

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 724 706**

51 Int. Cl.:

B23K 35/30 (2006.01)

B23K 9/23 (2006.01)

C22C 19/05 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.01.2009 PCT/JP2009/051041**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.07.2009 WO09093676**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2009 E 09703985 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2243591**

54 Título: **Material de soldadura y estructuras unidas por soldadura**

30 Prioridad:

25.01.2008 JP 2008014522
14.11.2008 JP 2008291690

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.09.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

OSUKI, TAKAHIRO;
OGAWA, KAZUHIRO y
OKADA, HIROKAZU

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 724 706 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

Material de soldadura y estructuras unidas por soldadura

5 **ÁMBITO TÉCNICO**

La presente invención se refiere al uso de un material de soldadura, a un método para soldar una estructura y a una estructura unida por soldadura. En particular se refiere al uso de un material de soldadura para soldar aleaciones austeníticas y a una estructura de aleación austenítica unida por soldadura. Más concretamente, la presente invención se refiere al uso de un material de soldadura que se puede usar tanto para soldar aleaciones austeníticas que tengan un alto contenido de P como dos aleaciones austeníticas de distinto tipo, es decir, una aleación austenítica que tenga un alto contenido de P y una aleación austenítica que tenga un bajo contenido de P (en lo sucesivo, también citado como "soldadura de materiales disímiles"), y que tiene una excelente resistencia al agrietamiento por solidificación de la soldadura. La presente invención también se refiere a una estructura unida por soldadura que es aplicable de modo general a un tubo o placa de acero, etc. en aquellos ámbitos que requieren resistencia a la fluencia y resistencia a la corrosión, y que no solo es excelente en cuanto a resistencia al agrietamiento por solidificación de la soldadura sino también en ductilidad.

20 **ANTECEDENTES**

Se sabe que los aceros inoxidable austeníticos tales como SUS 304, SUS 316 y SUS 310S y otros, regulados por la norma JIS G 4304 (2005), son materiales que contienen Cr y Ni como elementos principales y también que tienen una excelente resistencia a la corrosión.

25 Y también se sabe que cuando los aceros austeníticos contienen P a niveles de concentración elevados, el P, que es un elemento considerado básicamente como una impureza, contribuye al endurecimiento por precipitación haciendo que los carburos $M_{23}C_6$ sean más finos, y por lo tanto mejora las características de resistencia a altas temperaturas, normalmente de resistencia a la fluencia, como se indica en los documentos de patente 1 a 4.

30 Análogamente el documento de patente 5 propone un acero inoxidable austenítico con características de resistencia a temperatura elevada, normalmente de resistencia a la fluencia, muy mejoradas como resultado de su contenido de P a un alto nivel de concentración.

35 El documento de patente 6 y el documento de patente 7 revelan unos materiales metálicos que contienen un nivel de P superior al 0,05% y contribuyen a mejorar la resistencia de los metales básicos a la formación de polvo metálico.

40 El documento de patente 8 también describe una unión soldada y un material de soldadura que tienen una excelente resistencia a la formación de polvo metálico y tiene una menor susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura como resultado de su contenido de Ti a un nivel apropiado, el cual está basado en una relación entre los contenidos de Si y Cu.

45 Además, como material de soldadura para aleaciones austeníticas, el documento de patente 9 describe un material de soldadura por arco con gas protector que tiene menor susceptibilidad de agrietamiento por solidificación al imponer las siguientes restricciones de los contenidos de P y S como impurezas: "P: no más del 0,01% y P + S: no más del 0,02%". El documento de patente 10 describe un método para soldar componentes de aleación con elevado contenido de Cr y de Ni, inhibiendo al mismo tiempo el agrietamiento por solidificación de la soldadura, que consiste en usar un material de soldadura que contiene Nb además de los componentes integrantes del metal base.

50 El documento de patente 11 describe un material de soldadura con alto contenido de C y Cr, el cual está constituido de manera que permite utilizar como material de envoltura una placa de aleación adecuada para trefilado que contiene Cr-Ni, recubriendo un polvo de aleación rico en C y Cr para formar un material básico de alambre.

55 Además, el documento de patente 12 describe una unión soldada que tiene una excelente resistencia al agrietamiento a alta temperatura y se caracteriza porque el metal de soldadura satisface dos fórmulas. La cantidad de inclusiones en el metal de soldadura, incluyendo P, está regulada entre 0,01 y 0,1% respecto al área, lo cual permite superar el problema del agrietamiento en caliente hallado al soldar materiales disímiles, SUS 304 con aleación invar (36 de Ni y el resto Fe).

60 Sin embargo, como apenas es soluble en la austenita, el P aumenta notablemente en mayor medida la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación, no solamente en caso de que tenga lugar una solidificación primaria de cristales de austenita, sino también, concretamente, en caso de que haya una solidificación completamente austenítica.

65 Dicho agrietamiento durante la solidificación de la soldadura ocurre cuando hay una fase líquida entre dendritas, que permanece en forma de película en regiones de baja temperatura y no puede resistir la tensión aplicada.

Un aumento del contenido de P aumenta la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura, lo cual es debido a que el P se concentra notablemente en la fase líquida durante la solidificación y por tanto reduce en gran medida la temperatura final de solidificación de la fase líquida, que permanece en regiones de baja temperatura. Así, por ejemplo, en el documento de no patente 1 se indica que el contenido de P debe estar rigidamente restringido.

Por consiguiente, teniendo en cuenta estas circunstancias, las limitaciones del contenido de P se imponen en el caso de los aceros inoxidable y aleaciones a base de Ni que muestran una solidificación completamente austenítica. Por ejemplo, en el caso del SUS 310S, que es una especie de acero representativa de los aceros inoxidable austeníticos mencionados anteriormente, la solidificación es completamente austenítica y está regulada en la norma JIS G 4304 (2005), el contenido de P se limita a no más del 0,045%. En el material de soldadura que debe emplearse para soldar dicho SUS 310S el contenido de P se limita a un nivel inferior, es decir, a no más del 0,030%, en la norma JIS G 4316 (1991) desde el punto de vista de dicho agrietamiento por solidificación de la soldadura.

Es decir, aunque hasta ahora se sabe que el P tiene efectos favorables en las propiedades de los aceros austeníticos, mejorando la resistencia a temperaturas altas, típicamente la resistencia a la fluencia, y la resistencia a la corrosión, etc., su contenido se ha limitado porque aumenta marcadamente su susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura.

Documento de patente 1: JP 37-17113 A

Documento de patente 2: JP 62-243742 A

Documento de patente 3: JP 62-243743 A

Documento de patente 4: JP 62-267454 A

Documento de patente 5: WO 2006/106944

Documento de patente 6: JP 2007-186727 A

Documento de patente 7: JP 2007-186728 A

Documento de patente 8: JP 2006-45597 A

Documento de patente 9: JP 7-60481 A

Documento de patente 10: JP 9-52194 A

Documento de patente 11: JP 11-285890 A

Documento de patente 12: JP 2001-18089 A

Documento de no patente 1: Y. Arata, F. Matsuda y S. Katayama: Transactions of JWRI, vol. 6-1 (1977), páginas 105 hasta 116

REVELACIÓN DE LA PRESENTE INVENCION

PROBLEMAS QUE DEBE RESOLVER LA PRESENTE INVENCION

En la invención descrita en el documento de patente 1 citado anteriormente no hay ninguna descripción del notable aumento de la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura debido a un contenido excesivo de P. Por lo tanto es muy difícil usar el acero ahí descrito allí como un acero que se debe soldar.

En las invenciones descritas en los documentos de patente 2 a 4 solo se agrega P para obtener mejores características a temperatura elevada y, aunque se describe la influencia negativa de una adición excesiva de P, no hay en absoluto ninguna descripción de alguna técnica para reducir la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura de los aceros inoxidable austeníticos que muestran una solidificación completamente austenítica en aquella fase en que la austenita solidifica en forma de cristales primarios.

En el documento de patente 5, se tiene en cuenta la soldabilidad de los metales básicos en el ensayo Varestraint, pero no se contempla ningún material de soldadura ni ninguna estructura unida por soldadura.

En el documento de patente 6 y en el documento de patente 7 no se tiene en cuenta el notable incremento de la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de una soldadura efectuada con mayor contenido de P. Asimismo, en el documento de patente 8 solo se revelan los resultados de las investigaciones a los niveles de contenido de P convencionalmente bajos.

Las invenciones descritas en el Documento de Patente 9 y el Documento de Patente 10 no están dirigidas a materiales de soldadura para soldar materiales metálicos que contienen altas concentraciones de P. El metal base que se describe en el ejemplo del Documento de Patente 11 tiene un contenido de P bajo e insignificante.

Las invenciones descritas en el documento de patente 9 y en el documento de patente 10 no se refieren a materiales de soldadura para soldar materiales metálicos que contengan concentraciones elevadas de P. El metal base que se describe en el ejemplo del documento de patente 11 tiene un contenido de P bajo e insignificante.

En el ejemplo del documento de patente 12 solo se muestran los resultados de la soldadura de aleaciones que tienen composiciones mutuamente idénticas y además el agrietamiento de las soldaduras solo se inhibe en el caso de usar aleaciones austeníticas en cuya composición el nivel máximo del contenido de P sea del 0,030%.

Como se ha dicho anteriormente, en todos los documentos de patente 1 a 12 no hay ninguna mención de materiales de soldadura ni de estructuras unidas por soldadura que sean capaces de inhibir el agrietamiento de las soldaduras realizadas con aleaciones de alto contenido de P como metales base.

En los trabajos reales de soldadura no solo se prevé el uso de aleaciones austeníticas de alto contenido de P como metales base, sino también la soldadura de materiales disímiles con el uso de materiales de composición diferente, por ejemplo, una aleación austenítica de alto contenido de P y una aleación austenítica de bajo contenido de P como metales base. Sin embargo, en cualquiera de los documentos de patente 1 a 12 citados anteriormente no se tiene en cuenta dicha soldadura de materiales disímiles.

El P es un elemento que puede mejorar las características de resistencia a alta temperatura, en particular la resistencia a la fluencia y la resistencia a la corrosión. Por tanto, si se logra una técnica que permita reducir la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de las aleaciones austeníticas cuya soldadura muestra una solidificación totalmente austenítica, es de esperar que dicha técnica contribuya al desarrollo de unas aleaciones austeníticas económicamente ventajosas y muy funcionales con el uso de P, que es un elemento asequible.

Además, desde el punto de vista de la estructura unida por soldadura es frecuentemente necesario que el metal de soldadura tenga una ductilidad fiable como característica funcional de la parte soldada. La razón de ello es que cuando el metal de soldadura tiene una microestructura muy dura y es poco dúctil, una conformación curvada puede producir una rotura durante el tratamiento, lo cual dificulta el uso de la estructura soldada para su uso previsto, aunque no se haya observado ningún agrietamiento por solidificación.

La presente invención se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la situación mencionada anteriormente. Un objetivo de la presente invención es mejorar la soldabilidad de las aleaciones austeníticas que tienen un elevado contenido de P y además muestran una solidificación completamente austenítica (en otras palabras, las aleaciones austeníticas que tienen una microestructura completamente austenítica), en concreto para reducir la susceptibilidad de estas aleaciones al agrietamiento por solidificación de la soldadura, que es el problema más importante que puede encontrarse. Más concretamente, el objetivo de la presente invención es proporcionar un material para soldar aleaciones austeníticas, que permita obtener una soldadura con excelente resistencia al agrietamiento por solidificación de la misma, incluso cuando al menos una de las aleaciones austeníticas constitutivas del metal base que debe soldarse tiene un elevado contenido de P y además muestra una solidificación totalmente austenítica, así como la estructura unida por soldadura de aleaciones austeníticas que se obtiene al soldar metales base de aleación austenítica con el uso de dicho material de soldadura.

MEDIOS PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS

Como ya se ha mencionado anteriormente, aunque es sabido que el P tiene efectos favorables en las características de los aceros austeníticos, mejorando la resistencia a temperaturas elevadas, normalmente la resistencia a la fluencia, y la resistencia a la corrosión, etc., su contenido se ha limitado hasta la fecha ha porque aumenta notablemente su susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura.

Al soldar estas aleaciones austeníticas que contienen una concentración elevada de P como metales básicos, incluso cuando la soldadura se realiza utilizando un material de soldadura que tiene un bajo contenido de P, la proporción de dilución desde los metales base en el metal de soldadura de la capa primaria es alta. Por lo tanto el P de los metales base fluye hacia el metal de la soldadura, haciendo que el contenido de P alcance ahí un nivel superior al límite máximo del 0.03% para los materiales corrientes, de manera de que la aparición del agrietamiento por solidificación en el metal de la soldadura difícilmente se puede evitar.

Por consiguiente los presentes inventores realizaron varias investigaciones en busca de una técnica para reducir la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura y también de una técnica para asegurar que el metal de soldadura tenga una alta ductilidad en la llamada "soldadura de materiales similares", usando como metales base aleaciones que contengan P en concentraciones análogamente altas y que muestran la solidificación completamente austenítica, así como en la "soldadura de materiales disímiles", usando como metales básicos aleaciones de diferente contenido de P. Como resultado se obtuvieron los siguientes hallazgos (a) hasta (j).

(a) Al soldar entre sí aleaciones austeníticas con un alto contenido de P, el P se concentra en la fase líquida de una soldadura de una sola capa o al menos en la capa primaria de una soldadura de múltiples capas, donde la proporción de dilución desde los metales base es alta y como resultado aumenta la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación.

(b) En el caso de la soldadura de materiales disímiles, es decir, en caso de soldar la aleación austenítica que tiene un contenido de P restringido a un nivel establecido para materiales de acero corrientes, concretamente del 0,03% o menor, con otro metal base que tiene un alto contenido de P, el P fluye hacia el metal de soldadura para aumentar la concentración de P en la fase líquida y en particular la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación aumenta en el metal de soldadura de la capa primaria, en comparación con el caso en que se sueldan entre sí materiales con un nivel ordinario del contenido de P.

(c) Cuando se aumenta el contenido de C en el metal de soldadura y al mismo tiempo se asegura un alto contenido de Cr no inferior a un nivel específico, los carburos eutécticos del tipo "M₇C₃", que son estables a altas temperaturas durante la solidificación de la soldadura, se pueden utilizar eficazmente para promover la reducción de la entropía del sistema y por lo tanto permiten acelerar el progreso de la solidificación.

(d) Aunque la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura aumente debido a un incremento de la concentración de P en la fase líquida al soldar materiales similares o disímiles con el uso de una aleación o aleaciones de alto contenido de P, tal como se ha mencionado arriba en (a y b), si el progreso de la solidificación se acelera termodinámicamente, disminuye el tiempo de permanencia de una pequeña cantidad de fase líquida en una región que tiene poca ductilidad y que sirve de punto de partida del agrietamiento por solidificación y, como resultado, se inhibe el agrietamiento por solidificación.

(e) Por lo tanto, para contrarrestar la influencia negativa de un aumento del contenido de P en el metal de soldadura causado por el flujo de P desde el metal base, es conveniente emplear un material de soldadura que tenga un alto contenido de C y de Cr.

(f) En el caso de una soldadura de una sola capa o de la capa primaria de una soldadura de múltiples capas, la proporción de dilución de los metales base es alta, tal como se ha mencionado arriba en (a). Por consiguiente, cuando el contenido de P en el metal base es alto, el P fluye hacia el metal de soldadura para provocar un aumento de la concentración de P en la fase líquida, con lo cual la susceptibilidad de agrietamiento por solidificación de la soldadura aumenta en comparación con la soldadura con contenido ordinario de P, es decir, no es más del 0,03%. Por tanto el agrietamiento por solidificación de la soldadura puede inhibirse utilizando un material de soldadura que tenga un alto contenido de C y de Cr, al menos en la capa primaria, y eligiendo las condiciones de soldadura de manera que al menos el metal de soldadura de la capa primaria pueda tener una composición comprendida en un intervalo específico. Además se puede asegurar el nivel de resistencia que requiere la estructura soldada y puede obtenerse un cordón de soldadura firme seleccionando la altura de penetración del cordón de soldadura dentro de un intervalo específico.

(g) Por otra parte, cuando se construye una estructura unida por soldadura de una sola capa o por soldadura de varias capas, empleando un material de soldadura con un contenido de C excesivamente elevado, se separa por cristalización en el metal de soldadura un exceso de carburos eutécticos de tamaño de grano grueso que tienen poca ductilidad y disminuye notablemente la elongación y la reducción del área del metal de soldadura, por lo cual no se puede garantizar una ductilidad excelente.

(h) Por tanto, en caso de crear estructuras unidas mediante una soldadura de múltiples capas, el uso en particular de un material de soldadura rico en Cr que contenga un nivel de C superior al 0,6%, al menos en la capa primaria de la soldadura multicapa, facilita la supresión del agrietamiento de la soldadura por solidificación. En la segunda y subsiguientes pasadas de la soldadura multicapa, la cantidad de P que fluye hacia el metal de soldadura se reduce relativamente. Por lo tanto, el uso de un material de soldadura rico en Cr, con un menor contenido de C en comparación con la soldadura de la capa primaria, es decir, con un contenido de C superior al 0,2% y no superior al 0,6%, permite reducir la cantidad de carburos eutécticos que se separan por cristalización y por tanto mejora la ductilidad. Por tanto, cuando el pase primario de soldadura y los subsiguientes pases acumulados de la soldadura multicapa se llevan a cabo del modo anteriormente mencionado, el agrietamiento por solidificación de la soldadura se puede inhibir, no solo en el pase primario de la soldadura multicapa, sino también en sus subsiguientes pases acumulados. Además se pueden obtener estructuras soldadas que tengan una excelente ductilidad.

(i) Por otro lado, cuando el pase primario de soldadura tiene lugar en condiciones tales que la proporción de dilución desde los metales base sea inferior al 50%, se suprime la cantidad de P que fluye hacia el metal de soldadura. Por tanto, empleando incluso un material de soldadura rico en Cr con un menor contenido de C, es decir, un contenido de C superior al 0,2% y no superior al 0,6%, en las condiciones de soldadura arriba mencionadas, es posible inhibir la aparición del agrietamiento por solidificación de la soldadura y proporcionar estructuras soldadas que tengan una ductilidad excelente y fiable.

(j) En el caso de formar estructuras unidas por soldadura de múltiples capas, si la soldadura se realiza, al menos en el pase primario, según las condiciones en que la proporción de dilución desde los metales básicos es inferior al 50%, la cantidad de P que fluye hacia el metal de soldadura en la capa primaria es menor en comparación con el caso (g) mencionado anteriormente. Por lo tanto, si la soldadura de todas las capas, incluida la capa primaria, se efectúa utilizando un material de soldadura rico en Cr que tenga un contenido de C superior al 0,2% y no superior al 0,6%, se puede reducir la cantidad de carburos eutécticos que se separan por cristalización y se pueden lograr mejoras en la ductilidad. Y entonces, no solo se puede evitar el agrietamiento por solidificación de la soldadura en el pase primario de la soldadura multicapa, mediante el control de la proporción de dilución desde los metales base, sino también el agrietamiento por solidificación de la soldadura en los subsiguientes pases acumulados, y además se pueden obtener unas estructuras soldadas que tienen una excelente ductilidad.

La presente invención se ha llevado a cabo basándose en los hallazgos descritos anteriormente. La presente invención ofrece el uso de un material de soldadura como el definido en la reivindicación 1, una estructura unida por soldadura como la definida en las reivindicaciones 3 y 9, y un método para soldar una estructura tal como está definido en las reivindicaciones 5 y 7. En las reivindicaciones dependientes 2, 4, 6 y 8 se revelan otras formas de ejecución ventajosas. Los puntos principales de la presente invención son los materiales de soldadura indicados a continuación en los puntos (1) a (3) y utilizados en la presente invención, y las estructuras unidas por soldadura indicadas en los siguientes puntos (4) a (12).

(1) Un material de soldadura utilizable para soldar un metal base hecho de una aleación austenítica que tiene la siguiente "composición química 1" con un metal base hecho de otra aleación austenítica, el cual contiene:

en tanto por ciento en masa, C: superior al 0,3% hasta no superior al 3,0%, Si: no superior al 4,0%, Mn: no superior al 3,0%, P: no superior al 0,03%, S: no superior al 0,03%, Cr: superior al 22% hasta no superior al 55%, Ni: superior al 30% hasta no superior al 70%, Al sol.: 0,001 hasta 1% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas:
 5 “Composición química 1”: una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no superior al 2,0%, Si: no superior al 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: superior al 0,03% hasta no superior al 0,3%, S: no superior al 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

(2) El material de soldadura según el punto (1) anterior, en el que el metal base hecho de la otra aleación austenítica tiene la siguiente “composición química 1 o 2”: “Composición química 1”: una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no superior al 2,0%, Si: no superior al 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: superior al 0,03% hasta no superior al 0,3%, S: no superior al 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

10 “Composición química 2”: una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no superior al 2,0%, Si: no superior al 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: no superior al 0,03%, S: no superior al 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

(3) El material de soldadura según el punto (1) o (2) anterior, en el que una o más aleaciones entre los metales base y el material de soldadura contienen en lugar de una parte de Fe uno o más elementos, elegidos del primer grupo o del segundo grupo, o de ambos, indicados a continuación en tanto por ciento en masa:

20 Primer grupo: Cu: no superior al 5%, Mo: no superior al 10%, W: no superior al 10%, V: no superior al 2%, Nb: no superior al 3%, Ti: no superior al 3%, Ta: no superior al 8%, Zr: no superior al 1%, Hf: no superior al 1%, Co: no superior al 15% y B: no superior al 0,03%; y

Segundo grupo: Ca: no superior al 0,05%, Mg: no superior al 0,05% y tierras raras: no superior al 0,3%.

(4) Una estructura unida por soldadura, en la cual los metales base según cualquiera de los puntos anteriores (1) hasta (3) se sueldan utilizando el material de soldadura según uno cualquiera de los puntos anteriores (1) a (3).

25 (5) Una estructura unida por soldadura que se monta con metales base hechos respectivamente de una aleación austenítica que contiene en tanto por ciento en masa, C: no superior al 2,0%, Si: no superior al 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: superior al 0,03% hasta no superior al 0,3%, S: no superior al 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas, y un metal de soldadura hecho de una aleación austenítica que tiene las siguientes características (i) y (ii):

30 (i) por un lado, la composición química de al menos la capa primaria que se está soldando contiene en tanto por ciento en masa, C: superior al 0,1% hasta no superior al 0,7%, Si: no superior al 4,0%, Mn: no superior al 3,0%, P: superior al 0,03% hasta no superior al 0,1%, S: no superior al 0,03%, Cr: 18 hasta 30%, Ni: superior al 10% hasta no superior al 70%, Al sol.: 0,001 hasta 1% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas; y

(ii) el cordón de penetración tiene una altura de 0 a 3 mm.

(6) La estructura unida por soldadura según el punto anterior (5), en la cual una o más aleaciones entre los metales base y el metal de soldadura contienen en lugar de una parte de Fe uno o más elementos, elegidos del primer grupo o del segundo grupo, o de ambos, indicados a continuación en tanto por ciento en masa:

40 Primer grupo: Cu: no superior al 5%, Mo: no superior al 10%, W: no superior al 10%, V: no superior al 2%, Nb: no superior al 3%, Ti: no superior al 3%, Ta: no superior al 8%, Zr: no superior al 1%, Hf: no superior al 1%, Co: no superior al 15% y B: no superior al 0,03%; y

Segundo grupo: Ca: no superior al 0,05%, Mg: no superior al 0,05% y tierras raras: no superior al 0,3%.

(7) Una estructura unida por soldadura de un metal base hecho de una aleación austenítica que tiene la siguiente “composición química 1” con un metal base hecho de otra aleación austenítica, empleando en el pase primario de la soldadura multicapa un material que contiene en tanto por ciento en masa, C: superior al 0,6% hasta no superior al 2,0%, Si: no superior al 4,0%, Mn: no superior al 3,0%, P: no superior al 0,03%, S: no superior al 0,03%, Cr: superior al 22% hasta no superior al 35%, Ni: superior al 30% hasta no superior al 70%, Al sol.: 0,001 hasta 1% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas, y en los sucesivos pases acumulados de dicha soldadura multicapa un material de soldadura que contiene en tanto por ciento en masa, C: superior al 0,2% hasta no superior al 0,6%, Si: no superior al 4,0%, Mn: no superior al 3,0%, P: no superior al 0,03%, S: no superior al 0,03%, Cr: superior al 22% hasta no superior al 35%, Ni: superior al 30% hasta no superior al 70%, Al sol.: 0,001 hasta 1% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto de Fe e impurezas:

55 “Composición química 1”: una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no superior al 2,0%, Si: no superior al 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: superior al 0,03% hasta no superior al 0,3%, S: no superior al 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

(8) La estructura unida por soldadura según el punto anterior (7), en la cual el metal base hecho de la otra aleación austenítica tiene la siguiente “composición química 1 o 2”:

60 “Composición química 1”: una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no superior al 2,0%, Si: no superior al 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: superior al 0,03% hasta no superior al 0,3%, S: no superior al 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

65 “Composición química 2”: una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no superior al 2,0%, Si: no superior al 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: no superior al 0,03%, S: no superior al 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

(9) La estructura unida por soldadura según los puntos anteriores (7) u (8), en la cual una o más aleaciones entre los metales base y el material de soldadura contienen en lugar de una parte de Fe uno o más elementos, elegidos del primer grupo o del segundo grupo, o de ambos, indicados a continuación en tanto por ciento en masa:

Primer grupo: Cu: no superior al 5%, Mo: no superior al 10%, W: no superior al 10%, V: no superior al 2%, Nb: no superior al 3%, Ti: no superior al 3%, Ta: no superior al 8%, Zr: no superior al 1%, Hf: no superior al 1%, Co: no superior al 15% y B: no superior al 0,03%; y

Segundo grupo: Ca: no superior al 0,05%, Mg: no superior al 0,05% y tierras raras: no superior al 0,3%.

(10) Una estructura unida por soldadura de un metal base hecho de una aleación austenítica que tiene la siguiente "composición química 1" con un metal base hecho de otra aleación austenítica, utilizando un material de soldadura que contiene en tanto por ciento en masa, C: superior al 0,2% hasta no superior al 0,6%, Si: no superior al 4,0%, Mn: no superior al 3,0%, P: no superior al 0,03%, S: no superior al 0,03%, Cr: superior al 22% hasta no superior al 35%, Ni: superior al 30% hasta no superior al 70%, Al sol.: 0,001 hasta 1% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas, al menos la soldadura de la capa primaria se lleva a cabo en una condición tal que la proporción de dilución de los metales básicos sea menor que 50%:

"Composición química 1": una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no superior al 2,0%, Si: no superior al 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: superior al 0,03% hasta no superior al 0,3%, S: no superior al 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

(11) La estructura unida por soldadura según el punto anterior (10), en la cual el metal base hecho de la otra aleación austenítica tiene la siguiente "composición química 1 o 2":

"Composición química 1": una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no superior al 2,0%, Si: no superior al 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: superior al 0,03% hasta no superior al 0,3%, S: no superior al 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

"Composición química 2": una composición química que contiene en tanto por ciento masa, C: no superior al 2,0%, Si: no superior al 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: no superior al 0,03%, S: no superior al 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no superior al 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas,

(12) La estructura unida por soldadura según los puntos anteriores (10) o (11), en la cual una o más aleaciones entre los metales base y el material de soldadura contienen en lugar de una parte de Fe uno o más elementos elegidos del primer grupo o del segundo grupo, o de ambos, indicados a continuación en tanto por ciento en masa:

Primer grupo: Cu: no superior al 5%, Mo: no superior al 10%, W: no superior al 10%, V: no superior al 2%, Nb: no superior al 3%, Ti: no superior al 3%, Ta: no superior al 8%, Zr: no superior al 1%, Hf: no superior al 1%, Co: no superior al 15% y B: no superior al 0,03%; y

Segundo grupo: Ca: no superior al 0,05%, Mg: no superior al 0,05% y REM: no superior al 0,3%.

El término "impurezas" a las que se refiere la frase "siendo el resto Fe e impurezas" indica aquellas impurezas que provienen de minerales, restos, otras materias primas, etc., en la producción industrial de materiales metálicos.

El término "tierras raras" se refiere a un total de 17 elementos, incluyendo Sc, Y y colectivamente los lantánidos, y el contenido de tierras raras mencionado anteriormente se refiere al contenido de un elemento o al contenido total de dos o más elementos entre las tierras raras.

El término "proporción de dilución desde los metales base" se refiere a la proporción de metales base diluidos en el metal de la capa primaria de soldadura, resultante de la combinación de los metales base y el material de soldadura.

En lo sucesivo los puntos (1) hasta (3) arriba descritos, relativos a los materiales de soldadura, y los puntos (4) hasta (12), relativos a las estructuras unidas por soldadura, se designan respectivamente como "el presente punto (1)" hasta "el presente punto (12)", o en conjunto como "los presentes puntos".

EFFECTOS DE LA PRESENTE INVENCION

Los materiales de soldadura utilizados en la presente invención, aunque al menos uno de los metales base tenga un alto contenido de P, superior al 0,03% hasta no más del 0,3%, y muestre una solidificación completamente austenítica, pueden suprimir el agrietamiento por solidificación de la soldadura; por lo tanto se pueden usar de manera general en aquellos campos donde es necesaria la construcción por soldadura. Además, las estructuras unidas por soldadura de la presente invención, aunque al menos uno de los metales base tenga el alto contenido de P antes citado y muestre una solidificación completamente austenítica, tienen una excelente resistencia al agrietamiento por solidificación de la soldadura o una excelente resistencia al agrietamiento por solidificación de la soldadura y ductilidad. Asimismo, las estructuras unidas por soldadura de la presente invención también tienen una excelente resistencia a las temperaturas elevadas y a la corrosión. Los materiales de soldadura empleados en la presente invención son los más adecuados para producir las estructuras unidas por soldadura de aleación austenítica, anteriormente mencionadas.

DESCRIPCIÓN BREVE DE LA FIGURA

La fig. 1 es la ilustración de un material tubular empleado en el ensayo de agrietamiento de soldaduras embridadas del "ejemplo 2".

MEJORES MODOS DE REALIZACIÓN DE LA PRESENTE INVENCION

5 A continuación se describen en detalle todos los requerimientos de la presente invención. En la siguiente descripción, el símbolo “%” referido al contenido de cada elemento significa “% en masa”.

(A) Composiciones químicas de los metales base, del material de soldadura y del metal de soldadura en la estructura soldada:

10 (A-1) Respecto al C en el material de soldadura:

(A-1-1) Respecto al C en el material de soldadura que debe utilizarse en los presentes puntos (1) y (2).

C: entre más del 0,3% y no más del 3,0%

15 El C es uno de los elementos más importantes en el material de soldadura arriba citado. Es decir, el C es un elemento indispensable para promover la cristalización de los carburos del tipo “M₇C₃” a base de Cr, los cuales son necesarios para contrarrestar la influencia negativa de un incremento del contenido de P en la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura de las aleaciones austeníticas.

20 Para soldar aleaciones austeníticas que tengan un contenido de Cr no inferior al 12%, si al menos uno de los metales base contiene una cantidad elevada de P, superior al 0,03% - es decir, en el caso de soldadura de materiales similares usando metales base que tienen una elevada concentración de P, o en el caso de soldadura de materiales disímiles usando metales base, cuando solo uno de ellos tiene una elevada concentración de P - se emplea un contenido de C superior al 0,3% para inhibir de manera estable la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación debido al aumento de concentración y afluencia de P en una proporción de dilución desde los metales base del 50% aproximadamente.

25 Un mayor contenido de C es más favorable; pero si el contenido de C es superior al 3,0%, en ciertas condiciones fluye hacia el metal de soldadura una cantidad excesiva de C y como resultado la ductilidad de la unión soldada suele ser muy mala. Por lo tanto, el contenido de C se ajusta a más del 0,3% hasta no menos del 3,0%. El contenido de C del material de soldadura arriba citado es preferiblemente superior al 0,5% y con mayor preferencia no inferior al 0,8%.

30 (A-1-2) Respecto al C en el material de soldadura para el pase primario de la soldadura multicapa que debe utilizarse en el presente punto (7).

C: entre más del 0,6% y no más del 2,0%

35 El C es uno de los elementos más importantes en el material de soldadura arriba citado. Es decir, el C es un elemento indispensable para promover la cristalización de los carburos del tipo “M₇C₃” a base de Cr, los cuales son necesarios para contrarrestar la influencia negativa de un incremento del contenido de P en la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura de las aleaciones austeníticas.

40 Para soldar aleaciones austeníticas que tengan un contenido de Cr no inferior al 12%, si al menos uno de los metales base contiene una cantidad elevada de P, superior al 0,03% - es decir, en el caso del pase primario de soldadura de materiales similares usando metales base que tienen una elevada concentración de P, o en el caso del pase primario de soldadura de materiales disímiles usando metales base que tienen una elevada concentración de P - se emplea un contenido de C superior al 0,6% en el material del pase primario de la soldadura multicapa para inhibir de forma estable

45 la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación debido al aumento de concentración y a la afluencia de P en una proporción de dilución desde los metales base del 50% en particular. Un mayor contenido de C es más favorable para el material del pase primario de la soldadura multicapa; pero cuando el contenido de C es superior al 2,0% cristalizan y/o precipitan en el metal de soldadura cantidades excesivas de carburos eutécticos de grano grueso, y como resultado la ductilidad del metal de soldadura de la capa primaria es muy mala. Por lo tanto, el contenido de C en el material del

50 pase primario de la soldadura multicapa se ajusta a más del 0,6% hasta no menos del 2,0%. El límite inferior de C en el material del pase primario de la soldadura multicapa arriba mencionada es preferiblemente del 0,8% y con mayor preferencia del 1,0%.

55 (A-1-3) Respecto al C en el material de soldadura para los subsiguientes pases acumulados de la soldadura multicapa que debe utilizarse en el presente punto (7).

C: entre más del 0,2% y no más del 0,6%

60 Aunque la proporción de dilución de los metales base no sea inferior al 50%, las cantidades de P que fluyen hacia el metal de soldadura desde la parte soldada del pase primario y los metales base en el segundo y subsiguientes pases acumulados de la soldadura multicapa son pequeñas. Por lo tanto, el contenido de C del anterior material de soldadura para los subsiguientes pases acumulados de la soldadura multicapa puede ser relativamente bajo, es decir, no más del 0,6%. Cuando un material de soldadura que contiene más del 0,6% de C se usa individualmente para los pases acumulados de la soldadura multicapa, el metal soldado resultante puede presentar una menor ductilidad. Por lo tanto,

65 con el fin de conferir suficiente ductilidad a las estructuras soldadas, el contenido de C del material de soldadura arriba citado para los subsiguientes pases acumulados de la soldadura multicapa se ajusta a no más del 0,6%. Por otro lado,

cuando la proporción de dilución de los metales base no es en particular inferior al 50%, la concentración y la afluencia de P aumentan. Así, para evitar el aumento de la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura en los subsiguientes pases acumulados de la soldadura multicapa, el contenido de C del material de soldadura arriba citado para los subsiguientes pases acumulados de la soldadura multicapa se fija en más del 0,2%. El límite inferior del contenido de C en el material de soldadura para los subsiguientes pases acumulados de la soldadura multicapa arriba mencionada es preferiblemente del 0,25% y con mayor preferencia del 0,3%.

(A-1-4) Respecto al C en el material de soldadura que debe utilizarse en el presente punto (10).

C: entre más del 0,2% y no más del 0,6%

Si la proporción de dilución desde los metales base es inferior al 50%, al menos en la capa primaria, la concentración y la afluencia de P son pequeñas. Por tanto, el contenido de C del material de soldadura que debe utilizarse en tal caso es preferiblemente menor, es decir, no superior al 0,6%; a este nivel de contenido de C se puede evitar que disminuya la ductilidad del metal de soldadura resultante y se puede conferir suficiente ductilidad a las estructuras soldadas. Por otro lado, cuando la proporción de dilución desde los metales base es inferior al 50%, al menos en la capa primaria, la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación debida a la concentración y la afluencia de P se puede prevenir de manera estable empleando un contenido de C superior al 0,2 % para el material de soldadura citado anteriormente. Por lo tanto, el contenido de C del material de soldadura citado anteriormente se ajusta entre más del 0,2% y no más del 0,6%. En los casos en que la proporción de dilución desde los metales base, al menos en la capa primaria, es inferior al 50%, el límite inferior del contenido de C en el material de soldadura es preferiblemente del 0,4% en el caso especial de la soldadura cuya proporción de dilución desde los metales base no es inferior al 40% y el límite inferior del contenido de C en el material de soldadura es preferiblemente del 0,3% en el caso especial de la soldadura cuya proporción de dilución desde los metales base no es inferior al 30%.

(A-2) Respecto al Cr en el material de soldadura:

(A-2-1) Respecto al Cr en el material de soldadura que debe utilizarse en los presentes puntos (1) y (2).

Cr: entre más del 22% y no más del 55%

El Cr es un elemento esencial para formar una película delgada de óxido en la superficie de los materiales metálicos garantizando así la resistencia a la oxidación de los aceros inoxidable y de las aleaciones a base de Ni, la resistencia a la oxidación por vapor y la resistencia a la corrosión a alta temperatura, etc. Además, al igual que el C en el material de soldadura citado anteriormente, el Cr es un elemento indispensable para cristalizar dichos carburos de tipo "M₇C₃".

Para soldar aleaciones austeníticas con un contenido de Cr no inferior al 12%, si al menos uno de los metales base contiene una cantidad alta de P, superior al 0,03% - es decir, en el caso de soldadura de materiales similares usando metales base que contienen una alta concentración de P, o en el caso de soldadura de materiales disímiles utilizando metales base, cuando solo uno de ellos tiene una concentración alta de P - el material de soldadura debe tener un contenido de Cr superior al 22% para inhibir de manera estable el aumento de la susceptibilidad del agrietamiento por solidificación debido a la concentración y a la afluencia de P en una proporción de dilución desde los metales base del 50% aproximadamente. No obstante, si el contenido de Cr es superior al 55%, viendo el balance con el contenido de Ni, resulta muy difícil asegurar la estabilidad de una microestructura completamente austenítica, que es necesaria para asegurar la resistencia a la fluencia durante un largo período de tiempo, y además precipitan carburos de grano grueso en grandes proporciones; por lo cual se produce a veces un marcado deterioro de las propiedades mecánicas, como por ejemplo la resistencia al envejecimiento, etc. Por tanto el contenido de Cr se ajusta entre más del 22% y no más del 55%. El contenido de Cr del material de soldadura citado anteriormente es con mayor preferencia inferior al 40%.

(A-2-2) Respecto al Cr en el material de soldadura para el pase primario y los subsiguientes pases acumulados de la soldadura multicapa que debe utilizarse en el presente punto (7), y en el material de soldadura que debe utilizarse en el presente punto (10).

Cr: entre más del 22% y no más del 35%

Como se ha mencionado anteriormente, el Cr es un elemento esencial para formar una película delgada de óxido en la superficie de los materiales metálicos, garantizando así la resistencia a la oxidación de los aceros inoxidable y de las aleaciones a base de Ni, la resistencia a la oxidación por vapor y la resistencia a la corrosión a elevada temperatura, etc. Además, al igual que el C en los materiales de soldadura citados anteriormente, el Cr es un elemento indispensable para cristalizar dichos carburos de tipo "M₇C₃".

Para soldar aleaciones austeníticas con un contenido de Cr no inferior al 12%, si al menos uno de los metales base contiene una cantidad alta de P, superior al 0,03% - es decir, en el caso de soldadura de materiales similares usando metales base que contienen una alta concentración de P, o en el caso de soldadura de materiales disímiles utilizando metales base, cuando solo uno de ellos tiene una elevada concentración de P - el material de soldadura debe tener un contenido de Cr superior al 22% para inhibir de forma estable el aumento de la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación debido a la concentración y a la afluencia de P en una proporción de dilución desde los metales base no

inferior al 50%. Análogamente, también, cuando la proporción de dilución desde los metales base, al menos en la capa primaria, es inferior al 50%, el material de soldadura debe tener un contenido de Cr superior al 22% para inhibir de manera estable el aumento de la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación debido a la concentración y a la afluencia de P.

5 Sin embargo, tanto si la proporción de dilución desde los metales base no es inferior al 50%, como si la proporción de dilución desde los metales base, al menos en la capa primaria, es inferior al 50%, un contenido de Cr superior al 35% puede deteriorar la ductilidad del metal de soldadura como resultado de la cristalización de los carburos eutécticos de grano grueso en cantidades excesivas. Por lo tanto, el contenido de Cr en los materiales de soldadura anteriormente citados se ajusta entre más del 22% y no más del 35%. El contenido de Cr de los materiales de soldadura mencionados anteriormente es con mayor preferencia no superior al 33%.

(A-3) Respecto a los elementos distintos de C y Cr en el material de soldadura:

(A-3-1) Respecto a los elementos distintos de C y Cr en el material de soldadura que debe utilizarse en los presentes puntos (1), (7) y (10).

15 Si: no superior al 4,0%

20 El Si es un elemento que reacciona con O (oxígeno) del aire durante la soldadura, produciendo un efecto desoxidante y además es eficaz para aumentar la resistencia a la oxidación, la resistencia a la oxidación por vapor, etc. del metal de soldadura resultante. Para obtener los efectos mencionados anteriormente es preferible que el contenido de Si no sea inferior al 0,1%. En cambio, si el contenido de Si llega a ser excesivo, en concreto cuando supera el 4,0%, aumenta notablemente la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura. Por consiguiente el contenido de Si se ajusta a no más del 4,0%. El contenido de Si es preferiblemente no superior al 3,0% y con mayor preferencia no superior al 2,0%.

25 Mn: no superior al 3,0%

30 El Mn es un elemento eficaz para prevenir la fragilidad durante el trabajo en caliente, debida al contenido de S como impureza en los materiales metálicos y además el Mn es efectivo para la desoxidación al fundir los materiales. Con el fin de obtener estos efectos es preferible que el contenido de Mn no sea inferior al 0,01%. No obstante, si el contenido de Mn supera el 3,0% promueve la precipitación de compuestos intermetálicos como la fase σ y así sucesivamente; dando lugar a una disminución de tenacidad y/o ductilidad debido al deterioro de la estabilidad microestructural a altas temperaturas. Por lo tanto el contenido de Mn se ajusta a no más del 3,0%. El contenido de Mn es preferiblemente del 0,10 al 2,0% y con mayor preferencia del 0,30 al 1,5%.

35 P: no superior al 0,03%

40 Es generalmente sabido que el P es un elemento que aumenta notablemente la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura. Dicha influencia negativa aumenta notablemente en el caso concreto de la solidificación totalmente austenítica. En la presente invención, aunque el contenido de P en la aleación austenítica que constituye al menos uno de los metales base se incrementa para garantizar la resistencia a temperatura elevada y a la corrosión, el contenido de P del material de soldadura se ajusta a no más del 0,03% con el fin de disminuir la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura y también para suprimir el contenido de P en el metal de soldadura. El contenido de P es preferiblemente no superior al 0,02%, y con mayor preferencia no superior al 0,01%.

45 S: no superior al 0,03%

50 El S es un elemento que como impureza proviene de las materias primas, por ejemplo en la etapa de fundición de los materiales metálicos. Un alto contenido de S menoscaba la resistencia a la corrosión y también empeora la capacidad de mecanización en caliente y la soldabilidad; sobre todo, cuando el contenido de S supera el 0,03%, la resistencia a la corrosión, la mecanización en caliente y la soldabilidad se deterioran notablemente. Por lo tanto, el contenido de S se ajusta a no más del 0,03%. Es conveniente reducir el contenido de S al nivel más bajo posible; así, el contenido de S es preferiblemente no superior al 0,01% y con mayor preferencia no superior al 0,005%.

55 Ni: entre más del 30% y no más del 70%

60 El Ni es un elemento fundamental para asegurar una microestructura austenítica estable. Tal como se ha mencionado arriba, es necesario que el material de soldadura según la presente invención tenga un contenido de Cr superior al 22%. Si el contenido de Ni no mayor del 30% en relación con el contenido de Cr mencionado anteriormente, es difícil que el metal de soldadura resultante tenga una fase simple estable de microestructura austenítica y, al mismo tiempo, la microestructura austenítica se vuelve inestable tras un largo periodo de uso a temperaturas elevadas. Además, la resistencia a alta temperatura y la tenacidad se deterioran notablemente debido a la precipitación de fases tan frágiles como la fase σ , y así sucesivamente. Por otro lado, a medida que sube el contenido de Ni disminuye la cantidad de P disuelto en austenita y aumenta la influencia negativa del P en la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura. En particular, cuando el contenido de Ni supera el 70% disminuye la solubilidad de P en la matriz y, en consecuencia, sube la concentración de P en la fase líquida y, como resultado, la susceptibilidad al agrietamiento por

solidificación de la soldadura aumenta mucho; además también se incrementa el coste de los componentes. Por tanto, el contenido de Ni se fija entre más del 30% y no más del 70%. El contenido de Ni es preferiblemente del 35 al 65%.

5 Al sol.: 0,001 hasta 1%

El Al reacciona con O (oxígeno) del aire durante la soldadura, produciendo así un efecto desoxidante. Para obtener este efecto es necesario que el contenido de Al como Al sol. ("Al soluble en medio ácido") no sea inferior al 0,001%. Sin embargo, cuando el contenido de Al, como Al sol., supera el 1%, precipitan cantidades excesivas de compuestos intermetálicos a temperaturas elevadas; por lo cual la tenacidad disminuye notablemente. En el caso anterior, también puede haber una marcada disminución de ductilidad. Por lo tanto el contenido de Al sol. se ajusta entre 0,001 y 1%.

10

N: no superior al 0,3%

15 Cuando el contenido de N supera el 0,3% provoca un deterioro de la capacidad de mecanización en caliente. Por lo tanto, el contenido de N se ajusta a no más del 0,3%. Es conveniente que el contenido de N sea lo más bajo posible; así, el contenido de N es preferiblemente inferior al 0,2% y con mayor preferencia no superior al 0,15%.

20 De acuerdo con los motivos mencionados anteriormente, las composiciones químicas básicas de los materiales de soldadura según los presentes puntos (1) a (4), se definen como aquellas que contienen C: entre más del 0,3% y no más del 3,0% , Si: no más del 4,0%, Mn: no más del 3,0%, P: no más del 0,03%, S: no más del 0,03%, Cr: entre más del 22% y no más del 55%, Ni: entre más del 30% y no más del 70%, Al sol.: 0,001 hasta 1% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

25 Además, las composiciones químicas básicas de los materiales de soldadura para el pase primario de la soldadura multicapa que deben usarse para obtener las estructuras soldadas, de acuerdo con los presentes puntos (7) a (9), se definen como aquellas que contienen C: entre más del 0,6% y no más del 2,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: no más del 3,0%, P: no más del 0,03%, S: no más del 0,03%, Cr: entre más del 22% y no más del 35%, Ni: entre más del 30% y no más del 70%, Al sol.: 0,001 hasta 1% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

30

Además, las composiciones químicas básicas, tanto de los materiales de soldadura para los subsiguientes pases acumulados de la soldadura multicapa que deben utilizarse para obtener las estructuras soldadas de acuerdo con los presentes puntos (7) a (9) como de los materiales de soldadura que deben utilizarse para obtener las estructuras soldadas de acuerdo con los presentes puntos (10) a (12), se definen como aquellas que contienen C: entre más del 0,2% y no más del 0,6%, Si : no más del 4,0%, Mn: no más del 3,0%, P: no más del 0,03%, S: no más del 0,03%, Cr: entre más del 22% y no más del 35%, Ni: entre más del 30% y no más del 70%, Al sol.: 0,001 hasta 1% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

35

40 Y, además, las composiciones químicas básicas de los materiales de soldadura que deben utilizarse para obtener las estructuras soldadas según los presentes puntos (10) a (12) se definen como aquellas que contienen C: entre más del 0,2% y no más del 0,6%, Si: no más del 4,0%, Mn: no más del 3,0%, P: no más del 0,03%, S: no más del 0,03%, Cr: entre más del 22% y no más del 35% , Ni: entre más del 30% y no más del 70%, Al sol.: 0,001 hasta 1% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

40

45 El material de soldadura que debe usarse para la soldadura del pase primario puede estar en forma de un alambre sólido o un carrete; también se pueden utilizar anillos de inserción.

(A-4) Respecto a los metales base que deben usarse en los presentes puntos (1), (2), (5), (7), (8), (10) y (11):

50 C: no superior al 2,0%

El C es un elemento que mejora la resistencia a altas temperaturas. Para obtener este efecto es preferible un contenido de C no inferior al 0,01%. Por otro lado, cuando el contenido de C es excesivo, en concreto cuando supera el 2,0%, se separan por cristalización o precipitan cantidades excesivas de carburos de Cr y por consiguiente la ductilidad de los materiales empeora notablemente. Además disminuye considerablemente la alta temperatura a la cual se pierde la ductilidad (la llamada "temperatura de ductilidad cero") o tienen lugar notables deterioros de ductilidad cerca de los 1000°C aproximadamente y por tanto hay un gran menoscabo de la capacidad de mecanización en caliente. Por ello el contenido de C se ajusta a no más del 2,0%.

55

60 Si: no superior al 4,0%

El Si es un elemento que tiene un efecto desoxidante en la etapa de fusión de los materiales metálicos y además es eficaz para aumentar la resistencia a la oxidación, la resistencia a la oxidación por vapor, etc. Para obtener los efectos mencionados anteriormente es preferible un contenido de Si no inferior al 0,1%. Sin embargo, cuando el contenido de Si llega a ser excesivo, sobre todo cuando supera el 4,0%, la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la

65

soldadura aumenta notablemente. Por lo tanto, el contenido de Si se ajusta a no más del 4,0%. El contenido de Si es preferiblemente no superior al 3,0% y con mayor preferencia no superior al 2,0%.

Mn: 0,01 hasta 3,0%

5 El Mn es un elemento eficaz para evitar la fragilidad durante el trabajo en caliente debida al S contenido como impureza en los materiales metálicos y, además, el Mn es efectivo en la desoxidación al fundir los materiales. Para obtener estos efectos es necesario que el contenido de Mn no sea inferior al 0,01%. No obstante, si el contenido de Mn supera el 3,0%, promueve la precipitación de compuestos intermetálicos tales como la fase σ y así sucesivamente; dando lugar a una disminución de tenacidad y/o ductilidad a causa del deterioro de la estabilidad microestructural a temperaturas elevadas. Por lo tanto, el contenido de Mn se ajusta entre 0,01 y 3,0%. El contenido de Mn es preferiblemente del 0,10 al 2,0% y con mayor preferencia del 0,30 al 1,5%.

15 P: entre más del 0,03% y no más del 0,3% (en la "composición química 1" mencionada anteriormente y en los metales base que deben usarse en el presente punto (5))

20 Es generalmente sabido que el P es un elemento que aumenta notablemente la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura. Dicha influencia negativa aumenta notablemente en el caso concreto de la solidificación totalmente austenítica. Por lo tanto, su contenido ha sido restringido. Sin embargo, un contenido de P superior al 0,03% es eficaz para mejorar las características del material, por ejemplo para mejorar la resistencia a altas temperaturas, la resistencia a la corrosión, etc. Por otro lado, un contenido de P excesivamente elevado, en concreto un contenido de P superior al 0,3% perjudica el comportamiento de los metales base. Por consiguiente el contenido de P, tanto en la antedicha "composición química 1", incluida en los metales base de los presentes puntos (1), (2), (7), (8), (10) y (11), como en los metales base que deben usarse en el presente punto (5), se fijan entre más del 0,03% y no más del 0,3%.

25 Ambos contenidos de P, en la "composición química 1" y en los metales base que deben usarse en el presente punto (5), están comprendidos preferiblemente entre más del 0,05% y no más del 0,3% y con mayor preferencia entre más del 0,08% y no más del 0,2%.

30 P: no más del 0,03% (en la "composición química 2" mencionada anteriormente)

En los presentes puntos (2), (8) y (11), el metal base que tiene la "composición química 2" es un metal base que debe someterse a una "soldadura de materiales disímiles" con un metal base que tiene un contenido de P superior al 0,03% hasta no más del 0,3% como se indica en la "composición química 1" mencionada anteriormente. Como ya se ha dicho antes, es sabido generalmente que el P es un elemento que aumenta notablemente la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura, y en el caso concreto de la solidificación completamente austenítica dicha influencia negativa aumenta bastante. Por lo tanto, con el fin de disminuir la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura, el contenido de P en la antedicha "composición química 2" incluida en los metales base que deben usarse en los presentes puntos (2), (8) y (11) se ajusta a no más del 0,03%. El contenido de P en la "composición química 2" es preferiblemente no superior al 0,02%.

40 S: no superior al 0,03%

45 El S es un elemento que proviene como impureza de las materias primas, por ejemplo en la etapa de fusión de los materiales metálicos. Un alto contenido de S provoca el deterioro de la resistencia a la corrosión y también menoscaba la capacidad de mecanización en caliente y la soldabilidad; en particular, cuando el contenido de S supera el 0,03%, la resistencia a la corrosión, la capacidad de mecanización en caliente y la soldabilidad se disminuyen notablemente. Por consiguiente, el contenido de S se ajusta a no más del 0,03%. Es conveniente reducir el contenido de S al nivel más bajo posible; por ello es preferible que el contenido de S no sea superior al 0,01% y con mayor preferencia no superior al 0,005%.

50 Cr: 12 hasta 35%

55 El Cr es un elemento esencial para formar una película delgada de óxido en la superficie de los materiales metálicos, a fin de garantizar la resistencia a la oxidación, la resistencia a la oxidación por vapor y la resistencia a la corrosión a temperatura elevada, etc. de los aceros inoxidables y de las aleaciones a base de Ni. Para obtener dichos efectos es necesario incluir un contenido de Cr no inferior al 12%.

60 En la presente invención, para contrarrestar la influencia negativa del P en la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura es necesario cristalizar dichos carburos de tipo " M_7C_3 " a base de Cr. Además, un mayor contenido de Cr mejora más la resistencia a la corrosión. Por lo tanto es conveniente un mayor contenido de Cr. Sin embargo, cuando el contenido de Cr es superior al 35%, viendo el balance con el contenido de Ni, resulta muy difícil asegurar la estabilidad de una microestructura totalmente austenítica, que es necesaria para asegurar la resistencia a la fluencia durante un largo período de tiempo, y además se separan por precipitación grandes cantidades de carburos de grano grueso, produciéndose un marcado deterioro de las propiedades mecánicas, por ejemplo de la resistencia al envejecimiento y otras. Por lo tanto, el contenido de Cr se ajusta entre 12 y 35%.

65

Ni: 6 hasta 80%

El Ni es un elemento esencial para asegurar una microestructura austenítica estable y su contenido mínimo necesario está determinado por el contenido de otros elementos incluidos en las aleaciones austeníticas, tales como Cr, Mo, W, Nb y análogos, que son los elementos formadores de ferrita, y Mn, C, N, etc., que son los elementos formadores de austenita.

Como se ha dicho anteriormente, para los metales base según la presente invención es necesario que el contenido de Cr no sea inferior al 12%. Si el contenido de Ni es inferior al 6% respecto al contenido de Cr arriba citado, es difícil que se forme una sola fase estable de microestructura austenítica y además la microestructura austenítica se vuelve inestable tras un largo período de uso a temperaturas elevadas, y la resistencia a altas temperaturas y la tenacidad disminuyen notablemente debido a la precipitación de fases tan frágiles como la fase σ y así sucesivamente. Por otro lado, a medida que sube el contenido de Ni disminuye la cantidad de P que se disuelve en la austenita y aumenta la influencia negativa del P en la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura. En particular, cuando el contenido de Ni supera el 80% disminuye la solubilidad de P en la matriz y en consecuencia sube la concentración de P en la fase líquida y, como resultado aumenta mucho la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura; además también se incrementa el coste de los componentes. Por tanto el contenido de Ni se ajusta entre 6 y 80%. El contenido de Ni es preferiblemente del 8 al 55%.

Al sol.: 0,001 hasta 5%

El Al tiene un efecto desoxidante en la etapa de fusión de los materiales metálicos. Para conseguir este efecto es necesario que el contenido de Al como Al sol. ("Al soluble en medio ácido") no sea inferior al 0,001%. Cuando el Al se encuentra en concentración elevada forma la fase γ' , que es estable a altas temperaturas, y por lo tanto el Al contribuye a mejorar la resistencia a la fluencia y también la resistencia a la corrosión a altas temperaturas mediante la formación de una película de óxido. Sin embargo, cuando el contenido de Al como Al sol. es superior al 5% precipitan cantidades excesivas de compuestos intermetálicos a altas temperaturas y por tanto disminuye considerablemente la tenacidad. En el caso anterior también puede disminuir notablemente la ductilidad. Por lo tanto, el contenido de Al sol. se ajusta entre 0,001 y 5%. El contenido de Al sol. es preferiblemente del 0,005 al 3% y con mayor preferencia del 0,01 al 1%.

N: no superior al 0,3%

Cuando el contenido de N supera el 0,3% provoca un deterioro de la capacidad de mecanización en caliente. Por lo tanto el contenido de N se ajusta a no más del 0,3%. Es conveniente que el contenido de N sea lo más bajo posible; por ello el contenido de N es preferiblemente no superior al 0,2% y con mayor preferencia no superior al 0,15%.

De acuerdo con los motivos mencionados anteriormente, la "composición química 1" incluida en los metales base de los presentes puntos (1), (2), (7), (8), (10) y (11), se define como aquella que contiene C: no más del 2,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: entre más del 0,03% y no más del 0,3%, S: no más del 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

Por los mismos motivos, la composición química del metal base que debe usarse en el presente punto (5) se define como aquella que contiene C: no más del 2,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: entre más del 0,03% y no más del 0,3%, S: no más del 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

Además, la "composición química 2" incluida en los metales base de los presentes puntos (2), (8) y (11) se define como aquella que contiene C: no más del 2,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: 0,01 hasta 3,0%, P: no más del 0,03%, S: no más del 0,03%, Cr: 12 hasta 35%, Ni: 6 hasta 80%, Al sol.: 0,001 hasta 5% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

(A-5) Respecto al metal de soldadura en la estructura soldada, que debe usarse en el presente punto (5):

En el metal de soldadura de una estructura soldada según el presente punto (5), la composición química de al menos la capa primaria que se está soldando por un lado debe incluir C: entre más del 0,1% y no más del 0,7%, Si: no más del 4,0%, Mn: no más del 3,0%, P: entre más del 0,03% y no más del 0,1%, S: no más del 0,03%, Cr: 18 hasta 30%, Ni: entre más del 10% y no más del 70%, Al sol.: 0,001 hasta 1% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas, A continuación, se explican estos requisitos.

C: entre más del 0,1% y no más del 0,7%

El C es uno de los elementos más importantes en la presente invención. Es decir, C es un elemento indispensable para promover la cristalización de los carburos de tipo " M_7C_3 " a base de Cr, que son necesarios para contrarrestar la influencia negativa de un incremento del contenido de P en la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura de las aleaciones austeníticas.

ES 2 724 706 T3

Al soldar aleaciones austeníticas que tengan un contenido de Cr no inferior al 12%, para inhibir de manera estable el agrietamiento por solidificación, incluso cuando el P proviene de metales base que contienen un nivel de P superior al 0,03%, es necesario que al menos la capa primaria de metal de soldadura al soldar por un lado (en adelante, también denominada "capa primaria de metal de soldadura en la soldadura por un lado") tenga un contenido de C superior al 0,1%. Un mayor contenido de C es más favorable; no obstante, si el contenido de C es superior al 0,7%, la ductilidad del metal de soldadura puede llegar algunas veces a ser muy mala. Por lo tanto, el contenido de C en la capa primaria del metal de soldadura por un lado se ajusta entre más del 0,1% y no más del 0,7%. El contenido de C mencionado anteriormente es preferible que sea superior al 0,2% y con mayor preferencia superior al 0,3%.

5
10 Si: no superior al 4,0%

El Si es un elemento que tiene un efecto desoxidante al soldar y además es eficaz para aumentar la resistencia a la oxidación, la resistencia a la oxidación por vapor, etc. Para obtener dichos efectos es preferible un contenido de Si no inferior al 0,1% en la capa primaria del metal de soldadura por un lado. Sin embargo, cuando el contenido de Si llega a ser excesivo, en particular si supera el 4,0%, la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura aumenta notablemente. Por lo tanto, el contenido de Si se ajusta a no más del 4,0%. Es preferible que el contenido de Si no sea superior al 3,0% y con mayor preferencia no superior al 2,0%.

15
20 Mn: no superior al 3,0%

El Mn es un elemento eficaz para evitar la fragilidad durante el trabajo en caliente debida al S contenido como impureza en los materiales metálicos y además el Mn es efectivo en la desoxidación durante la soldadura. Para obtener estos efectos es preferible que el contenido de Mn no sea inferior al 0,01% en la capa primaria del metal de la soldadura por un lado. Sin embargo, si el contenido de Mn supera el 3,0% promueve la precipitación de compuestos intermetálicos tales como la fase σ y así sucesivamente; por lo cual disminuye la tenacidad y/o la ductilidad a causa del deterioro de la estabilidad microestructural a temperaturas elevadas. Por lo tanto, el contenido de Mn se ajusta a no más del 3,0%. El contenido de Mn es preferiblemente del 0,10 al 2,0% y con mayor preferencia del 0,30 al 1,5%.

25
30 P: entre más del 0,03% y no más del 0,1%

Es sabido generalmente que el P es un elemento que aumenta notablemente la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura. En el caso particular de la solidificación totalmente austenítica dicha influencia negativa aumenta notablemente. Sin embargo, en el presente punto (5), los metales base que tienen un mayor contenido de P se usan para mejorar la resistencia a alta temperatura y la resistencia a la corrosión y, por tanto, con el fin de asegurar la resistencia a temperatura elevada y la resistencia a la corrosión, el contenido de P en la capa primaria del metal de la soldadura por un lado se ajusta a más del 0,03%. Sin embargo, un contenido de P excesivamente alto, en particular un contenido de P superior al 0,1% aumenta la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura. Por lo tanto, el contenido de P se ajusta entre más del 0,03% y no más del 0,1%. Desde el punto de vista de la resistencia a alta temperatura es preferible que el contenido de P sea superior al 0,04% y con mayor preferencia superior al 0,05%.

35
40 S: no más del 0,03%

Un alto contenido de S empeora la resistencia a la corrosión y también la soldabilidad; sobre todo, cuando el contenido de S supera el 0,03%, la resistencia a la corrosión y la soldabilidad se deterioran considerablemente. Por lo tanto, el contenido de S en la capa primaria del metal de la soldadura por un lado se ajusta a no más del 0,03%. Es conveniente reducir el contenido de S al nivel más bajo posible; por lo tanto es preferible que el contenido de S no sea superior al 0,01% y con mayor preferencia no superior al 0,005%.

45
50 Cr: 18 hasta 30%

El Cr es un elemento esencial para formar una película delgada de óxido en la superficie de los materiales metálicos, a fin de asegurar la resistencia a la oxidación de los aceros inoxidable y de las aleaciones a base de Ni, la resistencia a la oxidación por vapor y la resistencia a la corrosión a alta temperatura, etc. Además, al igual que el C, en la presente invención el Cr es un elemento indispensable para cristalizar dichos carburos de tipo " M_7C_3 ". Con el fin de inhibir de manera estable el agrietamiento por solidificación, incluso cuando el P proviene de metales base que tienen un nivel alto de P, superior al 0,03%, es necesario que la capa primaria del metal de la soldadura por un lado tenga un contenido de Cr no inferior al 18%. Sin embargo, cuando el contenido de Cr supera el 30% resulta difícil garantizar la ductilidad de la unión soldada. Por lo tanto, el contenido de Cr se ajusta entre 18 y 30%.

55
60 Ni: entre más del 10% y no más del 70%

El Ni es un elemento fundamental para garantizar una microestructura austenítica estable. Como se ha mencionado anteriormente en el presente punto (5), es necesario que la capa primaria del metal de la soldadura por un lado tenga un contenido de Cr no inferior al 18%. Si el contenido de Ni no es superior al 10% respecto al contenido de Cr arriba citado, es difícil que el metal resultante de la soldadura por un lado forme una sola fase estable de microestructura austenítica y, además, la microestructura austenítica se vuelve inestable tras un largo período de uso a temperaturas

65

- 5 elevadas y la resistencia a alta temperatura y la tenacidad disminuyen notablemente debido a la precipitación de fases tan frágiles como la fase σ y así sucesivamente. Por otro lado, a medida que sube el contenido de Ni disminuye la cantidad de P disuelto en la austenita y aumenta la influencia negativa del P en la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura. En concreto, cuando el contenido de Ni supera el 70%, la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura aumenta mucho; además también se incrementa el coste de los componentes. Por lo tanto, el contenido de Ni se ajusta entre más del 10% y no más del 70%. El contenido de Ni es preferiblemente del 25 al 50%.
- 10 Al sol.: 0,001 hasta 1%.
- 15 El Al reacciona con O (oxígeno) del aire durante la soldadura produciendo así un efecto desoxidante. Para obtener este efecto es necesario que el contenido de Al como Al sol. ("Al soluble en medio ácido") no sea inferior al 0,001%. Sin embargo, cuando el contenido de Al como Al sol. supera el 1%, precipitan cantidades excesivas de compuestos intermetálicos a altas temperaturas y por ello disminuye notablemente la tenacidad. Por tanto, el contenido de Al sol. se ajusta entre 0,001 y 1%.
- 20 N: no superior al 0,3%
- 25 Cuando el contenido de N supera el 0,3%, provoca la precipitación de nitruros tales como Cr_2N y otros; y, por lo tanto, provoca un deterioro de propiedades mecánicas como la capacidad de flexión y la tenacidad del metal de soldadura. Por lo tanto el contenido de N se ajusta a no más del 0,3%. Es conveniente reducir el contenido de N al nivel más bajo posible; por consiguiente es preferible que el contenido de N no sea superior al 0,2% y con mayor preferencia no superior al 0,15%.
- 30 Por los motivos mencionados anteriormente, la composición química de al menos la capa primaria del metal de la soldadura por un lado, de la estructura soldada según el presente punto (5), se define como aquella que contiene C: entre más del 0,1% y no más del 0,7%, Si: no más del 4,0%, Mn: no más del 3,0%, P: entre más del 0,03% y no más del 0,1%, S: no más del 0,03%, Cr: 18 hasta 30%, Ni: entre más del 10% y no más del 70%, Al sol.: 0,001 hasta 1% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.
- 35 (A-6) Respecto a los metales base y al material de soldadura de acuerdo con el presente punto (3); los metales base y los metales de soldadura según el presente punto (6); los metales base y el material de soldadura de acuerdo con el presente punto (9); y los metales base y los materiales de soldadura de acuerdo con el presente punto (12):
- 40 Primer grupo: Cu: no más del 5%, Mo: no más del 10%, W: no más del 10%, V: no más del 2%, Nb: no más del 3%, Ti: no más del 3%, Ta: no más del 8%, Zr: no más del 1%, Hf: no más del 1%, Co: no más del 15% y B: no más del 0,03%.
- 45 Segundo grupo: Ca: no más del 0,05%, Mg: no más del 0,05% y tierras raras: no más del 0,3%.
- 50 Es decir, puede haber uno o más elementos del primer grupo y/o del segundo grupo, entre los citados anteriormente, contenidos como elemento o elementos opcionales.
- 55 La adición de cada uno de los elementos del primer grupo, Cu, Mo, W, V, Nb, Ti, Ta, Zr, Hf, Co y B, tiene el efecto de mejorar la resistencia a la fluencia. Para obtener este efecto, dichos elementos pueden añadirse a las aleaciones y por tanto estar contenidos en ellas. A continuación se describen en detalle los elementos que están en el primer grupo.
- 60 Cu: no superior al 5%
- 65 El Cu precipita en forma de fase fina de Cu coherentemente con la matriz austenítica durante el uso a temperaturas altas. Por lo tanto, el Cu tiene el efecto de mejorar notablemente la resistencia a la fluencia. El Cu también es eficaz para inhibir la disociación del CO, evitando que entre C en el acero, y mejorar considerablemente la resistencia a la corrosión. Con el fin de asegurar los efectos antedichos es preferible que el contenido de Cu no sea inferior al 0,01%. Sin embargo, cuando el contenido de Cu es excesivo, en particular cuando supera el 5%, tiene lugar un deterioro de la capacidad de mecanización en caliente, de la soldabilidad y de la ductilidad de fluencia. Por lo tanto, cuando se incluye Cu, su contenido se ajusta a no más del 5%. Si se incluye Cu, su contenido es preferiblemente del 0,01 al 5%. El límite superior del contenido de Cu es preferiblemente del 4,0% y con mayor preferencia del 3,0%.
- Mo: no superior al 10%
- El Mo es un elemento eficaz que mejora resistencias a temperaturas elevadas, tales como la resistencia a la fluencia y otras. Con el fin de asegurar los efectos mencionados anteriormente es preferible que el contenido de Mo no sea inferior al 0,05%. Sin embargo, cuando se incluye Mo a un nivel de contenido superior al 10% se satura dicho efecto y aumenta el coste de la aleación. Además se induce la formación de compuestos intermetálicos tales como la fase σ y otros; por lo tanto se produce un deterioro de la estabilidad microestructural y de la capacidad de mecanización en

ES 2 724 706 T3

caliente. Por ello, cuando se incluye Mo, su contenido se ajusta a no más del 10%. Si se incluye Mo, su contenido es preferiblemente del 0,05 al 10% y con mayor preferencia del 0,05 al 5%.

W: no superior al 10%

5 El W es también un elemento eficaz que mejora resistencias a altas temperaturas, como la resistencia a la fluencia, etc. Con el fin de garantizar dichos efectos, el contenido de W es preferiblemente no inferior al 0,05%. Sin embargo, cuando se incluye W a un nivel de contenido superior al 10% se satura dicho efecto y aumenta el coste de la aleación. Además, se induce la formación de compuestos intermetálicos tales como la fase σ y otros; Por lo tanto se produce un deterioro de la estabilidad microestructural y de la capacidad de mecanización en caliente. Por lo tanto, cuando se incluye W, su contenido se ajusta a no más del 10%. Si se incluye W, su contenido es preferiblemente del 0,05 al 10% y con mayor preferencia del 0,05 al 5%.

V: no superior al 2%

15 El V es un elemento formador de carburos y es un elemento eficaz que mejora resistencias a altas temperaturas, como la resistencia a la fluencia, etc. Para garantizar los efectos mencionados anteriormente es preferible que el contenido de V sea inferior al 0,02%. Sin embargo, si el contenido de V supera el 2% se produce un marcado deterioro de las propiedades mecánicas, como la tenacidad, etc. Por lo tanto, cuando se incluye V, su contenido V se ajusta a no más del 2%. Cuando se incluye V, su contenido es preferiblemente del 0,02 al 2% y con mayor preferencia del 0,02 al 1,5%. Con aún mayor preferencia, el contenido de V es del 0,04 al 1%.

Nb: no superior al 3%

25 El Nb es un elemento formador de carburos y es un elemento eficaz que mejora las resistencias a altas temperaturas, tales como la resistencia a la fluencia, etc. Con el fin de garantizar dichos efectos es preferible que el contenido de Nb no sea inferior al 0,05%. Sin embargo, si el contenido de Nb supera el 3%, se produce un marcado deterioro de las propiedades mecánicas, como la tenacidad, etc. Por lo tanto, cuando se incluye Nb, su contenido se ajusta a no más del 3%. Si se incluye Nb, su contenido es preferiblemente del 0,05 al 3% y con mayor preferencia del 0,05 al 1,5%.

Ti: no superior al 3%

35 El Ti es un elemento capaz de formar carburos y es un elemento eficaz que mejora las resistencias a temperaturas elevadas, como la resistencia a la fluencia, etc. Para garantizar los efectos mencionados anteriormente es preferible que el contenido de Ti no sea inferior al 0,005%. Sin embargo, cuando el contenido de Ti excede el 3% se produce un marcado deterioro de propiedades mecánicas, como la tenacidad, etc. Por lo tanto, cuando se incluye Ti, su contenido se ajusta a no más del 3%. Si se incluye Ti, su contenido es preferiblemente del 0,005 al 3% y con mayor preferencia del 0,005 al 2%.

Ta: no superior al 8%

45 El Ta también es un elemento formador de carburos y es un elemento eficaz que mejora las resistencias a altas temperaturas, como la resistencia a la fluencia, etc. Para garantizar los efectos mencionados anteriormente es preferible que el contenido de Ta no sea inferior al 0,01%. Sin embargo, si el contenido de Ta supera el 8%, se produce un marcado deterioro de propiedades mecánicas, como la tenacidad, etc. Por tanto, cuando se incluye Ta, su contenido se ajusta a no más del 8%. Si se incluye Ta, su contenido es preferiblemente del 0,01 al 8% y con mayor preferencia del 0,01 al 7%. Con aún mayor preferencia, el contenido de Ta es del 0,05 al 6%.

Zr: no superior al 1%

50 El Zr contribuye principalmente al fortalecimiento de la interfase granular y mejora la resistencia a la fluencia. Para garantizar dichos efectos es preferible que el contenido de Zr no sea inferior al 0,0005%. Sin embargo, si el contenido de Zr supera el 1%, se produce un deterioro de las propiedades mecánicas y de la soldabilidad. Por tanto, cuando se incluye Zr, su contenido se ajusta a no más del 1%. Si se incluye Zr, su contenido es preferiblemente del 0,0005 al 1% y con mayor preferencia del 0,01 al 0,8%. Con aún mayor preferencia, el contenido de Zr es del 0,02 al 0,5%.

Hf: no superior al 1%

60 El Hf también contribuye principalmente al fortalecimiento de la interfase granular y mejora la resistencia a la fluencia. Con el fin de garantizar los efectos mencionados anteriormente, es preferible que el contenido de Hf no sea inferior al 0,0005%. Sin embargo, si el contenido de Hf supera el 1%, se produce un deterioro de las propiedades mecánicas y de la soldabilidad. Por consiguiente, cuando se incluye Hf, su contenido se ajusta a no más del 1%. Si se incluye Hf, su contenido es preferiblemente del 0,0005 al 1% y con mayor preferencia del 0,01 al 0,8%. Con incluso mayor preferencia, el contenido de Hf es del 0,02 al 0,5%.

65 Co: no superior al 15%

ES 2 724 706 T3

Al igual que el Ni, el Co estabiliza la microestructura austenítica y tiene el efecto de mejorar la resistencia a la fluencia. Con el fin de garantizar dichos efectos, es preferible que el contenido de Co no sea inferior al 0,05%. Sin embargo, a un nivel de contenido de Co superior al 15%, dichos efectos del Co llegan hasta niveles de saturación y la eficiencia económica no hace más que declinar. Por lo tanto, cuando se incluye Co, su contenido o se ajusta a no más del 15%. Si se incluye Co, su contenido es preferiblemente del 0,05 al 10%.

B: no superior al 0,03%

El B se encuentra en los carbonitruros y promueve la precipitación de carbonitruros finamente dispersos durante el uso a altas temperaturas y, al mismo tiempo, el B existe individualmente en las interfases granulares y, por lo tanto las fortalece y evita su desgaste. Por ello el B aumenta además la resistencia a la fluencia. Con el fin de garantizar dichos efectos el contenido de B se ajusta preferiblemente a no menos del 0,0005%. No obstante, si el contenido de B supera el 0,03% se produce un deterioro de la soldabilidad. Por lo tanto, cuando se incluye B, su contenido se ajusta a no más del 0,03%. Si se incluye B, su contenido es preferiblemente del 0,0005 al 0,03% y con mayor preferencia del 0,001 al 0,01%. Con aún mayor preferencia, el contenido de B es del 0,001 al 0,005%.

Los elementos arriba citados, es decir Cu, Mo, W, V, Nb, Ti, Zr, Hf, Co y B, pueden incluirse individualmente, o como combinación de dos o más de ellos.

Cada uno de los elementos entre Ca, Mg y tierras raras, que forman parte del segundo grupo, si se agregan, tienen el efecto de mejorar la capacidad de mecanización en caliente. Para conseguir este efecto, dichos elementos se pueden añadir a las aleaciones y por tanto estar contenidos en ellas. A continuación se describen en detalle los elementos que se encuentran en el segundo grupo.

Ca: no superior al 0,05%

El Ca tiene el efecto de mejorar la capacidad de mecanización en caliente. Para garantizar este efecto, el contenido de Ca se ajusta preferiblemente a no menos del 0,0001%. Sin embargo, un contenido de Ca que supere el 0,05% disminuye la capacidad de mecanización en caliente debido a las inclusiones en forma de óxidos y también empeora la ductilidad. Por lo tanto, cuando se incluye Ca, el contenido de Ca se ajusta a no más del 0,05%. Si se incluye Ca, su contenido es preferiblemente del 0,0001 al 0,05% y con mayor preferencia del 0,001 al 0,02%. Con incluso mayor preferencia, el contenido de Ca es del 0,001 al 0,01%.

Mg: no más del 0,05%

El Mg también tiene un efecto de mejora de la capacidad de mecanización en caliente. Para garantizar este efecto, el contenido de Mg se ajusta preferiblemente a no menos del 0,0005%. Sin embargo, un contenido de Mg que supere el 0,05% disminuye la capacidad de mecanización en caliente debido a las inclusiones en forma de óxidos y también empeora la ductilidad. Por lo tanto, cuando se incluye Mg, su contenido de Mg se ajusta a no más del 0,05%. Si se incluye Mg, su contenido es preferiblemente del 0,0005 al 0,05% y con mayor preferencia del 0,001 al 0,02%. Con aún mayor preferencia, el contenido de Mg es del 0,001 al 0,01%.

Tierras raras: no más del 0,3%

Las tierras raras tienen afinidad por los elementos contenidos como impurezas en los materiales metálicos; en concreto las tierras raras tienen una gran afinidad por el S y, por lo tanto, el efecto de prevenir el deterioro de la capacidad de mecanización en caliente por excesivo contenido de S. Este efecto es notable cuando el contenido de tierras raras no es inferior al 0,005%. Sin embargo, un contenido de tierras raras superior al 0,3% induce la formación de óxidos y sulfuros de grano grueso, y por tanto empeora la capacidad de trabajo en caliente y además produce un mayor número de defectos en la superficie, así como el deterioro de la tenacidad. Por lo tanto, cuando se incluyen tierras raras, su contenido se ajusta a no más del 0,3%. Si se incluyen tierras raras, su contenido es preferiblemente del 0,005 al 0,3% y con mayor preferencia del 0,005 al 0,1%. Con incluso mayor preferencia, el contenido de tierras raras es del 0,005 al 0,07%.

Los elementos arriba citados, es decir Ca, Mg y tierras raras, pueden incluirse individualmente, o como combinación de dos o más de ellos.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el término "tierras raras" se refiere a un total de 17 elementos, incluyendo Sc, Y y colectivamente los lantánidos, y el contenido de tierras raras se refiere al contenido de un elemento o al contenido total de dos o más elementos entre las tierras raras.

Por los motivos mencionados anteriormente en el presente punto (3) se ha estipulado que una o más aleaciones entre los metales base y el material de soldadura contengan respectivamente, si es preciso, uno o más elementos elegidos entre los del primer grupo y del segundo grupo o de ambos grupos citados anteriormente, además de los elementos según el presente punto (1) o (2). También se ha estipulado en el presente punto (9) que una o más aleaciones entre

los metales base y el material de soldadura contengan respectivamente, si es preciso, uno o más elementos elegidos entre los del primer grupo y del segundo grupo o de ambos grupos citados anteriormente, además de los elementos según el presente punto (7) u (8). Análogamente se ha estipulado en el presente punto (12), que una o más aleaciones entre los metales base y el material de soldadura contengan respectivamente, si es preciso, uno o más elementos elegidos entre los del primer grupo y del segundo grupo o de ambos grupos mencionados anteriormente, además de los elementos según el presente punto (10) o (11).

Por las mismas razones, en el presente punto (6) se ha estipulado que uno o ambos metales base contengan además uno o más elementos elegidos del primer grupo o del segundo grupo o de ambos mencionados anteriormente, además de los elementos del metal base según el presente punto (5).

Asimismo, en el presente punto (6) se ha estipulado que un metal de soldadura contenga además uno o más elementos escogidos del primer grupo o del segundo grupo o de ambos mencionados anteriormente, además de los elementos del metal de soldadura según el presente punto (5).

Los materiales de soldadura según los presentes puntos (1) a (3) y los materiales de soldadura que deben usarse para producir las estructuras unidas por soldadura según los presentes puntos (7) a (12) pueden obtenerse, por ejemplo, fundiendo aleaciones que tengan las respectivas composiciones mencionadas anteriormente y luego trabajándolas por forjado y laminado hasta formar alambres. Los materiales de soldadura según los presentes puntos (1) a (3) y los materiales de soldadura que deben usarse en la soldadura del pase primario para formar las estructuras soldadas según los presentes puntos (7) a (9) también se pueden producir en forma de anillos de inserción y también pueden producirse revistiendo o recubriendo materiales de envoltura de placa de aleación de Cr-Ni con una aleación en polvo de alto contenido de Cr-Ni, con una aleación en polvo de alto contenido de Cr-C, etc., y luego trefilando, para obtener las respectivas composiciones químicas reguladas.

Los materiales de soldadura según los presentes puntos (1) a (3) se pueden utilizar en diversos procesos de soldadura, tales como la soldadura TIG y la soldadura MIG, etc.

Por consiguiente, la estructura unida por soldadura del presente punto (4) se puede formar soldando conjuntamente los metales base de aleación austenítica según cualquiera de los presentes puntos (1) a (3) mediante diversos métodos de soldadura, con el uso del material de soldadura según cualquiera de los presentes puntos (1) a (3).

En aquellos casos en los que se requiere una soldadura multicapa para soldar los metales base según cualquiera de los presentes puntos (1) a (3), con el fin de obtener la estructura unida por soldadura según el presente punto (4), la soldadura multicapa también se puede llevar a cabo usando el material de soldadura según cualquiera de los presentes puntos (1) a (3).

En aquellos casos en los que el metal de soldadura debe tener unos niveles elevados de resistencia a la corrosión y a la fluencia, también se puede llevar a cabo una soldadura de pase primario en la cual la proporción de dilución desde los metales base sea alta, utilizando el material de soldadura según cualquiera de los presentes puntos (1) a (3) y, en los subsiguientes pases acumulados soldar con un material de soldadura comercial, escogido adecuadamente según la proporción de dilución desde los metales base, la cual influye en el agrietamiento por solidificación de la soldadura. Por ejemplo, en el caso de una soldadura en que la proporción de dilución desde los metales base sea bastante baja, tal como no superior al 20%, se puede usar un material de soldadura comercialmente disponible conforme a los niveles requeridos de resistencia a la corrosión y a la fluencia.

Al igual que los materiales de soldadura según los presentes puntos (1) a (3), los materiales de soldadura que deben usarse para formar las estructuras soldadas según los presentes puntos (7) a (12) pueden usarse en diversos procesos de soldadura, tales como la soldadura TIG y la soldadura MIG, etc.

Por lo tanto, las estructuras unidas por soldadura de los presentes puntos (7) a (9) se pueden formar soldando los metales base de aleación austenítica según cualquiera de los presentes artículos (7) a (9) mediante diversos métodos de soldadura, utilizando cualquiera de los materiales de soldadura para la soldadura del pase primario y cualquiera de los materiales de soldadura para los subsiguientes pases acumulados que deben realizarse para formar las estructuras soldadas según cualquiera de los presentes puntos (7) a (9). Las estructuras soldadas de los presentes puntos (10) a (12) se pueden formar soldando conjuntamente los metales base de aleación austenítica de acuerdo con cualquiera de los puntos (10) a (12) mediante diversos métodos de soldadura, usando cualquiera de los materiales de soldadura según los presentes puntos (10) a (12).

En aquellos casos en que el metal de soldadura debe tener elevados niveles de resistencia a la corrosión y a la fluencia no siempre es necesario formar todas las capas de los subsiguientes pases acumulados de la soldadura multicapa usando el material de soldadura según uno de los presentes puntos (7) a (12), sino que se puede realizar un pase de soldadura como capa intermedia y los subsiguientes pases acumulados de la soldadura empleando un material de soldadura disponible en el mercado, escogido adecuadamente según la proporción de dilución desde los metales base, la cual influye en el agrietamiento por solidificación de la soldadura. Por ejemplo, en el caso de una soldadura en que la proporción de dilución desde los metales base sea bastante baja, tal como no superior al 20%, se puede

emplear un material de soldadura comercialmente disponible conforme a los niveles requeridos de resistencia a la corrosión y a la fluencia.

5 Además, en caso de soldar conjuntamente metales base gruesos, los materiales de soldadura para el pase primario según cualquiera de los puntos (7) a (9) se pueden usar no solo para formar la capa primaria, sino también para formar la segunda capa y las capas posteriores de acuerdo con el nivel requerido de ductilidad; por lo tanto, el material de soldadura regulado para la soldadura del pase primario y el material de soldadura regulado para los subsiguientes pases acumulados de la soldadura multicapa se puede usar combinados de manera adecuada.

10 Aunque la soldadura de materiales similares se lleva a cabo con aleaciones austeníticas que tienen la "composición química 1" como metales base, no siempre es necesario que ambos metales base tengan una composición química idéntica; solo se requiere que sean aleaciones austeníticas incluidas en el ámbito de la "composición química 1". En el caso de soldadura de material disímiles, la soldadura puede realizarse utilizando como un metal base una aleación austenítica que tenga una composición incluida en el ámbito de la "composición química 1" y como el otro metal base
15 una aleación austenítica que tenga una composición incluida en el ámbito de la "composición química 2". Cada metal base citado anteriormente puede ser una aleación austenítica que además contenga, si es necesario, uno o más elementos escogidos del primer grupo o del segundo grupo o de ambos grupos mencionados anteriormente.

20 (B) Altura del cordón de penetración del metal de soldadura en la estructura soldada

Las estructuras unidas por soldadura de acuerdo con los presentes puntos (5) y (6) tienen respectivamente un cordón de penetración formado en el lado opuesto al lado desde el cual se ha efectuado una soldadura lateral en el caso de usar láminas como metales base o, en el caso de utilizar materiales tubulares como metales base, en el interior de un tubo, como resultado de la soldadura circunferencial desde el exterior de los materiales tubulares. En este caso es
25 necesario que el cordón de penetración del metal de soldadura tenga en cada estructura soldada una altura entre 0 y 3 mm, de modo que se pueda garantizar el nivel de resistencia requerido por la estructura soldada y obtener un cordón de forma segura.

30 Cuando la altura del cordón de penetración es inferior a 0 mm, se encuentra el denominado "cordón cóncavo", cuya superficie es más baja que la superficie opuesta a la cara por la cual se ha efectuado la soldadura (superficie interior en el caso de una tubería) y la resistencia de la estructura soldada resulta insuficiente. Por otro lado, una altura del cordón de penetración superior a los 3 mm es desfavorable para asegurar la resistencia, pues la parte convexa resulta excesivamente grande y provoca una mayor concentración de tensión en el talón.

35 Por tanto, la altura del cordón de penetración del metal de soldadura en la estructura soldada según el presente punto (5) o (6) se fija entre 0 y 3 mm.

40 La composición química del metal de soldadura en cada una de las estructuras soldadas anteriormente mencionadas debe satisfacer los requisitos indicados anteriormente en la sección (A). Por tanto, el material de soldadura usado para formar las estructuras soldadas anteriormente mencionadas se debe elegir en función del método y de las condiciones de soldadura empleadas, de manera que permita obtener la composición arriba mencionada del metal de soldadura.

45 Sin embargo, cuando la soldadura se efectúa con un material de soldadura cuya composición química es diferente de la de los metales base, la composición química del metal de soldadura puede variar por dilución desde los metales en función de las condiciones de soldadura, como el aporte de calor al soldar, la forma de la ranura y otras condiciones de formación de múltiples capas. En particular, cuando el contenido de P en los metales base de la aleación austenítica es elevado y superior al 0,03%, como en el caso de la estructura soldada según el presente punto (5) o (6), el P fluye al metal de soldadura aumentando el contenido de P en la fase líquida, con lo cual la susceptibilidad al agrietamiento por solidificación de la soldadura resulta mayor en comparación con el caso de la soldadura de metales base con un nivel de contenido de P ordinario no superior al 0,03%. Por lo tanto, para inhibir el agrietamiento por solidificación de la soldadura se recomienda realizar la soldadura con un material de alto contenido en C y Cr, al menos en la soldadura del pase primario, y eligiendo las condiciones de soldadura de manera que al menos la composición química del metal de soldadura en la capa primaria puede tener una composición incluida en el ámbito mencionado anteriormente.

55 Aunque se utilicen materiales de soldadura convencionales, en algunos casos será teóricamente posible obtener un metal de soldadura que tenga una composición química incluida en el ámbito mencionado anteriormente, rebajando la proporción de dilución desde los metales base a niveles extremadamente bajos. Sin embargo, en tal caso resulta difícil asegurar una forma de cordón segura que tenga una altura comprendida en el citado intervalo de 0 hasta 3 mm.

60 Los siguientes ejemplos ilustran la presente invención más específicamente. Sin embargo, estos ejemplos no están limitados de ninguna manera al ámbito de la presente invención.

EJEMPLOS

65 "Ejemplo 1"

ES 2 724 706 T3

Las aleaciones austeníticas A hasta E, cuyas composiciones químicas figuran en la tabla 1, se fundieron utilizando un horno de inducción al vacío de alta frecuencia y luego se moldearon en forma de lingotes para usarlos como metales base.

- 5 La dos aleaciones A y E mostradas en la tabla 1 son aleaciones austeníticas que tienen un contenido de P tan alto como 0,100%. Por otra parte las aleaciones B hasta D son aleaciones austeníticas con un nivel corriente de contenido de P, igual al 0,015%, 0,030% y 0,018% respectivamente.

Tabla 1

10

Aleación	Composición química (% en masa) Resto: Fe e impurezas									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al sol.	N	otros
A	0,10	0,20	0,60	0,100	0,0005	18,12	8,86	0,026	0,009	Cu: 0,29, Nb: 0,21, Ti: 0,19
B	0,06	0,42	1,18	0,015	0,0010	25,07	19,90	0,021	0,250	Nb: 0,34, B: 0,0018
C	0,10	0,27	0,80	0,030	0,0002	18,10	9,30	0,025	0,094	Cu: 2,95, Nb: 0,42, Mo: 0,16
D	0,08	0,22	0,60	0,018	0,0004	22,30	20,41	0,022	0,012	-
E	0,39	0,21	0,82	0,100	0,0004	29,64	49,56	0,013	0,011	-

Las aleaciones austeníticas F hasta H, cuyas composiciones químicas figuran en la tabla 2, se fundieron utilizando un horno de inducción al vacío de alta frecuencia y luego se moldearon en forma de lingotes para usarlos como materiales de soldadura.

15

La aleación G mostrada en la tabla 2 es una aleación cuyos contenidos de C y Cr están fuera del rango regulado como composición química del material de soldadura por la presente invención.

Tabla 2

20

Aleación	Composición química (% en masa) Resto: Fe e impurezas									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al sol.	N	otros
F	0,96	0,25	0,85	0,006	0,0010	29,45	60,39	0,002	0,006	-
G	*0,08	0,29	0,84	0,006	0,0010	*17,84	32,43	0,003	0,006	-
H	0,99	0,22	0,63	0,006	0,0010	30,61	60,14	0,034	0,005	Mo: 0,36, B: 0,0014

La marca * indica que cae fuera de las condiciones reguladas por la presente invención.

Cada lingote de las aleaciones A hasta E que debían emplearse como metales base se forjó en caliente de manera convencional, luego se sometió a un tratamiento térmico en solución a 1200°C y después se transformó en muestras para el ensayo de agrietamiento de soldaduras embridadas, con una ranura en forma de U (con un grosor del tope de 1,5 mm y una longitud de extensión de 2,5 mm) en el extremo del tope y un grosor de 12 mm, una anchura de 50 mm y una longitud de 100 mm.

25

Cada lingote de las aleaciones F hasta H se forjó en caliente de manera convencional y luego se sometió a mecanizado en frío, con un tratamiento térmico en solución repetido antes de cada trabajo en frío, para obtener respectivamente materiales de soldadura en forma de alambre enrollado de 1,2 mm de diámetro.

30

Las muestras para el ensayo de agrietamiento de soldaduras embridadas, preparadas de este modo, se soldaron de forma periféricamente embridada, es decir, con dichas muestras se soldaron materiales similares (aleación A con aleación A y aleación E con aleación E) y materiales disímiles (combinaciones de aleación A y aleación B, aleación A y aleación C, aleación A y aleación D, y aleación D y aleación E) en un estado embridado periféricamente.

35

En concreto, cada área de los topes se sometió a un pase primario de soldadura TIG, utilizando uno de los materiales F a H citados anteriormente en las siguientes condiciones: corriente de soldadura 100 A, voltaje de soldadura 12 V y velocidad de soldadura 10 cm/min. En dicha soldadura la abertura de la raíz fue de 0 mm y se usaron tres velocidades de aporte del material de soldadura, es decir 48 cm/min, 54 cm/min y 62 cm/min, para variar así la proporción de dilución desde los metales base.

40

Además, se tomaron cinco muestras para la observación transversal de la microestructura de la junta soldada en cada muestra de ensayo. Después de pulir a espejo se examinó cada superficie de dichas muestras para determinar si se había o no producido agrietamiento por solidificación, utilizando un microscopio óptico de 500 aumentos. Después de dicho examen se calculó la relación entre el área de las partes del metal base fundido y el área del metal de soldadura de la capa primaria, obtenida por análisis de imágenes, es decir, la relación "(área de las partes del metal base fundido) / (área del metal de soldadura de la capa primaria)" de cada muestra, a fin de determinar la proporción media de dilución desde los metales base en cada muestra de ensayo.

45

De cada una de las muestras de ensayo de las juntas soldadas obtenidas por soldadura de material similares, es decir, la soldadura de aleación A con aleación A o aleación E con aleación E, donde las aleaciones austeníticas A y E tenían

50

ES 2 724 706 T3

un alto contenido de P, del 0,100%, se midió la altura de penetración del cordón y se analizó la composición química del metal de soldadura resultante de la capa primaria, además de los exámenes mencionados anteriormente.

5 En la tabla 3 se indican para cada muestra de ensayo las condiciones de soldadura, la proporción media de dilución desde los metales base, la aparición o no de grietas en la superficie del cordón y la incidencia del agrietamiento por solidificación de la soldadura en dichas cinco muestras de observación transversal de la microestructura.

10 En la tabla 4 se representan las alturas de penetración de los cordones y las composiciones químicas del metal de soldadura en la capa primaria, observadas para cada una de las muestras de ensayo de las juntas soldadas hechas por soldadura de materiales similares, a saber, soldadura de la aleación A con la aleación A o de la aleación E con la aleación E.

Tabla 3

Muestra de ensayo n°	Combinación de metales base	Material de soldadura	Velocidad de aporte del material de soldadura (cm/min)	Proporción media de dilución desde los metales base (%)	Agrietamiento de la superficie del cordón	Agrietamiento por solidificación de la soldadura (n° de grietas / n° de secciones examinadas)	Observaciones
1	A-A	F	48	63	no	0/5	Ejemplos de la presente invención
2	A-A	F	54	59	no	0/5	
3	A-A	F	62	51	no	0/5	
4	A-A	H	50	60	no	0/5	
5	A-B	F	48	65	no	0/5	
6	A-B	F	54	60	no	0/5	
7	A-B	F	62	50	no	0/5	
8	A-C	F	48	62	no	0/5	
9	A-C	F	54	59	no	0/5	
10	A-C	F	62	53	no	0/5	
11	A-B	H	62	52	no	0/5	
12	A-D	F	62	51	no	0/5	
13	E-E	F	59	55	no	0/5	
14	D-E	F	54	57	no	0/5	
15	A-A	*G	48	62	sí	5/5	Ejemplos comparativos
16	A-A	*G	54	59	sí	5/5	
17	A-A	*G	62	52	sí	5/5	
18	A-B	*G	48	66	sí	5/5	
19	A-B	*G	54	61	sí	5/5	
20	A-B	*G	62	50	sí	5/5	
21	A-C	*G	48	61	sí	5/5	
22	A-C	*G	54	59	sí	5/5	
23	A-C	*G	62	54	sí	5/5	

La marca * indica que cae fuera de las composiciones químicas reguladas por la presente invención.

15

Tabla 4

Muestra de ensayo n°	Metal de soldadura de la capa primaria											Observaciones
	Altura de penetración del cordón	Composición química (% en masa) Resto: Fe e impurezas										
		Cu	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al sol.	N	Otros	
1	1,2	0,43	0,22	0,69	0,064	0,0007	22,43	28,44	0,017	0,008	Cu: 0,18, Nb: 0,13, Ti: 0,12	Ejemplos de la presente invención
2	1,6	0,47	0,22	0,71	0,060	0,0007	22,99	31,02	0,016	0,007	Cu: 0,17, Nb: 0,12, Ti: 0,11	
3	2,3	0,51	0,23	0,72	0,055	0,0007	23,56	33,59	0,014	0,007	Cu: 0,15, Nb: 0,11, Ti: 0,10	
13	2,0	0,65	0,23	0,83	0,058	0,0006	29,55	54,43	0,008	0,008	-	
#15	1,4	*0,09	0,23	0,69	0,065	0,0007	18,02	17,58	0,017	0,008	Cu: 0,18, Nb: 0,13, Ti: 0,12	Ejemplos comparativos
#16	1,6	*0,09	0,24	0,71	0,059	0,0007	*17,99	19,23	0,016	0,008	Cu: 0,16, Nb: 0,12, Ti: 0,11	
#17	2,2	*0,09	0,24	0,71	0,056	0,0007	*17,98	19,94	0,015	0,008	Cu: 0,15, Nb: 0,11, Ti: 0,10	

La marca # indica que las muestras de ensayo se han preparado usando material de soldadura que cae fuera de las condiciones reguladas por la presente invención, y la marca * que cae fuera de las composiciones químicas reguladas por la presente invención.

De la tabla 3 es evidente que no se observó ningún agrietamiento de la superficie del cordón ni hubo agrietamiento por solidificación de la soldadura en ninguna de las muestras de ensayo de los números 1 hasta 14, que se prepararon soldando con el material de soldadura F o H que satisface los requisitos de composición química regulados por los presentes puntos (1) a (3), independientemente de si eran productos de soldadura de materiales similares (aleación A con aleación A y aleación E con aleación E) o de soldadura de materiales disímiles (combinaciones de aleación A y aleación B, aleación A y aleación C, aleación A y aleación D, y aleación D y aleación E), incluso cuando la proporción de dilución desde los metales base (proporción media de dilución de metales base) era alta.

En cambio se observó un agrietamiento de la superficie del cordón y también se vio el agrietamiento por solidificación de la soldadura en todas las muestras de ensayo correspondientes a los números 15 hasta 23, que se prepararon soldando con el material de soldadura G, cuyo contenido de C y Cr es inferior al regulado por la presente invención, independientemente de si eran productos de soldadura de materiales similares o de soldadura de materiales disímiles.

Además, de la tabla 4 es evidente que no se observó ningún agrietamiento por solidificación de la soldadura en las muestras de ensayo de los números 1 a 3 y 13, en las cuales la composición química de la capa primaria del metal de soldadura por un lado y la altura de penetración del cordón satisfacía las correspondientes condiciones reguladas por los presentes puntos (5) y (6); por otra parte se observó agrietamiento por solidificación de la soldadura en las muestras de ensayo de los números 15 a 17, cuya composición química de la capa primaria del metal de soldadura por un lado no cumplía las condiciones reguladas por los presentes puntos (5) y (6).

“Ejemplo 2”

Las aleaciones austeníticas D, E e I hasta L, cuyas composiciones químicas están indicadas en la tabla 5, se fundieron en un horno de inducción al vacío de alta frecuencia y a continuación se moldearon en forma de lingotes para usarlos como metales base. En la tabla 5, las aleaciones D y E son las mismas aleaciones que las fundidas en el anterior “ejemplo 1”.

Las dos aleaciones E y I mostradas en la tabla 5 son aleaciones austeníticas que tienen un contenido de P tan elevado como del 0,100%. Por otra parte, las aleaciones D y J a L son aleaciones austeníticas que tienen un nivel corriente de contenido de P, del 0,018%, 0,010%, 0,015% y 0,028%, respectivamente.

Tabla 5

Aleación	Composición química (% en masa) Resto: Fe e impurezas									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al sol.	N	otros
D	0,08	0,22	0,60	0,018	0,0004	22,30	20,41	0,022	0,012	-
E	0,39	0,21	0,82	0,100	0,0004	29,64	49,56	0,013	0,011	-
I	0,10	0,26	0,54	0,100	0,0003	18,34	9,23	0,049	0,010	Nb: 0,31, Ti: 0,20
J	0,08	0,21	1,12	0,010	0,0004	23,21	45,30	0,028	0,008	Nb: 0,20, W: 7,13, B: 0,0040
K	0,06	0,40	1,15	0,015	0,0003	24,93	19,73	0,006	0,223	Nb: 0,42, B: 0,0014
L	0,08	0,27	0,82	0,028	0,0003	18,12	8,98	0,008	0,105	Cu: 2,98, Nb: 0,45, Mo: 0,16

Las aleaciones austeníticas F y M a P, cuyas composiciones químicas están indicadas en la tabla 6, se fundieron en un horno de inducción al vacío de alta frecuencia y a continuación se moldearon en forma de lingotes para usarlos como metales base. La aleación F de la tabla 6 es la misma aleación que la fundida en el “ejemplo 1” anteriormente mencionado.

La aleación M mostrada en la tabla 6 es una aleación cuyo contenido de C está fuera del intervalo regulado para la composición química del material de soldadura según la presente invención.

Tabla 6

Aleación	Composición química (% en masa) Resto: Fe e impurezas									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al sol.	N	otros
F	0,96	0,25	0,85	0,006	0,0010	29,45	60,39	0,002	0,005	-
M	*0,16	0,21	0,63	0,005	0,0003	30,71	59,96	0,026	0,005	B: 0,0018
N	0,29	0,23	0,68	0,005	0,0003	30,01	60,39	0,024	0,005	B: 0,0030, W: 1,97
O	0,38	0,22	0,63	0,005	0,0003	30,72	60,28	0,059	0,005	-
P	0,99	0,22	0,63	0,006	0,0003	30,61	60,14	0,034	0,006	B: 0,0014

La marca * indica que cae fuera de las condiciones reguladas por la presente invención.

Cada lingote de las aleaciones D, E e I a L destinado al uso como metal base se forjó en caliente de forma convencional y luego se sometió a un tratamiento térmico en solución a 1150°C, ahuecándolo en el centro por mecanizado, y luego se transformó en muestras tubulares para el ensayo de agrietamiento de soldaduras embridadas, con una ranura en forma de U (con un grosor del tope de 1,5 mm y una longitud de extensión de 2,5 mm) y una ranura en forma de V

ES 2 724 706 T3

(con un espesor de tope de 1,0 mm y un ángulo de 60°) en el extremo del tope y un grosor de 9 mm, un diámetro exterior de 40 mm y una longitud de 50 mm.

5 Cada lingote de las aleaciones F y M a P se forjó en caliente de manera convencional y luego se sometió a mecanizado en frío, con un tratamiento térmico en solución repetido antes de cada trabajo en frío, para obtener respectivamente materiales de soldadura en forma de un alambre macizo de 2,0 mm de diámetro o de un alambre enrollado de 1,2 mm de diámetro.

10 Las muestras tubulares para el ensayo de agrietamiento de soldaduras embridadas así preparadas de esta manera se soldaron de forma periféricamente embridada, con una varilla insertada, como se ilustra en la fig. 1; es decir, usando dichas muestras se hicieron soldaduras de materiales similares (aleación I con aleación I y aleación E con aleación E) y soldaduras de materiales disímiles (combinaciones de aleación I y aleación J, aleación I y aleación K, aleación I y aleación L, y aleación D y la aleación E) en un estado embridado periféricamente.

15 En concreto, cada área del tope de las ranuras en forma de U y de V se sometió a un pase primario de soldadura, utilizando cualquiera de los materiales de soldadura F y M a P mencionados anteriormente

20 En el caso de la ranura en forma de V se llevó a cabo una soldadura TIG en las siguientes condiciones: corriente de soldadura 100 A, voltaje de soldadura 12 V y velocidad de soldadura 8 cm/min. En el caso de la ranura en forma de U se llevó a cabo una soldadura TIG en las siguientes condiciones: corriente de soldadura 110 A, voltaje de soldadura 12 V y velocidad de soldadura 8 cm/min. La proporción de dilución desde los metales base se modificó cambiando la forma de la ranura, la abertura de la raíz y la velocidad de aporte de los materiales de soldadura.

25 Después de dicho pase primario de soldadura TIG se observó la superficie del cordón de soldadura en cada muestra tubular, para determinar si se había o no producido el agrietamiento por solidificación de la soldadura.

30 Además, se tomaron cinco muestras para la observación transversal de la microestructura de la junta soldada en cada muestra de ensayo. Después de pulir a espejo se examinó cada superficie de dichas muestras para determinar si se había o no producido agrietamiento por solidificación, utilizando un microscopio óptico de 500 aumentos. Después de dicho examen se calculó la relación entre el área de las partes del metal base fundido y el área del metal de soldadura de la capa primaria, obtenida por análisis de imágenes, es decir, la relación “(área de las partes del metal base fundido) / (área del metal de soldadura de la capa primaria)” de cada muestra, a fin de determinar la proporción media de dilución desde los metales base en cada muestra de ensayo.

35 En la tabla 7 figuran para cada muestra de ensayo las condiciones de soldadura, la proporción media de dilución desde los metales base, la aparición o no de agrietamiento de la superficie del cordón y la incidencia del agrietamiento por solidificación de la soldadura en dichas cinco muestras de observación de la microestructura transversal.

Tabla 7

40

Muestra de ensayo nº	Combinación de metales base	Forma de la ranura	Material de soldadura	Abertura de la raíz (mm)	Proporción media de dilución desde los metales base (%)	Agrietamiento de la superficie del cordón	Agrietamiento por solidificación de la soldadura (nº de grietas / nº de secciones examinadas)
24	I-I	U	M	0	68	sí	5/5
25	I-I	U	P	0	61	no	0/5
26	I-I	V	M	2	32	sí	5/5
27	I-I	V	N	2	33	no	0/5
28	I-I	V	P	1	39	no	0/5
29	I-J	U	N	0	70	sí	5/5
30	I-J	U	P	0	66	no	0/5
31	I-J	V	O	2	28	no	0/5
32	I-J	V	P	2	46	no	0/5
33	I-K	U	M	0	63	sí	5/5
34	I-K	U	P	0	61	no	0/5
35	I-K	V	O	2	30	no	0/5
36	I-K	V	P	2	38	no	0/5
37	I-L	U	N	0	68	sí	5/5
38	I-L	U	P	0	59	no	0/5
39	I-L	V	O	2	29	no	0/5
40	I-L	V	P	2	31	no	0/5
41	D-E	U	F	0	58	no	0/5
42	D-E	V	F	2	33	no	0/5
43	E-E	U	F	0	61	no	0/5
44	E-E	V	F	2	35	no	0/5

ES 2 724 706 T3

Como se desprende de la tabla 7, las muestras de ensayo número 25, 27, 28, 30 a 32, 34 a 36 y 38 a 44 no tuvieron agrietamiento de la superficie del cordón ni agrietamiento por solidificación de la soldadura.

- 5 En cambio se observó agrietamiento de la superficie del cordón y también se vio agrietamiento por solidificación de la soldadura en todas las muestras de ensayo número 24, 26, 29, 33 y 37.

10 En los resultados anteriores se observa que las muestras de ensayo número 24, 26 y 33, cuyas proporciones de dilución desde los metales base fueron respectivamente del 68%, 32% y 63%, no contrarrestaron la influencia negativa de la entrada de P desde los metales base y permitieron la aparición del agrietamiento por solidificación en el metal de la soldadura de la capa primaria, independientemente de la relación de dilución desde los metales base, ya que el contenido de C de la aleación M, utilizada como material de soldadura, era del 0,16% es decir, fuera del límite inferior del rango de contenido de C regulado por la presente invención.

15 También se observa que las muestras de ensayo número 29 y 37 - cuyas proporciones de dilución desde los metales base fueron respectivamente del 70% y 68%, y por lo tanto tuvieron una gran cantidad de entrada de P - aunque el contenido de C de la aleación N utilizada como material de soldadura era tan baja como del 0,29%, no contrarrestaron la influencia negativa de la entrada de P desde los metales base y permitieron el agrietamiento por solidificación en el metal de la soldadura de la capa primaria. En la muestra de ensayo nº 27, preparada con la misma aleación N como material de soldadura en una proporción de dilución desde los metales base inferior al 50%, se eliminó la afluencia de P y no se observó ningún agrietamiento por solidificación de la soldadura.

25 Luego, las juntas soldadas mediante un pase primario en las mismas condiciones indicadas en la anterior tabla 7, que no mostraron agrietamiento por solidificación en el metal de soldadura de la capa primaria, se sometieron a sucesivos pases de soldadura TIG con los materiales F y M a P, combinados como se indica en las tablas 8 y 9, en las siguientes condiciones: corriente de soldadura 130 A, voltaje de soldadura 12 V y velocidad de soldadura 10 cm/min.

Tabla 8

Muestra de ensayo nº	Combinación de metales base	Forma de la ranura	Material de soldadura del pase primario	Abertura de la raíz (mm)	Proporción media de dilución desde los metales base (%)	Material de soldadura de los pases sucesivos	Agrietamiento por solidificación de la soldadura (nº de grietas / nº de secciones examinadas)	Resultado del ensayo de flexión
25-1	I-I	U	P	0	61	M	4/5	X
25-2	I-I	U	P	0	61	N	0/5	○
25-3	I-I	U	P	0	61	O	0/5	○
25-4	I-I	U	P	0	61	P	0/5	△
27-1	I-I	V	N	2	33	O	0/5	○
27-2	I-I	V	N	2	33	P	0/5	△
28-1	I-I	V	P	1	39	M	3/5	X
28-2	I-I	V	P	1	39	O	0/5	○
28-3	I-I	V	P	1	39	P	0/5	△
30-1	I-J	U	P	0	66	N	0/5	○
30-2	I-J	U	P	0	66	O	0/5	○
30-3	I-J	U	P	0	66	P	0/5	△
31-1	I-J	V	O	2	28	O	0/5	○
31-2	I-J	V	O	2	28	P	0/5	△
32-1	I-J	V	P	2	46	N	0/5	○
32-2	I-J	V	P	2	46	P	0/5	△
34-1	I-K	U	P	0	61	M	4/5	X
34-2	I-K	U	P	0	61	P	0/5	△
35-1	I-K	V	O	2	30	N	0/5	○
35-2	I-K	V	O	2	30	O	0/5	○

30

Tabla 9

Muestra de ensayo nº	Combinación de metales base	Forma de la ranura	Material de soldadura del pase primario	Abertura de la raíz (mm)	Proporción media de dilución desde los metales base (%)	Material de soldadura de los pases sucesivos	Agrietamiento por solidificación de la soldadura (nº de grietas / nº de secciones examinadas)	Resultado del ensayo de flexión
36-1	I-K	V	P	2	38	O	0/5	○
36-2	I-K	V	P	2	38	P	0/5	△
38-1	I-L	U	P	0	59	M	4/5	X
38-2	I-L	U	P	0	59	O	0/5	○
38-3	I-L	U	P	0	59	P	0/5	△
39-1	I-L	V	O	2	29	O	0/5	○
39-2	I-L	V	O	2	29	P	0/5	△
40-1	I-L	V	P	2	31	O	0/5	○
40-2	I-L	V	P	2	31	P	0/5	△
41-1	D-E	U	F	0	58	F	0/5	△
41-2	D-E	U	F	0	58	O	0/5	○
42-1	D-E	V	F	2	33	F	0/5	△
42-2	D-E	V	F	2	33	O	0/5	○
43-1	E-E	U	F	0	61	F	0/5	△
43-2	E-E	U	F	0	61	O	0/5	○
44-1	E-E	V	F	2	35	F	0/5	△
44-2	E-E	V	F	2	35	O	0/5	○

5 Se tomaron cinco muestras para la observación transversal de la microestructura de la junta soldada en cada muestra de ensayo soldada con pases acumulados. Después de pulir a espejo se examinó cada porción de dichas muestras, soldada con pases acumulados, para determinar si se había o no producido agrietamiento por solidificación, utilizando un microscopio óptico de 500 aumentos. Asimismo, se tomaron dos muestras de 3 mm de grosor para un ensayo de flexión lateral de cada una de las muestras de junta soldada que no había tenido ningún agrietamiento por solidificación de la soldadura en la porción soldada con pases acumulados, y se sometieron a un ensayo de flexión con un radio R de 6 mm.

10 En las tablas 8 y 9 se ha representado para cada muestra de ensayo soldada con pases acumulados la incidencia del agrietamiento por solidificación de la soldadura en dichas cinco muestras objeto de observación de la microestructura transversal y los resultados de dicha prueba de flexión. La marca "O" en la columna "Resultado del ensayo de flexión" de las tablas 8 y 9 indica que la flexión de 180° se consiguió en cada ensayo de flexión lateral de las dos muestras y que no se observó ninguna apertura de grietas tras dicho ensayo de flexión. Por otra parte, la marca "△" indica que la flexión de 180° se logró en cada ensayo de flexión lateral de las dos muestras, pero se observaron aberturas de grietas, incluyendo microfisuras, tras dicho ensayo de flexión. Además, la marca "X" indica que la flexión de 180° fue imposible en el ensayo de flexión lateral con al menos una de las dos muestras y que se produjo una rotura durante dicho ensayo.

20 Como puede verse en las tablas 8 y 9 no se observó ningún agrietamiento por solidificación de la soldadura en la parte soldada con pases acumulados, los resultados del ensayo de flexión fueron buenos, se pudo llevar a cabo la flexión de 180° y no se abrió ninguna grieta tras dicho ensayo de flexión con dichas muestras de ensayo nº 25-2, 25-3, 27-1, 28-2, 30-1, 30-2, 31-1, 32-1, 35-1, 35-2, 36-1, 38-2, 39-1, 40-1, 41-2, 42-2, 43-2 y 44-2.

25 En cambio, en el caso de las muestras de ensayo nº 25-1, 28-1, 34-1 y 38-1 se reveló que, cuando el contenido de C de la aleación M utilizada como material de soldadura en los pases acumulados era tan bajo como del 0,16% y estaba fuera del rango de contenido de C regulado para todos los materiales de soldadura según la presente invención, la influencia negativa de la entrada de P no pudo ser contrarrestada y por tanto apareció el agrietamiento por solidificación de la soldadura en la parte soldada con pases acumulados. Además, en el ensayo de flexión se hallaron aberturas de grietas siguiendo al agrietamiento por solidificación de la soldadura y los resultados de dicho ensayo de flexión también fueron inferiores.

30 Además, en el caso de las muestras de ensayo nº 25-4, 27-2, 28-3, 30-3, 31-2, 32-2, 34-2, 36-2, 38-3, 39-2 y 40-2 se encontró que cuando el contenido de C del material de soldadura P, utilizado como material de soldadura en los pases acumulados, era superior al rango regulado aquí según los presentes puntos (7) a (10) aumentaban las cantidades de precipitados de carburos eutécticos formados en la parte soldada con pases acumulados y en consecuencia empeoró la ductilidad, dando resultados inferiores en dicho ensayo de flexión.

35 Análogamente, en el caso de las muestras de ensayo nº 41-1, 42-1, 43-1 y 44-1, también se reveló que cuando el contenido de C del material de soldadura F, usado como material de soldadura en los pases acumulados, era superior a las cantidades reguladas aquí según los presentes puntos (10) a (12), las proporciones de precipitados de carburos

eutécticos formados en la parte soldada con pases acumulados aumentaban y en consecuencia empeoró la ductilidad, dando resultados inferiores en dicho ensayo de flexión.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

5 Los materiales de soldadura utilizados en la presente invención, aunque al menos uno de los metales base tenga un alto contenido de P, entre más del 0,03% y no más del 0,3%, y muestre una solidificación completamente austenítica, pueden suprimir el agrietamiento por solidificación de la soldadura; por tanto se pueden usar generalmente en aquellos campos donde se requieren construcciones soldadas. Asimismo, las estructuras soldadas de la presente invención, a
10 pesar de que al menos uno de los metales base tenga el elevado contenido de P mencionado anteriormente y muestre una solidificación completamente austenítica, presentan una excelente resistencia al agrietamiento por solidificación de la soldadura o tanto buena ductilidad como excelente resistencia al agrietamiento por solidificación de la soldadura. Además, las estructuras soldadas de la presente invención también tienen una excelente resistencia a temperaturas elevadas y a la corrosión. Los materiales de soldadura utilizados en la presente invención son los mejores para formar
15 las estructuras soldadas de aleación austenítica mencionadas anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Uso de un material de soldadura que contiene:
 en tanto por ciento en masa, C: entre más del 0,3% y no más del 3,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: no más del 3,0%,
 5 P: no más del 0,03%, S: no más del 0,03%, Cr: entre más del 22% y no más del 55%, Ni: entre más del 30% y no
 más del 70%, Al sol.: entre 0,001 y 1%, y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas, de manera que el
 material de soldadura lleva opcionalmente uno o más elementos escogidos del primer grupo o del segundo grupo,
 o de ambos grupos, indicados a continuación, en tanto por ciento en masa:
 Primer grupo: Cu: no más del 5%, Mo: no más del 10%, W: no más del 10%, V: no más del 2%, Nb: no más del
 10 3%, Ti: no más del 3%, Ta: no más del 8%, Zr: no más del 1%, Hf: no más del 1%, Co: no más del 15% y B: no
 más del 0,03%; y
 Segundo grupo: Ca: no más del 0,05%, Mg: no más del 0,05% y tierras raras: no más del 0,3%; para soldar un
 metal base que tiene la siguiente "composición química 1" con un metal base hecho de otra aleación austenítica:
 "Composición química 1": una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no más del
 15 2,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: entre 0,01 y 3,0%, P: entre más del 0,03% y no más del 0,3%, S: no
 más del 0,03%, Cr: entre 12 y 35%, Ni: entre 6 y 80%, Al sol.: entre 0,001 y 5% y N: no más del 0,3%,
 siendo el resto Fe e impurezas; de manera que una o más aleaciones entre los metales base contienen uno
 o más elementos seleccionados del primer grupo o del segundo grupo, o de ambos grupos, indicados a
 continuación, en tanto por ciento en masa:
 Primer grupo: Cu: no más del 5%, Mo: no más del 10%, W: no más del 10%, V: no más del 2%, Nb: no
 20 más del 3%, Ti: no más del 3%, Ta: no más del 8%, Zr: no más del 1%, Hf: no más del 1%, Co: no más
 del 15% y B: no más del 0,03%; y
 Segundo grupo: Ca: no más del 0,05%, Mg: no más del 0,05% y tierras raras: no más del 0,3%
2. Uso según la reivindicación 1, de manera que el metal base hecho de otra aleación austenítica tiene la siguiente
 "composición química 1 o 2":
 "Composición química 1": una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no más del 2,0%,
 Si: no más del 4,0%, Mn: entre 0,01 y 3,0%, P: entre más del 0,03% y no más del 0,3%, S: no más del 0,03%, Cr:
 25 entre 12 y 35%, Ni: entre 6 y 80%, Al sol.: entre 0,001 y 5% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.
 "Composición química 2": una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no más del 2,0%,
 Si: no más del 4,0%, Mn: entre 0,01 y 3,0%, P: no más del 0,03%, S: no más del 0,03%, Cr: entre 12 y 35%, Ni: entre
 30 6 y 80%, Al sol.: entre 0,001 y 5% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.
3. Una estructura unida por soldadura en que los metales base definidos en la reivindicación 1 o 2 están soldados
 35 con el material de soldadura según la reivindicación 1.
4. La estructura unida por soldadura según la reivindicación 3, construida con metales base compuestos por una
 aleación austenítica que contiene, en tanto por ciento en masa, C: no más del 2,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: entre
 40 0,01 y 3,0%, P: entre más del 0,03% y no más del 0,3%, S: no más del 0,03%, Cr: entre 12 y 35%, Ni: entre 6 y 80%,
 Al sol.: entre 0,001 y 5% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas, y un metal de soldadura hecho de una
 aleación austenítica que tiene las siguientes características (i) y (ii):
 (i) la composición química de al menos una capa primaria soldada por un lado, que contiene en tanto por ciento en
 masa, C: entre más del 0,1% y no más del 0,7%, Si: no más del 4%, Mn: no más del 3,0%, P: entre más del 0,03%
 45 y no más del 0,1%, S: no más del 0,03%, Cr: entre 18 y 30%, Ni: entre más del 10% y no más del 70%, Al sol.:
 entre 0,001 y 1% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas; y (ii) la penetración del cordón tiene una
 altura comprendida entre 0 y 3 mm;
 de modo que en la estructura unida por soldadura una o más aleaciones entre los metales base y el metal de soldadura
 contienen opcionalmente uno o más elementos escogidos del primer grupo o del segundo grupo, o de ambos grupos,
 indicados a continuación, en tanto por ciento en masa:
 50 Primer grupo: Cu: no más del 5%, Mo: no más del 10%, W: no más del 10%, V: no más del 2%, Nb: no más del
 3%, Ti: no más del 3%, Ta: no más del 8%, Zr: no más del 1%, Hf: no más del 1%, Co: no más del 15% y B: no
 más del 0,03%; y
 Segundo grupo: Ca: no más del 0,05%, Mg: no más del 0,05% y tierras raras: no más del 0,3%.
5. Método para soldar una estructura unida por soldadura de un metal base, hecho de una aleación austenítica
 que tiene la siguiente "composición química 1", con un metal base hecho de otra aleación austenítica;
 que consiste en usar un material de soldadura que contiene en tanto por ciento en masa, C: entre más del 0,6% y no
 más del 2,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: no más del 3,0%, P: no más del 0,03%, S: no más del 0,03%, Cr: entre más
 55 del 22% y no más del 35%, Ni: entre más del 30% y no más del 70%, Al sol.: entre 0,001 y 1% y N: no más del 0,3%,
 siendo el resto Fe e impurezas, en el pase primario de una soldadura multicapa
 y un material de soldadura que contiene en tanto por ciento en masa, C: entre más del 0,2% y no más del 0,6%, Si:
 no más del 4,0%, Mn: no más del 3,0%, P: no más del 0,03%, S: no más del 0,03%, Cr: entre más del 22% y no más
 60 del 35%, Ni: entre más del 30% y no más del 70%, Al sol.: entre 0,001 y 1% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe
 e impurezas, en los subsiguientes pases acumulados de dicha soldadura multicapa:
 "Composición química 1": una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no más del 2,0%,
 Si: no más del 4,0%, Mn: entre 0,01 y 2,0%, P: entre más del 0,03% y no más del 0,3%, S: no más del 0,03%, Cr:
 65

entre 12 y 35%, Ni: entre 6 y 80%, Al sol.: entre 0,001 y 5% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas; de manera que una o más aleaciones entre los metales base y el metal de soldadura contienen opcionalmente uno o más elementos escogidos del primer grupo o del segundo grupo, o de ambos grupos, indicados a continuación, en tanto por ciento en masa:

- 5 Primer grupo: Cu: no más del 5%, Mo: no más del 10%, W: no más del 10%, V: no más del 2%, Nb: no más del 3%, Ti: no más del 3%, Ta: no más del 8%, Zr: no más del 1%, Hf: no más del 1%, Co: no más del 15% y B: no más del 0,03%; y
Segundo grupo: Ca: no más del 0,05%, Mg: no más del 0,05% y tierras raras: no más del 0,3%.

10 6. Método según la reivindicación 5, cuyo metal base compuesto por otra aleación austenítica tiene la siguiente "composición química 1 o 2":

"Composición química 1": una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no más del 2,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: entre 0,01 y 3,0%, P: entre más del 0,03% y no más del 0,3%, S: no más del 0,03%, Cr: entre 12 y 35%, Ni: entre 6 y 80%, Al sol.: entre 0,001 y 5% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

15 "Composición química 2": una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no más del 2,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: entre 0,01 y 3,0%, P: no más del 0,03%, S: no más del 0,03%, Cr: entre 12 y 35%, Ni: entre 6 y 80%, Al sol.: entre 0,001 y 5% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

20 7. Un método para soldar una estructura unida por soldadura de un metal base, hecho de una aleación austenítica que tiene la siguiente "composición química 1", con un metal base hecho de otra aleación austenítica, de modo que al usar un material de soldadura que contiene en tanto por ciento en masa, C: entre más del 0,2% y no más del 0,6%, Si: no más del 4,0%, Mn: no más del 3,0%, P: no más del 0,03%, S: no más del 0,03%, Cr: entre más del 22% y no más del 35%, Ni: entre más del 30% y no más del 70%, Al sol.: entre 0,001 y 1% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas, al menos la soldadura de una capa primaria se lleva a cabo con la condición de que
25 la proporción de dilución desde los metales base resulte inferior al 50%:

"Composición química 1": una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no más del 2,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: entre 0,01 y 3,0%, P: entre más del 0,03% y no más del 0,3%, S: no más del 0,03%, Cr: entre 12 y 35%, Ni: entre 6 y 80%, Al sol.: entre 0,001 y 5% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas; de manera que una o más aleaciones entre los metales base y el metal de soldadura contienen opcionalmente uno o más elementos escogidos del primer grupo o del segundo grupo, o de ambos grupos, indicados a continuación, en tanto por ciento en masa:

- 30 Primer grupo: Cu: no más del 5%, Mo: no más del 10%, W: no más del 10%, V: no más del 2%, Nb: no más del 3%, Ti: no más del 3%, Ta: no más del 8%, Zr: no más del 1%, Hf: no más del 1%, Co: no más del 15% y B: no más del 0,03%; y
35 Segundo grupo: Ca: no más del 0,05%, Mg: no más del 0,05% y tierras raras: no más del 0,3%.

8. El método según la reivindicación 7, en el cual el metal base hecho de otra aleación austenítica tiene la siguiente "composición química 1 o 2":

40 "Composición química 1": una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no más del 2,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: entre 0,01 y 3,0%, P: entre más del 0,03% y no más del 0,3%, S: no más del 0,03%, Cr: entre 12 y 35%, Ni: entre 6 y 80%, Al sol.: entre 0,001 y 5% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

"Composición química 2": una composición química que contiene en tanto por ciento en masa, C: no más del 2,0%, Si: no más del 4,0%, Mn: entre 0,01 y 3,0%, P: no más del 0,03%, S: no más del 0,03%, Cr: entre 12 y 35%, Ni: entre 6 y 80%, Al sol.: entre 0,001 y 5% y N: no más del 0,3%, siendo el resto Fe e impurezas.

45 9. Una estructura unida por soldadura obtenida mediante un método para soldar una estructura según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8.

Fig. 1

