

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 749 205**

51 Int. Cl.:

B23K 35/30	(2006.01)	C22C 38/16	(2006.01)	F16B 5/08	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/18	(2006.01)		
B23K 26/21	(2014.01)	C22C 38/38	(2006.01)		
B23K 26/322	(2014.01)	C22C 38/42	(2006.01)		
C21D 9/50	(2006.01)	C22C 38/44	(2006.01)		
C22C 38/58	(2006.01)	C22C 38/46	(2006.01)		
B23K 35/02	(2006.01)	C22C 38/48	(2006.01)		
C22C 38/08	(2006.01)	C22C 38/50	(2006.01)		
C22C 38/12	(2006.01)	C22C 38/54	(2006.01)		
C22C 38/14	(2006.01)	B21D 22/02	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.11.2015 PCT/JP2015/082553**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2016 WO16080488**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2015 E 15862070 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019 EP 3222745**

54 Título: **Junta soldada por láser, componente de vehículo, método de fabricación de junta soldada por láser y método de fabricación de componente de vehículo**

30 Prioridad:

19.11.2014 JP 2014234957

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

19.03.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MARUYAMA, NAOKI;
NAITO, YASUAKI;
YONEMURA, SHIGERU;
MIYAZAKI, YASUNOBU y
KUWAYAMA, TAKUYA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 749 205 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Junta soldada por láser, componente de vehículo, método de fabricación de junta soldada por láser y método de fabricación de componente de vehículo

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a una junta soldada por láser, un componente de vehículo, un método de fabricación de la junta soldada por láser y un método de fabricación del componente de vehículo.

Técnica relacionada

10 Recientemente, en el campo de la automoción, ha aumentado la demanda de uso de una chapa de acero de alta resistencia como miembro para el bastidor, chasis y panel, con objeto de reducir el peso de la carrocería de vehículo y mejorar la seguridad en caso de colisión. De este modo, se ha desarrollado una chapa de acero de alta resistencia que tiene una aptitud de conformación similar a la de la chapa de acero de baja resistencia de la técnica relacionada, y se ha usado de manera práctica en carrocerías de automóvil (simplemente referida como carrocería de vehículo a continuación).

15 En la técnica relacionada, la carrocería de vehículo se monta de modo que una pluralidad de componentes obtenidos mediante conformación en prensa de una chapa de acero se une de manera conjunta mediante soldadura por puntos o soldadura por arco. Recientemente, con el fin de reducir el número de componente de la carrocería de vehículo y reducir más el peso de la misma, se ha usado un blanco a medida (por ejemplo, véase Documento 1 que no es patente) cuando se fabrica la carrocería de vehículo. El blanco a medida se refiere a una tecnología de conformación en prensa del material de chapa (también denominado "material de blanco a medida" a continuación) para conferir la forma deseada. El material de blanco a medida se obtiene de forma que una pluralidad de chapas metálicas que son diferentes unas de otras en cuanto a material, espesor de chapa, resistencia de tracción y similar, se unen y sueldan para adquirir una forma integrada. Generalmente, se usa soldadura por láser para unir y soldar cuando se fabrica el material de blanco a medida.

20 No obstante, existe el problema de que, si se lleva a cabo la conformación en prensa sobre un material de blanco a medida, obtenido por medio de soldadura por láser de chapas de acero de alta resistencia, de acuerdo con un trefilado y plegado concretos, puede aparecer una fisura en el metal de soldadura. El Documento 1 que no es patente divulga que, en un material de blanco a medida fabricado mediante soldadura por láser, se puede concentrar la tensión en una región de partida y una región terminal de la soldadura debido a contracción y, de este modo, el material de blanco a medida se puede romper.

25 El Documento 2 que no es patente divulga que, con respecto a la soldadura por arco, en caso de que exista hidrógeno en el metal de soldadura, éste se acumula en una región de concentración de tensión generada por la soldadura y, de este modo, aparece la denominada fractura retardada. Se sabe que la fractura retardada se puede evitar por medio de precalentamiento antes de la soldadura o tratamiento térmico tras la misma.

30 Los Documentos de patente 1 a 3 divulgan una tecnología para evitar la aparición de fisuras en una junta de soldadura. Específicamente, el Documento de patente 1 divulga que la concentración de hidrógeno del metal de soldadura en una tubería de acero de soldadura obtenida por medio de soldadura por arco de una región de unión a tope se ajusta para que sea igual o menor que un valor predeterminado y, de este modo, se puede evitar la aparición de fisuras por fragilidad por hidrógeno cuando se corrige la expansión o contracción de la tubería.

35 El Documento de patente 2 divulga que, en el metal de soldadura que se forma por medio de soldadura de arco sumergida en gas usando una varilla metálica de núcleo fundente, se controla la composición química para que esté dentro de un intervalo predeterminado, se controlan la densidad en número y la fracción en volumen de partículas de austenita residuales para que sean iguales o mayores que valores predeterminados y, de este modo, se mejora la resistencia a la fragilidad por hidrógeno.

40 El Documento de patente 3 divulga la reducción de volumen de porosidad en la parte central de la dirección de espesor de una plancha y, de este modo, es posible mejorar el rendimiento de resistencia a la fisuración inducida por hidrógeno de una chapa de acero obtenida a partir la plancha. El Documento de patente 4 divulga una junta soldada de resistencia ultra-elevada con resistencia y tenacidad superiores y un método de producción de la junta soldada de resistencia ultra-elevada por medio de soldadura de paso único mediante el uso de soldadura híbrida por láser, en el que la junta soldada comprende una placa de acero que tiene un espesor de 4 mm a 12 mm e incluye un metal de soldadura de estructura prácticamente de martensita completa.

Documentos de la técnica anterior

Documentos de patente

Documento de patente 1. Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N.º 2006-263814.

Documento de patente 2. Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N.º 2012-176434.

Documento de patente 3. Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación N.º

Documento de patente 4. EP 2567776A1.

Documentos que no son patente

5 Documento 1 que no es patente. "Welding Methods and Forming Characteristics of Tailored Blanks (TBs)", Sinnittetsu giho (378), p. 35-39, 2003.

Documento 2 que no es patente. "Joining and welding technologies Q&A 1000". Q-04-01-01, [en línea], The Japan Welding Engineering Society, 1999, [buscado el 24 de septiembre, 2014], dirección de internet <URL:http://www-it.jwes.or.jp/qa/details.jsp?pg_no=0040010010>.

10 Documento 3 que no es patente. "Porosity Formation in CO₂ Laser Welding of Steel Sheets", Journal of the Japan Welding Society 19(2), p.241-251, 2001.

Divulgación de la invención

Problemas a solucionar por medio de la invención

15 En un material de blanco a medida como se divulga en el Documento 1 que no es patente, se considera que un fenómeno como el siguiente es la causa de la aparición de fisuras en el metal de soldadura. Como se ha descrito anteriormente, en un material de blanco a medida fabricado por medio de soldadura por láser, tiene lugar la contracción en una región de partida y una región terminal de la soldadura. Se considera que la contracción provoca la aparición de tensión residual en la región de partida o la región terminal y aparece la fisura. También se considera como causa de aparición de fisuras un espesor insuficiente de la chapa de una región soldada por láser (región de cordón de soldadura), que aparece cuando no resulta posible optimizar las condiciones de soldadura por láser o las
20 condiciones de unión a tope de la chapa metálica. No obstante, la fisura puede aparecer cuando los cordones se forman aparentemente bien, y la descripción de la causa de fisuración no resulta posible únicamente en base a la tensión residual y el espesor de chapa insuficiente de la parte soldada por láser. El metal de soldadura en la parte soldada por láser se enfría rápidamente tras la soldadura. De este modo, se genera una estructura de martensita dura con baja ductilidad en el metal de soldadura. De este modo, la ductilidad del metal de soldadura se ve degradada. La degradación de la ductilidad puede ser la causa de la aparición de fisuras en el momento de la conformación. No obstante, incluso en un metal de soldadura que tenga la misma dureza, la fisura puede aparecer o no en el momento de la conformación, y la causa de la misma aún no está clara.

30 Como se ha descrito anteriormente, la fractura retardada divulgada en el Documento 2 que no es patente tiene lugar mediante acumulación de hidrógeno, y se puede evitar por medio de precalentamiento antes de la soldadura o tratamiento térmico después de la misma. No obstante, la fisura que aparece en el metal de soldadura cuando tiene lugar la conformación en prensa del material de blanco a medida ocurre durante la conformación en un tiempo reducido (en varios segundos), y se considera que aparece por una causa distinta de la causa de fractura retardada provocada por acumulación de hidrógeno. De este modo, resulta difícil que la aparición de fisuras en el metal de soldadura de un material de blanco a medida se evite únicamente por medio de precalentamiento antes de la
35 soldadura o tratamiento térmico después de la misma.

40 En la tecnología del Documento de patente 1, en el caso de una tubería de acero soldada obtenida por medio de soldadura por arco, se puede evitar la aparición de fisuras por fragilidad por hidrógeno cuando se corrige la expansión o contracción de la tubería. No obstante, en un tipo de conformación de deformación grande con trefilado y plegado en un tiempo reducido, como en el caso de conformación en prensa de una chapa de acero fina, difícilmente se aclara la influencia de hidrógeno en la fisura del metal de soldadura. La soldadura por láser es diferente de la soldadura por arco, desde el punto de vista de mecanismo y atmósfera de soldadura. La causa de fisuración que tiene lugar en el metal de soldadura difícilmente se aclara cuantitativamente además del contenido de hidrógeno.

45 En la tecnología del Documento de patente 2, en el metal de soldadura formado por medio del uso de una varilla metálica de núcleo fundente, se controlan la densidad en número y la fracción en volumen de partículas de austenita residual para que sean iguales o mayores que valores predeterminados y, de este modo, se mejora la resistencia a la fragilidad por hidrógeno del metal de soldadura. No obstante, en la fabricación de una junta soldada por láser como material de carrocería de vehículos, generalmente, no se usa una varilla metálica para evitar el aumento de coste de fabricación. En caso de no usar una varilla metálica en el momento de la soldadura, la estructura y configuración del
50 metal de soldadura vienen determinados de acuerdo con la composición química del material que se pretende soldar. De este modo, resulta difícil que la densidad en número y la fracción en volumen de las partículas de austenita residuales se controlen como en el Documento de patente 2. Además, en la soldadura por láser, se funde un material, y posteriormente el metal de soldadura se enfría de forma rápida. Debido a ello, también resulta sustancialmente difícil el control de la densidad en número y la fracción en volumen de las partículas de austenita
55 residuales.

En la tecnología del Documento de patente 3, se reduce el volumen de porosidad y, de este modo, es posible

mejorar el rendimiento de resistencia a la fisuración inducida por hidrógeno de la chapa de acero. No obstante, no se aclara la relación entre porosidad y fisuración que ocurre en el metal de soldadura durante un período en el que se conforma en prensa la chapa de acero. De este modo, resulta difícil evitar la aparición de fisuras en el metal de soldadura cuando se conforma en prensa una junta soldada por láser, basándose en la tecnología del Documento de patente 3.

Como se ha descrito anteriormente, cuando se lleva a cabo la conformación en prensa con una gran deformación plástica sobre una junta soldada por láser usando una chapa de acero de alta resistencia, la causa de la fisuración que tiene lugar en el metal de soldadura no está clara. De este modo, en las tecnologías convencionales tal como se han descrito anteriormente, no es posible evitar de manera suficiente la aparición de fisuras en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa el metal de soldadura.

Para solucionar los problemas anteriormente descritos, un objetivo de la presente invención es proporcionar una junta soldada por láser, un componente de vehículo, un método de fabricación de la junta soldada por láser y un método de fabricación del componente de vehículo, en el que es posible evitar la aparición de fisuras en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en caliente.

15 Medios para solucionar el problema

El esquema de la presente invención es el siguiente.

(1) De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una junta soldada por láser que incluye un metal de soldadura que se proporciona entre una pluralidad de chapas de acero. El metal de soldadura contiene, como composición química, en % en masa, de un 0,05 % a un 0,30 % de C, de un 0,005 % a un 3,0 % de Si, de un 0,005 % a un 1,0 % de Al, de un 0,5 % a un 6,0 % de Mn, más que un 0 % y un 0,04 % o menos de P, más que un 0 % y un 0,01 % o menos de S, más que un 0 % y un 0,01 % o menos de N, más que un 0 % y un 0,01 % o menos de O, de un 0 % a un 1,0 % de Cu, de un 0 % a un 0,2 % de Nb+Ti+V, de un 0 % a un 0,01 % de Ca+REM, de un 0 % a un 0,01 % de B, de un 0 % a un 5,0 % de Cr, de un 0 % a un 10,0 % de Ni, de un 0 % a un 1,0 % de Mo, y el resto que consiste en Fe e impurezas. Se cumple $0,3 \leq \text{Si} + 200 \times \text{S} - 2,7 \times \text{C} \leq 3,0$. La dureza promedio del metal de soldadura es de 350 a 540 en dureza de Vickers. La densidad de distribución de porosidades que tienen un diámetro de 2 μm a 50 μm en el metal de soldadura es igual o menor que 5,0 piezas/ mm^2 . La densidad de distribución de inclusiones de óxidos que tienen un diámetro de 3 μm o más en el metal de soldadura es de 0,1 a 8,0 piezas/ mm^2 .

(2) En la junta soldada por láser de acuerdo con (1), al menos uno seleccionado entre el grupo que consiste en un 0,0001 % a un 1,0 % de Cu, de un 0,0001 % a un 0,2 % de Nb+Ti+V, de un 0,0001 % a un 0,01 % de Ca+REM, de un 0,0001 % a un 0,01 % de B, de un 0,0001 % a un 5,0 % de Cr, de un 0,0001 % a un 10,0 % de Ni y de un 0,0001 % a un 1,0 % de Mo puede estar presente como composición química del metal de soldadura, en % en masa.

(3) En la junta soldada por láser de acuerdo con (1) o (2), una cantidad C_H de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura puede cumplir la siguiente Expresión (a) en unidades de ppm en masa.

$$C_H \leq 3,570 - 0,0066 \times \text{HV}_{\text{WM}} \quad \text{Expresión (a)}$$

HV_{WM} en la Expresión (a) indica la dureza promedio del metal de soldadura en dureza de Vickers.

(4) En la junta soldada por láser de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (3), un 80 % o más de la estructura metalográfica en el metal de soldadura puede ser martensita, y una estructura de la martensita puede ser una estructura bcc.

(5) En la junta soldada por láser de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (4), un valor de M_s representado por la siguiente Expresión (b) puede ser igual o mayor que 250.

$$M_s = 561 - 474 \times \text{C} - 33 \times \text{Mn} - 17 \times \text{Ni} - 17 \times \text{Cr} - 21 \times \text{Mo} \quad \text{Expresión (b)}$$

(6) En la junta soldada por láser de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (5), al menos una de la pluralidad de chapas de acero puede ser una chapa de acero metalizada.

(7) De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un componente de vehículo que incluye la junta soldada por láser descrita en uno cualquiera de (1) a (6).

(8) De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un método de fabricación de una junta soldada por láser que es la junta soldada por láser descrita en uno cualquiera de (1) a (6). El método de fabricación incluye llevar a cabo la soldadura por láser de una pluralidad de chapas de acero a una velocidad de soldadura de 8 m/min o más lenta, en una atmósfera en la que la humedad absoluta es igual o menor que 5 a 25 g/ m^3 , para formar un metal de soldadura para unir la pluralidad de chapas de acero y conservar la pluralidad de

chapas de acero después de la soldadura, en un intervalo de temperaturas de 10 °C a 100 °C durante un tiempo definido por la siguiente Expresión (c). El metal de soldadura contiene, como composición química, en % en masa, de un 0,05 % a un 0,30 % de C, de un 0,005 % a un 3,0 % de Si, de un 0,005 % a un 1,0 % de Al, de un 0,5 % a un 6,0 % de Mn, más que un 0 % y un 0,04 % o menos de P, más que un 0 % y un 0,01 % o menos de S, más que un 0 % y un 0,01 % o menos de N, más que un 0 % y un 0,01 % o menos de O, de un 0 % a un 1,0 % de Cu, de un 0 % a un 0,2 % de Nb+Ti+V, de un 0 % a un 0,01 % de Ca+REM, de un 0 % a un 0,01 % de B, de un 0 % a un 5,0 % de Cr, de un 0 % a un 10,0 % de Ni, de un 0 % a un 1,0 % de Mo y el resto que consiste en Fe e impurezas. Se cumple $0,3 \leq \text{Si} + 200 \times \text{S} - 2,7 \times \text{C} \leq 3,0$.

10 $t \geq 7000 \times \text{C} - 4000$ Expresión (c)

En la Expresión (c), t indica un tiempo en unidades de minuto.

15 (9) En el método de fabricación de la junta soldada por láser de acuerdo con (8), el metal de soldadura puede contener, como composición química, en % en masa, al menos uno seleccionado entre el grupo que consiste en de un 0,0001 % a un 1,0 % de Cu, de un 0,0001 % a un 0,2 % de Nb+Ti+V, de un 0,0001 % a un 0,01 % de Ca+REM, de un 0,0001 % a un 0,01 % de B, de un 0,0001 a un 5,0 % de Cr, de un 0,0001 % a un 10,0 % de Ni y de un 0,0001 % a un 1,0 % de Mo.

20 (10) En el método de fabricación de la junta soldada por láser de acuerdo con (8) o (9), el valor de Ms representado por medio de la siguiente Expresión (d) puede ser igual o mayor que 250.

$$\text{Ms} = 561 - 474 \times \text{C} - 33 \times \text{Mn} - 17 \times \text{Ni} - 17 \times \text{Cr} - 21 \times \text{Mo}$$
 Expresión (d)

25 (11) En el método de fabricación de la junta soldada por láser de acuerdo con uno cualquiera de (8) a (10), al menos una de la pluralidad de chapas de acero puede ser una chapa de acero metalizada.

30 (12) De acuerdo con un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un método de fabricación de un componente de vehículo, que lleva a cabo la conformación en prensa sobre la junta soldada por láser de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (6).

35 (13) De acuerdo con un quinto aspecto de la presente invención, se proporciona un método de fabricación de un componente de vehículo, que lleva a cabo la conformación en prensa sobre la junta soldada por láser fabricada por medio del método de fabricación de acuerdo con uno cualquiera de (8) a (11).

Efectos de la invención

40 De acuerdo con la presente invención, es posible evitar la aparición de una fisura en un metal de soldadura de una junta soldada por láser cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. Además, es posible evitar la aparición de fisuras en el metal de soldadura en un componente de vehículo obtenido por medio de conformación en prensa de la junta soldada por láser.

Breve descripción de los dibujos

45 La Figura 1 es un dibujo de microscopio electrónico que ilustra una superficie de fractura del metal de soldadura, en la cual tiene lugar la fisura.

50 La Figura 2A es un diagrama esquemático que ilustra el movimiento de hidrógeno en una estructura reticular del metal y la porosidad justo después de la soldadura.

La Figura 2B es un diagrama esquemático que ilustra el movimiento de hidrógeno en la estructura reticular del metal y la porosidad en una etapa inicial de difusión.

55 La Figura 2C es un diagrama esquemático que ilustra el movimiento de hidrógeno de la estructura reticular del metal y la porosidad en una etapa posterior de difusión.

La Figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra un método de un ensayo de plegado de trefilado.

Realizaciones de la invención

60 Los inventores llevaron a cabo un examen detallado con el fin de aclarar la causa de fisuración presente en un metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa de la junta de soldadura descrita con anterioridad. Como resultado de ello, se obtienen las siguientes consideraciones.

65 (A) La fisura tiene lugar de manera más fácil a medida que la dureza del metal de soldadura es grande.

(B) A medida que aumenta la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura, aumenta la

cantidad de hidrógeno no apto para difusión en la porosidad, y la fisuración en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa aparece más fácilmente por la influencia de la presión interna generada por el hidrógeno en la porosidad.

5 (C) La cantidad límite de hidrógeno apto para difusión que provoca la fisuración cambia de acuerdo con la dureza del metal de soldadura.

10 (D) Debido a que existe un caso en el que la porosidad (huecos) que se ilustra en la Figura 1 funciona como punto de partida de la fractura por fragilidad, se controla la densidad de distribución de porosidades que tienen un tamaño deseado para que sea igual o menor que un valor predeterminado y, de este modo, resulta posible evitar la aparición de la fisura.

15 (E) Se controla la densidad de distribución de inclusiones de óxido que tienen un tamaño deseado para que sea igual o menor que un valor predeterminado y, de este modo, resulta posible controlar la aparición de la fisura.

20 (F) Los componentes del metal de soldadura se controlan para provocar que el índice de fluidez del conjunto de soldadura del metal de soldadura esté dentro de un intervalo predeterminado y, de este modo, sea posible controlar la fluidez del conjunto de soldadura en el tiempo de soldadura, y reducir la densidad de distribución de porosidades, que es la causa de la aparición de fisuras.

25 La presente invención se completa en base a la consideración anterior. Una junta soldada por láser de acuerdo con la presente invención incluye una junta de soldadura obtenida de manera que la pluralidad de chapas de acero se una por medio de la denominada soldadura híbrida láser-arco en la que se combinan la soldadura por láser y la soldadura por arco.

30 En lo sucesivo, se describen la junta soldada por láser (simplemente denominada junta de soldadura a continuación) y un método de fabricación de la misma de acuerdo con una realización de la presente invención. En las siguientes descripciones de una composición química, la visualización de “%” para el contenido de cada elemento significa “% en masa” en caso de no estar particularmente definido.

35 Una junta de soldadura de acuerdo con la realización es, por ejemplo, un material de blanco a medida, e incluye una pluralidad (por ejemplo, dos) de chapas de acero y un metal de soldadura formado en una parte de la junta de la pluralidad de chapas de acero. La pluralidad de chapas de acero se une a tope y se suelda por medio de láser. Se lleva a cabo la conformación en prensa sobre la junta de soldadura de acuerdo con la realización y, de este modo, se obtiene un componente de vehículo.

40 El espesor de chapa de cada una de las chapas de acero puede ser de 0,5 mm a 4,0 mm. En caso de que se usen las chapas de acero como componente de vehículo, el espesor de la chapa puede ser de 0,6 mm a 2,5 mm. Los componentes de la junta de soldadura se describen con detalle a continuación.

45 1. Dureza promedio del metal de soldadura: de 350 a 540 dureza de Vickers.

50 Si la dureza del metal de soldadura es mayor que 540 de dureza de Vickers (también descrita como HV a continuación), incluso aunque la densidad de distribución de porosidades o inclusiones de óxido del metal de soldadura se controle de manera apropiada, y se liberen las condiciones de conformación en prensa, puede aparecer una fisura en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. De este modo, se ajusta la dureza promedio del metal de soldadura para que sea igual o menor que 540 de HV.

55 En caso de que la dureza promedio del metal de soldadura sea menor que 350 de HV, independientemente de la densidad de distribución de porosidades o inclusiones de óxidos en el metal de soldadura, apenas aparece fisuración en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. Tal y como se ha descrito anteriormente, un objetivo de la presente invención es evitar la aparición de una fisuración en el metal de soldadura. De este modo, en la presente invención, la junta de soldadura en la cual la dureza promedio del metal de soldadura es igual o mayor que 350 en HV se toma como objetivo. Por consiguiente, la dureza promedio del metal de soldadura se controla para que esté dentro del intervalo de 350 a 540 de HV. La dureza promedio del metal de soldadura es preferentemente igual o menor que 530 de HV, y más preferentemente igual o menor que 520 de HV.

60 En caso de que la dureza promedio del metal de soldadura sea igual o menor que 370 de HV, aparece fisuración por hidrógeno como consecuencia del hidrógeno. En caso de que se desee evitar la aparición de fisuración por hidrógeno como consecuencia del hidrógeno en caso de ser igual o mayor que 370 de HV, se puede ajustar el valor límite inferior de la dureza promedio del metal de soldadura para que sea igual o mayor que 370 de HV.

Se obtiene la dureza promedio de la siguiente manera.

65 En primer lugar, se corta la junta de soldadura en una dirección vertical con respecto a la dirección de estiramiento de una línea de soldadura y se produce una muestra de corte transversal para la medición de dureza. Se mide la dureza en cuatro puntos o más del metal de soldadura en la muestra de corte transversal, medida con una carga de

500 gf o más, mediante el uso de un dispositivo de ensayo de dureza de Vickers. Se calcula un valor promedio de dureza medida en cuatro puntos, y se ajusta como dureza promedio. Se ajusta un punto de medición para que tenga un punto de $\frac{1}{4} t$ (t es el espesor del metal de soldadura en la dirección de espesor de la chapa de la junta de soldadura) a partir de una superficie del metal de soldadura.

5 2. Distribución de densidad de porosidades que tienen un diámetro de 2 μm a 50 μm en el metal de soldadura: 5,0 piezas/ mm^2 o menos.

10 Se forma una porosidad (huecos) en el metal de soldadura cuando se solidifica el metal de soldadura y funciona como punto de recogida de hidrógeno no apto para difusión.

15 En la técnica relacionada, tal y como se describe en el Documento 3 que no es patente, en el control de porosidad para evitar la aparición de fisuración por prensa, se ha llevado a cabo el control sobre una porosidad de aproximadamente 50 μm o mayor, que se puede observar por medio de un microscopio de rayos-X. Esto es porque se considera apropiadamente que una causa de aparición de fisuración por prensa es la rotura por disminución del área de la parte soldada que es consecuencia de la existencia de una porosidad, es decir, por degradación de la capacidad de ductilidad local de la parte soldada. No obstante, como resultado obtenido a partir del examen cuidadoso de los inventores se comprende que, en caso de proporcionar porosidades que tengan un tamaño de partícula igual o menor que 50 μm , aunque se controle una porosidad que tenga un tamaño de partícula menor que 20 50 μm de diámetro, aparece fácilmente fisuración en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. Se supone que esto es porque se recoge el hidrógeno no apto para difusión en una porosidad que tiene un diámetro de 2 μm a 50 μm , de este modo, aumenta la presión interna, y aparece la fisuración en esta porosidad como punto de partida cuando el metal de soldadura se deforma plásticamente durante la conformación en prensa.

25 De este modo, con el fin de evitar la aparición de fisuras en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa, es importante controlar la densidad de distribución de porosidades que tengan un diámetro de 2 μm a 50 μm .

30 De este modo, en la junta de soldadura de acuerdo con la realización, se controla la densidad de distribución de porosidades que tengan un diámetro de 2 μm a 50 μm en el metal de soldadura para que sea igual o menor que 5,0 piezas/ mm^2 , preferentemente igual o menor que 4,0 piezas/ mm^2 , y más preferentemente igual o menor que 3,0 piezas/ mm^2 . De este modo, se evita la aparición de fisuras cuando se lleva a cabo la conformación en prensa.

35 El valor límite inferior de la densidad de distribución de porosidades de 2 μm o mayores en el metal de soldadura no está particularmente limitado. Debido a que el efecto también se satura cuando se ajusta el valor límite inferior para que sea menor que 0,01 piezas/ mm^2 , se puede ajustar el valor límite inferior en 0,01 piezas/ mm^2 .

La densidad de distribución de porosidades se obtiene de la siguiente manera.

40 En primer lugar, se corta el metal de soldadura en la dirección vertical con respecto a la dirección de estiramiento de la línea de soldadura y se somete el corte transversal obtenido a pulido de espejo. Se observa el corte transversal sometido a pulido de espejo mediante microscopio electrónico de barrido (SEM). La observación se lleva a cabo con 2000 aumentos o más, y se observa al menos una región de 250000 μm^2 o más en un corte transversal. A continuación, se cuenta el número de porosidades que tienen un diámetro de 2 μm a 50 μm . Se lleva a cabo la observación similar sobre dos cortes transversales o más que sean diferentes del corte transversal anteriormente descrito. El número de porosidades obtenido se divide entre el área de observación, y se ajusta un valor obtenido por medio de la división como densidad de distribución de porosidades. No se designa de manera particular la posición de observación del corte transversal. No obstante, se asume que se observa una región tan grande como resulte posible, en un punto que obviamente se determina como metal de soldadura. En caso de que la frontera entre la chapa de acero y la parte de metal de soldadura tras el pulido de espejo no esté clara, resulta deseable llevar a cabo un ataque químico por adelantado, se marca la frontera y, de este modo, se provoca que la parte del metal de soldadura adquiera un estado en el que se pueda determinar de forma obvia.

50 El diámetro de una porosidad se obtiene de manera que se obtenga un área de la porosidad, y se convierte el área obtenida en un diámetro de círculo equivalente.

55 3. Densidad de distribución de inclusiones de óxido que tienen un diámetro de 3 μm o más en el metal de soldadura: de 0,1 a 8,0 piezas/ mm^2 .

Una inclusión de óxido que tiene un diámetro de 3 μm o más funciona como punto de recogida en el que se recoge el hidrógeno apto para difusión de la estructura reticular del metal de soldadura justo después de la soldadura. De este modo, la inclusión de óxido puede evitar el flujo de hidrógeno apto para difusión al interior de la porosidad. Así, se puede controlar la presión interna por parte del hidrógeno no apto para difusión en la porosidad y, por consiguiente, resulta posible evitar la aparición de fisuras en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación. Con el fin de obtener este efecto, en la junta de soldadura de acuerdo con la realización, se ajusta la densidad de distribución de inclusiones de óxido que tienen un diámetro de 3 μm o más, para que sea igual a 60 0,1 piezas/ mm^2 . La densidad de distribución de inclusiones de óxido que tienen un diámetro de 3 μm o más es

preferentemente igual o mayor que 0,2 piezas/mm², y más preferentemente igual o mayor que 0,3 piezas/mm².

5 En caso de que la densidad de distribución de inclusiones de óxido que tienen un diámetro de 3 µm o más en el metal de soldadura sea de 8,0 piezas/mm², puede tener lugar una fisura en la inclusión de óxido como punto de partida. Por consiguiente, en la junta de soldadura de acuerdo con la realización, la densidad de distribución de inclusiones de óxido que tienen un diámetro de 3 µm o más en el metal de soldadura se ajusta para que sea igual o menor que 8,0 piezas/mm², preferentemente igual o menor que 6,0 piezas/mm² y más preferentemente igual o menor que 4,0 piezas/mm².

10 La inclusión de óxido no está particularmente limitada, e incluye óxido que viene representado como alúmina y contiene Al como componente principal; óxido que contiene Si o Mn como componente principal; óxido y oxisulfuro que contienen Mg como componente principal; óxido que contiene Ti como componente principal; óxido y oxisulfuro que contienen Ca como componente principal; óxido y oxisulfuro que contienen REM (La, Ce y similares) como componente principal; óxido que contiene tipos plurales de los elementos anteriormente descritos como (Mg, Ti, Al) óxido; y similares.

La densidad de distribución de inclusiones de óxido se obtiene de la siguiente manera.

15 En primer lugar, se corta el metal de soldadura en la dirección vertical con respecto a una dirección de estiramiento de una línea de soldadura y se somete el corte transversal obtenido mediante corte a pulido de espejo. Se observa el corte transversal sometido a pulido de espejo por medio de microscopio electrónico de barrido (SEM). Se lleva a cabo la observación con 2000 aumentos o más, y se observa al menos una región de 250000 µm² o mayor. A continuación, se cuenta el número de inclusiones de óxido que tienen un diámetro de 3 µm o más. Se lleva a cabo la observación similar sobre dos cortes transversales o más que sean diferentes del corte transversal anteriormente descrito. El número de inclusiones de óxido obtenido se divide entre el área de observación, y se ajusta el valor obtenido por medio de la división como la densidad de distribución de inclusiones de óxido.

El diámetro de la inclusión de óxido se obtiene de manera que se consiga un área de inclusión de óxido, y se convierte el área obtenida en un diámetro de círculo equivalente.

25 Debido a que se proporcionan inclusiones diferentes de las de óxido en el metal de soldadura, se lleva a cabo el análisis elemental mediante el uso de EDS (espectroscopia de rayos-X con dispersión de energía) o WDS (espectrometría de rayos-X con dispersión de longitud de onda) que se monta sobre un SEM. De este modo, se lleva a cabo la distinción. Cuando se lleva a cabo la distinción entre una porosidad y una inclusión, también se usa preferentemente EDS o WDS.

30 4. Composición química del metal de soldadura

La composición química del metal de soldadura de la junta de soldadura de acuerdo con la realización y el motivo de limitar la composición se describen a continuación.

35 C: de un 0,05 a un 0,30 %

C es un elemento que se disuelve en forma sólida en el metal de soldadura durante la soldadura, y tiene una influencia sobre la dureza y la estructura metalográfica del metal de soldadura, y sobre la viscosidad del conjunto de soldadura cuando se lleva a cabo la soldadura por láser. El metal de soldadura se enfría rápidamente tras fundirse por medio de soldadura por láser. De este modo, el metal de soldadura presenta fácilmente estructura de martensita, y la dureza del metal de soldadura depende en gran medida del contenido de C. Si el contenido de C es menor que un 0,05 %, resulta difícil ajustar la dureza del metal de soldadura para que sea igual o mayor que 350 de HV. Como se ha descrito anteriormente, en la presente invención, la junta de soldadura en la cual la dureza del metal de soldadura es igual o mayor que 350 de HV se ajusta como objetivo. Por consiguiente, el contenido de C se ajusta para que sea igual o mayor que un 0,05 %. Desde dicho punto de vista, el contenido de C se puede ajustar para que sea igual o mayor que un 0,10 %, un 0,15 % o un 0,20 %.

45 Si el contenido de C del metal de soldadura es mayor que un 0,30 %, la dureza del metal de soldadura se vuelve mayor que 540 de HV de forma fácil, y tiene lugar la fisuración en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. Por consiguiente, el contenido de C se ajusta para que sea igual o menor que un 0,30 %. Desde ese punto de vista, el contenido de C es preferentemente igual o menor que un 0,25 %, más preferentemente igual o menor que un 0,20 % y más preferentemente igual o menor que un 0,15 %.

Si: de un 0,005 a un 3,0 %

55 Si tiene un efecto de controlar la transformación de fase con el fin de controlar los componentes de la estructura metalográfica de la chapa de acero. Además, Si tiene una influencia sobre la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura y sobre la formación de una porosidad. De este modo, Si es importante para controlar la aparición de fisuras en el metal de soldadura cuando se somete a conformación en prensa. Si el contenido de Si en el metal de soldadura es mayor que un 3,0 %, el motivo no está claro, pero aumenta la cantidad de hidrógeno apto para difusión insertado en la estructura reticular del metal durante la soldadura. De este modo,

tiene lugar la fisuración en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. Además, a medida que la cantidad de Si aumenta, aumenta también la fluidez de la parte fundida en el momento de la soldadura, y disminuye la cantidad de porosidades finas. El motivo no está claro, pero la cantidad de porosidades cambia para tener una tendencia de aumento, en un caso que es contrario al caso en el que el contenido de Si es mayor que 3,0. Por consiguiente, el contenido total de Si se ajusta para que sea igual o menor que un 3,0 %. En caso de considerarse desde este punto de vista, el contenido total de Si es preferentemente igual o menor que un 2,3 %, más preferentemente igual o menor que un 2,0 %, y más preferentemente igual o menor que un 1,7 %.

Si el contenido de Si es menor que un 0,005 %, aumenta el óxido en el metal de soldadura y, de este modo, puede tener lugar la fisuración cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. De este modo, el contenido de Si es igual o mayor que un 0,005 %, más preferentemente igual o mayor que un 0,01 % y más preferentemente igual o mayor que un 0,05 %.

Al: de un 0,005 a un 1,0 %

Igual que Si, Al también tiene un efecto de control de la transformación de fase para controlar los componentes de la estructura metalográfica de la chapa de acero. Además, Al tiene una influencia sobre la cantidad de hidrógeno apto para difusión del metal de soldadura, y de este modo, tiene una influencia sobre el movimiento de aparición de una fisura en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. Si el contenido de Al del metal de soldadura es mayor que un 1,0 %, el motivo no está claro, pero la cantidad de hidrógeno apto para difusión insertado en la estructura reticular durante la soldadura tiende a aumentar. De este modo, tiene lugar la fisuración sencilla del metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en caliente. Por consiguiente, el contenido de Al se ajusta para que sea igual o menor que un 1,0 %. En caso de considerarse desde ese punto de vista, el contenido total de Al es preferentemente igual o menor que un 0,8 %, más preferentemente igual o menor que un 0,6 % y más preferentemente igual o menor que un 0,4 %.

El contenido de Al puede ser igual o mayor que un 0,005 %. No obstante, si el contenido de Al es menor que un 0,005 %, aumenta el óxido en el metal de soldadura y, de este modo, puede aparecer una fisura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. En caso de considerarse desde ese punto de vista, el contenido de Al es preferentemente igual o mayor que un 0,005 %, más preferentemente igual o mayor que un 0,1 %, y más preferentemente igual o mayor que un 0,5 %.

Mn: de un 0,5 a un 6,0 %

Mn es un elemento que está presente en la chapa de acero con el fin de controlar la estructura metalográfica, y, como resultado de ello, está presente en el material fundido. Si el contenido de Mn es menor que un 0,5 %, la templabilidad se ve degradada en gran medida. De este modo, aunque esté presente una gran cantidad de C, resulta difícil ajustar de forma estable la dureza del metal de soldadura para que sea igual o mayor que 350 de HV. En la presente invención, la junta de soldadura en la cual la dureza promedio del metal de soldadura es igual o mayor que 350 HV se ajusta como objetivo. De este modo, el contenido de Mn se ajusta para que sea igual o mayor que un 0,5 %, preferentemente igual o mayor que un 1,0 %, y más preferentemente igual o mayor que un 1,5 %.

Si el contenido de Mn en el metal de soldadura es mayor que un 6,0 %, el metal de soldadura se vuelve frágil y, de este modo, puede aparecer la fisuración en el metal de soldadura. Por consiguiente, se ajusta el contenido de Mn para que sea igual o menor que un 6,0 %, preferentemente igual o menor que un 4,0 %, y más preferentemente igual o menor que un 2,0 %.

P: más que un 0 % y un 0,04 % o menos

Se puede usar P para garantizar la resistencia de la chapa de acero que constituye la junta. No obstante, P es un elemento que provoca que la parte soldada se vuelva frágil. De este modo, si el contenido de P es mayor que un 0,04 %, aparece fisuración independientemente del control de distribución de porosidades o la cantidad de hidrógeno apto para difusión. De este modo, se ajusta el límite superior para que sea de un 0,04 % y preferentemente de un 0,03 %.

El límite inferior tiene cualquier valor con tal de que el límite sea mayor que 0. No obstante, si el límite inferior es demasiado bajo, el coste de fabricación, tal como el coste de refinado, aumenta, se puede ajustar el límite inferior en un 0,0001 %.

S: más que un 0 % y un 0,01 % o menos

S es un elemento que permite el aumento de fluidez del metal (metal fundido) en la soldadura y permite la disminución de la cantidad de porosidades. No obstante, S es un elemento que provoca la fragilidad de la parte soldada. Si el contenido de S es mayor que un 0,01 %, aparece una fisura independientemente del control de distribución de porosidades o la densidad de distribución de inclusiones de óxido. De este modo, el límite superior se ajusta en un 0,01 %.

ES 2 749 205 T3

El límite inferior tiene cualquier valor con tal de que el límite sea mayor que 0. No obstante, si el límite inferior es demasiado bajo, el coste de fabricación tal como el coste de refinado aumenta, se puede ajustar el límite inferior en un 0,0001 %.

5 N: más que un 0 % y un 0,01 % o menos

10 N es un elemento usado para garantizar la resistencia de la chapa de acero que constituye la junta, y tiene un efecto de reducción del tamaño de grano del metal de soldadura. No obstante, si la cantidad de N es mayor que un 0,01 %, por ejemplo, se forma nitruro basto en el metal de soldadura y, de este modo, la tendencia a la fragilidad se vuelve más fuerte. Por consiguiente, el límite superior del mismo se ajusta en un 0,01 %. El límite inferior tiene cualquier valor con tal de que el límite sea mayor que 0. No obstante, si el límite inferior es demasiado bajo, el coste de fabricación tal como el coste de refinado aumenta, se puede ajustar el límite inferior en un 0,0001 %.

15 O: más que un 0 % y un 0,01 % o menos

O es un elemento que tiene influencia sobre la distribución de inclusiones de óxido en el metal de soldadura. Si el contenido de O es mayor que un 0,01 %, aumenta la densidad de inclusiones de óxido y, de este modo, se provoca la aparición de fisuración para propagar las inclusiones de óxido durante la conformación en prensa. De este modo, el límite superior se ajusta en un 0,01 %.

20 Índice de fluidez del conjunto de soldadura α : de 0,3 a 3,0

25 C, Si y S son elementos que tienen una influencia sobre la fluidez del conjunto de soldadura (metal fundido). Específicamente, a medida que aumentan los contenidos de Si y S, la fluidez del conjunto de soldadura se ve mejorada. A medida que se reduce el contenido de C, la fluidez del conjunto de soldadura se ve mejorada.

30 En la junta de soldadura de acuerdo con la realización, C, Si y S controlan los componentes del metal de soldadura para provocar que el índice de fluidez del conjunto de soldadura α representado por medio de la siguiente Expresión (1) sea de 0,3 a 3,0. La Expresión (1) se obtiene considerando un grado de influencia sobre la fluidez del conjunto de soldadura.

Si, S y C significan contenidos (% en masa) de elementos en el metal de soldadura.

35 Índice de fluidez del conjunto de soldadura $\alpha = Si + 200 \times S - 2,7 \times C$ Expresión (1)

40 En caso de que el índice de fluidez del conjunto de soldadura α sea menor que 0,3, al aire presente en el conjunto de soldadura apenas se elimina al exterior antes de la solidificación del conjunto de soldadura. De este modo, aumenta la densidad de distribución de porosidades del metal fundido y aparece fácilmente fisuración en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. De este modo, el índice de fluidez del conjunto de soldadura α es igual o mayor que 0,3, preferentemente igual o mayor que 0,4, y más preferentemente igual o mayor que 0,8.

45 En caso de que el índice de fluidez del conjunto de soldadura α sea mayor que 0,3, la densidad de distribución de porosidades tiende a aumentar. El motivo no está claro, pero existe la probabilidad de que aumente la cantidad de aire presente en el metal durante la soldadura. De este modo, el índice de fluidez del conjunto de soldadura α es igual o menor que 0,3, preferentemente igual o menor que 2,5, y más preferentemente igual o menor que 1,8.

50 El metal de soldadura puede contener un tipo o más seleccionados entre el grupo que consiste en Cr, Ni, Mo, Cu, Nb, Ti, V, Ca, REM y B que se describen a continuación, además de los elementos anteriormente descritos.

Cr: de un 0 % a un 5,0 %

Ni: de un 0 % a un 10,0 %

55 Mo: de un 0 % a un 1,0 %

Cr, Ni y Mo son elementos que están presentes en la chapa de acero con el fin de controlar la estructura metalográfica y, como resultado de ello, están presentes en el metal de soldadura.

60 Los valores límite inferiores de Cr, Ni y Mo son un 0 %, pero se ajusta preferentemente en un 0,0001 % como valores límite inferiores con el fin de obtener obviamente el efecto adicional.

65 Si el contenido de Cr es mayor que un 5,0 %, el contenido de Ni es mayor que un 10,0 % y el contenido de Mo es mayor que un 1,0 % en el metal de soldadura, éste se vuelve frágil y, de este modo, puede aparecer la fisuración en el metal de soldadura. De este modo, el contenido de Cr se ajusta para que sea igual o menor que un 5,0 %. El contenido de Ni se ajusta para que sea igual o menor que un 10,0 %. El contenido de Mo se ajusta para que sea

igual o menor que un 1,0 %.

(Ms ≥ 250)

5 Si el punto Ms del metal de soldadura, que viene representado por la siguiente Expresión (2), es menor que 250 °C, aunque los contenidos de Cr, Ni y Mo estén dentro de los intervalos anteriores, puede aparecer fisuración en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. El motivo no está claro, pero existe la probabilidad de influencia de una configuración de una estructura metalográfica del metal de soldadura. Es decir, si el punto Ms es menor que 250 °C, aumenta la proporción de martensita con estructura bct en el metal de soldadura.
10 De este modo, puede aparecer fácilmente fisuración en el metal de soldadura. Por consiguiente, en caso de que un tipo o más seleccionados entre el grupo que consiste en Cr, Ni y Mo esté presente en el metal de soldadura, se determinan preferentemente los contenidos de los elementos para provocar que el valor de Ms representado por medio de la siguiente Expresión (2) sea igual o mayor que 250. Los contenidos de los elementos se determinan preferentemente de manera que provoquen que el valor de Ms sea igual o mayor que 280.

$$15 \quad Ms = 561 - 474xC - 33xMn - 17xNi - 17xCr - 21xMo \quad \text{Expresión (2)}$$

En la Expresión (2), el símbolo de cada uno de los elementos indica el contenido (% en masa) del elemento presente en el metal de soldadura. En caso de no estar presente, el símbolo indica cero.

20 Cu: de 0 a un 1,0 %

Cu es un elemento que está presente en la chapa de acero con el fin de controlar una configuración de estructura metalográfica como se describe a continuación, y como resultado de ello, está presente en el metal de soldadura. No obstante, si el contenido de Cu es mayor que un 1,0 %, el metal de soldadura se vuelve frágil y, de este modo, puede aparecer fisuración cuando la junta de soldadura se conforma en prensa. De este modo, el contenido de Cu preferentemente se ajusta para que sea igual o menor que un 1,0 %. Un valor límite inferior de Cu es 0 %. No obstante, preferentemente se ajusta en un 0,0001 % como valor límite, con el fin de obtener obviamente el efecto adicional.

30 Nb, Ti y V: de un 0 % a un 0,2 % en total

Nb, Ti y V tienen un efecto de mejora de la resistencia de la chapa de acero, como elementos que favorecen la precipitación. Nb, Ti y V se usan para el refinado de granos en el metal de soldadura tras la soldadura por láser, y los granos en la zona afectada por el calor. No obstante, si el contenido total de Nb, Ti y V es mayor que un 0,2 %, se puede formar óxido en el metal de soldadura y el óxido formado puede funcionar como punto de partida de fisuración cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. De este modo, el contenido total de Nb, Ti y V es preferentemente igual o menor que un 0,2 %. Preferentemente, el valor límite inferior del contenido total de Nb, Ti y V es de un 0 %, pero preferentemente se ajusta en un 0,0001 %, con el fin de obtener obviamente el efecto adicional.

40 Ca y REM: de un 0 % a un 0,01 % en total

Ca y REM tienen el efecto de controlar las inclusiones que funcionan como punto de partida de la fisuración, en la chapa de acero de base y el metal de soldadura de la junta soldada. No obstante, si el contenido total de Ca y REM es mayor que un 0,01 %, se puede formar óxido en el metal de soldadura, y el óxido formado puede funcionar como punto de partida de fisuración cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. De este modo, el contenido total de Ca y REM es preferentemente igual o menor que un 0,01 %. El valor límite inferior del contenido total de Ca y REM es de un 0 %, pero preferentemente se ajusta en un 0,0001 %, con el fin de obtener obviamente el efecto adicional.

50 “REM” es un término genérico de 17 elementos que son la suma de Sc, Y y lantánidos. El contenido de REM significa el contenido total de un tipo o más de los elementos de REM. “Lantánidos” es un término genérico de 15 elementos que son la suma de los elementos de La a Lu.

55 B: de un 0 a un 0,01 %

B tiene un efecto de mejora de la resistencia y tenacidad del metal de soldadura. No obstante, si el contenido de B es mayor que un 0,01 %, se puede formar boruro en el metal de soldadura y el boruro formado puede funcionar como punto de partida de fisuración cuando se lleva a cabo la conformación en caliente. De este modo, el contenido de B es preferentemente igual o menor que un 0,01 %. El valor límite inferior de B es 0 %, pero preferentemente se ajusta en 0,0001 %, con el fin de obtener obviamente el efecto adicional.

65 Resto: Fe e impurezas

El metal de soldadura de una junta de soldadura de acuerdo con la realización contiene, por ejemplo, los elementos

anteriores. El resto consiste en Fe e impurezas. "Impurezas" significa componentes mezclados por una causa, diferentes de las materias primas tales como mineral y chatarra, cuando se fabrica acero de forma industrial. Como se describe a continuación, en caso de usar la chapa de acero metalizada como chapa de acero de base de una junta de soldadura, los elementos del material de metalizado están presentes como impurezas en el metal de soldadura.

En el metal de soldadura de una junta de soldadura de acuerdo con la realización, Fe es el componente principal del metal de soldadura. Si el contenido de Fe en el metal de soldadura es menor que un 90 %, resulta difícil ajustar el punto Ms del metal de soldadura, que se calcula por medio de la Expresión (2) descrita anteriormente, para que sea igual o mayor que 250 °C. De este modo, el contenido de Fe es preferentemente igual o mayor que un 90 %.

1. Método de obtención de la composición química del metal de soldadura

Se obtiene la composición química del metal de soldadura de la siguiente manera. En primer lugar, únicamente se corta el metal de soldadura a partir de la junta de soldadura. Posteriormente, se corta una muestra del metal de soldadura o se muestra una parte soldada a partir del metal de soldadura por medio de pulido. Se lleva a cabo el análisis cuantitativo basado en los niveles descritos en la Tabla 1 de JIS G0321 (2010). De este modo, se puede obtener la composición química del metal de soldadura.

2. Composición promedio de la pluralidad de chapas de acero

La composición química del metal de soldadura depende de la composición promedio y las condiciones de soldadura de una pluralidad de chapas de acero (metal de base) que se unen unas a otras a través del metal de soldadura. De este modo, la composición promedio de una pluralidad de chapas de acero está preferentemente dentro del intervalo de la composición química del metal de soldadura anteriormente descrito. Aunque la composición promedio de la pluralidad de chapas de acero no esté dentro del intervalo de composición química del metal de soldadura anteriormente descrito, es posible ajustar la composición del metal de soldadura mediante el uso de una varilla de soldadura o metal de inserto en la soldadura. Se puede ajustar la cantidad de oxígeno para que se encuentre dentro de un intervalo deseado, por medio de ajuste de las condiciones de soldadura.

3. Método de obtención de la composición promedio de chapas de acero

Se calcula el contenido promedio de cada elemento por medio de la siguiente expresión, y de este modo se obtiene una composición promedio de una pluralidad de chapas de acero.

$$X_{promedio} = \frac{\sum_{k=1}^n t_k \cdot X_k}{\sum_{k=1}^n t_k} \quad \text{Expresión (3)}$$

En la Expresión (3), $X_{promedio}$ indica el contenido promedio de un determinado elemento X. t_k indica una chapa de acero que ocupa la posición k-ésima entre n chapas de acero. X_k indica un contenido del elemento X presente en la chapa k-ésima.

Por ejemplo, en un caso en el que la junta de soldadura se obtenga por medio de soldadura por láser de dos chapas de acero (ajustadas para ser chapas A y B a continuación), si el contenido de un determinado elemento X en la chapa A se ajusta como X_A , el espesor de la chapa A se ajusta como t_A , el contenido del elemento X en la chapa B se ajusta como X_B y el espesor de la chapa B se ajusta como t_B , el contenido promedio $X_{promedio}$ del elemento X en las dos capas de acero A y B se puede obtener por medio de la siguiente Expresión (4). Se calcula el contenido promedio de cada elemento y, de este modo, se puede obtener la composición promedio de las dos chapas de acero.

$$X_{promedio} = (t_A \cdot X_A + t_B \cdot X_B)/(t_A + t_B) \quad \text{Expresión (4)}$$

Con respecto al análisis de composición de cada una de las chapas de acero, se prepara una muestra en base a los niveles descritos en la Tabla 1 de JIS G0321 (2010) y se lleva a cabo el análisis cuantitativo de la muestra. De esta manera, se puede llevar a cabo el análisis de composición de la chapa de acero.

4. Tratamiento superficial de la chapa de acero

En la junta de soldadura de acuerdo con la realización, el tratamiento de metalizado se puede llevar a cabo sobre una superficie de la chapa de acero que tenga la configuración anteriormente descrita. Es posible reducir la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura, mediante el uso de una chapa de acero metalizada como material de la junta de soldadura. El motivo se supone como se muestra a continuación. Un componente de metalizado evaporado por medio del calor de la soldadura protege una parte del metal fundido en estado gaseoso. Como resultado de ello, se evita la inserción de humedad en un espacio alrededor del metal fundido en el interior del metal fundido. De este modo, es preferible usar al menos una pluralidad de chapas de acero que constituyen la junta de soldadura en forma de chapa de acero metalizada, y es más preferible que toda la pluralidad de chapas de acero se use en forma de chapas de acero metalizadas. El tipo de metalizado no está particularmente limitado. Se pueden

usar diversos tipos de metalizado tales como metalizado por inmersión en caliente, metalizado por inmersión en caliente de aleación y electro-metalizado. El espesor de metalizado tampoco está particularmente limitado. Por ejemplo, se puede usar Zn, Ni, Al, Fe y Sn como material de metalizado. Se puede usar un metalizado de aleación. Específicamente, se puede usar un metalizado de aleación que tenga una composición tal como Zn-Sn, Zn-Al-Mg o Zn-Al-Mg-Si. En caso de usar una chapa de acero metalizada como chapa de acero de base de la junta de soldadura, los elementos del material de metalizado pueden estar presentes como impurezas, en una composición química de metal de soldadura.

9. Cantidad (ppm en masa) de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura: "3,570-0,066 HV_{VM}" o menos

Como se ha descrito anteriormente, se considera que una fisura del metal de soldadura que aparece en el momento de llevar a cabo la conformación en prensa de una junta de soldadura es una fisura que comienza a partir de una porosidad. La porosidad usada tiene una presión interna que aumenta por medio de la recogida de hidrógeno no apto para difusión. De este modo, si resulta posible definir el hidrógeno no apto para difusión en la porosidad, es posible evitar la aparición de una fisura de metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa de la junta de soldadura. No obstante, la definición de hidrógeno no apto para difusión en la porosidad resulta poco realista. Los inventores descubrieron que el hidrógeno no apto para difusión en la porosidad tiene una correlación con el hidrógeno apto para difusión en la estructura reticular del metal, aunque la correlación tenga escaso tiempo de diferencia.

De manera más detallada, como se ilustra en la Figura 2A, justo después de la soldadura, el hidrógeno apto para difusión está en un estado de excesiva remanencia en la estructura reticular del metal, por medio de disociación de H₂O en el aire en la soldadura. A continuación, el hidrógeno apto para difusión (1) se elimina de la superficie de la chapa de acero, (2) se recoge en una porosidad o (3) queda retenido en una inclusión de óxido, como se ilustra en la Figura 2B que ilustra una etapa inicial de difusión. Posteriormente, como se ilustra en la Figura 2C que muestra una etapa de difusión posterior, el hidrógeno no apto para difusión recogido en una porosidad también se elimina fuera de la estructura reticular del metal con el transcurso del tiempo. De este modo, en la etapa inicial de difusión y la etapa posterior de difusión, la cantidad de hidrógeno no apto para difusión en la porosidad y la cantidad de hidrógeno apto para difusión en la estructura reticular del metal están correlacionadas una con la otra.

En caso de que la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura sea constante, aparece una fisuración de manera más sencilla en el metal de soldadura a medida que aumenta la dureza del metal de soldadura. En otras palabras, se reduce el valor límite (cantidad límite de hidrógeno apto para difusión) de una cantidad de hidrógeno apto para difusión, lo cual puede evitar la aparición de la fisura en el metal de soldadura a medida que aumenta la dureza del metal de soldadura.

Los inventores descubrieron que, si la cantidad C_H (ppm en masa) de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura cumple la siguiente Expresión (5), resulta posible evitar de manera apropiada la aparición de una fisura en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa de la junta de soldadura. La cantidad C_H se obtiene midiendo después de llevar a cabo la retención en un intervalo de temperaturas de 10 °C a 100 °C durante un tiempo de retención definido t = 7000xC-400 (min) tras la soldadura.

$$C_H \leq 3,570 - 0,0066 \times HV_{VM} \quad \text{Expresión (5)}$$

En este caso, HV_{VM} indica la dureza promedio del metal de soldadura en dureza de Vickers.

Se aplica el tiempo de retención t definido en la etapa posterior de difusión ilustrada en la Figura 2C. El tiempo de retención definido es un período requerido hasta que se reduce la cantidad de hidrógeno apto para difusión y disminuye la cantidad de hidrógeno en la porosidad que aparece por medio de reducción de la cantidad de hidrógeno apto para difusión. El tiempo de retención definido puede ser igual o mayor que 7000xC-400 (min).

El hidrógeno en el metal de soldadura se clasifica aproximadamente en hidrógeno apto para difusión e hidrógeno no apto para difusión. La cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura se puede calcular mediante el uso de un método de desorción térmica. Específicamente, por ejemplo, se puede medir la cantidad de hidrógeno eliminado del metal de soldadura cuando éste se calienta desde temperatura ambiente hasta 200 °C a 100 °C/h por medio de cromatografía, y se puede calcular la cantidad de hidrógeno apto para difusión a partir de la cantidad medida de hidrógeno.

10. Estructura metalográfica principal de metal de soldadura: martensita de estructura bcc (cúbica centrada en el cuerpo)

La estructura metalográfica del metal de soldadura es un factor que tiene una influencia sobre la operación de fisuración cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. El motivo no está claro. No obstante, como resultado obtenido a partir del examen de los inventores, se comprende que, si la estructura metalográfica principal del metal de soldadura es martensita de estructura bct (tetragonal centrada en el cuerpo), aparece fácilmente la fisura en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. De este modo, la estructura metalográfica principal del metal de soldadura es preferentemente martensita de estructura bcc. La martensita de estructura bcc puede ser martensita en la cual no se proporciona carburo, o martensita de atemperado en la cual precipita carburo

de hierro. La estructura residual puede ser un tipo o dos tipos de bainita y austenita residual.

En este caso, la estructura metalográfica principal hace referencia a una estructura metalográfica de un 80 % o más en relación de área. La estructura metalográfica del metal de soldadura preferentemente tiene martensita de estructura bcc (cúbica centrada en el cuerpo), que es igual a más de un 90 % de relación de área. Por ejemplo, la estructura metalográfica se puede especificar por medio de la observación de un SEM o microscopio electrónico de transmisión (TEM). Una estructura cristalina de martensita se puede especificar por medio de un método de difracción de rayos-X, por ejemplo. Específicamente, las constantes de estructura reticular de un eje a y un eje c de un plano {100} se miden por medio de un método de difracción de rayos-X, y se determina si la estructura cristalina es cúbica (bcc) o tetragonal (bct), a partir de una relación de ejes c/a. En caso de que el valor de c/a sea igual o menor que 1,007, se asume que la estructura de martensita es una estructura bcc.

11. Condición de fabricación de junta de soldadura

Los inventores llevan a cabo diversas investigaciones para las condiciones preferidas que se usan en la fabricación de una junta de soldadura que tenga la configuración deseada anteriormente descrita. Específicamente, se lleva a cabo una investigación de un método para controlar la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura y la cantidad de porosidades. Como resultado de ello, se comprende que se ajustan de forma apropiada la humedad absoluta de la atmósfera de soldadura, la velocidad de soldadura y las condiciones de tratamiento térmico de la junta de soldadura antes de la formación y, de este modo, resulta posible controlar la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura y la cantidad de porosidades. Las condiciones de fabricación de la junta de soldadura se describen con detalle a continuación.

Humedad absoluta de la atmósfera de soldadura: de 5 g/m³ a 25 g/m³

La humedad absoluta en la soldadura por láser tiene una influencia sobre la cantidad de hidrógeno apto para difusión del metal de soldadura. Específicamente, si la humedad absoluta es mayor que 25 g/m³, la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura resulta excesiva y, de este modo, puede aparecer fractura retardada en el metal de soldadura antes de la conformación en prensa. Si la humedad absoluta es mayor que 25 g/m³, aunque se lleve a cabo el tratamiento térmico durante un período predeterminado antes de la conformación en prensa, no es posible que la cantidad de hidrógeno apto para difusión del metal de soldadura se reduzca de manera suficiente. De este modo, incluso en el caso de que la fractura retardada no aparezca antes de la conformación en prensa, la fisuración aparece de manera sencilla cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. De este modo, la humedad absoluta en la soldadura por láser se ajusta para que sea igual o menor que 25 g/m³, y preferentemente igual o menor que 20 g/m³.

Si la humedad absoluta es menor que 5 g/m³, el hidrógeno queda retenido y, de este modo, se reduce la densidad de distribución de inclusiones de óxido que tienen un efecto de inhibición de la recogida de hidrógeno. Se considera que esto es debido a que la reducción de contenido de humedad provoca la reducción de la cantidad de átomos de O generada mediante reacción de disociación ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H} + \text{O}$) de H_2O cuya causa es la soldadura y, como resultado de ello, se reduce la cantidad de O que actúa como reacción de oxidación con el metal fundido. De este modo, la humedad absoluta es igual o mayor que 5 g/m³, preferentemente igual o mayor que 7 g/m³, y más preferentemente igual o mayor que 10 g/m³.

Velocidad de soldadura: 8 m/minuto o más lenta

La velocidad de soldadura es un factor que tiene una influencia sobre la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura y la cantidad de porosidades. Si la velocidad de soldadura por láser es mayor que 8 m/minuto, la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura y/o la cantidad de porosidades aumenta, y aparece con facilidad la fisuración en el metal de soldadura. De este modo, la velocidad de soldadura por láser es igual o menor que 8 m/minuto, preferentemente igual o menor que 6 m/minuto, y más preferentemente igual o menor que 5 m/minuto.

Temperatura de reacción de la junta de soldadura tras concluir la soldadura y antes de llevar a cabo la conformación en prensa: de 10 °C a 100 °C

Tras concluir la soldadura por láser y antes de llevar a cabo la conformación en prensa, se mantiene la junta de soldadura a una temperatura predeterminada con el fin de reducir la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura. Si la temperatura de reacción es menor que 10 °C, no resulta posible que la cantidad de hidrógeno apto para difusión se reduzca de manera suficiente. Si la temperatura de retención es mayor que 100 °C, se modifican las características mecánicas de la chapa de acero diferentes del metal de soldadura. De este modo, una vez concluida la soldadura por láser y antes de llevar a cabo la conformación en prensa, preferentemente la junta de soldadura se retiene en un intervalo de temperaturas de 10 °C a 100 °C. Preferentemente, el tiempo de retención es igual o mayor que 20 °C, y preferentemente igual o menor que 80 °C.

Tiempo de retención (minutos) de la junta de soldadura tras concluir la soldadura y antes de llevar a cabo la conformación en prensa: "7000xC-400" o mayor

5 Tras concluir la soldadura por láser y antes de llevar a cabo la conformación en prensa, el tiempo de retención (minutos) de la junta de soldadura en un intervalo de temperaturas de 10 °C a 100 °C tiene una influencia sobre la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura. Si el tiempo de retención es más corto que "7000xC-400", no resulta posible que la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura se reduzca de forma suficiente, y aparece la fisuración de forma sencilla en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa (C indica el contenido (% en masa) de C en el metal de soldadura). El tiempo de retención t se ajusta para cumplir la siguiente Expresión (6), y más preferentemente el tiempo de retención t se
10 ajusta para cumplir la siguiente Expresión (7).

t (minutos) \geq 7000xC-400 Expresión (6)

t (minutos) \geq 8000xC-400 Expresión (7)

15 Aunque se reduzca la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura, puede aparecer fisuración en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa, durante un período hasta que el tiempo de retención (minutos) de la junta de soldadura en un intervalo de temperaturas de 10 °C a 100 °C alcance 60 segundos, una vez concluida la soldadura por láser y antes de llevar a cabo la conformación en prensa. El motivo no está claro, pero se supone lo siguiente. Durante el período hasta que el tiempo de retención alcanza 60 segundos, la concentración de hidrógeno en el metal de soldadura se distribuye de manera no uniforme. De este modo, aunque el valor promedio de la cantidad de hidrógeno apto para difusión se reduzca, se puede proporcionar
20 localmente una zona en la que la concentración de hidrógeno sea elevada. De este modo, el tiempo de retención t puede tener un límite inferior que se ajuste en 60 segundos, preferentemente 100 segundos, más preferentemente 180 segundos, además de ajustar el valor de límite inferior por medio de la Expresión (6) o (7) anterior.

25 Las condiciones diferentes de las condiciones de soldadura anteriormente descritas no están particularmente limitadas. No obstante, se sabe que diversas condiciones tales como la separación entre las chapas de acero en la soldadura, la cantidad de haces de láser que está fuera del punto focal y la anchura de pulso del láser ejercen influencia sobre la formación de porosidades. De este modo, las diversas condiciones se ajustan de forma apropiada de acuerdo con el tipo, rendimiento, y similares del láser que se use. El tipo de oscilador de láser tampoco está particularmente limitado. Por ejemplo, se puede usar un oscilador de láser de fibra, láser de YAG, láser de disco, láser de semiconductor, láser de gas de dióxido de carbono (láser de CO₂) y similares. Se puede unir una pluralidad
30 de chapas de acero unas a otras por medio de la denominada soldadura híbrida de láser-arco usando una varilla de soldadura. La combinación de espesor de chapa tampoco está particularmente limitada. No obstante, si la diferencia de espesor de chapa entre las chapas de acero objeto de soldadura es mayor que 2 mm, la tensión se concentra en el metal de soldadura, y puede aparecer fisuración de forma fácil. De este modo, la diferencia de espesor de chapa entre las chapas de acero que se pretenden soldar es preferentemente igual o menor que 2 mm.

35 Ejemplos

La presente invención se describe más específicamente por medio del uso de los ejemplos. No obstante, la presente invención no se limita a los ejemplos.

40 En primer lugar, se preparó cada una de las chapas de acero A a Z con una composición química y resistencia de tracción como se muestra en la Tabla 1 siguiente, una anchura de 25 mm y una longitud de 250 mm. Se preparó una pluralidad de chapas de acero que correspondían a cada una de las chapas de acero A a Z. Con respecto a la chapa de acero I, se prepararon chapas de acero que tenían tres tipos de espesor (1,0 mm, 1,2 mm y 1,6 mm) y se ajustó el espesor de otras chapas de acero en 1,2 mm. La chapa de acero F es de acero metalizado (GA) obtenida llevando a cabo el galva-recocido por inmersión en caliente de aleación sobre una chapa de acero laminada en frío. La chapa de acero J es de acero metalizado (GI) obtenida llevando a cabo el galvanizado por inmersión en caliente
45 sobre una chapa de acero laminada en frío. Otras chapas son de acero laminadas en frío (CR).

[Tabla 1]

Chapa de acero		Composición química (% en masa)													Resto: Fe e impurezas					Resistencia de Tracción
Símbolo	Tipo*	C	Si	Al	Mn	Ni	Cr	Mb	P	S	N	O	Otros							
A	CR	0,015	0,13	0,01	0,7	0,01	0,01	-	0,03	0,0006	0,002	0,005	-	310						
B	CR	0,06	0,01	0,04	1,5	0,01	0,01	-	0,03	0,0032	0,002	0,003	-	600						
C	CR	0,08	0,50	0,03	2,0	0,01	0,01	-	0,03	0,0026	0,003	0,002	Cr:0,03	610						
D	CR	0,10	0,05	0,03	1,4	0,01	0,01	-	0,03	0,0022	0,003	0,003	-	450						
E	CR	0,10	0,50	0,03	2,0	0,01	0,3	-	0,03	0,0028	0,003	0,004	Ti:0,04, B:0,001	1010						
F	GA	0,10	0,32	0,01	2,0	0,01	0,3	-	0,03	0,0014	0,003	0,003	Ti:0,04, B:0,001	1010						
G	CR	0,11	0,10	0,03	1,5	0,01	0,01	-	0,04	0,0033	0,003	0,003	Nb:0,04	620						
H	CR	0,15	0,38	0,05	1,9	0,40	0,01	-	0,02	0,0022	0,003	0,002	-	1080						
I	CR	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,003	0,003	Ti: 0,01	1000						
J	GI	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,003	0,002	Ti:0,01	1000						
K	CR	0,20	1,50	0,33	5,0	0,01	0,3	-	0,02	0,0008	0,003	0,003	Ca:0,001, La:0,001, Ce:0,001	1350						
L	CR	0,20	1,50	0,33	7,0	0,01	0,01	-	0,02	0,0008	0,002	0,004	-	1420						
M	CR	0,20	0,45	0,05	1,2	9,0	0,01	-	0,02	0,0025	0,003	0,002	-	1020						
N	CR	0,20	0,45	0,05	1,2	11,0	0,01	-	0,02	0,0025	0,005	0,003	-	1160						
O	CR	0,20	3,20	0,04	2,4	0,01	0,01	-	0,02	0,0018	0,003	0,003	-	1340						
P	CR	0,23	1,50	0,03	2,0	0,10	0,01	-	0,02	0,0012	0,003	0,003	V:0,03	1090						
Q	CR	0,27	1,50	0,10	2,3	0,10	0,01	-	0,02	0,0009	0,003	0,004	B:0,002	1180						
R	CR	0,30	1,80	0,10	2,2	0,01	0,01	0,2	0,02	0,0029	0,003	0,003	Nb:0,02, Ti:0,02	1040						
S	CR	0,40	1,30	0,40	2,0	0,01	0,2	-	0,02	0,0005	0,004	0,004	-	1060						
T	CR	0,42	1,65	0,45	4,0	0,01	0,01	-	0,02	0,0015	0,002	0,005	-	1330						
U	CR	0,40	1,30	0,40	2,0	0,01	0,2	-	0,02	0,0025	0,004	0,004	V:0,2	1050						
V	CR	0,40	1,30	0,40	2,0	0,01	0,2	-	0,02	0,024	0,004	0,004	V:0,2	1040						
W	CR	0,40	1,30	0,40	2,0	0,01	0,2	-	0,18	0,0005	0,004	0,004	V:0,2	1085						
X	CR	0,40	1,30	0,40	2,0	0,01	0,2	-	0,02	0,0005	0,004	0,01	V:0,2	1045						
Y	CR	0,40	1,30	0,40	2,0	0,01	0,2	-	0,02	0,0005	0,004	0,02	V:0,2	1045						
Z	CR	0,40	1,30	0,40	2,0	0,01	0,2	-	0,02	0,0005	0,018	0,004	V:0,2	1045						

(X) CR: chapa de acero laminada en frío, GI: chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, GA: chapa de acero galva-recocida

ES 2 749 205 T3

5 A continuación, se seleccionaron de forma apropiada dos chapas a partir de las chapas de acero A a Z. Se unieron a tope y se soldaron las dos chapas de acero seleccionadas por medio de láser YAG. De este modo, se fabricaron las juntas soldadas 1 a 57 que tuvieron una línea de soldadura recta en la parte central, y tuvieron una anchura de 50 mm y una longitud de 250 mm. Posteriormente, se llevó a cabo el tratamiento térmico de las juntas soldadas 1 a 57 (a 30 °C durante un tiempo de retención predeterminado).

Se muestran los siguientes aspectos en la Tablas 2 y 3 siguientes.

- (a) "Combinación de las chapas de acero"
- 10 (b) "Espesor de chapa (mm)"
- (c) "Composición química (% en masa) del metal soldado"
- (d) "Ms de la chapa de acero"
- 15 (e) "Índice α "... índice de fluidez del conjunto soldado indicado por Si+200S-2,7C

[Tabla 2]

Junta N°	Combinación de chapas de acero	Espesor de chapa (mm)	Composición química (% en masa) de metal de soldadura											Resto: Fe e impurezas				Índice α
			C	Si	Al	Mn	Ni	Cr	Mo	P	S	N	O	Otros	M _s de chapa de acero			
1	A-A	1,2-1,2	0,015	0,13	0,01	0,7	0,01	0,01	-	0,03	0,0006	0,0024	0,0048	-	530	0,21		
2	B-B	1,2-1,2	0,06	0,01	0,04	1,5	0,01	0,01	-	0,03	0,0032	0,0021	0,0032	-	482	0,49		
3	B-B	1,2-1,2	0,06	0,01	0,04	1,5	0,01	0,01	-	0,03	0,0032	0,0021	0,0032	-	482	0,49		
4	C-C	1,2-1,2	0,08	0,50	0,03	2,0	0,01	0,01	-	0,03	0,0026	0,0025	0,0021	Cu:0,03	457	0,80		
5	C-C	1,2-1,2	0,08	0,50	0,03	2,0	0,01	0,01	-	0,03	0,0026	0,0025	0,0021	Cu:0,03	457	0,80		
6	C-C	1,2-1,2	0,08	0,50	0,03	2,0	0,01	0,01	-	0,03	0,0026	0,0025	0,0021	Cu:0,03	457	0,80		
7	C-C	1,2-1,2	0,08	0,50	0,03	2,0	0,01	0,01	-	0,03	0,0022	0,0028	0,0028	-	467	0,22		
8	D-D	1,2-1,2	0,10	0,05	0,03	1,4	0,01	0,01	-	0,03	0,0028	0,0025	0,0038	Ti:0,04, 13:0,001	442	0,79		
9	E-E	1,2-1,2	0,10	0,50	0,03	2,0	0,01	0,3	-	0,03	0,0028	0,0025	0,0025	Ti:0,04, 13:0,001	442	0,33		
10	F-F	1,2-1,2	0,10	0,32	0,01	2,0	0,01	0,3	-	0,03	0,0014	0,0025	0,0025	Ti:0,04, 13:0,001	442	0,33		
11	G-G	1,2-1,2	0,11	0,10	0,03	1,5	0,01	0,01	-	0,04	0,0033	0,0027	0,0025	Nb:0,04	459	0,46		
12	H-H	1,2-1,2	0,15	0,38	0,05	1,9	0,40	0,01	-	0,02	0,0022	0,0025	0,0022	-	420	0,42		
13	H	1,2-1,2	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0030	0,0028	Ti:0,01	394	1,06		
14	H	1,2-1,2	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0030	0,0028	Ti:0,01	394	1,06		
15	H	1,2-1,2	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0030	0,0028	Ti:0,01	394	1,06		
16	H	1,2-1,2	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0030	0,0028	Ti:0,01	394	1,06		
17	H	1,2-1,2	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0030	0,0028	Ti:0,01	394	1,06		
18	H	1,2-1,2	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0030	0,0028	Ti:0,01	394	1,06		
19	H	1,2-1,2	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0030	0,0028	Ti:0,01	394	1,06		
20	H	1,2-1,2	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0030	0,0028	Ti:0,01	394	1,06		
21	H	1,2-1,2	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0030	0,0028	Ti:0,01	394	1,06		
22	H	1,2-1,2	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0030	0,0028	Ti:0,01	394	1,06		
23	H	1,2-1,2	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0030	0,0028	Ti:0,01	394	1,06		
24	H	1,0-1,6	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0030	0,0028	Ti:0,01	394	1,06		
25	J-J	1,2-1,2	0,20	1,30	0,10	2,1	0,01	0,01	0,1	0,02	0,0015	0,0025	0,0022	Ti:0,01	394	1,06		
26	K-K	1,2-1,2	0,20	1,50	0,33	5,0	0,01	0,3	-	0,02	0,0008	0,0031	0,0025	Ca:0,001, La:0,001, Ce:0,001	296	1,12		
27	L-L	1,2-1,2	0,20	1,50	0,33	7,0	0,01	0,01	-	0,02	0,0008	0,0021	0,0039	-	235	1,12		
28	M-M	1,2-1,2	0,20	0,45	0,05	1,2	9,0	0,01	-	0,02	0,0025	0,0025	0,0022	-	273	0,41		

(1) Ms=561-474°C-33%Mn-17%Ni-17%Cr-21%Mo

El subrayado indica que está excluido de los requisitos del método de fabricación de la junta de soldadura de la presente invención.

[Tabla 3]

Junta N°.	Combinación de chapas de acero	Espesor de chapa (mm)	Composición química (% en masa) de metal de soldadura											Resto: Fe e impurezas					Ms ¹ de chapa de acero ²	Índice α
			C	Si	Al	Mn	Ni	Cr	Mo	P	S	N	O	Otros	N	O	Otros			
29	N-N	1,2-1,2	0,20	0,45	0,05	1,2	11,0	0,01	-	0,02	0,0025	0,0051	0,0028	-	239	0,41				
30	O-O	1,2-1,2	0,20	3,20	0,04	2,4	0,01	0,01	-	0,02	0,0018	0,0034	0,0032	-	387	3,02				
31	P-P	1,2-1,2	0,23	1,50	0,03	2,0	0,10	0,01	-	0,02	0,0012	0,0025	0,0032	V:0,03	384	1,12				
32	P-P	1,2-1,2	0,23	1,50	0,03	2,0	0,10	0,01	-	0,02	0,0012	0,0025	0,0032	V:0,03	384	1,12				
33	P-P	1,2-1,2	0,23	1,50	0,03	2,0	0,10	0,01	-	0,02	0,0012	0,0025	0,0032	V:0,03	384	1,12				
34	P-P	1,2-1,2	0,23	1,50	0,03	2,0	0,10	0,01	-	0,02	0,0012	0,0025	0,0032	V:0,03	384	1,12				
35	P-P	1,2-1,2	0,23	1,50	0,03	2,0	0,10	0,01	-	0,02	0,0012	0,0025	0,0032	V:0,03	384	1,12				
36	Q-Q	1,2-1,2	0,27	1,50	0,10	2,3	0,10	0,01	-	0,02	0,0009	0,0031	0,0038	B:0,002	355	0,95				
37	R-R	1,2-1,2	0,32	1,80	0,10	2,2	0,01	0,01	0,2	0,02	0,0029	0,0034	0,0032	Nb:0,02, Ti:0,02	332	1,52				
38	S-S	1,2-1,2	0,40	1,30	0,40	2,0	0,01	0,2	-	0,02	0,0005	0,0041	0,0041	-	302	0,32				
39	T-T	1,2-1,2	0,42	1,65	0,45	4,0	0,01	0,01	-	0,02	0,0015	0,0021	0,0049	-	230	0,82				
40	A-I	1,2-1,2	0,11	0,70	0,08	1,4	0,01	0,01	0,05	0,03	0,0011	0,0027	0,0038	Ti:0,005	462	0,62				
41	A-J	1,2-1,2	0,11	0,70	0,08	1,4	0,01	0,01	0,05	0,03	0,0011	0,0025	0,0035	Ti:0,005	462	0,62				
42	C-N	1,2-1,2	0,14	0,48	0,04	1,6	5,5	0,01	-	0,03	0,0026	0,0038	0,0025	Cu:0,015	348	0,62				
43	C-O	1,2-1,2	0,14	1,80	0,09	2,2	0,01	0,01	-	0,03	0,0022	0,0030	0,0027	Cu:0,015	422	1,86				
44	C-S	1,2-1,2	0,24	1,08	0,04	2,0	0,01	0,11	-	0,03	0,0016	0,0033	0,0031	-	379	0,75				
45	C-S	1,2-1,2	0,24	1,08	0,04	2,0	0,01	0,11	-	0,03	0,0016	0,0033	0,0031	-	379	0,75				
46	I-T	1,2-1,2	0,31	1,48	0,08	3,1	0,01	0,01	0,05	0,02	0,0015	0,0026	0,0039	Ti:0,005	312	0,94				
47	A-E	1,2-1,2	0,06	0,32	0,02	1,35	0,01	0,16	-	0,03	0,0017	0,0025	0,0043	Ti:0,02, B:0,0005	485	0,50				
48	A-E	1,2-1,2	0,06	0,32	0,02	1,35	0,01	0,16	-	0,03	0,0017	0,0025	0,0043	Ti:0,02, B:0,0005	485	0,50				
49	A-E	1,2-1,2	0,06	0,32	0,02	1,4	0,01	0,16	-	0,03	0,0017	0,0025	0,0043	Ti:0,02, B:0,0005	483	0,50				
50	A-F	1,2-1,2	0,06	0,23	0,01	1,4	0,01	0,16	-	0,03	0,0010	0,0025	0,0037	Ti:0,02, B:0,0005	483	0,27				
51	D-S	1,2-1,2	0,25	0,68	0,22	1,7	0,01	0,11	-	0,03	0,0014	0,0035	0,0035	V:0,1	384	0,29				
52	D-U	1,2-1,2	0,25	0,68	0,22	1,7	0,01	0,11	-	0,03	0,0024	0,0034	0,0034	V:0,1	384	0,49				
53	D-V	1,2-1,2	0,25	0,68	0,22	1,7	0,01	0,11	-	0,03	0,0131	0,0034	0,0034	V:0,1	384	2,63				
54	D-W	1,2-1,2	0,25	0,68	0,22	1,7	0,01	0,11	-	0,11	0,0014	0,0034	0,0034	V:0,1	384	0,29				
55	D-X	1,2-1,2	0,25	0,68	0,22	1,7	0,01	0,11	-	0,03	0,0015	0,0034	0,0064	V:0,1	384	0,31				
56	D-Y	1,2-1,2	0,25	0,68	0,22	1,7	0,01	0,11	-	0,03	0,0014	0,0034	0,0114	V:0,1	384	0,29				
57	D-Z	1,2-1,2	0,25	0,68	0,22	1,7	0,01	0,11	-	0,03	0,0014	0,0104	0,0034	V:0,1	384	0,29				

O Ms=561-474xC-33XMn-17xNi-17xCr-21XMo

El subrayado indica que está excluido de los requisitos del método de fabricación de la junta de soldadura de la presente invención.

ES 2 749 205 T3

Se muestran los siguientes aspectos en las Tablas 4 y 5 siguientes.

- (f) "Velocidad de soldadura (m/minuto)"
- (g) "Humedad absoluta (g/m³)"...humedad absoluta en la atmósfera de soldadura
- 5 (h) "Tiempo de retención (minutos)"...tiempo de retención de la junta de soldadura a 30 °C, después de concluir la soldadura y antes de llevar a cabo la conformación en prensa
- (i) "Tiempo de retención definido (minutos)"...tiempo obtenido por medio de $t = 7000 \times C - 400$
- (j) "Cantidad (% en masa) de oxígeno en el metal de soldadura"...cantidad de oxígeno después de concluir la soldadura

10 Debido a que la varilla de soldadura o metal de inserto no se usó en el presente ejemplo, la composición química del metal de soldadura fue sustancialmente la misma que la composición promedio de las chapas de acero excepto para el oxígeno.

[Tabla 4]

Junta N.º	Condiciones de soldadura		Tiempo de retención (minutos) tras la soldadura	Tiempo de retención definido (minutos)	Cantidad (% en masa) de oxígeno en el metal de soldadura
	Velocidad de soldadura (m/minuto)	Humedad absoluta			
<u>1</u>	3	15	10	<0	0,0054
<u>2</u>	3	15	10	20	0,0038
<u>3</u>	3	15	180	20	0,0038
<u>4</u>	3	15	1080	160	0,0027
<u>5</u>	3	15	300	160	0,0027
<u>6</u>	3	15	60	160	0,0027
<u>7</u>	15	15	300	160	0,0027
<u>8</u>	3	15	1080	300	0,0034
<u>9</u>	3	15	1080	300	0,0044
<u>10</u>	3	15	1080	300	0,0031
<u>11</u>	3	15	1080	370	0,0031
<u>12</u>	3	15	1080	650	0,0028
<u>13</u>	3	15	1200	1000	0,0034
<u>14</u>	7	15	1200	1000	0,0034
<u>15</u>	10	15	1200	1000	0,0034
<u>16</u>	15	15	1200	1000	0,0034
<u>17</u>	3	4	1200	1000	0,0030
<u>18</u>	3	7	1200	1000	0,0031
<u>19</u>	3	23	1200	1000	0,0037
<u>20</u>	3	27	1200	1000	0,0039
<u>21</u>	3	35	1200	1000	0,0042
<u>22</u>	3	15	900	1000	0,0034
<u>23</u>	3	15	600	1000	0,0034
<u>24</u>	3	15	1200	1000	0,0034
<u>25</u>	3	15	1200	1000	0,0028
<u>26</u>	3	15	1200	1000	0,0031
<u>27</u>	3	15	1200	1000	0,0045
<u>28</u>	3	15	1200	1000	0,0028

El subrayado indica que está excluido de los requisitos del método de fabricación de la junta de soldadura de la presente invención.

[Tabla 5]

Junta N.º	Condiciones de soldadura		Tiempo de retención (minutos) tras la soldadura	Tiempo de retención definido (minutos)	Cantidad (% en masa) de oxígeno en el metal de soldadura
	Velocidad de soldadura (m/minuto)	Humedad absoluta			
<u>29</u>	3	15	1200	1000	0,0034
30	3	15	1200	1000	0,0038
<u>31</u>	3	15	<u>1080</u>	1210	0,0038
<u>32</u>	3	<u>4</u>	1440	1210	0,0034
33	3	7	1440	1210	0,0035
34	3	15	1440	1210	0,0038
<u>35</u>	3	<u>30</u>	1440	1210	0,0044
36	3	15	2160	1490	0,0044
<u>37</u>	3	15	2880	1840	0,0038
<u>38</u>	3	15	2880	2400	0,0047
<u>39</u>	3	15	2880	2540	0,0055
40	3	15	1080	370	0,0044
41	3	15	1080	370	0,0041
42	3	15	1080	580	0,0031
43	3	15	1080	580	0,0033
<u>44</u>	3	15	<u>1080</u>	1280	0,0037
45	3	15	1920	1280	0,0037
46	3	15	2880	1770	0,0045
<u>47</u>	3	<u>4</u>	180	20	0,0045
48	3	7	180	20	0,0046
49	3	15	180	20	0,0049
50	3	15	180	20	0,0043
<u>51</u>	3	15	1440	1350	0,0041
52	3	15	1440	1350	0,0040
<u>53</u>	3	15	1440	1350	0,0040
<u>54</u>	3	15	1440	1350	0,0040
55	3	15	1440	1350	0,0070
<u>56</u>	3	15	1440	1350	0,0120
<u>57</u>	3	15	1440	1350	0,0040

El subrayado indica que está excluido de los requisitos del método de fabricación de la junta de soldadura de la presente invención.

Posteriormente, se llevó a cabo un ensayo de plegado y trefilado que se describe a continuación sobre cada una de las juntas de soldadura 1 a 57, y se examinó si tuvo lugar o no fisuración en el metal de soldadura. Se muestran los siguientes aspectos en las Tablas 6 y 7 siguientes.

- (k) "HV_{WM} (HV)"...dureza promedio de metal soldado
- 5 (l) "Densidad de distribución de porosidad (piezas/mm²)"...densidad de distribución de porosidades que tienen un diámetro de 2 μm a 50 μm en el metal soldado
- (m) "Densidad de distribución de inclusión (piezas/mm²)"...densidad de distribución de inclusiones de óxido que tienen un diámetro de 3 μm o más en el metal soldado
- (n) "C_H (ppm en masa)"...cantidad de C_H de hidrógeno apto para difusión en el metal soldado
- 10 (o) "Valor de lado derecho en Expresión (5)"...valor de 3,57-0,0066xHV_{WM}
- (p) "Estructura cristalina de martensita"...estructura cristalina de martensita en el metal soldado
- (q) "Estado de aparición de fisuras"...si aparecen o no fisuras, determinado por medio de ensayo de plegado y trefilado que se lleva a cabo durante un período cuando transcurre el tiempo de retención

15 En todas las juntas de soldadura 1 a 57, la estructura metalográfica principal fue martensita. En las Tablas 6 y 7, la junta de soldadura en la cual una estructura cristalina de martensita viene indicada por bcc significa que la estructura metalográfica principal del metal de soldadura es una estructura de martensita bcc. La junta de soldadura indicada como bct significa que la estructura metalográfica principal del metal de soldadura es una estructura de martensita bct.

20 La estructura cristalina de martensita se especificó por medio de un método de difracción de rayos-X. Específicamente, se midieron las constantes de estructura reticular de un eje a y un eje c de un plano {100} por medio de un método de difracción de rayos-X, y se determinó si la estructura cristalina fue cúbica (bcc) o tetragonal (bct), a partir de la relación c/a. En caso de que el valor de c/a fuese igual o menor que 1,007, se asumió que la estructura de martensita fue bcc.

[Tabla 6]

Junta N.º	HV ₅₀₀ (HV)	Densidad de distribución (piezas/mm ³) de porosidades	Densidad de distribución (piezas/mm ³) de inclusiones	Cu (ppm en masa)	Valor de lado derecho de la expresión (5)	Estructura cristalina de martensita	Estado de aparición de la fisura	Nota
1	328	<u>6,6</u>	0,54	2,300	1,405	bcc	Ninguno	Ejemplo Comparativo
2	372	1,6	0,38	2,200	1,115	bcc	Aparición	Ejemplo Comparativo
3	370	1,6	0,38	1,010	1,128	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
4	385	1,4	0,27	0,350	1,029	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
5	390	1,4	0,27	0,850	0,996	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
6	385	1,4	0,27	1,220	1,029	bcc	Aparición	Ejemplo Comparativo
7	399	<u>5,7</u>	0,27	0,980	0,937	bcc	Aparición	Ejemplo Comparativo
8	401	<u>5,3</u>	0,34	0,230	0,923	bcc	Aparición	Ejemplo Comparativo
9	401	1,1	0,44	0,310	0,923	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
10	401	3,0	0,31	0,160	0,923	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
11	409	2,2	0,31	0,270	0,871	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
12	442	2,4	0,28	0,300	0,653	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
13	482	1,1	0,34	0,300	0,389	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
14	485	4,8	0,34	0,290	0,369	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
15	485	5,4	0,34	0,340	0,369	bcc	Aparición	Ejemplo Comparativo
16	495	<u>5,9</u>	0,34	0,380	0,303	bcc	Aparición	Ejemplo Comparativo
17	485	0,8	<u>0,08</u>	0,260	0,369	bcc	Aparición	Ejemplo Comparativo
18	485	0,8	0,14	0,300	0,369	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
19	480	1,1	0,57	0,350	0,402	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
20	480	1,1	1,90	0,430	0,402	bcc	Aparición	Ejemplo Comparativo
21	485	1,1	2,40	0,520	0,369	bcc	Aparición	Ejemplo Comparativo
22	485	1,1	0,34	0,390	0,369	bcc	Aparición	Ejemplo Comparativo
23	485	1,1	0,34	0,420	0,369	bcc	Aparición	Ejemplo Comparativo
24	480	1,1	0,34	0,300	0,402	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
25	490	0,9	0,28	0,170	0,336	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
26	479	0,9	0,31	0,300	0,409	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
27	525	1,1	0,45	0,300	0,105	bct	Aparición	Ejemplo Comparativo
28	480	2,2	0,28	0,250	0,402	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención

El subrayado indica que está excluido de los requisitos del método de fabricación de la junta de soldadura de la presente invención.

[Tabla 7]

Junta N.º	HV ₉₉ (HV)	Densidad de distribución (piezas/mm ³) de porosidades	Densidad de distribución (piezas/mm ³) de inclusiones	Cu (ppm en masa)	Valor de lado derecho de la Expresión (5)	Estructura cristalina de mantensita	Estado de aparición de la fisura	Nota
29	523	2,2	0,34	0,270	0,118	bcd	Aparición	Ejemplo comparativo
30	485	3,7	0,38	0,450	0,369	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
31	505	0,9	0,38	0,310	0,237	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
32	510	0,9	0,04	0,150	0,204	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
33	505	0,9	0,16	0,170	0,237	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
34	510	0,9	0,38	0,190	0,204	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
35	510	0,9	1,60	0,220	0,204	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
36	539	1,3	0,44	0,007	0,013	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
37	575	11,2	0,38	0,002	<0	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
38	644	3,3	0,47	0,002	<0	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
39	644	1,6	0,55	0,002	<0	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
40	407	1,4	0,44	0,350	0,884	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
41	405	1,6	0,41	0,190	0,897	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
42	430	1,6	0,31	0,280	0,732	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
43	440	0,5	0,33	0,370	0,666	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
44	525	1,3	0,37	0,290	0,105	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
45	525	0,9	0,37	0,080	0,105	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
46	565	1,1	0,45	0,020	<0	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
47	380	1,7	0,03	0,69	1,062	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
48	384	1,5	0,20	0,82	1,036	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
49	383	1,6	0,49	0,95	1,042	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
50	383	5,1	0,43	0,88	1,042	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
51	520	5,7	0,41	0,08	0,138	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
52	525	1,8	0,40	0,08	0,105	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
53	525	0,0	0,40	0,08	0,105	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
54	520	3,3	0,40	0,08	0,138	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
55	520	3,3	2,3	0,08	0,138	bcc	Ninguno	Ejemplo de la invención
56	515	3,3	8,5	0,08	0,171	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo
57	515	3,3	0,45	0,08	0,171	bcc	Aparición	Ejemplo comparativo

El subrayado indica que está excluido de los requisitos del método de fabricación de la junta de soldadura de la presente invención.

5 La composición química del metal de soldadura se obtuvo por medio de un método descrito en la sección anterior "5. Obtención del método de la composición química del metal de soldadura". Se obtuvo la dureza promedio (HV) del metal de soldadura como se muestra a continuación. En primer lugar, se cortó la junta de soldadura en la dirección vertical con respecto a la dirección de estiramiento de la línea de soldadura y se produjo una muestra de corte transversal para medición de la dureza. Se midió la dureza en cuatro puntos del metal de soldadura en la muestra de corte transversal con una carga de 500 g o más, mediante el uso de un dispositivo de ensayo de dureza de Vickers. Se calculó un valor promedio de la dureza medida en cuatro puntos, y se ajustó como dureza promedio. Se ajustó un punto de medición para que tuviera un punto de 1/4 t (t fue el espesor del metal de soldadura en la dirección de espesor de la chapa de la junta de soldadura) desde la superficie del metal de soldadura.

10 Se obtuvo la densidad de distribución de las porosidades que tienen un diámetro de 2 µm a 50 µm en el metal de soldadura de la manera que se muestra a continuación. En primer lugar, se cortó la junta de soldadura en una dirección vertical con respecto a la dirección de estiramiento de la línea de soldadura y el corte transversal obtenido se sometió a pulido de espejo. Se observó la parte correspondiente al metal de soldadura en el corte transversal sometido a pulido de espejo por medio de SEM, y se contó el número de porosidades que tenían un diámetro de 2 µm a 50 µm. Se dividió el número obtenido de porosidades entre un área de observación, y se ajustó el valor obtenido por medio de la división como densidad de distribución de las porosidades. Se llevó a cabo la observación SEM en tres o más cortes transversales diferentes de manera que se ajustó el área de observación para que fuera igual o mayor que 5 mm². Debido a que la porosidad tiene varias formas, se llevó a cabo la evaluación por medio del uso de un diámetro de círculo equivalente del mismo área.

20 Con respecto a la densidad de distribución de las inclusiones de óxido que tenían un diámetro de 3 µm o más en el metal de soldadura, se usa la misma muestra que en la observación de porosidad. El corte transversal sometido a pulido de espejo se observa por medio de SEM, y se cuenta el número de inclusiones de óxido que tienen un diámetro de círculo equivalente de 3 µm. Se llevó a cabo observación SEM en tres o más cortes transversales diferentes de manera que se ajustó el área de observación para que fuese igual o mayor que 5 mm². En caso de no ser posible la distinción entre porosidad e inclusión, basándose exclusivamente en la imagen SEM, se llevó a cabo el análisis de oxígeno y otros elementos por medio del uso de EDS montado en un SEM. En caso de no reconocer un elemento constitutivo de inclusión, se llevó a cabo la determinación para la porosidad.

30 Se midió la cantidad de hidrógeno apto para difusión presente en el metal de soldadura como se muestra a continuación. En primer lugar, se cortó la muestra que incluía el metal de soldadura y usada para medir la cantidad de hidrógeno apto para difusión, a partir de cada una de las juntas de soldadura. Se calentó la muestra que se había cortado a una tasa de calentamiento de 100 °C/h. Se midió el hidrógeno eliminado de la muestra tras calentamiento de temperatura ambiente a 200 °C por medio de cromatografía de gases, y se ajustó el valor medido como la cantidad C_H de hidrógeno apto para difusión mostrado en las Tablas 6 y 7. El hidrógeno presente en la chapa de acero antes de la soldadura fue una cantidad tan pequeña que se ignoró. De este modo, en el presente ejemplo, se asumió que el hidrógeno no estaba presente en la chapa de acero y únicamente estaba presente el metal de soldadura. Con esta suposición, se calculó la cantidad de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura a partir de la masa del metal de soldadura y la cantidad de hidrógeno medida de la manera descrita con anterioridad. Se calculó la masa del metal de soldadura por medio de la siguiente Expresión (8). En la siguiente Expresión (8), A_w indica la masa de metal de soldadura. A_t indica la masa de muestra. W_w indica la anchura del metal de soldadura. W_t indica la anchura (longitud en la dirección vertical con respecto a la dirección de estiramiento de la línea de soldadura) de la muestra.

$$A_w = A_t W_w / W_t \quad \text{Expresión (8)}$$

45 Se obtuvo la anchura W_w del metal de soldadura como se muestra a continuación. En primer lugar, se cortó la muestra en la dirección vertical con respecto a la dirección de estiramiento de la línea de soldadura, y se midió la anchura en cada una de las posiciones de 1/8t (t indica el espesor del metal de soldadura), 1/4t, 1/2t, 3/4t y 7/8t a partir de la superficie del metal de soldadura. Se calculó el valor promedio de la anchura medida de los cinco puntos, y se ajustó el valor promedio calculado como la anchura W_w del metal de soldadura.

50 Se observó la estructura metalográfica del metal de soldadura por medio de SEM. Específicamente, la muestra que incluyó el metal de soldadura y que se usó para la observación de la estructura metalográfica se cortó a partir de cada una de las juntas de soldadura. Se observó el corte transversal de metal de soldadura de la muestra que se había cortado por medio de SEM. Se determinó de la misma forma la estructura cristalina de martensita en el metal de soldadura por medio de un método de difracción de rayos-X.

55 A continuación, se describe el ensayo de plegado y trefilado. En el ensayo de plegado y trefilado, en primer lugar, se aplicó un aceite lubricante sobre ambos lados de cada una de las juntas de soldadura 1 a 57 descritas con anterioridad. Se llevó a cabo la conformación en prensa (conformación de sombrero) sobre cada una de las juntas de soldadura 1 a 57 a temperatura ambiente y una velocidad de perforación de 60 mm/minuto mediante el uso de un dispositivo 100 de ensayo de prensa. El dispositivo 100 de ensayo de prensa incluye un perforador 101, una pastilla 102 y un porta-blancos 103, que se ilustran en la Figura 3. Como se aprecia en la Figura 3, se ajustó el diámetro d del perforador 101 del dispositivo 100 de ensayo de prensa a un valor de 100 mm. Se ajustó el radio r_p de la protuberancia del perforador a un valor de 10 mm. El radio r_d de la protuberancia de la pastilla se ajustó a un valor de

- 5 mm. Se ajustó la distancia c entre el perforador 101 y la pastilla 102 a un valor de 3 mm. Se ajustó una fuerza (BHF) en el porta-blancos 103, cuando se llevó a cabo la conformación en prensa, de forma que la resistencia de tracción aplicada a la pared vertical de la junta de soldadura durante la conformación en prensa fuera de 0,5 veces la resistencia de tracción de uno que tiene baja resistencia entre dos chapas de acero que se unen de manera conjunta. Se ajustó la altura de conformación en 60 mm. Se instaló la junta de soldadura en el dispositivo de ensayo de prensa para provocar que la línea de soldadura pasara a través de sustancialmente el centro de una superficie superior del perforador.
- Se observó visualmente el metal de soldadura de cada una de las juntas de soldadura 1 a 57 tras la conformación en prensa por medio de un dispositivo de aumento, y se examinó si aparecían fisuras o no. Como resultado de ello, como se aprecia en las Tablas 6 y 7, en la junta de soldadura de acuerdo con el ejemplo de la presente invención, no se confirmó fisuración en el metal de soldadura después de la conformación en prensa.
- En la junta de soldadura 1 de acuerdo con un ejemplo comparativo, aumentó la densidad de distribución de porosidad por medio de un pequeño índice de fluidez del conjunto de soldadura $\alpha.n$. De este modo, se supone que tiene lugar una gran influencia de la presión interna por parte del hidrógeno no apto para difusión sobre la porosidad. No obstante, en la junta de soldadura 1, dado que la dureza promedio del metal de soldadura fue reducida, no se confirmó fisuración en el metal de soldadura.
- En las juntas de soldadura 2, 6, 22, 23, 31 y 44 de acuerdo con el ejemplo comparativo, se supone que el tiempo de retención es reducido y, de este modo, no resulta posible reducir de manera suficiente la presión interna del hidrógeno no apto para difusión sobre la porosidad, y aparece fisuración a partir de la porosidad como punto de partida en el ensayo de plegado y trefilado.
- En las juntas de soldadura 7, 15 y 16 de acuerdo con el ejemplo comparativo, se supone que la velocidad de soldadura es rápida y, de este modo, no resulta posible evitar una cantidad de porosidades, y la influencia de la presión del hidrógeno no apto para difusión sobre la porosidad provoca la aparición de fisuración a partir de la porosidad como punto de partida en el ensayo de plegado y trefilado. En la junta de soldadura 15, se supone que es posible reducir el valor de C_H que indica la cantidad de hidrógeno en la estructura reticular del metal hasta un valor apropiado, pero, la difusión de la cantidad de hidrógeno no apto para difusión en la porosidad es insuficiente, y la influencia de la presión interna provoca la aparición de fisuración en la porosidad como punto de partida en el ensayo de plegado y trefilado.
- En la junta de soldadura 8 de acuerdo con el ejemplo comparativo, la densidad de distribución de porosidad aumentó por medio de un pequeño índice de fluidez del conjunto de soldadura α . De este modo, se supone que no resulta posible reducir de forma suficiente la presión interna por medio del hidrógeno no apto para difusión en la porosidad, y aparece fisuración en la porosidad como punto de partida en el ensayo de plegado y trefilado.
- En la junta de soldadura 8 de acuerdo con el ejemplo comparativo, se aumentó la densidad de distribución por medio de un pequeño índice de fluidez de conjunto de soldadura α . De este modo, se supone que no es posible reducir de manera suficiente la presión interna por medio de hidrógeno no apto para difusión en una porosidad, y aparece fisuración en la porosidad como punto de partida en el ensayo de plegado y trefilado.
- En la junta de soldadura 17 de acuerdo con el ejemplo comparativo, la humedad absoluta en la soldadura fue reducida y, de este modo, no fue posible aumentar de manera suficiente la densidad de distribución de las inclusiones de óxido. Se supone lo siguiente. El valor de C_H que indica una cantidad de hidrógeno en la estructura reticular del metal se puede reducir hasta un valor apropiado, pero no resulta posible obtener de manera suficiente un efecto de retención del hidrógeno apto para difusión por medio de las inclusiones de óxido. De este modo, no resulta posible reducir de manera suficiente la presión interna por medio del hidrógeno no apto para difusión en la porosidad y aparece fisuración en la porosidad como punto de partida en el ensayo de plegado y trefilado.
- En las juntas de soldadura 20, 21 y 35 de acuerdo con el ejemplo comparativo, se supone que la humedad absoluta en la soldadura es elevada y, de este modo, no resulta posible reducir de forma suficiente la presión interna por medio del hidrógeno no apto para difusión en la porosidad y aparece fisuración en la porosidad como punto de partida en el ensayo de plegado y trefilado.
- En la junta de soldadura 27 de acuerdo con el ejemplo comparativo, se supone que el contenido de Mn en la parte de metal fundido es excesivo y, de este modo, el metal de soldadura se vuelve frágil y aparece fisuración en el metal de soldadura.
- En la junta de soldadura 29 de acuerdo con el ejemplo comparativo, se supone que el contenido de Ni en la parte de metal fundido es excesivo y, de este modo, el metal de soldadura se vuelve frágil y aparece fisuración en el metal de soldadura.
- En la junta de soldadura 30 de acuerdo con el ejemplo comparativo, se supone lo siguiente. El contenido de Si en la parte de metal fundido es excesivo y, de este modo, la cantidad C_H de hidrógeno en la estructura reticular del metal es excesiva. De esta forma, no resulta posible reducir de forma suficiente la presión interna por parte del hidrógeno no apto para difusión en la porosidad y aparece fisuración en la porosidad como punto de partida en el ensayo de

plegado y trefilado.

5 En las juntas de soldadura 32 y 47 de acuerdo con el ejemplo comparativo, la humedad absoluta en la soldadura fue reducida y, de este modo, no resultó posible aumentar de manera suficiente la densidad de distribución de las inclusiones de óxido. Se supone lo siguiente. El valor de CH que indica una cantidad de hidrógeno en la estructura reticular del metal se puede reducir a un valor apropiado, pero no es posible obtener de manera suficiente un efecto de retención del hidrógeno apto para difusión por parte de las inclusiones de óxido. De este modo, no resulta posible reducir de forma suficiente la presión interna por parte del hidrógeno no apto para difusión en la porosidad y aparece fisuración en la porosidad como punto de partida en el ensayo de plegado y trefilado.

10 En las juntas de soldadura 37, 38, 39 y 46 de acuerdo con el ejemplo comparativo, se supone que el contenido de C en la parte de metal fundido es excesivo y, de este modo, la dureza promedio del metal de soldadura se desvía un intervalo apropiado, y aparece fisuración en el metal de soldadura.

15 En las juntas 50 y 51 de acuerdo con el ejemplo comparativo, la densidad de distribución de porosidad aumenta por medio de un pequeño índice de fluidez de conjunto de soldadura α . De este modo, se supone que la influencia de la presión interna por parte del hidrógeno no apto para difusión en la porosidad provoca la aparición de la fisuración en la porosidad como punto de partida en el ensayo de plegado y trefilado.

En la junta de soldadura 53 de acuerdo con el ejemplo comparativo, se supone que el contenido de S en la parte de metal fundido es excesivo y, de este modo, aparece la fisuración en el metal de soldadura.

En una junta de soldadura 54 de acuerdo con el ejemplo comparativo, se supone que el contenido de P en la parte de metal fundido es excesivo y, de este modo, aparece la fisuración en el metal de soldadura.

20 En la junta de soldadura 56 de acuerdo con el ejemplo comparativo, se supone que el contenido de O en la parte de metal fundido es excesiva y, de este modo, se generan inclusiones de manera exagerada y aparece la fisuración en el metal de soldadura.

En la junta de soldadura 57 de acuerdo con el ejemplo comparativo, se supone que el contenido de N en la parte de metal fundido es excesivo y, de este modo, aparece la fisuración en el metal de soldadura.

25 Como se ha descrito anteriormente, en la junta de soldadura de acuerdo con la presente invención, incluso en una junta soldada por láser que usa la chapa de acero de alta resistencia en la que la resistencia de tracción es mayor que 350 MPa, es posible evitar la aparición de fisuración en el metal de soldadura cuando se lleva a cabo la conformación en prensa. Es decir, de acuerdo con la junta de soldadura de la presente invención, se comprende que se obtiene una aptitud de conformación excelente.

30 **Aplicabilidad industrial**

35 De acuerdo con la presente invención, incluso en el caso en el que se conforma en prensa una junta soldada por láser que incluye una chapa de acero de alta resistencia, es posible evitar la aparición de fisuración en el metal de soldadura. De este modo, por ejemplo, incluso en caso de usar una chapa de acero de alta resistencia que tiene un elevado equivalente de carbono, es posible fabricar de manera integral componentes por medio de un blanco a medida y llevar a cabo una reducción de peso de la carrocería de vehículo y una mejora de la seguridad. La junta soldada por láser de acuerdo con la presente invención también se puede usar como componente de panel y componente de chasis, además de componente de bastidor de la carrocería de vehículos.

REIVINDICACIONES

1.- Una junta soldada por láser que comprende:

un metal de soldadura proporcionado entre una pluralidad de chapas de acero,
en la que, el metal de soldadura contiene, como composición química, en % en masa:

- 5 de un 0,05 % a un 0,30 % de C,
- de un 0,005 % a un 3,0 % de Si,
- 10 de un 0,005 % a un 1,0 % de Al,
- de un 0,5 % a un 6,0 % de Mn,
- más que un 0 % y un 0,04 % o menos de P,
- 15 más que un 0 % y un 0,01 % o menos de S,
- más que un 0 % y un 0,01 % o menos de N,
- 20 más que un 0 % y un 0,01 % o menos de O,
- de un 0 % a un 1,0 % de Cu,
- de un 0 % a un 0,2 % de Nb+Ti+V,
- 25 de un 0 % a un 0,01 % de Ca+REM,
- de un 0 % a un 0,01 % de B,
- de un 0 % a un 5,0 % de Cr,
- 30 de un 0 % a un 10,0 % de Ni,
- de un 0 % a un 1,0 % de Mo, y
- 35 el resto que consiste en Fe e impurezas.

se cumple $0,3 \leq Si+200xS-2,7xC \leq 3,0$,

la dureza promedio del metal de soldadura es de 350 a 540 en dureza de Vickers,

la densidad de distribución de porosidades que tienen un diámetro de 2 µm a 50 µm en el metal de soldadura es igual o menor que 5,0 piezas/mm², y

la densidad de distribución de inclusiones de óxidos que tienen un diámetro de 3 µm o más en el metal de soldadura es de 0,1 a 8,0 piezas/mm².

2.- La junta soldada por láser de acuerdo con la reivindicación 1, en la que al menos uno seleccionado entre el grupo que consiste en

- 50 de un 0,0001 % a un 1,0 % de Cu,
- de un 0,0001 % a un 0,2 % de Nb+Ti+V,
- de un 0,0001 % a un 0,01 % de Ca+REM,
- 55 de un 0,0001 % a un 0,01 % de B,
- de un 0,0001 % a un 5,0 % de Cr,
- 60 de un 0,0001 % a un 10,0 % de Ni y
- de un 0,0001 % a un 1,0 % de Mo

está presente como composición química del metal de soldadura, en % en masa.

3.- La junta soldada por láser de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que una cantidad C_H de hidrógeno apto para difusión en el metal de soldadura cumple la siguiente Expresión (1) en unidades de ppm en masa.

5

$$C_H \leq 3,570 - 0,0066 \times HV_{WM} \quad \text{Expresión (1)}$$

En este caso, HV_{WM} en la Expresión (1) indica la dureza promedio del metal de soldadura en dureza de Vickers.

4.- La junta soldada por láser de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que un 80 % o más de la estructura metalográfica del metal de soldadura es martensita, y la estructura de martensita es una estructura bcc.

10

5.- La junta soldada por láser de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que un valor de M_s representado por la siguiente Expresión (2) es igual o mayor que 250.

15

$$M_s = 561 - 474 \times C - 33 \times Mn - 17 \times Ni - 17 \times Cr - 21 \times Mo \quad \text{Expresión (2)}$$

6.- La junta soldada por láser de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que al menos una de la pluralidad de chapas de acero es una chapa de acero metalizada.

20

7.- Un componente de vehículo que comprende la junta soldada por láser de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

8.- Un método de fabricación de una junta soldada por láser de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende:

25

llevar a cabo la soldadura por láser de una pluralidad de chapas de acero a una velocidad de soldadura de 8 m/min o más lenta, en una atmósfera en la que la humedad absoluta es igual o menor que 5 a 25 g/m³, para formar un metal de soldadura para unir la pluralidad de chapas de acero; y mantener la pluralidad de chapas de acero después de la soldadura, en un intervalo de temperaturas de 10 °C a 100 °C durante un tiempo definido por la siguiente Expresión (3), en la que el metal de soldadura contiene, como composición química, en % en masa,

30

de un 0,05 % a un 0,30 % de C,

35

de un 0,005 % a un 3,0 % de Si,

de un 0,005 % a un 1,0 % de Al,

40

de un 0,5 % a un 6,0 % de Mn,

más que un 0 % y un 0,04 % o menos de P,

más que un 0 % y un 0,01 % o menos de S,

45

más que un 0 % y un 0,01 % o menos de N,

más que un 0 % y un 0,01 % o menos de O,

50

de un 0 % a un 1,0 % de Cu,

de un 0 % a un 0,2 % de Nb+Ti+V,

de un 0 % a un 0,01 % de Ca+REM,

55

de un 0 % a un 0,01 % de B,

de un 0 % a un 5,0 % de Cr,

de un 0 % a un 10,0 % de Ni,

60

de un 0 % a un 1,0 % de Mo

y el resto que consiste en Fe e impurezas, y

se cumple $0,3 \leq Si+200xS-2,7xC \leq 3,0$.

$t \geq 7000xC-4000$ Expresión (3)

5 En la Expresión (3), t indica un tiempo en unidades de minuto.

9.- El método de fabricación de la junta soldada por láser de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el metal de soldadura contiene, como composición química, en % en masa, al menos un seleccionado entre el grupo que consiste en

10

de un 0,0001 % a un 1,0 % de Cu,

de un 0,0001 % a un 0,2 % de Nb+Ti+V,

15

de un 0,0001 % a un 0,01 % de Ca+REM,

de un 0,0001 % a un 0,01 % de B,

20

de un 0,0001 a un 5,0 % de Cr,

de un 0,0001 % a un 10,0 % de Ni y

de un 0,0001 % a un 1,0 % de Mo.

25

10.- El método de fabricación de la junta soldada por láser de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que el valor de Ms representado por medio de la siguiente Expresión (4) es igual o mayor que 250.

$Ms = 561-474xC-33xMn-17xNi-17xCr-21xMo$ Expresión (4)

30

11.- El método de fabricación de la junta soldada por láser de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que al menos una de la pluralidad de chapas de acero es una chapa de acero metalizada.

12.- Un método de fabricación de un componente de vehículo, que lleva a cabo la conformación en prensa sobre la junta soldada por láser de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

35

13.- Un método de fabricación de un componente de vehículo, que lleva a cabo la conformación en prensa sobre la junta soldada por láser fabricada por medio del método de fabricación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11.

40

FIG. 1

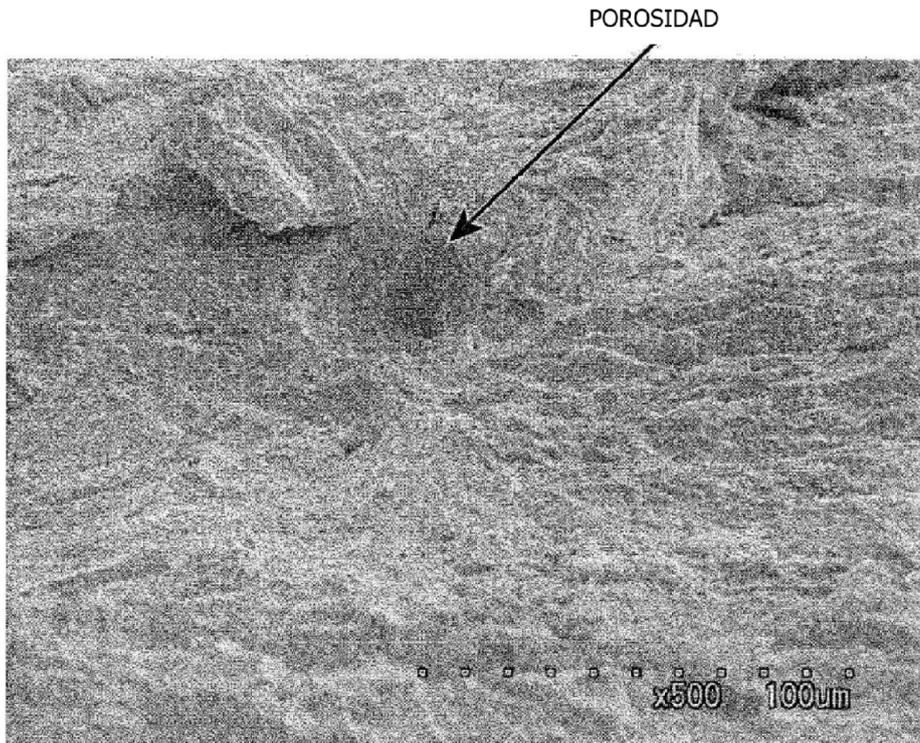


FIG. 2A

JUSTO DESPUÉS DE SOLDADURA

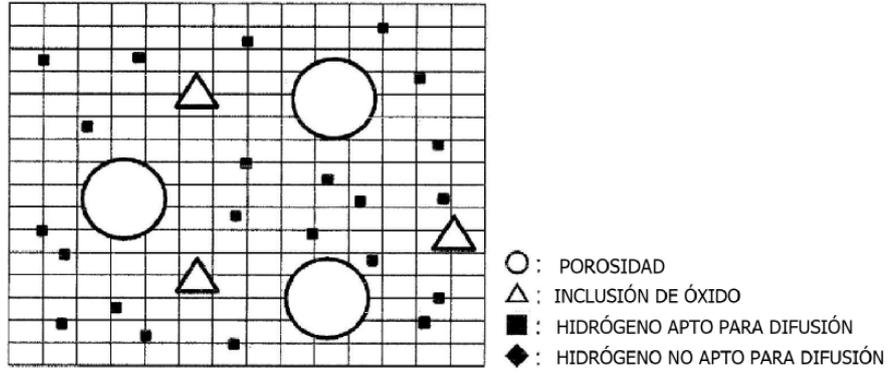


FIG. 2B

ETAPA INICIAL DE DIFUSIÓN

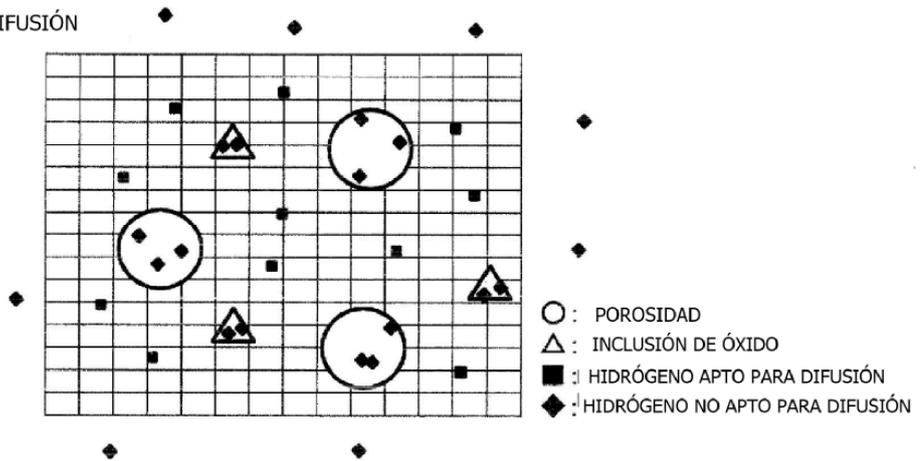


FIG. 2C

ETAPA POSTERIOR DE DIFUSIÓN

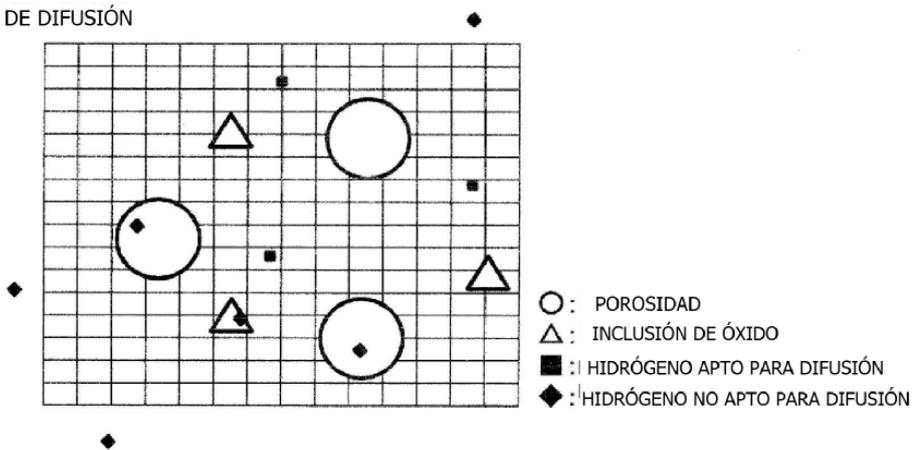


FIG. 3

