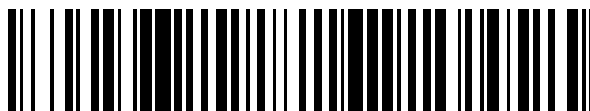


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 028**

51 Int. Cl.:

B23K 9/025	(2006.01) C22C 38/46	(2006.01)
B23K 9/028	(2006.01) C22C 38/54	(2006.01)
B23K 35/38	(2006.01) F16B 13/00	(2006.01)
B23K 35/02	(2006.01) B23K 101/06	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01) B23K 101/10	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01) B23K 101/18	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01) B23K 103/04	(2006.01)
C22C 38/40	(2006.01) B23K 35/30	(2006.01)
C22C 38/42	(2006.01) B23K 9/173	(2006.01)
C22C 38/44	(2006.01) B23K 9/23	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2013 PCT/JP2013/058954**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2013 WO13146860**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2013 E 13767380 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 2832487**

54 Título: **Proceso para la producción de junta soldada**

30 Prioridad:

30.03.2012 JP 2012082023

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

12.04.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

YAMADA, KENTA;
HAMADA, MASAHIKO;
MOTOYA, DAISUKE;
NAKATSUKA, SHINJIRO;
AMAYA, HISASHI y
TAKABE, HIDEKI

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 709 028 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

Proceso para la producción de junta soldada

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un proceso para producir una junta soldada.

Antecedentes de la técnica

10 Recientemente, en aplicaciones industriales relacionadas con el petróleo, ha habido demanda de materiales de acero que tengan una resistencia excelente, además de ser resistentes a la corrosión. Como material de acero que tiene alta resistencia, se ha puesto en uso un acero inoxidable dúplex de alto contenido de nitrógeno descrito en el documento JP5-132741A (Literatura de Patente 1) y un acero inoxidable martensítico que contenía del 12 al 13 % en masa de Cr descrito en el documento WO2008/026594 (Literatura de Patente 2).

15 Cuando se produce una junta soldada que usa un acero inoxidable de alta resistencia de este tipo como material de base, también se requiere una alta resistencia para el metal de soldadura. Además, también se requiere una alta dureza para el metal de soldadura.

20 Mientras tanto, entre diversos métodos de soldadura, la soldadura de arco con protección de gas proporciona buenas propiedades de soldadura. En consecuencia, la soldadura de arco con protección de gas se ha utilizado para la soldadura de diversos materiales de acero. La soldadura de arco con protección de gas incluye un método de soldadura GTA (arco de wolframio y gas, por sus siglas en inglés) y un método de soldadura GMA (arco de metal y gas, por sus siglas en inglés). El método de soldadura GTA, que también se denomina soldadura de arco con protección de gas de tipo no consumible, principalmente funde el material de base con wolframio como electrodo para conseguir la junta. El método de soldadura GMA, que también se denomina soldadura de arco con protección de gas de tipo de electrodo consumible, usa un consumible de soldadura como electrodo.

25 Generalmente, el método de soldadura GTA se aplica para la soldadura de acero inoxidable. Esto se debe a que el método de soldadura GTA facilita la formación de metal de soldadura de alta calidad. El documento JP2001-9589A (Literatura de Patente 3) y el documento JP8-260101 (Literatura de Patente 4) proponen una soldadura GTA que usa un material de soldadura de metal similar con alto contenido de nitrógeno para obtener metal de soldadura que tenga una alta resistencia y una alta dureza.

30 El documento US 6.042.782 desvela un material de soldadura para su uso en un electrodo de soldadura consumible o no consumible de aceros inoxidables, capaz de formar un metal de soldadura con una resistencia a la corrosión y propiedades mecánicas excelentes, que se introduce fácilmente en un alambre de soldadura. El material de soldadura es un alambre de soldadura compuesto formado por una cubierta de acero y un material de relleno envuelto por dicha cubierta de acero y que no contiene agente formador de escoria. El material de soldadura, en su totalidad, tiene la composición química que se indica a continuación (en % en peso): No más del 0,3 % de C, no más del 1,0 % de Si, no más del 1,5 % de Mn, no más del 0,04 % de P, no más del 0,01 % de S, no más del 0,5 % de Al, del 8,0 al 10,0 % de Mo, del 22,0 al 26,0 % de Cr, del 2,0 al 5,0 % de Mo, del 0,12 al 0,24 % de N, no más del 3,0 % de Co, no más del 5,0 % de W, no más del 2,0 % de Cu, no más del 1,5 % de V.

35 El documento US 2007/0170164 desvela el uso de un acero inoxidable de fase doble como electrodo para soldar y el uso de un gas de protección Ar con CO₂ para permitir el uso de un bucle de control externo adaptativo.

40 El documento DE 695 00 831 T2 desvela la mejora de la resistencia a la corrosión del metal de soldadura mediante la inclusión de CO₂ en un gas de protección durante la soldadura.

45 El documento JP 7-9144 desvela un gas de protección para soldadura de arco que contiene CO₂.

Divulgación de la invención

50 Sin embargo, la velocidad de soldadura del método de soldadura GTA es lenta, por lo que su eficiencia de soldadura es baja. Por el contrario, la velocidad de soldadura del método de soldadura GMA es superior a la del método de soldadura GTA. Por tanto, para aumentar la eficiencia de la soldadura, es preferible aplicar el método de soldadura GMA en lugar del método de soldadura GTA.

55 Sin embargo, puesto que la tasa de solidificación del metal de soldadura es mayor en el método de soldadura GMA en comparación con el método de soldadura GTA, es más probable que se produzcan los defectos denominados orificios de soplado en el metal de soldadura.

60 Un objeto de la presente invención es proporcionar un proceso para producir una junta soldada que incluya un metal de soldadura que tenga una alta resistencia y una alta dureza y que contenga menos orificios de soplado.

Un proceso para producir una junta soldada de acuerdo con la presente realización comprende las etapas de: preparar un material de base en el que el material de base es un acero inoxidable martensítico que consiste, en % en masa, en C: del 0,001 al 0,100 %, Si: del 0,050 al 1,00 %, Mn: del 0,10 al 1,50 %, P: no más del 0,040 %, S: no más del 0,0100 %, Cu: del 0,01 al 2,00 %, Cr: del 10,50 al 14,00 %, Ni: del 0,50 al 10,00 %, N: no más del 0,1 %, s \acute{o} l. Al: no más del 0,040 %, al menos uno de entre Mo: del 0,10 al 4,00 % y W: del 0,20 al 6,00 % y el resto es Fe e impurezas o en el que el material de base es un acero inoxidable dúplex que consiste, en % en masa, en C: no más del 0,03 %, Si: del 0,20 al 1,00 %, Mn: no más del 8,00 %, P: no más del 0,040 %, S: no más del 0,0100 %, Cu: del 0,20 al 4,00 %, Cr: del 20,0 al 30,0 %, Ni: del 4,00 al 8,00 %, N: del 0,100 al 0,350 %, s \acute{o} l. Al: no más del 0,040 %, al menos uno de entre Mo: del 0,50 al 4,00 % y W: del 0,01 al 4,00 %, opcionalmente V: no más del 1,50 %, opcionalmente Ca: no más del 0,0200 %, opcionalmente Mg: no más del 0,0200 %, opcionalmente B: no más del 0,0200 %, opcionalmente metales de tierras raras (REM, por sus siglas en inglés): no más del 0,2000 % y el resto es Fe e impurezas; y; y someter el material de base a la soldadura GMA usando un gas de protección que comprende del 1 al 2 % en volumen o del 35 al 50 % en volumen de CO₂, y siendo el resto gas inerte, formando de este modo un metal de soldadura que comprende, en % en masa, C: no más del 0,080 %, Si: del 0,20 al 1,00 %, Mn: no más del 8,00 %, P: no más del 0,040 %, S: no más del 0,0100 %, Cu: no más del 2,0 %, Cr: del 20,0 al 30,0 %, Ni: del 7,00 al 12,00 %, N: del 0,100 al 0,350 %, O: del 0,02 al 0,14 %, s \acute{o} l. Al: no más del 0,040 %, al menos uno de entre Mo: del 1,00 al 4,00 % y W: del 1,00 al 4,00 % y el resto es Fe e impurezas.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama que muestra el número de orificios de soplado (/100 mm) y el contenido de oxígeno (%) en el metal de soldadura con respecto al contenido (% en volumen) de gas CO₂ en el gas de protección cuando la soldadura de metal se produce mediante soldadura GMA.

La Figura 2 es un diagrama que muestra la relación entre el contenido de oxígeno (%) en el metal de soldadura y la energía absorbida (J) a -30 °C.

La Figura 3 es una vista en perspectiva de una junta soldada, para ilustrar un método para medir orificios de soplado.

La Figura 4 es un diagrama que muestra la ubicación donde se recoge una muestra de ensayo de impacto Charpy de una junta soldada.

Mejor modo de realizar la invención

A continuación, en el presente documento, se describirán con detalle realizaciones de la presente invención. El símbolo "%" con respecto a un elemento de composición química significa % en masa, a menos que se indique lo contrario.

Los presentes inventores han realizado diversos experimentos y estudios detallados sobre el metal de soldadura cuando se produce una junta soldada de acero inoxidable mediante soldadura GMA y obtuvieron los siguientes hallazgos.

(A) Para conseguir una alta resistencia, el metal de soldadura es preferentemente un acero inoxidable dúplex. Adicionalmente, el contenido de nitrógeno del metal de soldadura es preferentemente tan alto como del 0,100 al 0,350 %. Un mayor contenido de N aumentará la resistencia del metal de soldadura y, por tanto, la junta soldada podría conseguir una resistencia excelente.

(B) Sin embargo, cuando el metal de soldadura se produce mediante soldadura GMA, un mayor contenido de nitrógeno del metal de soldadura hará que sea más probable que se produzcan orificios de soplado. Esto es presumiblemente porque el nitrógeno gaseoso generado en el metal de soldadura permanece en el metal de soldadura incluso después de enfriarse sin descargarse al exterior, formando de este modo orificios de soplado. Por tanto, en particular cuando se forma un metal de soldadura con alto contenido de nitrógeno por soldadura GMA, es más probable que se produzcan orificios de soplado en comparación con un metal de soldadura normal con bajo contenido de nitrógeno.

(C) Para producir metal de soldadura hecho del acero inoxidable dúplex de alto nitrógeno descrito anteriormente, la soldadura GMA se realiza mediante el uso de un gas de protección que comprende del 1 al 2 % en volumen o del 35 al 50 % en volumen de CO₂, y siendo el resto gas inerte. En este caso, se reduce la presencia de agujeros de soplado y se obtiene un metal de soldadura que tiene una alta resistencia y una alta dureza. En lo sucesivo en el presente documento, se proporcionará una descripción detallada.

La Figura 1 es un diagrama que muestra el número de orificios de soplado (/100 mm) y el contenido de oxígeno (%) en el metal de soldadura, con respecto al contenido de CO₂ gaseoso (% en volumen) en el gas de protección cuando el metal de soldadura se produce mediante soldadura GMA. La figura 1 se ha obtenido de la siguiente manera.

Se preparó una pluralidad de gases de protección que comprendían diversas relaciones de volumen de CO₂, y siendo el resto Ar, que es un gas inerte. La soldadura GMA se realizó usando cada gas de protección para producir una junta soldada que incluía metal de soldadura hecho de un acero inoxidable dúplex con alto contenido de nitrógeno que tenía la composición química descrita anteriormente. Como material de base, se usó un acero

inoxidable martensítico o un acero inoxidable dúplex, que estaba dentro del intervalo de la composición química que se desvela a continuación.

5 El número de orificios de soplado en el metal de soldadura de una junta soldada producida de este modo se contabilizó mediante el método que se describe a continuación. Adicionalmente, el contenido de oxígeno en el metal de soldadura producido de este modo se determinó mediante un método de análisis de gas basado en la norma JIS Z2613 para obtener la Figura 1.

10 El eje horizontal en la Figura 1 representa el contenido de CO₂ (% en volumen) en el gas de protección. El símbolo "●" en la Figura 1 indica el número de orificios de soplado (/100 mm) en el metal de soldadura. El símbolo "○" indica el contenido de oxígeno (% en masa) en el metal de soldadura.

15 Con referencia a la Figura 1, cuando el gas de protección contenía Ar solo sin CO₂, existía una gran cantidad de orificios de soplado. Por otro lado, cuando el contenido de CO₂ en el gas de protección era del 1 al 2 % en volumen, el número de orificios de soplado disminuyó bruscamente hasta ser de no más de 5 unidades/100 mm. Adicionalmente, como la relación en volumen del CO₂ en el gas de protección aumentó, el número de orificios de soplado aumentó bruscamente de nuevo. Sin embargo, cuando la relación de volumen de CO₂ no era inferior al 10 %, el número de orificios de soplado disminuyó bruscamente de nuevo a medida que la relación de volumen de CO₂ aumentaba. Después, cuando la cantidad de CO₂ no era inferior al 35 % en volumen, el número de orificios se redujo de nuevo para ser de no más de 5 unidades/100 mm.

25 Se produjo un fenómeno de este tipo presumiblemente porque la relación en volumen del CO₂ en el gas de protección influyó en la estabilidad del arco y la viscosidad del metal de soldadura. Para ser específicos, cuando la cantidad de CO₂ era del 1 al 2 % en volumen, el arco se estabilizaba de manera que se reducía la aparición de orificios de soplado. Cuando la cantidad de CO₂ era superior al 2 % en volumen, el arco se desestabilizaba, de manera que los orificios de soplado aumentaban considerablemente. Sin embargo, cuando la cantidad de CO₂ superó el 10 % en volumen, el contenido de carbono (C) contenido en el metal de soldadura aumentaba a medida que aumentaba la cantidad de CO₂. Por tanto, la viscosidad en el metal de soldadura disminuía, por lo que las burbujas producidas durante la fusión probablemente se liberaban al exterior. Como resultado, el número de orificios de soplado disminuía otra vez. Después, cuando la cantidad de CO₂ no era inferior al 35 % en volumen, el número de orificios de ventilación nuevamente no era superior a 5 unidades/100 mm.

35 Como se ha descrito hasta ahora, cuando la relación de volumen de CO₂ en el gas de protección sea del 1 al 2 % o no inferior al 35 %, el número de orificios de soplado en el metal de soldadura se reducirá a un nivel para que sea tan bajo como de no más de 5 piezas/100 mm.

40 Para obtener metal de soldadura que no solo tenga pocos orificios de soplado, sino que también tenga una excelente dureza, es preferible que la relación en volumen de CO₂ en el gas de protección sea de no superior al 50 %. La Figura 2 es un diagrama que muestra la relación entre el contenido de oxígeno (%) y la energía absorbida (J) a -30 °C del metal de soldadura en cada junta soldada producida en el ensayo que se muestra en la Figura 1. La Figura 2 se obtiene realizando un ensayo de impacto de Charpy que se describirá a continuación.

45 Haciendo referencia a la Figura 2, la energía absorbida del metal de soldadura disminuía a medida que aumentaba la cantidad de oxígeno en el metal de soldadura. Como resultado de observar la superficie de la fractura, puesto que se confirmó una superficie de fractura dúctil, la disminución de la energía absorbida no era atribuible a la fragilidad, sino que probablemente fue provocada por el oxígeno en el metal de soldadura. Se puede suponer que cuando aumenta la cantidad de oxígeno en el metal de soldadura, la cantidad generada de óxidos, que actúa como punto de partida de la fractura, aumenta, reduciendo de este modo la energía absorbida.

50 Si la energía absorbida a -30 °C no es inferior a 27 J, puede concluirse que el metal de soldadura tiene una excelente dureza suficiente para usos prácticos. Haciendo referencia a la Figura 2, cuando el contenido de oxígeno del metal de soldadura no es superior al 0,14 %, la energía absorbida no será inferior a 27 J. El contenido de oxígeno en el metal de soldadura depende del contenido de CO₂ en el gas de protección durante la soldadura GMA. Haciendo referencia a "○" en la Figura 1, cuando el contenido de CO₂ en el gas de protección no es superior al 50 %, el contenido de oxígeno en el metal de soldadura producido no será superior al 0,14 % y, por tanto, se obtendrá una excelente dureza.

60 Por tanto, la realización de la soldadura GMA mediante el uso de un gas de protección que comprende del 1 al 2 % en volumen o del 35 al 50 % en volumen de CO₂, y siendo el resto gas inerte, reducirá la aparición de orificios de soplado, lo que hace posible producir una junta soldada incluyendo un metal de soldadura que tenga una alta resistencia y una alta dureza.

65 En base a los hallazgos descritos hasta ahora, el proceso para producir una junta soldada de acuerdo con la presente realización se ha completado. A continuación, en el presente documento, se describirá el proceso para producir una junta soldada.

ES 2 709 028 T3

[Método de producción]

Una junta soldada comprende un material de base y un metal de soldadura. Una junta soldada se refiere, por ejemplo, a una estructura en la que las porciones terminales de tubos de acero o placas de acero se sueldan entre sí. El tubo de acero puede ser un tubo de acero sin costura o un tubo de acero soldado.

Un proceso para producir una junta soldada de acuerdo con la presente realización comprende una etapa de preparación de un material de base (etapa de preparación) y una etapa de realización de la soldadura GMA sobre el material de base (etapa de soldadura).

[Etapa de preparación]

Se prepara un material de base que comprende, en % en masa, no menos del 10,5 % de Cr. La razón por la que el contenido de Cr está hecho para que no sea inferior al 10,5 % es para conseguir resistencia a la corrosión. Preferentemente, el material de base es un acero inoxidable martensítico o un acero inoxidable dúplex.

[Caso en que el material de base es acero inoxidable martensítico]

Cuando el material de base es un acero inoxidable martensítico, preferentemente el material de base tiene la siguiente composición química.

C: del 0,001 al 0,100 %

El carbono (C) aumenta la resistencia del acero. Sin embargo, cuando el contenido de C es demasiado alto, la dureza de la zona afectada por el calor de la soldadura después de la soldadura será demasiado alta, lo que reducirá la tenacidad y la resistencia al agrietamiento por corrosión y tensión. Por tanto, el contenido de C es del 0,001 al 0,100 %. El límite inferior del contenido de C es preferentemente del 0,002 % y más preferentemente del 0,003 %. El límite superior del contenido de C es preferentemente del 0,07 % y más preferentemente del 0,05 %.

Si: del 0,050 al 1,00 %

El silicio (Si) desoxida el acero. Sin embargo, cuando el contenido de Si es demasiado alto, la dureza del acero se reducirá. Por tanto, el contenido de Si es del 0,050 al 1,00 %. El límite inferior del contenido de Si es preferentemente del 0,10 % y más preferentemente del 0,15 %. El límite superior del contenido de Si es preferentemente del 0,80 % y más preferentemente del 0,60 %.

Mn: del 0,10 al 1,50 %

El manganeso (Mn) desoxida el acero de la misma manera que lo hace el Si como se ha descrito anteriormente. Adicionalmente, el Mn refuerza el acero. Sin embargo, cuando el contenido de Mn es demasiado alto, la resistencia al agrietamiento por corrosión y tensión se reducirá. Por tanto, el contenido de Mn es del 0,10 al 1,50 %. El límite inferior del contenido de Mn es preferentemente del 0,13 % y más preferentemente del 0,15 %. El límite superior del contenido de Mn es preferentemente del 1,40 % y más preferentemente del 1,30 %.

P: no más del 0,040 %

El fósforo (P) es una impureza. El fósforo deteriora la operabilidad en caliente y aumenta la susceptibilidad al agrietamiento en caliente. Por tanto, el contenido de P es preferentemente lo más bajo posible. El contenido de P no es superior al 0,040 %. El contenido de P preferentemente no es superior al 0,030 % y más preferentemente no es superior al 0,025 %.

S: no más del 0,0100 %

El azufre (S) es una impureza. El azufre deteriora, al igual que el P, la operabilidad en caliente y aumenta la susceptibilidad al agrietamiento en caliente durante la soldadura. Por tanto, el contenido de S es preferentemente lo más bajo posible. El contenido de S no es superior al 0,0100 %. El contenido de S preferentemente no es superior al 0,0050 % y más preferentemente no es superior al 0,0020 %.

Ni: del 0,50 al 10,00 %

Cu: del 0,01 al 2,00 %

Tanto el níquel (Ni) como el cobre (Cu) mejoran la dureza del material de base y la resistencia a la corrosión del mismo en un ambiente de dióxido de carbono gaseoso húmedo. Sin embargo, cuando el contenido de estos elementos es demasiado alto, sus efectos se saturarán, dando como resultado el aumento del coste de producción. Por tanto, el contenido de Ni es preferentemente del 0,50 al 10,00 % y el contenido de Cu es preferentemente del

0,01 al 2,00 %. El límite inferior del contenido de Ni es preferentemente del 1,00 % y más preferentemente del 2,00 %. El límite superior del contenido de Ni es preferentemente del 9,50 % y más preferentemente del 9,00 %. El límite inferior del contenido de Cu es preferentemente del 0,013 % y más preferentemente del 0,015 %. El límite superior del contenido de Cu es preferentemente del 1,95 % y más preferentemente del 1,90 %.

5 Cr: del 10,50 al 14,00 %.

10 El cromo (Cr) mejora la resistencia a la corrosión del acero en un ambiente de dióxido de carbono gaseoso. Por otro lado, cuando el contenido de Cr es demasiado alto, es difícil ajustar la resistencia del acero. Por tanto, el contenido de Cr es del 10,50 al 14,00. El límite inferior del contenido de Cr es preferentemente del 11,00 % y más preferentemente del 11,50 %. El límite superior del contenido de Cr es preferentemente del 13,80 % y más preferentemente del 13,50 %.

15 Mo: del 0,10 al 4,00 %

W: del 0,20 al 6,00 %

20 El molibdeno (Mo) y el wolframio (W) mejoran la resistencia a la corrosión y la resistencia al agrietamiento por corrosión y tensión del acero en un ambiente de dióxido de carbono gaseoso húmedo. Sin embargo, cuando el contenido de estos elementos es demasiado alto, los efectos descritos anteriormente se saturarán, dando como resultado el aumento del coste de producción. Por tanto, el contenido de Mo es del 0,10 al 4,00 % y el contenido de W es del 0,20 al 6,00 %. El límite inferior del contenido de Mo es preferentemente del 0,30 % y más preferentemente del 0,50 %. El límite superior del contenido de Mo es preferentemente del 3,80 % y más preferentemente del 3,50 %. El límite inferior del contenido de W es preferentemente del 0,30 % y más preferentemente del 0,50 %. El límite superior del contenido de W es preferentemente del 5,50 % y más preferentemente del 5,00 %. El material de base contiene más de uno de entre Mo y W.

Al Sól.: no más del 0,040 %

30 El aluminio (Al) desoxida el acero de la misma manera que el Si. Sin embargo, cuando el contenido de Al es demasiado alto, se formará nitruro de aluminio (AlN), deteriorando de este modo la dureza y la resistencia a la corrosión del acero. Por tanto, el contenido de Al sól. no es superior al 0,040 %. El límite inferior del contenido de Al sól. es preferentemente del 0,003 % y más preferentemente del 0,005 %. El límite superior del contenido de Al sól. es preferentemente del 0,035 % y más preferentemente del 0,030 %.

35 N: no más del 0,1 %

40 Cuando el material de base es un acero inoxidable martensítico, el nitrógeno (N) es una impureza. N deteriora la dureza del acero. Por tanto, el contenido de N es preferentemente lo más bajo posible. El contenido de N no es superior al 0,1 %.

45 El resto del material de base es Fe e impurezas. El término "impureza" en el presente documento se refiere a elementos que se mezclan provenientes de minerales y sobras que se usan como materia prima del acero, o debido a diversos factores en el proceso de producción.

[Caso en el que el material de base es acero inoxidable dúplex]

50 Cuando el material de base es un acero inoxidable dúplex, preferentemente el material de base tiene la siguiente composición química.

C: no más del 0,03 %

55 El carbono (C) estabiliza la austenita. Sin embargo, cuando el contenido de C es demasiado alto, es probable que los carburos precipiten, deteriorando de este modo la resistencia a la corrosión. Por tanto, el contenido de C no es superior al 0,03 %. El límite superior del contenido de C es preferentemente del 0,025 % y más preferentemente del 0,02 %.

Si: del 0,20 al 1,00 %

60 El silicio (Si) reduce la reducción de la fluidez del metal fundido durante la soldadura y la aparición de un defecto de la soldadura. Sin embargo, cuando el contenido de Si es demasiado alto, es probable que se produzcan compuestos intermetálicos ejemplificados por la fase sigma (fase σ). Por tanto, el contenido de Si es del 0,20 al 1,00 %. El límite inferior del contenido de Si es preferentemente del 0,25 % y más preferentemente del 0,30 %. El límite superior del contenido de Si es preferentemente del 0,80 % y más preferentemente del 0,60 %.

65

ES 2 709 028 T3

Mn: no más del 8,00 %

5 El manganeso (Mn) es un elemento esencial. El manganeso desulfura y desoxida el acero, mejorando de este modo la operabilidad en caliente del acero. Además, el Mn aumenta la solubilidad del nitrógeno (N). Sin embargo, cuando el contenido de Mn es demasiado alto, la resistencia a la corrosión se deteriorará. Por tanto, el contenido de Mn no es superior al 8,00 %. El límite inferior del contenido de Mn es preferentemente del 0,03 % y más preferentemente del 0,05 %. El límite superior del contenido de Mn es preferentemente del 7,50 % y más preferentemente del 5,00 %.

10 P: no más del 0,040 %

El fósforo (P) es una impureza. El fósforo deteriora la resistencia a la corrosión y la dureza del acero. Por tanto, el contenido de P es preferentemente lo más bajo posible. El contenido de P no es superior al 0,040 %. El contenido de P preferentemente no es superior al 0,030 % y más preferentemente no es superior al 0,025 %.

15 S: no más del 0,0100 %

20 El azufre (S) es una impureza. El azufre deteriora la operabilidad en caliente del acero. El azufre adicionalmente forma sulfuros. Puesto que un sulfuro actúa como punto de partida de las picaduras, reduce la resistencia a las picaduras del acero. Por tanto, el contenido de S es preferentemente lo más bajo posible. El contenido de S no es superior al 0,0100 %. El contenido de S preferentemente no es superior al 0,0050 % y más preferentemente no es superior al 0,0020 %.

Cu: del 0,20 al 4,00 %

25 El cobre (Cu) refuerza una película de pasivación, mejorando de este modo la resistencia a la corrosión, incluyendo la resistencia a SCC (agrietamiento por corrosión y tensión, por sus siglas en inglés) en un ambiente de cloruro a alta temperatura. Adicionalmente, el Cu precipita de manera ultrafina en el material de base durante una soldadura de gran entrada de calor, reduciendo de este modo la precipitación de la fase σ en los límites de la fase de ferrita/austenita. Sin embargo, cuando el contenido de Cu es demasiado alto, la operabilidad en caliente del acero se deteriorará. Por tanto, el contenido de Cu es del 0,20 al 4,00 %. El límite inferior del contenido de Cu es preferentemente del 0,23 % y más preferentemente del 0,25 %. El límite superior del contenido de Cu es preferentemente del 3,50 % y más preferentemente del 3,00 %.

35 Ni: del 4,00 al 8,00 %

40 El níquel (Ni) estabiliza la austenita. Adicionalmente, el Ni mejora la dureza del acero y también mejora la resistencia a la corrosión, incluyendo la resistencia al SCC del acero. Sin embargo, cuando el contenido de Ni es demasiado alto, es probable que se produzcan compuestos intermetálicos ejemplificados por la fase σ . Por tanto, se hace que el contenido de Ni sea del 4,00 al 8,00 %. El límite inferior del contenido de Ni es preferentemente del 4,50 % y más preferentemente del 5,00 %. El límite superior del contenido de Ni es preferentemente del 7,80 % y más preferentemente del 7,50 %.

Cr: del 20,0 al 30,0 %

45 El cromo (Cr) mejora la resistencia a la corrosión del acero y mejora la resistencia al SCC del acero, especialmente en un entorno de cloruros a alta temperatura. Sin embargo, cuando el contenido de Cr es demasiado alto, se producirán compuestos intermetálicos ejemplificados por la fase σ . Como resultado de esto, la soldabilidad y también la operabilidad en caliente del acero se deterioran. Por tanto, el contenido de Cr es del 20,0 al 30,0 %. El límite inferior del contenido de Cr es preferentemente del 21,0 % y más preferentemente del 22,0 %. El límite superior del contenido de Cr es preferentemente del 29,0 % y más preferentemente del 28,0 %.

Mo: del 0,50 al 4,00 %

55 W: del 0,01 al 4,00 %

60 El molibdeno (Mo) y el wolframio (W) mejoran la resistencia a la corrosión y la resistencia al agrietamiento por corrosión y tensión del material de base en un entorno de dióxido de carbono gaseoso húmedo. Sin embargo, cuando el contenido de Mo es demasiado alto, se producirán compuestos intermetálicos ejemplificados por la fase σ . Como resultado de esto, la soldabilidad y la operabilidad en caliente del acero se deterioran. Por tanto, el contenido de Mo es del 0,50 al 4,00 %. Cuando el contenido de W es demasiado alto, su efecto se saturará, lo que dará como resultado altos costes de producción. Por tanto, el contenido de W es preferentemente del 0,01 al 4,00 %. Se observa que pueden añadirse uno o más de estos elementos individualmente o en combinación.

65 N: del 0,100 al 0,350 %

El nitrógeno (N) es un fuerte elemento formador de austenita y mejora la estabilidad térmica y la resistencia a la

corrosión del acero. El material de base, que es un acero inoxidable dúplex, contiene Cr y Mo, que son elementos formadores de ferrita. Teniendo en cuenta el equilibrio entre la cantidad de ferrita y la cantidad de austenita en el material de base, el contenido de N no puede ser inferior al 0,100 %. Sin embargo, cuando el contenido de N es demasiado alto, se producirán orificios de soplado, que son un defecto de la soldadura. Cuando el contenido de N es demasiado alto, es más probable que se produzcan nitruros durante la soldadura, deteriorando de este modo la dureza y la resistencia a la corrosión del acero. Por tanto, el contenido de N es del 0,100 al 0,350 %. El límite inferior del contenido de N es preferentemente del 0,130 % y más preferentemente del 0,160 %. El límite superior del contenido de N es preferentemente del 0,340 % y más preferentemente del 0,330 %.

10 Al Sól.: no más del 0,040 %

El aluminio (Al) es un elemento esencial. El aluminio desoxida el acero. Por otro lado, cuando el contenido de Al es demasiado alto, se formará nitruro de aluminio (AlN), deteriorando de este modo la dureza y la resistencia a la corrosión del acero. Por tanto, el contenido de Al sól. no es superior al 0,040 %. El límite inferior del contenido de Al sól. es preferentemente del 0,003 % y más preferentemente del 0,005 %. El límite superior del contenido de Al sól. es preferentemente del 0,035 % y más preferentemente del 0,030 %.

El resto del material de base es Fe e impurezas.

20 [Elementos selectivos en el caso en el que el material de base es acero inoxidable dúplex]

El material de base, que es un acero inoxidable dúplex, puede contener, en lugar de Fe, uno o más elementos seleccionados entre al menos un grupo de los siguientes grupos primero a tercero. Es decir, los elementos de los grupos primero a tercero son elementos selectivos que pueden incluirse según sea necesario.

25

Primer grupo: V: no más del 1,50 %

Segundo grupo: Ca: no más del 0,0200 %, Mg: no más del 0,0200 % y B: no más del 0,0200 %

Tercer grupo: metales de tierras raras (REM): no más del 0,2000 %

30 En lo sucesivo en el presente documento, estos elementos selectivos se describirán en detalle.

[Primer grupo]

V: no más del 1,50 %

35

El vanadio (V) es un elemento selectivo. El vanadio mejora la resistencia a la corrosión del acero, especialmente la resistencia a la corrosión en un ambiente ácido. Para ser más específicos, cuando se incluye V junto con Mo y Cu, mejorará la resistencia a la corrosión de las grietas del acero. El efecto descrito anteriormente se conseguirá si se incluye V incluso en una pequeña cantidad. Sin embargo, cuando el contenido de V es demasiado alto, la cantidad de ferrita en el acero aumentará excesivamente, deteriorando la resistencia a la corrosión del acero. Por tanto, el contenido de V no es superior al 1,50 %. El límite superior del contenido de V es preferentemente del 1,30 %. El límite inferior del contenido de V preferentemente no es inferior al 0,05 %.

40

[Segundo grupo]

45

Ca: no más del 0,0200 %

Mg: no más del 0,0200 %

B: no más del 0,0200 %

50 El calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el boro (B) son todos elementos selectivos. El Ca, el Mg y el B inmovilizan todos ellos S y O (oxígeno) en el acero, mejorando de este modo la operabilidad en caliente del acero. El contenido de S en el material de base es bajo. Por tanto, la operabilidad en caliente del acero es alta incluso si no se incluyen Ca, Mg y B. Sin embargo, por ejemplo, cuando se produce una tubería de acero sin costura mediante un método de laminación desviada, puede requerirse una operabilidad en caliente aún mayor. Si se incluye uno o más seleccionados entre el grupo que consiste en Ca, Mg y B, se obtendrá una operabilidad en caliente aún mayor. Si se incluye cualquiera de estos elementos incluso en una pequeña cantidad, se conseguirá el efecto descrito anteriormente.

55

Sin embargo, cuando el contenido de estos elementos es demasiado alto, las inclusiones no metálicas (tales como los óxidos y sulfuros de Ca, Mg y B) aumentarán. Puesto que una inclusión no metálica actúa como un punto de inicio de picaduras, deteriorará la resistencia a la corrosión del acero. Por tanto, el contenido de Ca no es superior al 0,0200 %, el contenido de Mg no es superior al 0,0200 % y el contenido de B no es superior al 0,0200 %.

60

Preferentemente, el contenido de al menos uno de entre Ca, Mg y B, o el contenido total de dos o más de ellos, no es inferior a S (% en masa) + $1/2 \times O$ (% en masa). En un caso de este tipo, el efecto descrito anteriormente se conseguirá de manera particularmente eficaz.

65

Cuando se incluyen dos o más de entre Ca, Mg y B, el contenido total de esos elementos preferentemente no es superior al 0,04 %. Cuando se incluyen todos, Ca, Mg y B, el contenido total de esos elementos preferentemente no es superior al 0,06 %.

5 [Tercer grupo]

Metales de tierras raras (REM): no más del 0,2000 %

10 Los metales de tierras raras (REM) son elementos selectivos. Los REM inmovilizan S y O (oxígeno) en acero de la misma manera que Ca, Mg y B, mejorando de este modo la operabilidad en caliente del acero. Sin embargo, cuando el contenido de REM es demasiado alto, las inclusiones no metálicas (tales como los óxidos y sulfuros de los metales de tierras raras) aumentarán, deteriorando de este modo la resistencia a la corrosión del acero. Por tanto, el contenido de REM no es superior al 0,2000 %. Para conseguir claramente el efecto descrito anteriormente, el contenido de REM es preferentemente no inferior a S (% en masa) + $1/2 \times O$ (% en masa). Sin embargo, el efecto descrito anteriormente puede conseguirse en cierta medida, si se incluyen REM incluso en una pequeña cantidad.

15 REM es un término genérico que incluye 15 elementos de lantánidos e Y y Sc. Debe incluirse uno o más de estos elementos. El contenido de REM significa el contenido total de uno o más de los elementos mencionados anteriormente.

20 [Proceso de soldadura]

Después de preparar el material de base descrito anteriormente, el material de base se somete a soldadura GMA para formar un metal de soldadura.

25 Se prepara un material de soldadura, cuya composición química se ajusta para poder obtener la composición química del metal de soldadura que se describirá más adelante. El material de soldadura es, por ejemplo, un alambre.

30 Se realiza una soldadura GMA usando el material de soldadura preparado. En primer lugar, se prepara una máquina de soldar GMA. La máquina de soldar GMA incluye una unidad de alimentación y un soplete de soldar. La unidad de alimentación alimenta gas protector y material de soldadura al soplete de soldar. El soplete de soldar genera un arco entre el material de soldadura (alambre) y el material de base. En este momento, el material de soldadura se funde para formar metal de soldadura.

35 El gas de protección que se usará para la soldadura GMA comprende del 1 al 2 % en volumen o del 35 al 50 % en volumen de CO_2 gaseoso y el resto es gas inerte. El gas inerte es, por ejemplo, Ar. El gas de protección puede comprender, aparte de la composición descrita anteriormente, impurezas. Mediante el uso del gas de protección que tiene una composición de este tipo, la aparición de orificios de soplado se reduce como se ha descrito anteriormente y se forma un metal fundido que tiene una excelente resistencia y dureza.

40 Mediante el proceso descrito anteriormente, se produce una junta soldada que incluye un material de base y un metal de soldadura. El metal de soldadura formado mediante el proceso de soldadura es un acero inoxidable dúplex, que tiene la siguiente composición química.

45 C: no más del 0,080 %

50 El carbono (C) estabiliza la austenita en el metal de soldadura. Por otro lado, cuando el contenido de C es demasiado alto, es probable que precipiten carburos, deteriorando de este modo la resistencia a la corrosión. Por tanto, el contenido de C no es superior al 0,080 %. El límite superior del contenido de C es preferentemente del 0,075 % y más preferentemente del 0,070 %.

Si: del 0,20 al 1,00 %

55 El silicio (Si) desoxida el metal fundido durante la soldadura. Adicionalmente, el Si aumenta la resistencia del metal de soldadura. Por otro lado, cuando el contenido de Si es demasiado alto, la resistencia del metal de soldadura se deteriorará. Por tanto, el contenido de Si es del 0,20 al 1,00 %. El límite inferior del contenido de Si es preferentemente del 0,25 % y más preferentemente del 0,30 %. El límite superior del contenido de Si es preferentemente del 0,80 % y más preferentemente del 0,60 %.

60 Mn: no más del 8,00 %

65 El manganeso (Mn) es un elemento esencial. El manganeso desoxida el metal fundido durante la soldadura. Además, el Mn aumenta la resistencia del metal de soldadura. Por otro lado, cuando el contenido de Mn es demasiado alto, la resistencia a la corrosión del metal de soldadura se deteriorará. Por tanto, el contenido de Mn no es superior al 8,00 %. El límite inferior del contenido de Mn es preferentemente del 0,25 % y más preferentemente

ES 2 709 028 T3

del 0,50 %. El límite superior del contenido de Mn es preferentemente del 7,00 % y más preferentemente del 6,00 %.

P: no más del 0,040 %

- 5 El fósforo (P) es una impureza. El fósforo deteriora la dureza del metal de soldadura y aumenta la susceptibilidad al agrietamiento en caliente del metal de soldadura. Por tanto, el contenido de P es preferentemente lo más bajo posible. El contenido de P no es superior al 0,040 %. El contenido de P preferentemente no es superior al 0,030 % y más preferentemente no es superior al 0,020 %.

- 10 S: no más del 0,0100 %

El azufre (S) es una impureza. El azufre deteriora la ductilidad y la resistencia a la corrosión del metal de soldadura y aumenta la susceptibilidad al agrietamiento en caliente del metal de soldadura. Por tanto, el contenido de S es preferentemente lo más bajo posible. El contenido de S no es superior al 0,0100 %. El contenido de S preferentemente no es superior al 0,005 % y más preferentemente no es superior al 0,002 %.

- 15

Cu: no más del 2,0 %

EL cobre (Cu) es un elemento esencial. El cobre refuerza una película de pasivación y mejora la resistencia a la corrosión, incluyendo la resistencia al SCC en un entorno de cloruros a alta temperatura. Por otra parte, cuando el contenido de Cu es demasiado alto, aumenta la susceptibilidad al agrietamiento en caliente del metal de soldadura. Por tanto, el contenido de Cu no es superior al 2,0 %. El contenido de Cu es preferentemente inferior al 2,0 %. El límite inferior del contenido de Cu es preferentemente del 0,1 % y más preferentemente del 0,15 %. El límite superior del contenido de Cu es preferentemente del 1,0 % y más preferentemente del 0,8 %.

- 20

Ni: del 7,00 al 12,00 %

El níquel (Ni) estabiliza la austenita en el metal de soldadura, mejorando de este modo la dureza del metal de soldadura. Por otro lado, cuando el contenido de Ni es demasiado alto, la cantidad de ferrita en el metal de soldadura disminuye excesivamente, lo que dificulta la obtención de propiedades mecánicas fundamentales del acero inoxidable dúplex. Adicionalmente, cuando el contenido de Ni es demasiado alto, es más probable que la fase σ precipite. Por tanto, el contenido de Ni es del 7,00 al 12,00 %. El límite inferior del contenido de Ni es preferentemente del 8,00 % y más preferentemente, el contenido de Ni es superior al 8,00 %. El límite superior del contenido de Ni es preferentemente del 11,00 % y más preferentemente del 10,00 %.

- 25

Cr: del 20,0 al 30,0 %

El cromo (Cr) mejora la resistencia a la corrosión del metal de soldadura y, en particular, mejora la resistencia al SCC del metal de soldadura en un entorno de cloruros a alta temperatura. Por otro lado, cuando el contenido de Cr es demasiado alto, es más probable que la fase σ precipite. Por tanto, el contenido de Cr es del 20,0 al 30,0 %. El límite inferior del contenido de Cr es preferentemente del 21,0 %. El límite superior del contenido de Cr es preferentemente del 29,0 % y más preferentemente del 28,0 %.

- 30

Mo: del 1,00 al 4,00 %

W: del 1,00 al 4,00 %

El molibdeno (Mo) y el wolframio (W) mejoran la resistencia a la corrosión y la resistencia al agrietamiento por corrosión y tensión del material de base en un ambiente de dióxido de carbono gaseoso húmedo. Por otro lado, cuando el contenido de Mo es demasiado alto, es más probable que la fase sigma (σ) precipite en el metal de soldadura. Por tanto, el contenido de Mo es del 1,00 al 4,00 %. Cuando el contenido de W es demasiado alto, su efecto se saturará y cualquier contenido adicional solo conducirá a un aumento de costes. Por tanto, el contenido de W es del 1,00 al 4,00 %. El metal de soldadura de acuerdo con la presente realización contiene al menos uno o más de entre Mo y W.

- 35

N: del 0,100 al 0,350 %

El nitrógeno (N) aumenta la resistencia del acero mediante el refuerzo de la solución sólida. Adicionalmente, N es un fuerte elemento formador de austenita y mejora la resistencia a la corrosión del metal de soldadura. Por otro lado, cuando el contenido de N es demasiado alto, se producirán orificios de soplado, que son un defecto de la soldadura. Por tanto, el contenido de N es del 0,100 al 0,350 %. El límite superior del contenido de N es preferentemente del 0,300 % y más preferentemente del 0,250 %.

- 40

Al sól.: no más del 0,040 %

El aluminio (Al) es un elemento esencial. El Al desoxida el metal fundido durante la soldadura. Por otro lado, cuando

- 45

el contenido de Al sól. es demasiado alto, el Al forma inclusiones gruesas a base de óxido, deteriorando de este modo la dureza del metal de soldadura. Por tanto, el contenido de Al sól. no es superior al 0,040 %. El límite inferior del contenido de Al sól. es preferentemente del 0,003 % y más preferentemente del 0,005 %. El límite superior del contenido de Al sól. es preferentemente del 0,035 % y más preferentemente del 0,030 %.

5 O (oxígeno): del 0,02 al 0,14 %

El oxígeno (O) es una impureza. El oxígeno forma inclusiones a base de óxido, deteriorando de este modo la dureza del metal de soldadura. Por tanto, el contenido de O es preferentemente lo más bajo posible.

10 Sin embargo, en la soldadura GMA, a diferencia de la soldadura GTA, cuando no se incluye el componente de oxígeno en el gas de protección, el arco no se estabilizará de manera que no se puede obtener un metal de soldadura sólido. Puesto que, en la presente invención, se realiza una soldadura GMA, se incluirá no menos del 0,02 % de oxígeno en el metal de soldadura.

15 El resto del metal de soldadura de la presente realización es Fe e impurezas.

[Resistencia, dureza y número de orificios de soplado]

20 El metal de soldadura que se produce mediante el método de producción descrito anteriormente tendrá una resistencia a la tracción no inferior a 700 MPa y presentará una energía absorbida a -30 °C no inferior a 27 J. Adicionalmente, el número de orificios de soplado que tenga un tamaño no inferior a 0,5 mm no será superior a 5 unidades/100 mm.

25 El método para medir los orificios de soplado es como se indica a continuación. Haciendo referencia a la Figura 3, se selecciona una región que tiene un intervalo de 100 mm en una dirección axial Y (dirección longitudinal, es decir, la dirección en la que se extiende el metal de soldadura) del metal de soldadura 30 de una junta soldada 10 (es decir, el área de la región es de 100 mm en la dirección axial x el ancho del metal de soldadura W30 (mm)). La región seleccionada se somete a un ensayo de transmisión de radiación basado en la norma JIS Z3104 para obtener una
30 imagen de transmisión. En la imagen de transmisión obtenida, se cuenta el número de orificios de soplado que tienen un tamaño no inferior a 0,5 mm. Donde, "orificios de soplado de ventilación que tienen un tamaño no inferior a 0,5 mm" significa aquellos cuyo diámetro máximo (eje mayor) no es inferior a 0,5 mm entre los orificios de soplado de la imagen de transmisión.

35 Preferentemente, el espesor del material de base (espesor de la placa o espesor de la pared) es de 5 a 50 mm. En particular en este intervalo de espesor, el método de producción descrito anteriormente hace posible mantener un número bajo de orificios de soplado en el metal de soldadura.

40 En el proceso para producir metal de soldadura de acuerdo con la presente realización, la soldadura GMA se realiza usando un gas de protección que contiene un determinado contenido de CO₂ gaseoso y gas inerte como se ha descrito anteriormente. Como resultado de esto, el número de orificios de soplado en el metal de soldadura de la junta soldada producida se reduce para que sea bajo y, por tanto, se consiguen una resistencia y una dureza excelentes.

45 Ejemplos

Se preparó una pluralidad de materiales de base (placas de acero), cada uno con una composición química que se muestra en la Tabla 1 y un espesor de 10 a 30 mm.

50 [Tabla 1]

TABLA 1

N.º de material de base	Composición química (% en masa unitario, siendo el resto Fe e impurezas)													
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	W	N	Al sól.	Otros	
1	0,014	0,52	0,97	0,021	0,0002	2,44	5,03	25,00	1,10	0,03	0,1890	0,014	0,0023 % de B y 0,0023 % de Ca	
2	0,023	0,45	1,20	0,023	<0,001	0,30	5,18	22,86	3,18	0,05	0,1764	0,010	0,01 % de V y 0,001 % de REM	
3	0,016	0,30	0,48	0,024	0,0002	0,61	6,64	24,84	3,10	2,12	0,2864	0,012	-	
4	0,014	0,26	0,35	0,011	0,0005	0,02	6,54	12,04	2,45	-	0,0120	0,030	-	
5	0,006	0,22	0,45	0,017	0,0006	0,05	6,56	12,08	2,43	-	0,0058	0,030	-	

ES 2 709 028 T3

Los materiales de base para los materiales de base N.º 1 a 3 fueron cada uno un acero inoxidable dúplex. El acero inoxidable dúplex era de un acero inoxidable denominado súper dúplex y un acero inoxidable dúplex (equivalente a la norma JIS SUS329J2L) para su uso en tuberías de pozos de petróleo y tuberías para instalaciones relacionadas con el petróleo. Los materiales de base N.º 4 y 5 era cada uno un acero inoxidable martensítico, específicamente un acero de 13 Cr para su uso en instalaciones relacionadas con el petróleo. Las composiciones químicas de cada material de base estaban todas dentro del intervalo de la composición química preferida descrita anteriormente.

El material de base de cada N.º de material de base se proporcionó con un bisel y se sometió a soldadura GMA en las condiciones de soldadura que se muestra en la Tabla 2 para obtener una junta soldada de cada N.º de junta, que incluía un metal de soldadura de una composición química que se muestra en Tabla 3. Todos los consumibles de soldadura fueron una varilla de alambre con un diámetro exterior de 1,2 mm. Las condiciones de soldadura variaron y se ajustaron de manera que la entrada de calor fuera de 8 kJ/cm.

[Tabla 2]

15

TABLA 2

N.º de junta soldada	N.º de material de base utilizado	Espesor de la placa (mm)	Relación de composición de gas de protección	
			CO ₂	Ar
1-1	1	10	2	98
1-2	1	10	40	60
1-3	1	10	2	98
1-4	1	10	2	98
1-5	1	20	40	60
2-1	2	10	2	98
2-2	2	10	2	98
2-3	2	10	40	60
2-4	2	10	50	50
3-1	3	10	2	98
3-2	3	10	35	65
4-1	4	10	50	50
4-2	4	30	2	98
5-1	5	10	1	99
1-6	1	10	25	75
1-7	1	10	30	70
1-8	1	10	2	98
2-5	2	10	10	90
2-6	2	10	0	100
3-3	3	10	5	95
3-4	3	10	55	45
4-3	4	10	20	80
4-4	4	10	2	98
4-5	4	10	3	97
5-2	5	10	1	99
5-3	5	10	60	40
5-4	5	10	2	98

[Tabla 3]

TABLA 3
Composición química (% en masa unitario, siendo el resto Fe e impurezas)

N.º de junta	N.º de material de base	Composición química (% en masa unitario, siendo el resto Fe e impurezas)												
		C	Si	Mn	P	s	Cu	Ni	Cr	Mo	W	N	Al sól.	O
Ejemplos inventivos	1-1	0,020	0,37	1,41	0,011	0,002	0,42	8,06	22,59	2,66	0,01	0,132	0,012	0,034
	1-2	0,032	0,29	0,54	0,006	0,002	0,77	8,28	25,78	2,72	1,74	0,238	0,015	0,125
	1-3	0,022	0,41	1,57	0,013	0,002	0,32	8,21	22,20	2,75	—	0,103	0,011	0,072
	1-4	0,035	0,35	0,56	0,007	0,002	0,72	8,99	25,50	2,83	1,85	0,177	0,007	0,066
	1-5	0,072	0,31	0,54	0,006	0,002	0,65	8,22	25,25	2,75	1,88	0,212	0,008	0,132
	2-1	0,022	0,42	1,64	0,011	0,002	0,31	8,09	22,40	3,02	0,01	0,101	0,013	0,025
	2-2	0,033	0,32	0,62	0,008	0,001	0,48	8,64	25,33	3,01	1,80	0,175	0,009	0,041
	2-3	0,061	0,44	1,61	0,012	0,002	0,22	8,12	22,40	3,02	0,01	0,101	0,009	0,128
	2-4	0,075	0,35	0,78	0,009	0,001	0,42	8,64	25,33	3,05	1,85	0,175	0,008	0,131
	3-1	0,031	0,28	0,52	0,005	0,002	0,42	8,76	25,67	2,99	2,03	0,177	0,014	0,052
	3-2	0,044	0,31	1,51	0,012	0,001	0,44	8,06	22,50	2,81	0,01	0,178	0,012	0,128
	4-1	0,025	0,26	1,47	0,006	0,002	0,31	8,05	21,65	2,89	0,02	0,110	0,003	0,137
	4-2	0,041	0,33	0,58	0,007	0,001	0,41	8,55	25,10	3,03	1,66	0,181	0,009	0,042
	5-1	0,034	0,30	0,55	0,007	0,002	0,45	8,89	25,53	2,94	1,66	0,166	0,009	0,022
1-6	0,062	0,41	1,51	0,011	0,002	0,42	8,11	22,41	2,71	0,01	0,112	0,010	0,115	
1-7	0,077	0,29	0,51	0,006	0,002	0,71	8,81	25,10	2,75	1,74	0,199	0,007	0,121	
1-8	0,031	0,49	1,52	0,010	0,003	2,61	3,88	20,40	2,03	0,01	0,116	0,008	0,051	
2-5	0,042	0,31	0,58	0,007	0,002	0,49	12,8	25,40	2,97	1,92	0,178	0,010	0,073	
2-6	0,015	0,32	0,52	0,008	0,001	0,71	8,55	25,12	2,92	1,81	0,171	0,012	0,008	
3-3	0,030	0,28	0,50	0,010	0,002	0,46	4,02	25,60	3,10	2,13	0,167	0,018	0,066	
3-4	0,035	0,28	0,50	0,005	0,002	3,51	8,61	25,65	3,10	2,03	0,177	0,005	0,147	
4-3	0,055	0,30	0,51	0,007	0,002	0,43	9,03	25,53	2,91	1,73	0,166	0,019	0,104	
4-4	0,048	0,50	0,53	0,006	0,002	0,42	8,66	25,50	4,54	1,83	0,169	0,003	0,044	
4-5	0,033	0,30	0,54	0,006	0,002	0,43	8,85	25,53	3,02	1,67	0,166	0,013	0,051	
5-2	0,052	0,32	0,51	0,007	0,002	0,31	8,88	32,80	3,01	1,92	0,175	0,010	0,031	
5-3	0,071	0,32	0,52	0,008	0,001	0,28	9,01	25,10	2,88	1,88	0,154	0,005	0,152	
5-4	0,023	0,40	1,51	0,006	0,001	0,22	12,2	22,20	2,15	0,01	0,020	0,010	0,028	
		Ejemplos comparativos												

5 Mediante el uso de juntas soldadas producidas de este modo en cada número de junta, se realizaron los siguientes ensayos de evaluación.

[Ensayo de medición de orificios de soplado]

Después de la soldadura, el metal de soldadura de la junta soldada de cada N.º de junta se sometió al ensayo de transmisión de radiación descrito anteriormente para contar el número de orificios de soplado (/100 mm).

5

[Ensayo de impacto de Charpy]

La dureza del metal de soldadura de cada junta soldada se evaluó mediante el siguiente método. Se recogió de cada junta soldada una muestra de impacto Charpy (muestra de muesca en V) que se muestra en la Figura 4. Como se muestra en la Figura 4, una muesca en V 20 de cada muestra de ensayo se ubicó en una parte central de un metal de soldadura 30 de una junta soldada 10. La muestra de muesca en V tenía un ancho de 10 mm, un espesor de 10 mm, una longitud de 55 mm y una profundidad de la muesca de 2 mm.

10

Mediante el uso de la muestra de ensayo de muesca en V, el ensayo de impacto de Charpy se realizó a -30 °C basándose en la norma JIS Z2242 para determinar la energía absorbida.

15

[Ensayo de tensión]

Se recogió una muestra para ensayo N.º 5 especificado en la norma JIS Z2201 de cada junta soldada. La dirección longitudinal de la muestra de ensayo era perpendicular a la dirección del procedimiento de soldadura. Adicionalmente, el metal de soldadura se ubicó en el centro de la porción paralela de cada muestra de ensayo y, en ambos lados de la misma, se ubicaron una zona afectada por el calor de soldadura y el material de base en ese orden. El ensayo de tensión se realizó a temperatura ambiente (25 °C) para obtener la resistencia a la tracción (MPa).

20

25

[Ensayo de medición de la fracción de área de la fase σ]

La sección transversal de cada junta soldada se sometió a de espejo pulido y grabado ácido. Después del grabado ácido, el metal de soldadura en la sección transversal grabada se sometió a análisis de imagen usando un microscopio óptico que tenía un aumento de 500. El área del metal de soldadura utilizado para el análisis de imagen fue de 40000 μm^2 por campo visual. El análisis de la imagen se realizó para 4 campos visuales. La fracción de área (%) de la fase σ en el metal de soldadura en cada campo visual se determinó mediante el análisis de la imagen. Un promedio de las fracciones de área de la fase σ para cuatro campos visuales se definió como la fracción de área (%) de la fase σ para cada N.º de junta. Cuando la fracción de área de la fase σ no era inferior al 0,5 %, se determinó que la fase σ había precipitado. Cuando la fracción de área de la fase σ era inferior al 0,5 %, se determinó que la fase σ no había precipitado.

30

35

[Ensayo de agrietamiento en caliente]

Se recolectó una muestra de ensayo para la observación de la microestructura de una sección transversal perpendicular a la línea de soldadura de cada junta soldada. La superficie de la muestra recogida se sometió a pulido de espejo y grabado ácido. La superficie de la muestra grabada se observó usando un microscopio óptico con un aumento de 500. Después, se evaluó mediante inspección visual si se había producido o no agrietamiento en caliente en el metal de soldadura.

40

45

[Resultados de los ensayos]

La Tabla 4 muestra los resultados de los ensayos de evaluación descritos anteriormente.

50 [Tabla 4]

TABLA 4

N.º de junta	Agrietamiento en caliente	Cantidad de oxígeno (%)	Energía absorbida (J)	Número de orificios de soplado (/100 mm)	Resistencia a la tracción (MPa)	Fase σ	Observaciones
1-1	Ausente	0,034	105	1	820	Ausente	Ejemplos inventivos
1-2	Ausente	0,125	33	1	902	Ausente	Ejemplos inventivos
1-3	Ausente	0,072	91	2	818	Ausente	Ejemplos inventivos

ES 2 709 028 T3

N.º de junta	Agrietamiento en caliente	Cantidad de oxígeno (%)	Energía absorbida (J)	Número de orificios de soplado (/100 mm)	Resistencia a la tracción (MPa)	Fase σ	Observaciones
1-4	Ausente	0,066	96	0	910	Ausente	Ejemplos inventivos
1-5	Ausente	0,132	38	1	908	Ausente	Ejemplos inventivos
2-1	Ausente	0,025	120	2	832	Ausente	Ejemplos inventivos
2-2	Ausente	0,041	108	1	897	Ausente	Ejemplos inventivos
2-3	Ausente	0,128	34	2	788	Ausente	Ejemplos inventivos
2-4	Ausente	0,131	30	0	917	Ausente	Ejemplos inventivos
3-1	Ausente	0,052	110	2	921	Ausente	Ejemplos inventivos
3-2	Ausente	0,128	33	4	801	Ausente	Ejemplos inventivos
4-1	Ausente	0,137	30	1	905	Ausente	Ejemplos inventivos
4-2	Ausente	0,042	111	2	899	Ausente	Ejemplos inventivos
5-1	Ausente	0,022	121	1	911	Ausente	Ejemplos inventivos
1-6	Presente	0,115	46	8	811	Ausente	Ejemplos comparativos
1-7	Ausente	0,121	37	7	899	Ausente	Ejemplos comparativos
1-8	Presente	0,051	22	1	821	Ausente	Ejemplos comparativos
2-5	Ausente	0,073	20	30	902	Presente	Ejemplos comparativos
2-6	Ausente	0,008	-	22	-	Ausente	Ejemplos comparativos
3-3	Ausente	0,066	25	10	911	Ausente	Ejemplos comparativos
3-4	Presente	0,147	15	0	883	Ausente	Ejemplos comparativos
4-3	Ausente	0,104	55	15	899	Ausente	Ejemplos comparativos
4-4	Ausente	0,044	25	0	901	Presente	Ejemplos comparativos
4-5	Ausente	0,051	99	9	888	Ausente	Ejemplos comparativos

ES 2 709 028 T3

N.º de junta	Agrietamiento en caliente	Cantidad de oxígeno (%)	Energía absorbida (J)	Número de orificios de soplado (/100 mm)	Resistencia a la tracción (MPa)	Fase σ	Observaciones
5-2	Ausente	0,031	23	1	897	Presente	Ejemplos comparativos
5-3	Ausente	0,152	14	0	902	Ausente	Ejemplos comparativos
5-4	Ausente	0,028	130	0	650	Ausente	Ejemplos comparativos

5 Haciendo referencia a la Tabla 4, la composición del gas de protección fue adecuada para las juntas N.º 1-1 a 1 -5, 2-1 a 2-4, 3-1 a 3-2, 4-1 a 4-2 y 5-1. En consecuencia, como se muestra en la Tabla 3, para esos N.º de juntas, las composiciones químicas del metal de soldadura fueron adecuadas. Adicionalmente, el número de orificios de soplado no era superior a 5 unidades/100 mm. Adicionalmente, la resistencia a la tracción no fue inferior a 700 MPa, la energía absorbida a -30 °C no fue inferior a 27 J. Adicionalmente, no se observaron fases sigma ni agrietamiento en caliente.

10 Por otro lado, en las Juntas N.º 1-6, el contenido de Cu en el metal de soldadura era alto. En consecuencia, se observó agrietamiento en caliente. Adicionalmente, el contenido de CO₂ en el gas de protección no era adecuado. En consecuencia, el número de orificios de soplado superó las 5 unidades/100 mm.

15 En las Juntas N.º 1-7, la composición química del metal de soldadura era adecuada. Sin embargo, el contenido de CO₂ en el gas de protección no era adecuado. En consecuencia, el número de orificios de soplado superó las 5 unidades/100 mm.

20 En las Juntas N.º 1-8, el contenido de Cu en el metal de soldadura era alto. En consecuencia, se observó agrietamiento en caliente. Adicionalmente, el contenido de Ni era bajo. En consecuencia, la energía absorbida era baja.

En las Juntas N.º 2-5, el contenido de Ni en el metal de soldadura era alto. En consecuencia, la energía absorbida era baja y se observó la fase σ . Adicionalmente, el contenido de CO₂ en el gas de protección no era adecuado. En consecuencia, el número de orificios de soplado superó las 5 unidades/100 mm.

25 En las Juntas N.º 2-6, el CO₂ no estaba contenido en el gas de protección. En consecuencia, el número de orificios de soplado superó las 5 unidades/100 mm. Obsérvese que el contenido de oxígeno en el metal de soldadura de cada una de las Juntas N.º 2-6 era bajo.

30 En las Juntas N.º 3-3, el contenido de Ni era bajo. Como resultado, la energía absorbida fue baja. Adicionalmente, el contenido de CO₂ en el gas de protección no era adecuado. Como resultado, el número de orificios de soplado superó las 5 unidades/100 mm.

35 En las Juntas N.º 3-4, el contenido de Cu era alto. En consecuencia, se observó agrietamiento en caliente. Adicionalmente, el contenido de CO₂ en el gas de protección era demasiado alto. En consecuencia, el contenido de oxígeno en el metal de soldadura era alto y la energía absorbida era baja.

40 En las Juntas N.º 4-3, aunque la composición química del metal de soldadura era adecuada, el contenido de CO₂ en el gas de protección no era adecuado. En consecuencia, el número de orificios de soplado superó las 5 unidades/100 mm.

En las Juntas N.º 4-4, el contenido de Mo era alto. En consecuencia, se observó fase σ . Adicionalmente, la energía absorbida era baja. La dureza era baja presumiblemente porque se produjo fase σ .

45 En las Juntas N.º 4-5, aunque la composición química del metal de soldadura era adecuada, el contenido de CO₂ en el gas de protección no era adecuado. En consecuencia, el número de orificios de soplado superó las 5 unidades/100 mm.

50 En las Juntas N.º 5-2, el contenido de Cr fue alto. En consecuencia, se observó fase σ . Adicionalmente, la energía absorbida era baja. La dureza era baja presumiblemente porque se produjo fase σ .

En las Juntas N.º 5-3, el contenido de CO₂ en el gas de protección era demasiado alto. En consecuencia, el contenido de oxígeno en el metal de soldadura era alto y la energía absorbida era baja.

ES 2 709 028 T3

En las Juntas N.º 5-4, el contenido de Ni en el metal de soldadura era alto y el contenido de N era bajo. En consecuencia, el metal de soldadura de las Juntas N.º 5-4 no era un acero inoxidable dúplex, sino un acero inoxidable austenítico. En las Juntas N.º 5-4, puesto que el contenido de N era bajo, se suprimieron los orificios de soplado; sin embargo, la resistencia a la tracción era baja, tanto como inferior a 700 MPa.

5

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la producción de una junta soldada, que comprende las etapas de:

- 5 preparar un material de base en el que el material de base es un acero inoxidable martensítico que consiste, en % en masa, en C: del 0,001 al 0,100 %, Si: del 0,050 al 1,00 %, Mn: del 0,10 al 1,50 %, P: no más del 0,040 %, S: no más del 0,0100 %, Cu: del 0,01 al 2,00 %, Cr: del 10,50 al 14,00 %, Ni: del 0,50 al 10,00 %, N: no más del 0,1 %, Al sól.: no más del 0,040 %, al menos uno de entre Mo: del 0,10 al 4,00 % y W: del 0,20 al 6,00 %, y el resto es Fe e impurezas o en el que el material de base es un acero inoxidable dúplex que consiste, en % en masa, en C: no más del 0,03 %, Si: del 0,20 al 1,00 %, Mn: no más del 8,00 %, P: no más del 0,040 %, S: no más del 0,0100 %, Cu: del 0,20 al 4,00 %, Cr: del 20,0 al 30,0 %, Ni: del 4,00 al 8,00 %, N: del 0,100 al 0,350 %, Al sól.: no más del 0,040 %, al menos uno de entre Mo: del 0,50 al 4,00 % y W: del 0,01 al 4,00 %, opcionalmente V: no más del 1,50 %, opcionalmente Ca: no más del 0,0200 %, opcionalmente Mg: no más del 0,0200 %, opcionalmente B: no más del 0,0200 %, opcionalmente metales de tierras raras (REM): no más del 0,2000 %, y el resto es Fe e impurezas; y
- 10 someter el material de base a soldadura GMA (arco de metal y gas) usando un gas de protección que comprende del 1 al 2 % en volumen o del 35 al 50 % en volumen de CO₂, y el resto es gas inerte, formando de este modo un metal de soldadura que consiste en, en % en masa, C: no más del 0,080 %, Si: del 0,20 al 1,00 %, Mn: no más del 8,00 %, P: no más del 0,040 %, S: no más del 0,0100 %, Cu: no más del 2,0 %, Cr: del 20,0 al 30,0 %, Ni: del 7,00 al 12,00 %, N: del 0,100 al 0,350 %, O (oxígeno): del 0,02 al 0,14 %, Al sól.: no más del 0,040 %, al menos uno de entre Mo: del 1,00 al 4,00 % y W: del 1,00 al 4,00 %, y el resto es Fe e impurezas.
- 15
- 20

FIG. 1

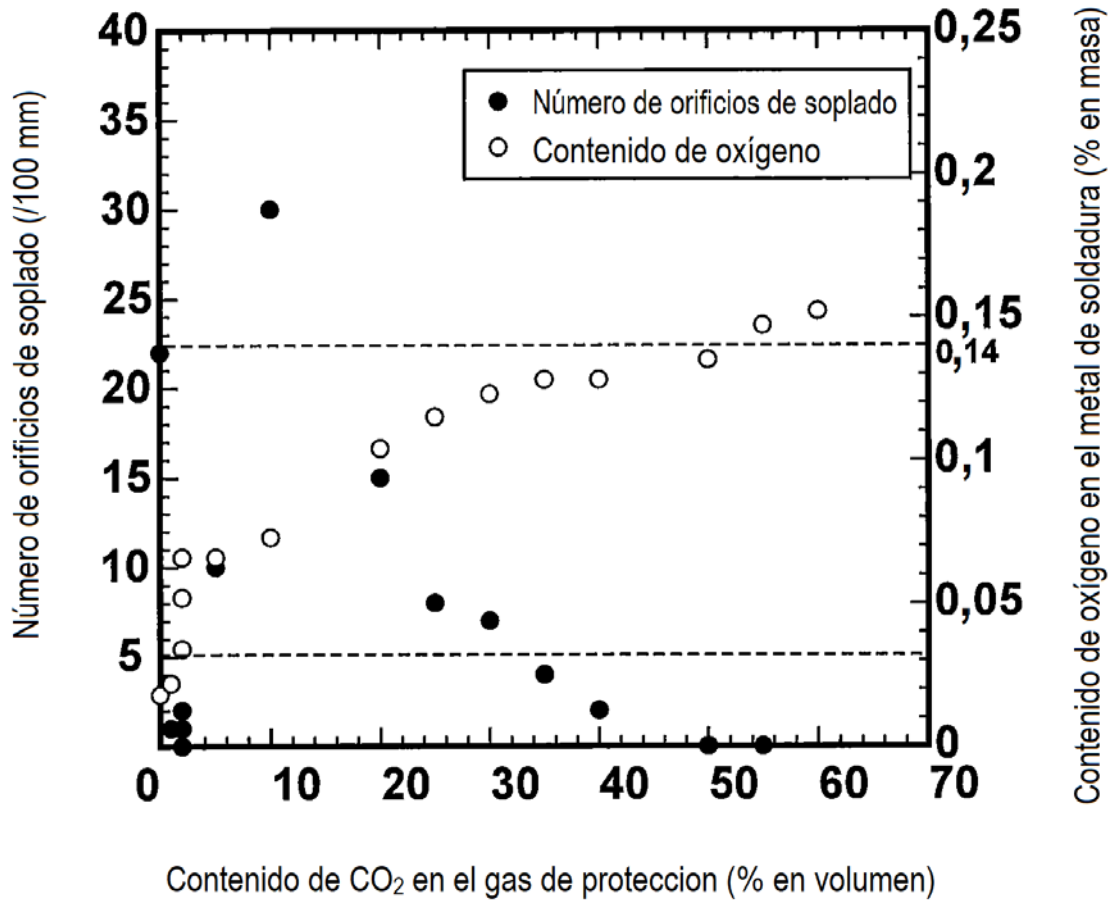


FIG. 2

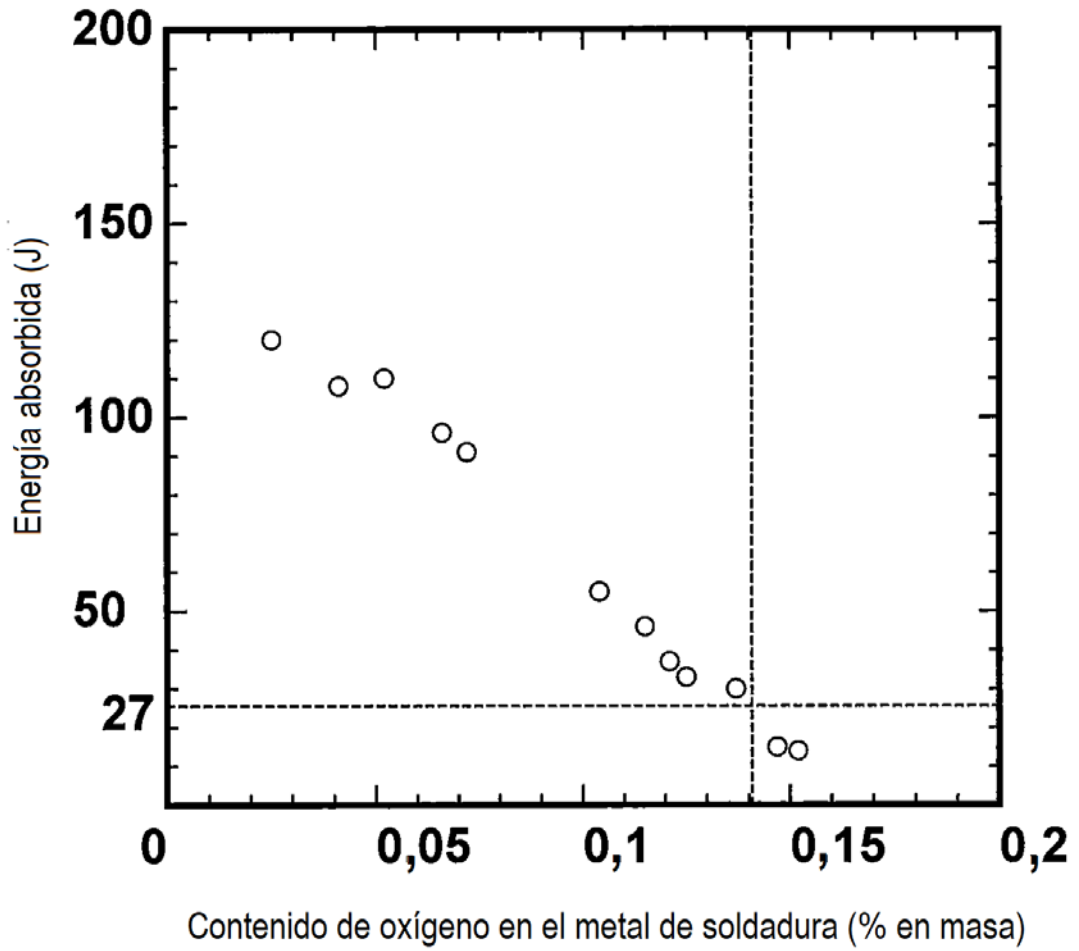


FIG. 3

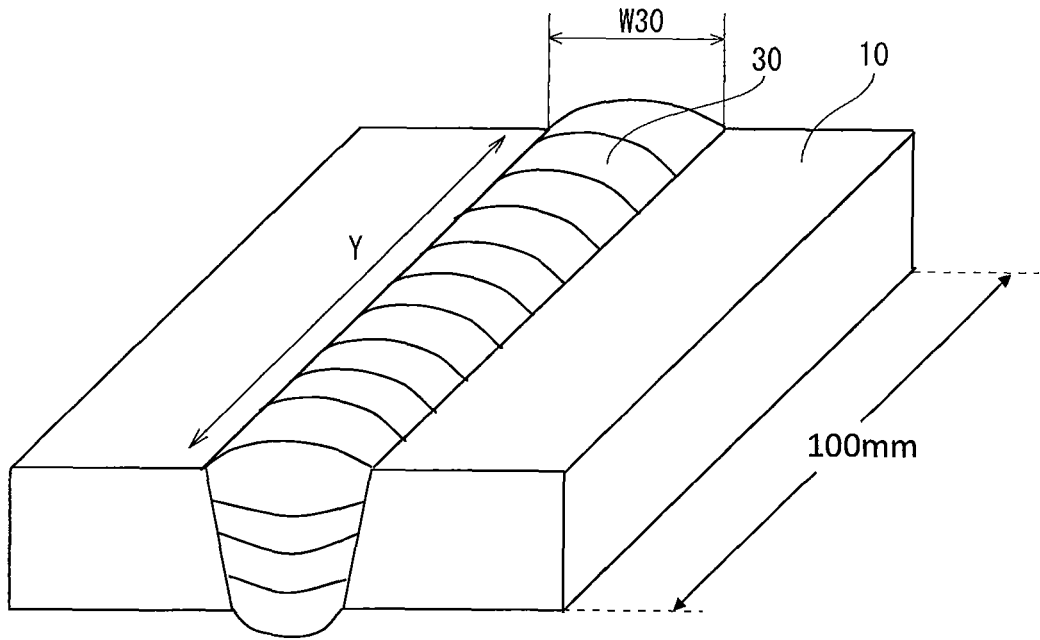


FIG. 4

