([Si] \times [O])}$$

Obsérvese que, a pesar de que la tenacidad del metal de aportación a baja temperatura puede conseguirse en cierta medida mediante el límite de composición que se menciona anteriormente de cada elemento, con el fin de garantizar la tenacidad a baja temperatura, el solicitante de la presente invención ha descubierto que $\frac{([C] \times [Mn] \times [Ti])}{([Si] \times [O])}$ en un intervalo de un 0,20 a un 0,60 puede garantizar la suficiente tenacidad a baja temperatura. Una $\frac{([C] \times [Mn] \times [Ti])}{([Si] \times [O])}$

$[Mn] \times [Ti] / ([Si] \times [O])$ de menos de 0,20 conduce a un deterioro en la templabilidad y de la energía absorbida en el campo de fractura dúctil, y a un aumento en la proporción de las placas laterales de ferrita, dando como resultado de este modo una tenacidad deteriorada del metal de aportación. Una $([C] \times [Mn] \times [Ti]) / ([Si] \times [O])$ de más de 0,60 deteriora la tenacidad del metal de aportación debido a la excesiva templabilidad. Como resultado de la observación de la microestructura, la relación de volumen de las placas laterales de ferrita en la estructura en columna del metal de aportación con una buena tenacidad a baja temperatura es de un 20 % en volumen o menos y, preferentemente, de un 16 % en volumen o menos.

Una estructura modificada que se produce mediante la nucleación a partir del límite de grano se convierte en los granos para formar la placa lateral de ferrita. Este crecimiento se detiene controlando la presencia de una inclusión a base de óxido que existe en el grano, y de la estructura modificada en el grano que se produce mediante la nucleación a partir de la inclusión a base de óxido. Se considera que un ajuste del parámetro que se menciona anteriormente dentro del intervalo de un 0,20 a un 0,60 puede controlar de forma adecuada la inclusión a base de óxido en el grano, y la estructura modificada en el grano.

“Resto del metal de aportación”

El resto del metal de aportación es Fe e impurezas incidentales. Las impurezas incidentales incluyen, por ejemplo, P, S, Cu, Cr, V, Nb, Zr, Co, y Sn. Preferentemente, P se reduce a un 0,02 % en masa o menos, S a un 0,02 % en masa o menos, Cu a un 0,3 % en masa o menos (cuando se aplica un metalizado de Cu a una funda de acero, que incluye una parte sujeta al metalizado), Cr a un 0,1 % en masa o menos, V a un 0,05 % en masa o menos, Nb a un 0,05 % en masa o menos, Zr a un 0,01 % en masa o menos, Co a un 0,01 % en masa o menos, o Sn a un 0,02 % en masa o menos.

(2) Alambre con núcleo de fundente

Un alambre con núcleo de fundente de metal, un alambre con núcleo de fundente para una soldadura en ángulo plana y horizontal, y un alambre con núcleo de fundente para una soldadura en todas las posiciones que satisfacen el siguiente intervalo, pueden ser prácticos debido a que éstos cumplen de manera suficiente las características mecánicas y la aptitud para el uso de la soldadura necesarias del metal de aportación.

“C (carbono)”

Con el fin de obtener el contenido en C de un 0,04 a un 0,08 % en masa en el metal de aportación, el contenido en C del alambre con núcleo de fundente se ajusta dentro de un intervalo de un 0,03 a un 0,09 % en masa, en base a la masa total del alambre con núcleo de fundente y, preferentemente, dentro de un intervalo de un 0,04 a un 0,08 % en masa. Obsérvese que las fuentes de carbono incluyen, por ejemplo, grafito, Fe-Mn, Fe-Si y la adición de C en la funda de acero, y pueden usarse para añadir C a partir de uno cualquiera del flujo y la funda de acero.

“Si (silicio)”

Con el fin de obtener el contenido en Si de un 0,20 a un 0,50 % en masa en el metal de aportación, el contenido en Si del alambre con núcleo de fundente se ajusta dentro de un intervalo de un 0,20 a un 0,60 % en masa, en base a la masa total del alambre con núcleo de fundente y, preferentemente, dentro de un intervalo de un 0,25 a un 0,55 % en masa. Obsérvese que las fuentes de silicio incluyen, por ejemplo, Fe-Si, Si-Mn y la adición de Si en la funda de acero, y pueden usarse para añadir Si a partir de uno cualquiera del flujo y la funda de acero.

“Mn (manganeso)”

Con el fin de obtener el contenido en Mn de un 0,80 a un 1,70 % en masa en el metal de aportación, el contenido en Mn del alambre con núcleo de fundente se ajusta dentro de un intervalo de un 1,0 a un 2,50 % en masa, en base a la masa total del alambre con núcleo de fundente y, preferentemente, dentro de un intervalo de un 1,1 a un 2,4 % en masa. Obsérvese que las fuentes de manganeso incluyen, por ejemplo, Mn metálico, Fe-Mn, Si-Mn y la adición de Mn en la funda de acero, y pueden usarse para añadir Mn a partir de uno cualquiera del flujo y la funda de acero.

“Ti (titanio)”

Con el fin de obtener el contenido en Ti de un 0,030 a un 0,080 % en masa en el metal de aportación, el contenido en Ti del alambre con núcleo de fundente (contenido en Ti que está contenido en una aleación de Ti y un óxido de Ti) se ajusta dentro de un intervalo de un 0,05 a un 0,30 % en masa en el alambre con núcleo de fundente de metal, dentro de un intervalo de un 1,0 a un 2,6 % en masa en el alambre con núcleo de fundente para la soldadura en ángulo plana y horizontal, o dentro de un intervalo de un 2,4 a un 3,6 % en masa en el alambre con núcleo de fundente para la soldadura en todas las posiciones. Obsérvese que las fuentes de titanio incluyen, por ejemplo, rutina, óxido de titanio, Fe-Ti y la adición de Ti en la funda de acero, y pueden usarse para añadir Ti a partir de uno cualquiera del flujo y la funda de acero. Dependiendo de las aplicaciones, es decir, de acuerdo con la cantidad de un componente de pieza bruta requerido, es necesario hacer que varíe cada contenido de fuente de Ti del alambre.

Teniendo en cuenta el hecho de que el Ti del metal de aportación se origina principalmente a partir de una aleación de Ti, con el fin de obtener el metal de aportación con el contenido en Ti deseado, el contenido en Ti del alambre se ajusta de forma adecuada.

5 "B (boro)"

Con el fin de obtener el contenido en B de un 0,0020 a un 0,0070 % en masa en el metal de aportación, el contenido en B del alambre con núcleo de fundente se ajusta dentro de un intervalo de un 0,003 a un 0,012 % en masa, en base a la masa total del flujo y, preferentemente, dentro de un intervalo de un 0,004 a un 0,011 % en masa.

10 Obsérvese que las fuentes de boro incluyen, por ejemplo, una aleación de Fe-Si-B.

"Ni (níquel)"

15 Con el fin de obtener el contenido en Ni de un 0,30 a un 3,00 % en masa en el metal de aportación, el contenido en Ni del alambre con núcleo de fundente se ajusta dentro de un intervalo de un 0,3 a un 3,0 % en masa, en base a la masa total del alambre con núcleo de fundente y, preferentemente, dentro de un intervalo de un 0,3 a un 2,9 % en masa. Obsérvese que las fuentes de níquel incluyen, por ejemplo, Ni metálico, Ni-Mg y la adición de Ni en la funda de acero, y pueden usarse para añadir Ni a partir de uno cualquiera del flujo y la funda de acero.

20 "Mo (molibdeno)"

Con el fin de obtener el contenido en Mo de un 0,01 a un 0,20 % en masa en el metal de aportación, el contenido en Mo del alambre con núcleo de fundente se ajusta dentro de un intervalo de un 0,01 a un 0,20 % en masa, en base a la masa total del alambre con núcleo de fundente y, preferentemente, dentro de un intervalo de un 0,01 a un 0,15 % en masa. Obsérvese que las fuentes de molibdeno incluyen, por ejemplo, Mo metálico, Fe-Mo y la adición de Mo en la funda de acero, y pueden usarse para añadir Mo a partir de uno cualquiera del flujo y la funda de acero.

"Al (aluminio)"

30 Con el fin de limitar el contenido en Al del metal de aportación a un 0,01 % en masa o menos, el contenido en Al del alambre con núcleo de fundente se ajusta a un 0,05 % en masa o menos, en base a la masa total del flujo.

"Fe (hierro)"

35 En el alambre con núcleo de fundente para una soldadura de acero de baja aleación, además de los componentes de aleación, pueden añadirse al mismo un agente de formación de escoria, un estabilizador de arco y similar, dependiendo de las aplicaciones. Éstos tienen sus intervalos respectivos apropiados de Fe de acuerdo con los tipos de los alambres con núcleo de fundente. Es decir, para el alambre con núcleo de fundente de metal, si el contenido en Fe es menor que un 92,0 % en masa en base a la masa total del alambre, se produce una gran cantidad de escoria y, por lo tanto, se elimina la buena propiedad a la vista de la aptitud para el uso de la soldadura (pequeña cantidad de escoria) del alambre. Si el contenido en Fe es mayor que un 98,5 % en masa, no pueden añadirse los componentes de aleación esenciales. Para el alambre con núcleo de fundente para la soldadura en ángulo plana y horizontal, si el contenido en Fe es menor que un 87 % en masa, se produce una gran cantidad de escoria y, por lo tanto, la resistencia a la porosidad del alambre se deteriora en una placa de acero recubierta de imprimación o similar. Si el contenido en Fe es mayor que un 95 % en masa, no pueden añadirse los componentes de aleación esenciales. Para el alambre con núcleo de fundente para la soldadura en todas las posiciones, si el contenido en Fe es mayor que un 85 % en masa, la escoria se produce de forma excesiva y, por lo tanto, es probable que tengan lugar unos defectos de soldadura, tal como inclusiones de escoria. Si el contenido en Fe es mayor que un 93 % en masa, los componentes de aleación esenciales no pueden añadirse. Obsérvese que las fuentes de hierro incluyen, por ejemplo, polvos de hierro, aleación basada en Fe y similar en el flujo, así como en la funda de acero.

"ZrO₂"

55 Si el contenido en ZrO₂ del flujo es menor que un 0,02 % en masa en base a la masa total del alambre, la uniformidad de las perlas se deteriora en la soldadura en ángulo plana y horizontal. Por el contrario, si el contenido en ZrO₂ es mayor que un 0,50 % en masa, las características de isópodo del alambre se deterioran en la soldadura en ángulo horizontal. Además, la forma de la perla en el estado permanente es convexa. Preferentemente, el contenido en ZrO₂ se encuentra dentro de un intervalo de un 0,05 a un 0,45 % en masa. Obsérvese que las fuentes de ZrO₂ incluyen, por ejemplo, arena de zirconio, óxido de circonio y similar.

60 "Al₂O₃"

65 Si el contenido en Al₂O₃ del flujo es menor que un 0,02 % en masa en base a la masa total del alambre, la uniformidad de las perlas se deteriora en la soldadura en ángulo plana y horizontal. Por el contrario, si el contenido en Al₂O₃ es mayor que un 0,80 % en masa, la capacidad de adecuación de las perlas se deteriora en la soldadura en ángulo plana y horizontal. Además, se aumenta la cantidad de aparición de salpicadura. Por consiguiente, el

contenido en Al_2O_3 se encuentra preferentemente en un intervalo de un 0,05 a un 0,60 % en masa. Obsérvese que las fuentes de Al_2O_3 incluyen, por ejemplo, alúmina.

“ SiO_2 ”

- 5 Si el contenido en SiO_2 del flujo es menor que un 0,1 % en masa en base a la masa total del alambre, la uniformidad de las perlas se deteriora en la soldadura en ángulo plana y horizontal. Por el contrario, cuando el contenido en SiO_2 es mayor que un 0,5 % en masa, la resistencia a la porosidad del alambre se deteriora en la soldadura en ángulo horizontal. Además, la forma de la perla en el estado permanente es convexa. Preferentemente, el contenido en
- 10 SiO_2 se encuentra en un intervalo de un 0,15 a un 0,45 % en masa. Obsérvese que las fuentes de SiO_2 incluyen, por ejemplo, sílice, vidrio de potasio, vidrio de sodio y similar.

“Mg”

- 15 Si el contenido en Mg del flujo es menor que un 0,2 % en masa en base a la masa total del alambre, no puede llevarse a cabo una desoxidación suficiente del alambre, lo que da como resultado una tenacidad deteriorada del alambre. Si el contenido en Mg es mayor que un 1,0 % en masa, la cantidad de salpicadura se aumenta y, por lo tanto, la aptitud para el uso de la soldadura del alambre se deteriora. Preferentemente, el contenido en Mg se encuentra en un intervalo de un 0,25 a un 0,9 % en masa. Obsérvese que las fuentes de Mg incluyen, por ejemplo,
- 20 Mg metálico, Al-Mg, Ni-Mg y similar.

“Otros materiales”

- 25 Además de los elementos de aleación que se dan a conocer en el presente documento, puede añadirse un estabilizador de arco y/o unos elementos de aleación adicionales según sea necesario. El alambre con núcleo de fundente puede tener cualquier diámetro dentro de un intervalo de 1,0 a 2,0 mm y, preferentemente, dentro de 1,2 a 1,6 mm a la vista de un uso práctico. La forma en sección del alambre con núcleo de fundente no está particularmente limitada, y puede ajustarse de forma arbitraria la presencia o la ausencia de juntas y la forma interior del alambre.
- 30

(3) Material de base

En la invención, con el fin de obtener el metal de aportación tal como se describe en la reivindicación 1 adjunta, una composición de un material de base de soldadura que va a usarse incluye:

- 35 C: de un 0,03 a un 0,15 % en masa,
Si: de un 0,10 a un 0,50 % en masa,
Mn: de un 0,80 a un 1,80 % en masa,
P: un 0,02 % en masa o menos,
40 S: un 0,02 % en masa o menos,
Ni: de un 0,01 a un 3,00 % en masa,
Cr: un 0,2 % en masa o menos,
Mo: un 0,2 % en masa o menos,
Ti: un 0,08 % en masa o menos,
45 Al: un 0,05 % en masa o menos,
B: un 0,005 % en masa o menos,
Cu: un 0,3 % en masa o menos,
V: un 0,05 % en masa o menos,
Nb: un 0,05 % en masa o menos,
50 Zr: un 0,01 % en masa o menos,
Co: un 0,01 % en masa o menos,
Sn: un 0,02 % en masa o menos,
Fe: de un 94 a un 99 % en masa, y
el resto de impurezas incidentales.
- 55

Ejemplo 1

- Unos alambres con núcleo de fundente con unas composiciones tal como se muestra en la tabla 1 (con un diámetro de alambre de 1,2 mm) se realizaron cargando unos flujos en una cantidad de un 13 a un 20 % en masa en unas fundas de acero dulce. Usando estos alambres con núcleo de fundente, unas pruebas de confirmación de propiedades se llevaron a cabo tal como sigue.
- 60

Prueba 1. Soldadura a tope

- 65 Usando los alambres con núcleo de fundente que se muestran en las tablas 1 a 3, y las placas de acero a baja temperatura con unas composiciones que se muestran en la tabla 4, los metales de aportación se realizaron

mediante soldadura en unas condiciones de prueba que se muestran en la tabla 5. Las características mecánicas, los componentes químicos y las microestructuras de los metales de aportación obtenidos se examinaron mediante unos procedimientos de prueba tal como se muestra en la tabla 6. En lo que se refiere a las características mecánicas, se determinó que eran aceptables los alambres con una resistencia a la tracción de 490 MPa o más, y una energía absorbida de 80 J o más. Los alambres n.º 1 a n.º 5 tal como se muestra en la tabla 1 tienen unas composiciones respectivas que se encuentran dentro de un intervalo de composiciones de los alambres con núcleo de fundente de metal tal como se especifica en la reivindicación 2 de la invención. Los alambres n.º 7 a n.º 11 tal como se muestra en la tabla 2 tienen unas composiciones respectivas que se encuentran dentro de un intervalo de unas composiciones de los alambres con núcleo de fundente para la soldadura en ángulo plana y horizontal tal como se especifica en la reivindicación 3 de la invención. Los alambres n.º 13 a n.º 17 tal como se muestra en la tabla 3 tienen unas composiciones respectivas que se encuentran dentro de un intervalo de composiciones del alambre con núcleo de fundente a base de óxido de titanio para la soldadura en todas las posiciones tal como se especifica en la reivindicación 4 de la invención. El alambre n.º 6 tal como se muestra en la tabla 1 tiene su contenido en Mn que se desvía sólo con respecto a un intervalo del contenido en Mn tal como se especifica en la reivindicación 2. El alambre n.º 12 tal como se muestra en la tabla 2 tiene su contenido en Mn que se desvía sólo con respecto a un intervalo del contenido en Mn tal como se especifica en la reivindicación 3. El alambre n.º 18 tal como se muestra en la tabla 3 tiene su contenido en Mn que se desvía sólo con respecto a un intervalo del contenido en Mn tal como se especifica en la reivindicación 4.

Tabla 1

n.º	Fe	C	Mn	Si	En términos de Ti	B	Ni	Mo	Al	Otros (Estabilizador de arco y similar)
1	95,2	0,08	2,2	0,50	0,06	0,005	1,4	0,15	0,04	0,01
2	95,1	0,03	1,6	0,25	0,14	0,012	2,2	0,17	0,02	0,02
3	97,5	0,05	1,0	0,25	0,28	0,009	0,6	0,07	0,03	0,01
4	96,0	0,09	2,3	0,35	0,20	0,003	0,4	0,12	0,02	0,04
5	93,5	0,07	2,3	0,50	0,07	0,011	2,9	0,01	0,04	0,05
6	97,7	0,05	0,8	0,25	0,28	0,009	0,6	0,07	0,03	0,01
19	98,6	0,04	0,7	0,30	0,04	0,002	0,1	0,22	0,04	-
20	96,5	0,10	1,3	0,16	0,32	0,016	1,3	0,02	0,03	0,04
21	91,7	0,05	2,6	0,38	0,15	0,007	3,3	0,01	0,02	0,80
22	93,8	0,02	2,2	0,70	0,27	0,009	2,5	0,02	0,04	0,01
23	96,8	0,06	1,6	0,31	0,23	0,012	0,4	0,10	0,06	0,03

Tabla 2

n.º	Fe	C	Mn	Si	En términos de Ti	B	Ni	Mo	Al	ZrO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Mg	Otros (Estabilizador de arco y similar)
7	92	0,09	2,4	0,23	1,4	0,004	0,3	0,17	0,03	0,35	0,15	0,3	0,3	0,3
8	87	0,04	2,4	0,55	2,6	0,010	3,0	0,02	0,05	0,20	0,03	0,4	0,3	0,2
9	92	0,04	1,1	0,20	1,1	0,011	1,6	0,08	0,03	0,05	0,75	0,1	0,9	0,2
10	91	0,08	2,2	0,35	2,0	0,005	0,5	0,02	0,02	0,25	0,02	0,5	0,2	0,5
11	90	0,05	2,0	0,42	2,3	0,006	0,8	0,01	0,01	0,48	0,30	0,5	0,5	0,2
12	92	0,04	0,9	0,20	1,1	0,011	1,6	0,08	0,03	0,05	0,75	0,1	0,9	0,2
24	91	0,02	2,4	0,30	2,0	0,015	0,2	0,02	0,04	0,70	0,10	0,04	0,7	0,1
25	88	0,11	2,1	0,32	2,2	0,012	3,5	0,05	0,03	0,30	0,01	0,4	0,3	0,2
26	86	0,05	2,8	0,15	3,2	0,002	1,5	0,11	0,06	0,20	1,00	0,7	0,1	0,8
27	92	0,07	2,3	0,50	0,8	0,005	0,9	0,29	0,01	0,00	0,00	0,1	1,2	0,2
28	88	0,05	0,8	0,65	2,2	0,004	3,2	0,14	0,06	0,01	0,70	0,5	0,4	0,6
29	96	0,02	0,9	0,15	0,9	0,002	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,1	0,2

Tabla 3

n.º	Fe	C	Mn	Si	En términos de Ti	B	Ni	Mo	Al	ZrO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Mg	Otros (Estabilizador de arco y similar)
13	89	0,08	2,3	0,25	2,8	0,004	0,3	0,17	0,05	0,45	0,12	0,4	0,2	0,2
14	85	0,04	2,5	0,60	3,6	0,010	2,8	0,02	0,03	0,15	0,02	0,2	0,3	0,2
15	90	0,05	1,1	0,21	2,4	0,012	1,8	0,08	0,01	0,02	0,78	0,1	1,0	0,1
16	89	0,08	2,2	0,30	3,2	0,006	0,4	0,02	0,02	0,20	0,05	0,5	0,3	0,4
17	88	0,04	2,0	0,40	3,5	0,006	0,8	0,01	0,02	0,43	0,10	0,5	0,5	0,1
18	90	0,05	0,9	0,21	2,4	0,012	1,8	0,08	0,01	0,02	0,78	0,1	1,0	0,1
30	89	0,02	2,4	0,30	3,0	0,015	0,2	0,02	0,03	0,60	0,10	0,05	0,6	0,3
31	86	0,11	2,0	0,30	3,0	0,011	3,5	0,05	0,04	0,20	0,01	0,3	0,5	0,4
32	84	0,05	2,8	0,18	4,5	0,002	1,5	0,11	0,06	0,10	0,90	0,6	0,1	0,3
33	91	0,08	2,3	0,48	1,8	0,004	0,9	0,29	0,01	0	0	0,1	1,1	0,1
34	86	0,05	0,9	0,65	3,2	0,005	3,1	0,14	0,06	0,03	0,75	0,5	0,3	0,5
35	94	0,02	0,9	0,15	2,0	0,002	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,1	0,2
36	87	0,10	2,4	0,25	3,0	0,011	2,6	0,02	0,02	0,20	0,02	0,3	0,4	0,4

Tabla 4

Material de base	Espesor de la placa (mm)	Componentes químicos (% en masa)										
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Ti	Al	B
A (SLA325B)	20	0,08	0,20	1,35	0,005	0,001	0,01	0,03	0,01	0,010	0,03	0,001
B (SLA325A)	20	0,09	0,18	1,60	0,008	0,001	0,02	0,03	0,01	0,005	0,05	0,001
C (SM400B)	12	0,13	0,20	1,15	0,007	0,001	0,01	0,03	0,01	0,002	0,03	0

Tabla 5

Material de base	JIS G 3126 SLA325B o SLA325A, espesor de placa 20 mm (Componentes químicos A o B tal como se muestra en la tabla 4)
Forma de la ranura	ranura en V de 45°, Distancia de raíz = 12 mm, Uso de dorso de acero
Alambre	Alambres con núcleo de fundente con unos componentes tal como se muestra en las tablas 1, 2, y 3 (Diámetro de alambre: 1,2 mm)
Gas de protección	80 % de Ar - 20 % de CO ₂ o 100 % de CO ₂ , Caudal = 25 l/min,
Posición de soldadura	Plana
Condición de la soldadura	(1) Para gas mixto 260 a 300 A-28 a 32 V -25 a 35 cm/min (Entrada de calor de soldadura = 1,5 a 2,2 kJ/mm) (2) Para gas CO ₂ 260 a 300 A - 30 a 34 V - 25 a 35 cm/min (Entrada de calor de soldadura = 1,5 a 2,3 kJ/mm)
Número de capas	6 capas y 12 pasadas
Temperatura de pasada de calentamiento previo	100 a 150 °C

Tabla 6

Prueba de tracción	Probeta JIS Z3111 A1, Posición de la muestra = centro del metal de aportación, Temperatura de prueba en el centro del espesor de la placa = Temperatura ambiente (20 a 23 °C)
Prueba de impacto	Probeta JIS Z3111 n.º 4, Posición de la muestra = centro del metal de aportación, Temperatura de prueba en el centro del espesor de la placa = -60 °C
Análisis de componentes químicos	Procedimiento de análisis: JIS G 1253 y JIS Z2613, Posición de análisis = centro del metal de aportación, centro del espesor de la placa
Observación de la microestructura	Una superficie de una muestra incrustada en resina se pulió, y una parte de la muestra se oxidó mediante la aplicación de una disolución de etanol-nitrato al 2 %. Una estructura en columna de la parte en la última pasada de soldadura (la cual no está sujeta a un ciclo térmico) se observó usando un microscopio óptico con un aumento de 400x para calcular la tasa de las placas laterales de ferrita en un campo de visión como una relación de áreas (%). (Se observaron y se promediaron cinco campos de visión). Alternativamente, un tamaño de grano cristalino se midió con un límite de una inclinación de 15° o más que servía como un límite de grano cristalino por análisis de azimut usando el EBSP, en el que los cristales con un tamaño de grano de 20 µm o más en un sistema aproximadamente circular se definieron como la placa lateral de ferrita. (Zona de medición: 200 µm × 200 µm, paso de medición: 0,5 µm, Número de campos de visión: 5)

5 Prueba 2. Resistencia a la fisura en caliente

Usando los alambres con núcleo de fundente que se muestran en las tablas 1 a 3, y las placas de acero a baja temperatura con unas composiciones que se muestran en la tabla 4, los metales de aportación se realizaron mediante soldadura en unas condiciones de prueba que se muestran en la tabla 7. La resistencia a la fisura en caliente de los metales de aportación obtenidos se examinó mediante una prueba de fisura de soldadura a tope con restricción de plantilla en forma de C (Prueba FISCO). La relación de una longitud de fisura con respecto a una longitud de perla de una perla rota (% en masa) se ajusta como una relación de fisuras. Se determinó que los alambres con una relación de fisuras de un 10 % en masa o menos eran aceptables (incluyendo las fisuras de cráter).

Tabla 7

Material de base	JIS G 3126 SLA325B, espesor de placa 20 mm (Componentes químicos A tal como se muestra en la tabla 4)
Forma de la ranura	ranura en V de 90°, Cara de la raíz = 10 mm, Distancia de raíz = 2,4 mm
Alambre	Alambres con núcleo de fundente con unos componentes tal como se muestra en las tablas 1, 2, y 3 (Diámetro de alambre 1,2 mm)
Gas de protección	80 % de Ar - 20 % de CO ₂ , Caudal = 25 l/min
Posición de soldadura	Plana
Condición de la soldadura	280 A- 31 V - 35 cm/min
Número de capas	1 capa y 1 pasada
Temperatura de calentamiento previo	Temperatura ambiente (20 a 23 °C)
Número de repeticiones	Dos veces

Prueba 3. Prueba de soldadura en ángulo horizontal (Aptitud para el uso de la soldadura)

- 5 Usando los alambres con núcleo de fundente que se muestran en las tablas 2 y 3, y las placas de acero para unas estructuras de soldadura con unas composiciones que se muestran en la tabla 4 (placas de acero recubiertas de imprimación de zinc inorgánico), los metales de aportación se realizaron mediante soldadura en unas condiciones de prueba que se muestran en la tabla 8, y la aptitud para el uso de la soldadura de los metales de aportación se sometió a prueba.

Tabla 8

Material de base	JIS G3106 SM400B, espesor de placa 12 mm (Componentes químicos C tal como se muestra en la tabla 4) * Una superficie de una placa de acero se recubrió con una imprimación de zinc inorgánico de un espesor de 15 µm para una prueba
Forma de la ranura	Soldadura en ángulo en forma de T
Alambre	Alambres con núcleo de fundente con unos componentes tal como se muestra en las tablas 2, y 3 (Diámetro de alambre: 1,2 mm)
Gas de protección	80 % de Ar - 20 % de CO ₂ , Caudal = 25 l/min,
Posición de soldadura	(1) Soldadura en ángulo horizontal (Sólo alambre con núcleo de fundente con unos componentes tal como se muestra en la tabla 2) (2) Soldadura en ángulo vertical ascendente (Sólo alambre con núcleo de fundente con unos componentes tal como se muestra en la tabla 3)
Condición de la soldadura	(1) Soldadura en ángulo horizontal: 300 A - 31 V - 30 a 50 cm/min (2) Soldadura en ángulo vertical ascendente: 220 A - 24 V - 10 a 15 cm/min
Número de capas	1 capa y 1 pasada (Soldadura a ambos lados)
Temperatura de calentamiento previo	Temperatura ambiente a 100 °C

- 10 Los resultados de las pruebas que se mencionan anteriormente 1 a 3 se muestran en las siguientes tablas 9 a 12. Las tablas 9 y 10 respectivamente muestran unos materiales de base (la tabla 4), unos alambres de soldadura (las tablas 1 a 3) y unas composiciones de metales de aportación (cuyo resto incluye Fe e impurezas incidentales) en los ejemplos de la invención y los ejemplos comparativos. En las columnas relativas a las ecuaciones de las tablas 9 y
- 15 10, se muestran unos valores obtenidos mediante el cálculo de la ecuación $([C] \times [Mn] \times [Ti]) / ([Si] \times [O])$. Además, las tablas 11 y 12 muestran las características mecánicas, las tasas de las placas laterales de ferrita, las relaciones de fisuras y la aptitud para el uso de la soldadura en los ejemplos de la invención y los ejemplos comparativos. En las tablas 11 y 12, un material de base A (véase la tabla 4) se usa para medir la relación de fisuras, y un material de base C (véase la tabla 4) se usa para evaluar la aptitud para el uso de la soldadura.
- 20 Obsérvese que, en una columna con respecto a la aptitud para el uso de la soldadura, una marca ○ indica un buen estado, mientras que una marca × indica un mal estado. Además, la razón para el mal estado se describe en la columna acerca de la aptitud para el uso de la soldadura.

- 25 La tasa de las placas laterales de ferrita se midió mediante dos procedimientos, a saber, un procedimiento para la extracción de la placa lateral de ferrita a partir de una imagen mediante un microscopio óptico, y un procedimiento para la extracción de la placa lateral de ferrita por análisis de azimut usando un EPSP (patrón de difracción de electrones por retrodispersión).

Tabla 9

	n.º	Material de base	Alambre n.º	Gas de protección	Componentes químicos (% en masa)										Ecuación
					C	Si	Mn	Ni	Mo	Ti	Al	B	O		
Ejemplos	1	A	1	Ar - 20 % de CO ₂	0,08	0,48	1,68	1,35	0,15	0,032	0,008	0,0021	0,041	0,22	
	2	A	2	Ar - 20 % de CO ₂	0,04	0,20	1,21	2,15	0,18	0,055	0,005	0,0065	0,052	0,26	
	3	A	3	Ar - 20 % de CO ₂	0,04	0,23	0,85	0,56	0,07	0,075	0,006	0,0045	0,041	0,27	
	4	A	4	Ar - 20 % de CO ₂	0,07	0,32	1,68	0,35	0,12	0,065	0,004	0,0020	0,055	0,43	
	5	A	5	Ar - 20 % de CO ₂	0,07	0,47	1,65	2,92	0,01	0,044	0,008	0,0065	0,041	0,26	
	6	A	5	100 % de CO ₂	0,07	0,42	1,54	2,95	0,01	0,037	0,007	0,0060	0,047	0,20	
	7	B	6	Ar - 20 % de CO ₂	0,05	0,22	0,82	0,55	0,07	0,072	0,009	0,0045	0,046	0,29	
	8	A	7	Ar - 20 % de CO ₂	0,08	0,23	1,50	0,30	0,18	0,031	0,009	0,0023	0,058	0,28	
	9	A	8	Ar - 20 % de CO ₂	0,04	0,50	1,70	2,93	0,02	0,078	0,005	0,0050	0,054	0,20	
	10	A	9	Ar - 20 % de CO ₂	0,05	0,22	0,81	1,87	0,08	0,051	0,003	0,0070	0,042	0,22	
	11	A	10	Ar - 20 % de CO ₂	0,08	0,26	1,58	0,41	0,02	0,060	0,004	0,0035	0,051	0,57	
	12	A	11	Ar - 20 % de CO ₂	0,05	0,38	1,58	0,83	0,01	0,065	0,004	0,0035	0,050	0,27	
	13	A	11	100 % de CO ₂	0,05	0,33	1,33	0,83	0,01	0,055	0,004	0,0033	0,052	0,21	
	14	B	12	Ar - 20 % de CO ₂	0,06	0,23	0,80	1,85	0,08	0,045	0,007	0,0068	0,045	0,21	
	15	A	13	Ar - 20 % de CO ₂	0,08	0,22	1,50	0,32	0,19	0,030	0,010	0,0023	0,068	0,24	
	16	A	14	Ar - 20 % de CO ₂	0,04	0,50	1,68	2,95	0,02	0,077	0,005	0,0050	0,053	0,20	
	17	A	15	Ar - 20 % de CO ₂	0,05	0,20	0,81	1,89	0,09	0,048	0,003	0,0068	0,040	0,24	
	18	A	16	Ar - 20 % de CO ₂	0,08	0,25	1,58	0,41	0,02	0,075	0,004	0,0025	0,062	0,61	
	19	A	17	Ar - 20 % de CO ₂	0,05	0,35	1,58	0,85	0,01	0,075	0,004	0,0028	0,048	0,35	
	20	A	17	100 % de CO ₂	0,05	0,31	1,33	0,85	0,01	0,059	0,004	0,0025	0,057	0,22	
	21	B	18	Ar - 20 % de CO ₂	0,06	0,21	0,83	1,85	0,09	0,044	0,006	0,0065	0,043	0,24	

Tabla 10

n.º	Material de base	Alambre n.º	Gas de protección	Componentes químicos (% en masa)									
				C	Si	Mn	Ni	Mo	Ti	Al	B	O	Ecuación
22	A	19	Ar - 20 % de CO ₂	0,04	0,28	0,60	0,08	0,23	0,025	0,010	0,0018	0,075	0,03
23	A	20	Ar - 20 % de CO ₂	0,09	0,15	0,95	1,23	0,02	0,102	0,005	0,0078	0,036	1,62
24	A	21	Ar - 20 % de CO ₂	0,05	0,35	1,91	3,27	0,01	0,060	0,004	0,0033	0,065	0,25
25	A	22	Ar - 20 % de CO ₂	0,03	0,65	1,55	2,43	0,02	0,072	0,007	0,0040	0,040	0,13
26	B	22	Ar - 20 % de CO ₂	0,04	0,63	1,60	2,40	0,02	0,079	0,008	0,0038	0,043	0,19
27	A	23	Ar - 20 % de CO ₂	0,06	0,28	1,04	0,38	0,09	0,072	0,012	0,0066	0,072	0,22
28	A	23	100 % de CO ₂	0,07	0,23	0,92	0,38	0,09	0,061	0,013	0,0064	0,079	0,22
29	A	24	Ar - 20 % de CO ₂	0,03	0,26	1,68	0,21	0,02	0,030	0,005	0,0080	0,050	0,12
30	A	25	Ar - 20 % de CO ₂	0,10	0,26	1,36	3,50	0,05	0,050	0,010	0,0050	0,052	0,50
31	A	26	Ar - 20 % de CO ₂	0,05	0,17	1,78	1,59	0,12	0,030	0,014	0,0014	0,080	0,20
32	A	27	Ar - 20 % de CO ₂	0,08	0,42	1,80	0,93	0,30	0,100	0,004	0,0023	0,035	0,98
33	A	28	Ar - 20 % de CO ₂	0,05	0,60	0,75	3,19	0,15	0,070	0,013	0,0012	0,052	0,08
34	A	28	100 % de CO ₂	0,06	0,55	0,65	3,18	0,15	0,060	0,012	0,0011	0,054	0,08
35	A	29	Ar - 20 % de CO ₂	0,02	0,13	0,72	0,2	0,01	0,020	0,003	0,0012	0,080	0,03
36	A	30	Ar - 20 % de CO ₂	0,03	0,25	1,65	0,22	0,02	0,038	0,005	0,0075	0,045	0,17
37	A	31	Ar - 20 % de CO ₂	0,09	0,25	1,35	3,52	0,05	0,054	0,010	0,0053	0,052	0,50
38	A	32	Ar - 20 % de CO ₂	0,05	0,15	1,77	1,58	0,12	0,042	0,015	0,0017	0,078	0,32
39	A	33	Ar - 20 % de CO ₂	0,08	0,41	1,78	0,92	0,30	0,085	0,004	0,0025	0,038	0,78
40	A	34	Ar - 20 % de CO ₂	0,05	0,58	0,75	3,20	0,15	0,072	0,013	0,0018	0,048	0,10
41	A	34	100 % de CO ₂	0,06	0,53	0,68	3,18	0,15	0,063	0,012	0,0015	0,054	0,09
42	A	35	Ar - 20 % de CO ₂	0,02	0,15	0,75	0,22	0,01	0,030	0,003	0,0010	0,080	0,04
43	B	36	100 % de CO ₂	0,08	0,21	1,55	2,22	0,03	0,073	0,009	0,0048	0,052	0,83

Ejemplos comparativos

Tabla 11

n.º	Características mecánicas			Tasa de placas laterales de ferrita (%)		Relación de fisuras (%)	Aptitud para el uso de la soldadura		Nota	Procedimiento de soldadura
	capacidad de soporte de carga al 0,2 % (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)	①	②		Soldadura en ángulo horizontal	Soldadura en ángulo vertical ascendente		
Ejemplos	1	630	698	118	8	8	3	- (no implementado)		Metal FCW
	2	553	595	124	2	1,5	6	- (no implementado)		Metal FCW
	3	440	492	120	10	9	6	- (no implementado)		Metal FCW
	4	588	639	108	4	4	4	- (no implementado)		Metal FCW
	5	681	738	121	8	8	8	- (no implementado)		Metal FCW
	6	656	703	101	10	10	- (no implementado)	- (no implementado)		Metal FCW
	7	448	501	102	10	9	5	- (no implementado)		Metal FCW
	8	498	566	115	2	1,5	2	- (no implementado)		FCW en ángulo
	9	612	693	115	16	16	7	- (no implementado)		FCW en ángulo
	10	465	528	109	8	7	4	- (no implementado)		FCW en ángulo
	11	537	591	88	6	5	6	- (no implementado)		FCW en ángulo
	12	578	614	120	10	10	4	- (no implementado)		FCW en ángulo
	13	524	568	103	6	5	- (no implementado)	- (no implementado)		FCW en ángulo
	14	478	532	112	7	6	- (no implementado)	- (no implementado)		FCW en ángulo
	15	535	567	115	4	3	3	- (no implementado)		FCW en todas las posiciones
	16	649	688	125	12	12	8	- (no implementado)		FCW en todas las posiciones
	17	485	542	118	8	7	5	- (no implementado)		FCW en todas las posiciones
	18	565	612	94	8	8	7	- (no implementado)		FCW en todas las posiciones

	n.º	Características mecánicas			Tasa de placas laterales de ferrita (%)		Relación de fisuras (%)	Aptitud para el uso de la soldadura		Nota	Procedimiento de soldadura
		capacidad de soporte de carga al 0,2 % (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)	①	②		Soldadura en ángulo horizontal	Soldadura en ángulo vertical ascendente		
	19	562	607	128	4	4	5	- (no implementado)	○		FCW en todas las posiciones
	20	545	585	125	6	5	- (no implementado)	- (no implementado)	- (no implementado)		FCW en todas las posiciones
	21	495	555	125	9	8	- (no implementado)	- (no implementado)	- (no implementado)		FCW en todas las posiciones
Valor objetivo $\geq 490 \geq 80$ % ≤ 10 %											
Tasa de placas laterales de ferrita (%)											
① : Extracción de placas laterales de ferrita por observación visual											
② : Extracción de placas laterales de ferrita por análisis de azimut usando el EBSP											

Tabla 12

	n.º	Características mecánicas			Tasa de placas laterales de ferrita (%)		Relación de fisuras (%)	Aptitud para el uso de la soldadura		Nota	Procedimiento de soldadura
		capacidad de soporte de carga al 0,2 % (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)	①	②		Soldadura en ángulo horizontal	Soldadura en ángulo vertical ascendente		
Ejemplos comparativos	22	390	461	18	24	22	7	- (no implementado)	- (no implementado)		Metal FCW
	23	560	615	25	32	32	18	- (no implementado)	- (no implementado)		Metal FCW
	24	727	762	27	2	2	20	- (no implementado)	- (no implementado)		Metal FCW
	25	655	706	32	26	26	8	- (no implementado)	- (no implementado)		Metal FCW
	26	638	698	45	22	22	10	- (no implementado)	- (no implementado)		Metal FCW
	27	492	539	45	12	11	6	- (no implementado)	- (no implementado)		Metal FCW
	28	484	515	41	16	15	- (no implementado)	- (no implementado)	- (no implementado)		Metal FCW
	29	455	506	68	22	21	12	○	- (no implementado)		FCW en ángulo
	30	633	695	55	18	18	33	○	- (no implementado)		FCW en ángulo

n.º	Características mecánicas			Tasa de placas laterales de ferrita (%)		Relación de fisuras (%)	Aptitud para el uso de la soldadura		Nota	Procedimiento de soldadura
	capacidad de soporte de carga al 0,2 % (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Energía absorbida (J)	①	②		Soldadura en ángulo horizontal	Soldadura en ángulo vertical ascendente		
31	571	608	41	8	8	7	× (Resistencia a la porosidad)	- (no implementado)		FCW en ángulo
32	785	809	11	0	0	8	× (Perla convexa)	- (no implementado)	Fisura en frío	FCW en ángulo
33	672	716	35	30	30	25	○	- (no implementado)		FCW en ángulo
34	627	686	37	34	34	- (no implementado)	- (no implementado)	- (no implementado)		FCW en ángulo
35	358	436	28	24	22	6	× (Perla convexa)	- (no implementado)		FCW en ángulo
36	480	532	68	26	25	12	- (no implementado)	○		FCW en todas las posiciones
37	670	712	55	4	4	33	- (no implementado)	○		FCW en todas las posiciones
38	578	620	41	10	10	7	- (no implementado)	○	Inclusiones de escoria	FCW en todas las posiciones
39	730	788	15	2	2	8	- (no implementado)	× (Quemado por completo)		FCW en todas las posiciones
40	655	713	35	24	24	25	- (no implementado)	○		FCW en todas las posiciones
41	615	674	44	28	28	- (no implementado)	- (no implementado)	- (no implementado)		FCW en todas las posiciones
42	394	465	21	30	28	7	- (no implementado)	× (Quemado por completo)		FCW en todas las posiciones
43	653	708	62	2	2	12	- (no implementado)	○		FCW en todas las posiciones
Valor objetivo ≥ 490 ≥ 80 %				≤ 10 %						
Tasa de placas laterales de ferrita (%)										
① : Extracción de placas laterales de ferrita por observación visual										
② : Extracción de placas laterales de ferrita por análisis de azimut usando el EBSP										

- En los ejemplos 1 a 21, los componentes químicos de los metales de aportación y los valores de $([C] \times [Mn] \times [Ti]) / ([Si] \times [O])$ satisficieron los intervalos respectivos de la invención. En cada caso, la tenacidad del metal de aportación a baja temperatura fue también buena. En los ejemplos comparativos 22 a 43, uno cualquiera de los componentes químicos de los metales de aportación y los valores de $([C] \times [Mn] \times [Ti]) / ([Si] \times [O])$ se desviaron con respecto a los intervalos de la invención y, por lo tanto, la tenacidad del metal de aportación a baja temperatura no satisfizo un valor objetivo, por ejemplo, de 80 J. Los ejemplos 1 a 21 emplearon los alambres de soldadura n.º 1 a 12. El uso de los alambres de soldadura n.º 1 a 18 puede proporcionar los metales de aportación en los ejemplos de la invención y, por lo tanto, las otras propiedades (la resistencia a la fisura en caliente y la aptitud para el uso de la soldadura) de los metales de aportación no son problemáticas desde un punto de vista práctico. En particular, los alambres de soldadura n.º 7 a 11 son adecuados para su uso en la soldadura en ángulo horizontal (con una buena aptitud para el uso de la soldadura). Los alambres de soldadura n.º 13 a 17 son adecuados para su uso en la soldadura en ángulo vertical ascendente (con una buena aptitud para el uso de la soldadura). Los alambres de soldadura n.º 7 a 11 son adecuados como un alambre para la soldadura en ángulo plana y horizontal. Los alambres de soldadura n.º 13 a 17 son adecuados como un alambre de soldadura a base de óxido de titanio para una soldadura en todas las posiciones. Por el contrario, algunos de los alambres de soldadura n.º 19 a 36 tienen una alta relación de fisuras, y/o una mala aptitud para el uso de la soldadura. Por lo tanto, estos alambres n.º 19 a 36 no pueden proporcionar el metal de aportación de acuerdo con los ejemplos de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un metal de aportación obtenido mediante una soldadura por arco con gas de protección usando un alambre con núcleo de fundente, incluyendo el alambre con núcleo de fundente una funda de acero, y un flujo cargado en la funda de acero, comprendiendo el metal de aportación:

C: de un 0,04 a un 0,08 % en masa;
 Si: de un 0,20 a un 0,50 % en masa;
 Mn: de un 0,80 a un 1,70 % en masa;
 Ti: de un 0,030 a un 0,080 % en masa;
 Ni: de un 0,30 a un 3,00 % en masa;
 Mo: de un 0,01 a un 0,20 % en masa;
 B: de un 0,0020 a un 0,0070 % en masa;
 O: de un 0,040 a un 0,070 % en masa;
 Al: un 0,01 % en masa o menos; y
 el resto de Fe y de impurezas incidentales,

en el que se satisface la siguiente ecuación:

$$([C] \times [Mn] \times [Ti]) / ([Si] \times [O]) = \text{de } 0,20 \text{ a } 0,60$$

en la que [C], [Mn], [Ti], [Si], y [O] representan los contenidos de C, Mn, Ti, Si, y O, respectivamente, en el que la relación de volumen de las placas laterales de ferrita en una estructura en columna es de un 20 % en masa o menos.

2. Un alambre con núcleo de fundente de metal que incluye una funda de acero, y un flujo cargado en la funda de acero, usándose el alambre con núcleo de fundente para realizar una soldadura por arco con gas de protección sobre por lo menos un material de base, obteniendo de este modo el metal de aportación de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo dicho alambre con núcleo de fundente, en base a la masa total de la totalidad del alambre:

Fe: de un 92,0 a un 98,5 % en masa;
 C: de un 0,03 a un 0,09 % en masa;
 Mn: de un 1,0 a un 2,5 % en masa;
 Si: de un 0,20 a un 0,60 % en masa;
 Ti: de un 0,05 a un 0,30 % en masa (en términos de Ti, lo que se corresponde con el contenido en Ti en una aleación de Ti y un óxido de Ti);
 B: de un 0,003 a un 0,012 % en masa;
 Ni: de un 0,3 a un 3,0 % en masa;
 Mo: de un 0,01 a un 0,20 % en masa; y
 Al: un 0,05 % en masa o menos,

comprendiendo dicho material de base:

C: de un 0,03 a un 0,15 % en masa;
 Si: de un 0,10 a un 0,50 % en masa;
 Mn: de un 0,80 a un 1,80 % en masa;
 P: un 0,02 % en masa o menos;
 S: un 0,02 % en masa o menos;
 Ni: de un 0,01 a un 3,00 % en masa;
 Cr: un 0,2 % en masa o menos;
 Mo: un 0,2 % en masa o menos;
 Ti: un 0,08 % en masa o menos;
 Al: un 0,05 % en masa o menos;
 B: un 0,005 % en masa o menos; y
 el resto de Fe y de impurezas incidentales.

3. Un alambre con núcleo de fundente para una soldadura en ángulo plana y horizontal, que incluye una funda de acero, y un flujo cargado en la funda de acero, usándose el alambre con núcleo de fundente para realizar una soldadura por arco con gas de protección sobre por lo menos un material de base, obteniendo de este modo el metal de aportación de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo dicho alambre con núcleo de fundente, en base a la masa total de la totalidad del alambre:

Fe: de un 87 a un 95 % en masa;
 Ti: de un 1,0 a un 2,6 % en masa (en términos de Ti, lo que se corresponde con el contenido en Ti en una aleación de Ti y un óxido de Ti);

C: de un 0,03 a un 0,09 % en masa;
 Mn: de un 1,0 a un 2,5 % en masa;
 Si: de un 0,20 a un 0,60 % en masa;
 B: de un 0,003 a un 0,012 % en masa;
 Ni: de un 0,3 a un 3,0 % en masa;
 Mo: de un 0,01 a un 0,20 % en masa; y
 Al: un 0,05 % en masa o menos,

comprendiendo dicho material de base:

C: de un 0,03 a un 0,15 % en masa;
 Si: de un 0,10 a un 0,50 % en masa;
 Mn: de un 0,80 a un 1,80 % en masa;
 P: un 0,02 % en masa o menos;
 S: un 0,02 % en masa o menos;
 Ni: de un 0,01 a un 3,00 % en masa;
 Cr: un 0,2 % en masa o menos;
 Mo: un 0,2 % en masa o menos;
 Ti: un 0,08 % en masa o menos;
 Al: un 0,05 % en masa o menos;
 B: un 0,005 % en masa o menos; y

el resto de Fe y de impurezas incidentales, en el que el contenido en ZrO_2 del flujo es de un 0,02 % a un 0,50 % en masa, el contenido en Al_2O_3 del flujo es de un 0,02 % a un 0,80 % en masa, el contenido en SiO_2 del flujo es de un 0,1 % a un 0,5 % en masa y el contenido en Mg del flujo es de un 0,2 a un 1,0 % en masa, en base a la masa total del alambre.

4. Un alambre con núcleo de fundente a base de óxido de titanio para una soldadura en todas las posiciones, que incluye una funda de acero, y un flujo cargado en la funda de acero, usándose el alambre con núcleo de fundente para realizar una soldadura por arco con gas de protección sobre por lo menos un material de base, obteniendo de este modo el metal de aportación de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo dicho alambre con núcleo de fundente, en base a la masa total de la totalidad del alambre:

Fe: de un 85 a un 93 % en masa;
 Ti: de un 2,4 a un 3,6 % en masa (en términos de Ti, lo que se corresponde con el contenido en Ti en una aleación de Ti y un óxido de Ti);
 C: de un 0,03 a un 0,09 % en masa;
 Mn: de un 1,0 a un 2,5 % en masa;
 Si: de un 0,20 a un 0,60 % en masa;
 B: de un 0,003 a un 0,012 % en masa;
 Ni: de un 0,3 a un 3,0 % en masa;
 Mo: de un 0,01 a un 0,20 % en masa; y
 Al: un 0,05 % en masa o menos,

comprendiendo dicho material de base:

C: de un 0,03 a un 0,15 % en masa;
 Si: de un 0,10 a un 0,50 % en masa;
 Mn: de un 0,80 a un 1,80 % en masa;
 P: un 0,02 % en masa o menos;
 S: un 0,02 % en masa o menos;
 Ni: de un 0,01 a un 3,00 % en masa;
 Cr: un 0,2 % en masa o menos;
 Mo: un 0,2 % en masa o menos;
 Ti: un 0,08 % en masa o menos;
 Al: un 0,05 % en masa o menos;
 B: un 0,005 % en masa o menos; y

el resto de Fe y de impurezas incidentales, en el que el contenido en ZrO_2 del flujo es de un 0,02 % a un 0,50 % en masa, el contenido en Al_2O_3 del flujo es de un 0,02 % a un 0,80 % en masa, el contenido en SiO_2 del flujo es de un 0,1 % a un 0,5 % en masa y el contenido en Mg del flujo es de un 0,2 a un 1,0 % en masa, en base a la masa total del alambre.