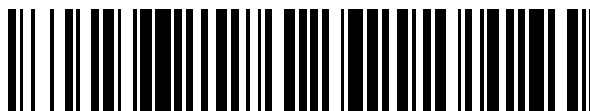


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 306**

51 Int. Cl.:

B23K 11/11	(2006.01)	B23K 101/18	(2006.01)
B23K 11/16	(2006.01)	B23K 101/34	(2006.01)
B23K 11/24	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)
B23K 11/36	(2006.01)		
B23K 31/00	(2006.01)		
B23K 103/04	(2006.01)		
B32B 15/01	(2006.01)		
C22C 38/00	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.08.2010 PCT/JP2010/064748**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.03.2011 WO11025015**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2010 E 10812061 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019 EP 2474381**

54 Título: **Unión soldada por puntos y método de soldadura por puntos**

30 Prioridad:

31.08.2009 JP 2009199908
30.11.2009 JP 2009272076
06.05.2010 JP 2010106442
02.08.2010 JP 2010173929

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.02.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

OIKAWA, HATSUHIKO;
HAMATANI, HIDEKI;
AZUMA, MASAFUMI;
SUZUKI, NORIYUKI;
WATANABE, FUMINORI;
MARUYAMA, NAOKI y
KAWATA, HIROYUKI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 743 306 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

Unión soldada por puntos y método de soldadura por puntos

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una unión soldada por puntos y a un método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia usada en el sector de la automoción y similares, según el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 6 (véase, por ejemplo, el documento US 2003/0221752 A1).

Técnica anterior

10 En los últimos años, existe una creciente demanda de uso de planchas de acero de alta resistencia para una carrocería de vehículo, componentes, y similares en el sector de la automoción. Esto se debe a que es necesario un ahorro de peso de una carrocería de vehículo para conseguir una eficiencia del combustible y una reducción de emisiones de dióxido de carbono gas (CO₂) y debido a que debe mejorarse la seguridad en una colisión. Por otro lado, la soldadura por puntos se usa principalmente en procesos tales como ensamblaje de una carrocería de vehículo, montaje de un componente y similares. Sin embargo, si se suelda por puntos una plancha de acero de alta resistencia, en particular una plancha de acero de alta resistencia cuya resistencia a la tracción es alta, se producen problemas posteriormente.

15 Como características importantes en una unión que se ha soldado por puntos (en lo sucesivo denominada como una unión soldada por puntos), pueden citarse la resistencia a la tracción y la resistencia a la fatiga, y la que es importante en particular es la resistencia a la tracción. Como resistencias a la tracción de la unión soldada por puntos, se citan la resistencia al esfuerzo cortante en tracción (TSS) medida aplicando una carga en tracción en una dirección de esfuerzo cortante y la resistencia a la tracción transversal (CTS) medida aplicando una carga en tracción en una dirección de desprendimiento. Métodos de medida para la resistencia al esfuerzo cortante en tracción y la resistencia a la tracción transversal se definen, por ejemplo, en JIS Z 3136 y JIS Z 3137.

20 En general, si el valor de dureza de un botón de soldadura es alto así como el valor de tenacidad es también alto y se suprime la segregación del botón de soldadura, la apariencia de fractura en una prueba de tracción es buena (se produce una fractura en la periferia del botón de soldadura), puede obtenerse una resistencia a la tracción suficientemente alta, y la fluctuación de la misma es también baja. Por otro lado, si el valor de dureza del botón de soldadura es alto pero el valor de tenacidad es bajo, o si la segregación en el botón de soldadura es prominente, se produce una fractura por desprendimiento (una fractura en el botón de soldadura) o una fractura de tapón parcial (una fractura parcial en el botón de soldadura) en la prueba de tracción y no puede obtenerse una buena apariencia de fractura. En tal caso, se reduce significativamente la resistencia a la tracción y la fluctuación de la misma se hace mayor. La reducción y la fluctuación de la resistencia a la tracción se exhiben en particular en la resistencia a la tracción transversal. Además, en la soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia, a veces se presenta una grieta o defecto en un botón de soldadura, y en tal caso la reducción o fluctuación de la resistencia de la unión se incrementan. Así, en una porción soldada por puntos de una plancha de acero de alta resistencia, se requieren una mejora de la apariencia de fractura y una consiguiente mejoría de la resistencia a la tracción transversal, así como la reducción de la fluctuación de la misma.

25 Se apreciará que un defecto o una grieta en un botón de soldadura es considerado que está causado por una rápida contracción del botón de soldadura después de terminar la energización. En otras palabras, en la soldadura por puntos, partes de planchas de acero de alta resistencia se funden durante la energización entre dos electrodos de soldadura y solidifican principalmente por extracción de calor mediante los electrodos de soldadura después de finalizar la energización. Puesto que los electrodos de soldadura se enfrían con agua, una contracción rápida se produce a menudo en una dirección del grosor de las planchas de acero de alta resistencia en la solidificación de partes fundidas. Así, como se ilustra en la Fig. 1A, un defecto 105 de contracción se produce a veces en el centro del botón de soldadura 103 formado entre planchas 101A y 101B de acero de alta resistencia. Además, el botón de soldadura 103 a menudo se contrae también en dirección lateral, y las planchas 101A y 101B de acero de alta resistencia cuyas temperaturas no se han elevado no pueden seguir tal contracción, y como se ilustra en la Fig. 1B, el botón de soldadura 103 que es objeto de un esfuerzo por tracción proveniente de las planchas 101A y 101B de acero de alta resistencia, se produce a veces una grieta longitudinal en el botón de soldadura.

30 Como se ha descrito antes, puesto que no puede obtenerse una buena apariencia de fractura si la tenacidad de un botón de soldadura es baja o la segregación en un botón de soldadura es prominente, se producen reducción de la resistencia a la tracción (resistencia de la unión) de una unión soldada por puntos y fluctuación de la resistencia de la soldadura. Por otro lado, es posible que se presenten insuficiencia de la tenacidad y segregación prominente cuando una plancha de acero de alta resistencia con un alto equivalente de carbono se suelda por puntos. Métodos cuyos objetos son solucionar el problema se describen en la Bibliografía no de patentes 1 y la bibliografía de patente 1. En estos métodos, se realiza una energización de templado después de que pasa un tiempo predeterminado al terminal la energización para la soldadura por puntos, de modo que una porción soldada por puntos (una porción de botón de soldadura y una zona afectada por calor) se recuece, y por tanto, se reduce la dureza de la porción soldada. Sin embargo, en estos métodos, se presenta el problema de que se reduce la productividad puesto que la soldadura en ambos métodos requiere un período prolongado de tiempo. Además, también hay un problema de que puede

producirse una fractura por desprendimiento en un botón de soldadura debido al reblandecimiento de la porción soldada por templado.

En los documentos de Bibliografía de patentes 2 y 3 se describen métodos para solucionar el problema de la reducción de resistencia de unión. En estos métodos, se llevan a cabo tratamientos de templado calentando porciones soldadas con altas frecuencias después de la soldadura por puntos. Sin embargo, en estos métodos, es necesario otro proceso después de la operación de soldadura, el cual es complicado, y también se produce el problema de que se requiere un aparato especial para uso de la alta frecuencia y similares. Adicionalmente, también hay un problema de que es probable que se produzca una fractura por desprendimiento en un botón de soldadura debida a un reblandecimiento de una porción soldada por el templado.

La Bibliografía no de patentes 2 y la Bibliografía de patentes 4 describen que la resistencia a la tracción (resistencia al desprendimiento) de una unión soldada con forma de L se mejora calentando y manteniendo la temperatura por un tratamiento de secado de pintura entre los procesos de producción de un automóvil. Sin embargo, ni en la Bibliografía no de patentes 2 ni en la Bibliografía de patentes 4 se aclara una relación entre un tipo de acero o un componente de una plancha de acero (un equivalente en carbono, en particular) y la resistencia a la tracción transversal. Adicionalmente, no están indicadas apariencias de fractura detalladas de porciones soldadas ni relaciones entre las apariencias de fractura y las resistencias a la tracción transversal en caso de que se usen diversos tipos de acero.

Además de las técnicas anteriores, puede considerarse llevar a cabo la soldadura por puntos con una plancha de acero con un bajo equivalente de carbono como se indica en la Bibliografía no de patentes 3, por ejemplo. Sin embargo, en este método, se produce un problema de que la fabricación de la propia plancha de acero resulta difícil o no puede obtenerse una característica mecánica necesaria o similar debido a la restricción de componentes. Adicionalmente, en el caso de que se use una plancha de acero estampada en caliente del orden de 1470 MPa descrita en la Bibliografía no de patentes 5, por ejemplo, es necesario un tratamiento de enfriamiento, y así, reducir el equivalente de carbono es difícil.

Adicionalmente, hay una técnica conocida en la que el número de soldadura por puntos se incrementa en la soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia. Sin embargo, en este método, hay un problema de que la eficiencia de la operación de soldadura se deteriora reduciendo de este modo la productividad. Adicionalmente, hay un problema de aumento del coste de ejecución de la soldadura, restricción de un grado de libertad y así sucesivamente.

La Bibliografía de patentes 6 describe un método en el que la soldadura por puntos se realiza con una plancha de acero de alta resistencia predeterminada y la dureza de una porción soldada se reduce llevando a cabo una energización de templado bajo unas condiciones predeterminadas después de la energización de soldadura. Como plancha de acero de alta resistencia predeterminada, se usa una cuyo equivalente de carbono está prescrito en un intervalo predeterminado y en la que la pendiente de un diagrama de esfuerzo-distorsión en un intervalo de una deformación verdadera de 3 a 7% obtenida en una prueba de tracción está prescrita para que sea igual o superior a 5000 MPa. Sin embargo, también en este método, hay un problema de que es probable que se produzca una fractura por desprendimiento en un botón de soldadura debida al reblandecimiento de una porción soldada.

La Bibliografía de patentes 7 describe un método en el que se realiza una energización posterior al calentamiento después de la formación del botón de soldadura por la energización principal, a un valor de corriente igual o mayor al valor de corriente de la energización principal. Adicionalmente, la Bibliografía de patentes 8 describe un método en el que la energización posterior al calentamiento se realiza aumentando la fuerza de presurización después de la formación del botón de soldadura por la energización principal. Sin embargo, incluso por estos métodos, hay un problema de que no puede obtenerse de forma estable una elevada resistencia de la unión.

Se apreciará que como método para prevenir la aparición de un defecto o una grieta en un botón de soldadura se conoce un método en el que, después de la soldadura se aumenta la fuerza de presurización de un electrodo contra una plancha de acero de alta resistencia. Sin embargo, en este método, hay un problema de que puesto que es necesaria una fuerza de presurización bastante elevada, se requiere una pistola de soldadura que tenga una elevada rigidez, haciendo el método inadecuado para un uso práctico. Adicionalmente, también se conoce un método en el que se reduce la velocidad de enfriamiento después de la soldadura llevando a cabo una energización posterior al calentamiento subsiguientemente poco después de la soldadura. En este método, puesto que la velocidad de contracción de una porción soldada se reduce de forma concomitante a la reducción de la velocidad de enfriamiento, es difícil que se produzca defecto o grieta. Sin embargo, incluso este método no es necesariamente efectivo en la soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia cuya resistencia a la tracción sea igual o superior a 750 MPa y cuya cantidad de carbono o equivalente de carbono sea elevado, que se usan para un componente de refuerzo de un automóvil y similares.

El documento US 2003/0221752 A1 trata de una chapa de fase doble de resistencia superalta de excelentes características frente a la fatiga en una unión soldada por puntos. El documento WO 2008/058675 A1 describe un método para soldadura por puntos y un material de chapa soldada por puntos. I. Khan *et al.* describen la monitorización del efecto de pulsado RSW en AHSS usando el software FEA (SORPAS) en SAE Technical Paper Series, vol. 1 (2007).

Lista de citas

BIBLIOGRAFÍA DE PATENTES

- Bibliografía de patentes 1: Publicación de patente japonesa abierta a inspección pública número 2002-103048
- Bibliografía de patentes 2: Publicación de patente japonesa abierta a inspección pública número 2009-125801
- 5 Bibliografía de patentes 3: Publicación de patente japonesa abierta a inspección pública número 2009-127119
- Bibliografía de patentes 4: Publicación de patente japonesa abierta a inspección pública número 2009-291797
- Bibliografía de patentes 5: Publicación de patente japonesa abierta a inspección pública número 2002-102980
- Bibliografía de patentes 6: Publicación de patente japonesa abierta a inspección pública número 2009-138223
- Bibliografía de patentes 7: Publicación de patente japonesa abierta a inspección pública número 2010-115706
- 10 Bibliografía de patentes 8: Publicación de patente japonesa abierta a inspección pública número 2010-149187

BIBLIOGRAFÍA DE NO PATENTES

- Bibliografía de no patentes 1: "Improvement of Spot Welded Joint Fatigue Strength in High Tension-Steel,-Iron and Steel-", The Iron and Steel Institute of Japan, Vol. 68, N.º 9, páginas 318 a 325, 1982
- 15 Bibliografía de no patentes 2: "Influence of Thermal History of Painting Baking on Spot Welded Joint Strength of Automobile Steel Plate,-Japan Welding Society National Convention Lecture Resume-", The Japan Welding Society, Vol. 83, N.º 9, páginas 4 a 5, 2008
- Bibliografía de no patentes 3: "Kawasaki Steel Corporation Technical Report", Kawasaki Steel Corporation, N.º 32, página 65, 2000

Compendio de la invención

20 **PROBLEMA TÉCNICO**

En una técnica convencional, cuando una plancha de acero de alta resistencia, en particular, una plancha de acero de alta resistencia cuya resistencia a la tracción es igual o superior a 750 MPa y cuyo equivalente de carbono es elevado se somete a soldadura por puntos, aumenta la dureza de un botón de soldadura y se reduce la tenacidad, observándose a veces fractura frágil en la proximidad del origen de la fractura. Por tanto, como se ha descrito antes, se reduce de forma significativa la resistencia de la unión o se produce fluctuación de la resistencia de la unión. Por tanto, se deterioran la fiabilidad de una unión soldada por puntos y la fiabilidad de un miembro que incluya la unión soldada por puntos.

25

Adicionalmente, cuando una plancha de acero de alta resistencia, en particular, una plancha de acero de alta resistencia cuya resistencia a la tracción es igual o superior a 750 MPa y cuyo equivalente de carbono es elevado se somete a soldadura por puntos, a veces se produce un defecto o una grieta en un botón de soldadura. Por tanto, como se ha descrito antes, se reduce de forma significativa la resistencia de la unión o se produce fluctuación de la resistencia de la unión. Por tanto, se deteriora la fiabilidad de una unión soldada por puntos.

30

Adicionalmente, una inclusión comparativamente grande se fuerza a menudo en un botón de soldadura. Si existe tal inclusión en el botón de soldadura, en el caso de un botón de soldadura que sea duro y cuya tenacidad sea baja, se produce una fractura por desprendimiento o una fractura de tapón parcial siendo la inclusión el origen de una grieta. Como resultado, se reduce de forma significativa la resistencia de la unión o se produce fluctuación de la resistencia de la unión, y se deteriora la fiabilidad de una unión soldada por puntos.

35

Como se ha descrito antes, en la técnica convencional, es difícil mejorar suficientemente la resistencia a la tracción de una unión y reducir suficientemente su fluctuación en la soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia, en particular, una plancha de acero de alta resistencia cuya resistencia a la tracción es igual o superior a 750 MPa. Así, no ha podido obtenerse alta fiabilidad en una unión soldada por puntos.

40

Un objeto de la presente invención es proporcionar una unión soldada por puntos y un método de soldadura por puntos que sea capaz, incluso en el caso de que la resistencia a la tracción de una plancha de acero de alta resistencia que es el material a soldar sea igual o superior a 750 MPa, de evitar la aparición de un defecto o una grieta en el momento de la soldadura por puntos, de mejorar la resistencia de la unión, y de reducir la fluctuación de la resistencia de la unión y además que permita obtener una porción soldada fiable mientras que se garantiza la trabajabilidad.

45

SOLUCIÓN AL PROBLEMA

Como resultado del apasionado estudio por solucionar los problemas descritos antes, los autores de la presente

invención han encontrado que, en una unión soldada por puntos de una plancha de acero de alta resistencia que tiene una resistencia a la tracción predeterminada y una composición predeterminada, puede mejorarse la resistencia a la tracción de la unión soldada por puntos y puede reducirse la fluctuación de la resistencia a la tracción, prescribiendo una microestructura apropiada de un botón de soldadura. Adicionalmente, los autores de la presente invención también han encontrado que tal unión soldada por puntos puede obtenerse prescribiendo un patrón de energización apropiado y similares, mientras que se evita un gran aumento del coste y similares. En otras palabras, la esencia de la presente invención es como sigue.

[1] Una unión soldada por puntos de una plancha de acero de alta resistencia que tiene:

dos o más planchas de acero delgadas que se sueldan por puntos entre sí; y

un botón de soldadura formado en una superficie de la unión de las planchas de acero delgadas,

donde al menos una de las dos o más planchas de acero delgadas es una plancha de acero de alta resistencia cuya resistencia a la tracción es 750 MPa a 1850 MPa y cuyo equivalente de carbono C_{eq} representado por la fórmula (1) siguiente es 0,22 % en masa a 0,55 % en masa, y

donde, en una zona de capa exterior del botón de soldadura que es una zona con excepción de una zona de forma similar que es tan grande como el 90% de la forma exterior de botón de soldadura en el botón de soldadura,

una microestructura consiste en una estructura de dendrita en la que el valor promedio de los intervalos de rama es igual o inferior a 12 μm ,

un diámetro de grano promedio de los carburos contenidos en la microestructura es 5 nm a 100 nm, y la densidad en número de los carburos es igual o superior a $2 \times 10^6/\text{mm}^2$.

$$C_{eq} = [C] + [Si]/30 + [Mn]/20 + 2[P] + 4[S] \dots (1)$$

([C], [Si], [Mn], [P] y [S] representan cada uno contenidos respectivos (% en masa) de C, Si, Mn, P y S).

[2] La unión soldada por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según [1],

donde la plancha de acero de alta resistencia contiene:

C: 0,10 % en masa a 0,40 % en masa;

Si: 0,01 % en masa a 2,50 % en masa; y

Mn: 1,5 % en masa a 3,0 % en masa, y

donde, en la plancha de acero de alta resistencia,

el contenido de P es igual o inferior a 0,03 % en masa,

el contenido de S es igual o inferior a 0,01 % en masa,

el contenido de N es igual o inferior a 0,0100 % en masa,

el contenido de O es igual o inferior a 0,007 % en masa,

el contenido de Al es igual o inferior a 1,00 % en masa, y

el resto consiste en Fe y una impureza inevitable.

[3] La unión soldada por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según [2], donde la plancha de acero de alta resistencia contiene adicionalmente al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en:

Ti: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa;

Nb: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa; y

V: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa.

[4] La unión soldada por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según [2] o [3], donde la plancha de acero de alta resistencia contiene adicionalmente al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en:

B: 0,0001 % en masa a 0,01 % en masa;

Cr: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa;

Ni: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa;

Cu: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa; y

Mo: 0,01 % en masa a 0,8 % en masa.

5 [5] La unión soldada por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según uno cualquiera de [2] a [4], donde la plancha de acero de alta resistencia contiene adicionalmente al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en Ca, Ce, Mg, y REM en un intervalo de 0,0001 % en masa a 0,5 % en masa en total.

Se apreciará que un botón de soldadura se refiere a una porción de una plancha de acero delgada que se ha soldado por puntos con el concomitante fundido y solidificado.

10 [6] Un método de soldadura por puntos para formar un botón de soldadura en una superficie de unión de dos o más planchas de acero delgadas,

siendo al menos una de las dos o más planchas de acero delgadas una plancha de acero de alta resistencia cuya resistencia a la tracción es 750 MPa a 1850 MPa y cuyo equivalente de carbono C_{eq} representado por una fórmula (1) siguiente que es 0,22 % en masa a 0,55 % en masa,

teniendo el método las etapas de:

15 llevar a cabo la energización de soldadura bajo unas condiciones tales que la fuerza EF de presurización (N) de un electrodo de soldadura contra las dos o más planchas de acero delgadas cumple una fórmula (2) siguiente;

20 a continuación, mientras se mantiene la fuerza EF de presurización, llevar a cabo la energización posterior al calentamiento sobre el electrodo de soldadura con una corriente de energización posterior al calentamiento PC (kA) que cumple la fórmula (4) siguiente prescrita con una corriente de soldadura WC (kA) en la energización de soldadura durante un tiempo de energización posterior al calentamiento Pt (ms) que cumple la fórmula (5) siguiente; y

a continuación, liberar la presurización en la fuerza EF de presurización,

25 donde entre la etapa de llevar a cabo la energización de soldadura y la etapa de llevar a cabo la energización posterior al calentamiento, las planchas de acero delgadas se enfrían durante un tiempo de enfriamiento después de la soldadura Ct (ms) que cumple la fórmula (3) siguiente, mientras se mantiene la fuerza EF de presurización, y

donde el tiempo Ht de mantenimiento (ms) durante el cual se mantiene la fuerza EF de presurización entre la etapa de llevar a cabo la energización posterior al calentamiento y la etapa de liberar la presurización en la fuerza EF de presurización cumple la fórmula (6) siguiente.

30
$$C_{eq} = [C] + [Si]/30 + [Mn]/20 + 2[P] + 4[S] \dots (1)$$

$$1960 \times h \leq EF \leq 3430 \times h \dots (2)$$

$$16 \leq Ct \leq 300 \dots (3)$$

$$0,4 \times WC \leq PC \leq 0,95 \times WC \dots (4)$$

$$30 \leq Pt \leq 200 \dots (5)$$

35
$$0 \leq Ht \leq 240 \dots (6)$$

([C], [Si], [Mn], [P] y [S] representan cada uno contenidos respectivos (% en masa) de C, Si, Mn, P, y S, y h indica el grosor (mm) de la plancha de acero delgada).

[7] Un método de soldadura por puntos para formar un botón de soldadura en una superficie de unión de dos o más planchas de acero delgadas,

40 siendo al menos una de las dos o más planchas de acero delgadas una plancha de acero de alta resistencia cuya resistencia a la tracción es 750 MPa a 1850 MPa y cuyo equivalente de carbono C_{eq} representado por la fórmula (1) siguiente es 0,22 % en masa a 0,55 % en masa,

teniendo el método las etapas de:

45 llevar a cabo la energización de soldadura bajo unas condiciones tales que la fuerza EF de presurización (N) de un electrodo de soldadura contra las dos o más planchas de acero delgadas cumple una fórmula (7) siguiente:

a continuación, mientras se mantiene la fuerza EF de presurización, llevar a cabo la energización posterior al

calentamiento sobre el electrodo de soldadura con una corriente de energización posterior al calentamiento PC (kA) que cumple la fórmula (4) siguiente prescrita con una corriente de soldadura WC (kA) en la energización de soldadura durante un tiempo de energización posterior al calentamiento Pt (ms) que cumple la fórmula (5) siguiente;

y

5 a continuación, liberar la presurización en la fuerza EF de presurización,

donde entre la etapa de llevar a cabo la energización de soldadura y la etapa de llevar a cabo la energización posterior al calentamiento, las planchas de acero delgadas se enfrían durante un tiempo de enfriamiento después de la soldadura Ct (ms) que cumple la fórmula (3) siguiente, mientras se mantiene la fuerza EF de presurización,

y

10 donde el tiempo Ht de mantenimiento (ms) durante el cual se mantiene la fuerza EF de presurización entre la etapa de llevar a cabo la energización posterior al calentamiento y la etapa de liberar la presurización en la fuerza EF de presurización cumple la fórmula (6) siguiente.

$$C_{eq} = [C] + [Si]/30 + [Mn]/20 + 2[P] + 4[S] \dots (1)$$

$$16 \leq Ct \leq 300 \dots (3)$$

$$15 \quad 0,4 \times WC \leq PC \leq 0,95 \times WC \dots (4)$$

$$30 \leq Pt \leq 200 \dots (5)$$

$$0 \leq Ht \leq 240 \dots (6)$$

$$1470 \times h \leq EF < 1960 \times H \dots (7)$$

20 ([C], [Si], [Mn], [P] y [S] indican cada uno contenidos respectivos (% en masa) de C, Si, Mn, P y S, y h indica el grosor (mm) de la plancha de acero delgada).

[8] El método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según [6] o [7], que tiene la etapa de, después de la etapa de liberar la presurización, mantener las planchas de acero delgadas a una temperatura AT de tratamiento térmico después de la soldadura (°C) que cumple la fórmula (8) siguiente durante un tiempo At de tratamiento térmico después de la soldadura (s) que cumple la fórmula (9) siguiente.

$$25 \quad 120 \leq AT \leq 220 \dots (8)$$

$$100 \leq At \leq 6000 \dots (9)$$

30 [9] El método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según [8], que tiene la etapa de, entre la etapa de liberar la presurización y la etapa de mantener las planchas de acero delgadas a una temperatura de tratamiento térmico después de la soldadura, enfriar la plancha de acero delgada para así reducir la temperatura de la superficie de una porción con la cual se ha puesto en contacto el electrodo de soldadura de la plancha de acero delgada hasta una temperatura CT (°C) que cumple la fórmula (10) siguiente.

$$CT \leq 150 \dots (10)$$

[10] El método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según uno cualquiera de [6] a [9], donde la plancha de acero de alta resistencia contiene:

35 C: 0,10 % en masa a 0,40 % en masa;

Si: 0,01 % en masa a 2,50 % en masa; y

Mn: 1,5 % en masa a 3,0 % en masa, y donde, en la plancha de acero de alta resistencia,

el contenido de P es igual o inferior a 0,03 % en masa,

el contenido de S es igual o inferior a 0,01 % en masa,

40 el contenido de N es igual o inferior a 0,0100 % en masa,

el contenido de O es igual o inferior a 0,007 % en masa,

el contenido de Al es igual o inferior a 1,00 % en masa, y

el resto consiste en Fe y una impureza inevitable.

45 [11] El método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según [10], donde la plancha de acero de alta resistencia contiene adicionalmente al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en:

Ti: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa;

Nb: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa; y

V: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa.

5 [12] El método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según [10] o [11], donde la plancha de acero de alta resistencia contiene adicionalmente al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en:

B: 0,0001 % en masa a 0,01 % en masa;

Cr: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa;

Ni: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa;

Cu: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa; y

10 Mo: 0,01 % en masa a 0,8 % en masa.

[13] El método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según uno cualquiera de [10] a [12], donde la plancha de acero de alta resistencia contiene adicionalmente al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en Ca, Ce, Mg y REM en un intervalo de 0,0001 % en masa a 0,5 % en masa en total.

15 Se apreciará que si se produce un automóvil con la plancha de acero de alta resistencia descrita antes, la etapa de mantener la plancha de acero de alta resistencia a una temperatura de tratamiento térmico después de la soldadura después de liberar la presurización puede llevarse a cabo mediante secado del revestimiento de pintura entre los procesos de producción de un automóvil. En tal caso, es posible mejorar adicionalmente una propiedad de la plancha de acero de alta resistencia sin la nueva adición de un proceso de tratamiento térmico de la plancha de acero de alta resistencia. En otras palabras, es posible obtener una carrocería de vehículo con una alta resistencia sin reducir la
20 productividad.

Efectos ventajosos de la invención

Según la presente invención, puesto que se controla la apariencia de un botón de soldadura y las condiciones de cada procesado, puede prevenirse la aparición de un defecto de contracción o una grieta en el botón de soldadura mientras que se garantiza una buena trabajabilidad, y es posible obtener una unión soldada por puntos altamente fiable que
25 tenga una buena apariencia de fractura, baja fluctuación de la resistencia, y una resistencia de la unión suficientemente alta.

Breve descripción de los dibujos

Fig. 1A es un diagrama esquemático que ilustra un defecto de contracción;

Fig. 1B es un diagrama esquemático que ilustra una grieta longitudinal;

30 Fig. 2A es un diagrama esquemático que ilustra una unión soldada por puntos según una primera forma de realización;

Fig. 2B es un diagrama esquemático que ilustra una zona de capa exterior de un botón de soldadura;

Fig. 3A es un diagrama esquemático que ilustra un método de soldadura por puntos según una segunda forma de realización;

35 Fig. 3B es un diagrama esquemático, que continúa de la Fig. 3A, que ilustra el método de soldadura por puntos en orden de procesos;

Fig. 3C es un diagrama esquemático, que continúa de la Fig. 3B, que ilustra el método de soldadura por puntos en orden de procesos;

Fig. 4 es un diagrama que ilustra un ejemplo de un patrón de energización de un flujo convertido en corriente entre electrodos de soldadura;

40 Fig. 5 es un diagrama esquemático que ilustra una unión soldada por puntos que incluye tres planchas de acero delgadas;

Fig. 6A es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de un botón de soldadura;

Fig. 6B es un diagrama esquemático que ilustra otro ejemplo de un botón de soldadura;

Fig. 6C es un diagrama esquemático que ilustra otro ejemplo más de un botón de soldadura;

45 Fig. 7 es un diagrama esquemático que ilustra un método de prueba de la tracción transversal;

Fig. 8 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de un botón de soldadura después de una fractura;

Fig. 9A es un diagrama esquemático que ilustra una fractura por desprendimiento;

Fig. 9B es un diagrama esquemático que ilustra una fractura de tapón; y

Fig. 9C es un diagrama esquemático que ilustra una fractura de tapón parcial.

5 Descripción de formas de realización

En lo sucesivo, se describirán formas de realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

[Primera forma de realización]

Primero, se describirá una primera forma de realización de la presente invención. La Fig. 2A es un diagrama esquemático que ilustra una unión soldada por puntos según la primera forma de realización.

10 Como se ilustra en la Fig. 2A, en una unión 10 soldada por puntos según la primera forma de realización, se unen dos planchas 1A y 1B de acero delgadas mediante soldadura por puntos por medio de un botón 3 de soldadura. Además, existe una zona 4 afectada por calor en la periferia del botón 3 de soldadura. La resistencia a la tracción de una cualquiera o ambas planchas 1A y 1B de acero delgadas es 750 MPa a 1850 MPa, el equivalente de carbono C_{eq} de las mismas es igual o superior a 0,22 % en masa a 0,55 % en masa. Aquí, el equivalente de carbono C_{eq} está representado por la fórmula (1).

$$C_{eq} = [C] + [Si]/30 + [Mn]/20 + 2[P] + 4[S] \dots (1)$$

([C], [Si], [Mn], [P] y [S] representan cada uno contenidos respectivos (% en masa) de C, Si, Mn, P y S.)

Además, como se ilustra en la Fig. 2B, al menos en una zona 3c de capa exterior del botón de soldadura que es una zona con excepción de una zona 3b de figura similar que es tan grande como el 90% de la forma 3a exterior del botón 3 de soldadura en el botón 3 de soldadura, una microestructura consiste en una estructura de dendrita en la que el valor promedio de intervalo de brazo es igual o menor 12 μm , un diámetro de grano promedio de los carburos contenidos en la microestructura es igual o mayor de 5 nm e igual o menor de 100 nm, y la densidad en número de la misma es igual o mayor de $2 \times 10^6/\text{mm}^2$.

"Microestructura del botón 3 de soldadura"

25 Aquí, se explicará la razón de limitar la microestructura del botón 3 de soldadura.

(Diámetro promedio de grano de los carburos)

Como se ha descrito antes, el diámetro promedio de grano de los carburos contenidos en la microestructura del botón 3 de soldadura es 5 nm a 100 nm, al menos en la zona 3c de capa exterior del botón de soldadura. Aunque la microestructura del botón 3 de soldadura contiene mucha martensita, que tiene alta resistencia y baja tenacidad, la tenacidad se mejora junto con el reblandecimiento del botón 3 de soldadura cuando el carburo precipita en la microestructura del botón 3 de soldadura. Si el diámetro promedio de grano de los carburos es menor de 5 nm, el efecto de mejora de la tenacidad del botón 3 de soldadura es pequeño, y por otro lado, si el diámetro promedio de grano de los carburos supera 100 nm, se produce una grieta en el botón 3 de soldadura siendo un carburo grueso el origen, y es difícil que mejore la resistencia de la unión y es probable que fluctúe la resistencia de la unión. Por tanto, el diámetro promedio de grano de los carburos es 5 a 100 nm. Desde un punto de vista de garantizar de forma estable la resistencia de la unión incluso si se produce variación de las condiciones de soldadura en la producción en masa de piezas para automóviles, es decir, por ejemplo, incluso si se produce abrasión de una porción de punta del electrodo o variación de los huecos entre planchas en la soldadura, es más preferible que el límite superior del diámetro promedio de grano de los carburos sea igual o menor de 60 nm.

40 (Tipo de carburo)

El tipo de carburo contenido en el botón 3 de soldadura o está limitado en particular, pero es preferible que el carburo sea carburo a base de hierro. Esto es debido a que la precipitación puede realizarse a baja temperatura. También es posible precipitar carburo tal como Mo, Cr, Nb, Ti, V, además del carburo a base de hierro, por calentamiento con alta frecuencia o templado normal, para activar de este modo tanto la resistencia como la tenacidad del botón de soldadura. Sin embargo, con el fin de precipitar tal carburo de aleación (carburo tal como Mo, Cr, Nb, Ti o V) en el acero, es necesario un tratamiento térmico a una alta temperatura, a igual o mayor de 500°C, por ejemplo, si fuera necesario. Esto se debe a que elementos sustitutivos del mismo son necesarios de difundir y concentrar. Por otro lado, con el fin de precipitar carburo a base de hierro, es suficiente si el templado se realiza a una baja temperatura, a menos de 500°C. Esto se debe a que el hierro es un elemento constitutivo principal del acero y el carburo a base de hierro precipita solo por difusión y concentración de C en acero, y además, puesto que el C es un elemento intersticial, el C es fácil de difundir.

(Densidad en número de los carburos)

Como se ha descrito antes, en una región de grosor de 5% del botón 3 de soldadura desde una superficie límite con la plancha de acero de alta resistencia hacia el centro (un grosor equivalente a la zona de capa exterior del botón de soldadura), la densidad en número de los carburos contenidos en la microestructura del botón de soldadura es igual o mayor de $2 \times 10^6/\text{mm}^2$. Como se ha descrito antes, cuando el carburo precipita en la microestructura del botón de soldadura, se mejora la tenacidad de forma concomitante al reblandecimiento del botón de soldadura. Sin embargo, si la densidad en número de los carburos es menor de $2 \times 10^6/\text{mm}^2$, es difícil mejorar la tenacidad suficientemente. Por tanto, la densidad en número de los carburos debe ser igual o mayor de $2 \times 10^6/\text{mm}^2$. Adicionalmente, la densidad en número de los carburos es preferiblemente igual o mayor de $3 \times 10^6/\text{mm}^2$, y adicionalmente, preferiblemente igual o mayor de $4 \times 10^6/\text{mm}^2$. El límite superior de la densidad en número de los carburos no está limitado, pero es, por ejemplo, $1 \times 10^9/\text{mm}^2$.

(Estructura de acero del botón 3 de soldadura)

Si la fracción en volumen total de austenita retenida y martensita reciente contenida en la microestructura del botón 3 de soldadura supera el 15%, la tenacidad se reduce de este modo haciendo que la grieta sea fácil de producirse en el botón 3 de soldadura, de modo que es difícil de obtener una resistencia de la unión suficientemente alta. Por tanto, es preferible que la fracción en volumen total de la austenita retenida y la martensita reciente contenida en la microestructura del botón 3 de soldadura sea igual o menor de 15%. Además, es más preferible que, desde un punto de vista de suprimir el deterioro de la apariencia de fractura y garantizar una resistencia de la unión más estable, la fracción en volumen total sea igual o menor de 10%, y es más preferible que, desde un punto de vista de garantizar una resistencia de la unión estable incluso si se produce variación de las condiciones de soldadura en la producción en masa de piezas de automóviles, es decir, por ejemplo, incluso si se produce abrasión de una porción de punta del electrodo o variación de los huecos entre planchas en la soldadura, la fracción en volumen total es igual o menor de 5%. Otras estructuras contenidas en la microestructura del botón 3 de soldadura no están limitadas en particular, aunque es preferible que la estructura esté formada de martensita templada en la que se han precipitado carburos, por ejemplo, y puede estar contenida bainita.

Se apreciará que martensita reciente significa martensita que no contiene carburo en su interior o en la que la densidad en número de los carburos es igual o menor de $1 \times 10^4/\text{mm}^2$. En general, existe martensita reciente en un botón de soldadura formado enfriando inmediatamente después de soldar, y cambia a continuación a martensita que contiene carburos por tratamiento térmico. En particular, puesto que una plancha de acero de alta resistencia cuya resistencia a la tracción es igual o mayor de 750 MPa contiene mucho Si y Mn, si el enfriamiento se produce inmediatamente después de soldar sin realizar un tratamiento térmico, el carburo es difícil de precipitar en la martensita generada durante el enfriamiento. Además, puesto que también hay mucho C contenido en la plancha de acero de alta resistencia cuya resistencia a la tracción es igual o mayor de 750 MPa, la temperatura de transformación de martensita de un botón de soldadura es baja, y el templado es difícil de realizar durante el enfriamiento. Por tanto, cuando se realiza una soldadura por puntos por un método convencional, la fracción en volumen total de austenita retenida y martensita reciente es probable que supere 15%. Por otro lado, si se realiza una soldadura por puntos por un método descrito a continuación, la fracción en volumen total de austenita retenida y martensita reciente puede hacerse fácilmente igual o menor de 15%.

Se apreciará que un diámetro promedio de grano y una densidad en número de carburos así como una estructura de acero están especificados por el siguiente método, en la presente invención. Primero, se corta una probeta de prueba que incluye un botón de soldadura de una unión soldada por puntos, se integra en una resina o similar y se pule, y luego se corroe la superficie pulida con una solución de nital. A continuación, se realiza la observación con un microscopio electrónico de barrido (SEM) o un microscopio electrónico de transmisión (TEM) de 1000 a 100000 aumentos. Se apreciará que puesto que el carburo que existe en el botón de soldadura es casi microscópico es preferible llevar a cabo la observación con, en particular, un FE-SEM (microscopio electrónico de barrido de emisión de campo) o el TEM. Además, es posible realizar la observación conjuntamente con un microscopio óptico.

Con respecto a la fracción en volumen total de la austenita retenida y la martensita reciente, se realiza la observación de 10 campos visuales a 10000 aumentos con el FE-SEM, y se obtiene un valor promedio de los mismos. Además, con respecto al diámetro promedio de grano y la densidad en número de los carburos, se realiza la observación de 20 campos visuales a 100000 aumentos con TEM, y se obtiene un valor promedio de los mismos. Se apreciará que las formas de la mayoría de los carburos son formas de planchas o aciculares, y los diámetros de grano de tales carburos son obtenidos convirtiendo en diámetros de círculo equivalente.

(Apariencia del cristal)

Como se ha descrito antes, la microestructura del botón 3 de soldadura consiste en una estructura de dendrita en la que el valor promedio de intervalo de brazo es igual o menor $12 \mu\text{m}$. En general, cuando mayor es el intervalo de brazo de la dendrita, mayor es la anchura de la zona de segregación de P y S entre los brazos. Si el valor promedio del intervalo de brazo supera $12 \mu\text{m}$, la tenacidad se reduce de forma significativa junto con la segregación de P y S, de modo que es probable que se produzca una grieta en un botón de soldadura. Por otro lado, si el valor promedio del intervalo de brazo es igual o menor de $12 \mu\text{m}$, la segregación de P y S contenidos en el botón de soldadura se reduce

5 y la tenacidad mejora, de modo que es difícil que se produzca una grieta. Además, el carburo se vuelve fácil de precipitar en un tratamiento térmico (templado). Por tanto, el promedio del intervalo de brazo debe ser igual o menor de 12 μm . Además, desde el punto de vista de suprimir el deterioro de la apariencia de fractura y garantizar la resistencia de la unión más establemente, es preferible que el valor promedio del intervalo de brazo sea igual o menor de 10 μm . Además, desde el punto de vista de garantizar de forma estable la resistencia de la unión incluso si se produce variación de las condiciones de soldadura en la producción en masa de piezas de automóviles, es decir, por ejemplo, incluso si se produce abrasión de una porción de punta del electrodo o variación de los huecos entre planchas en la soldadura, es más preferible que el valor promedio de los intervalos de brazo sea igual o menor de 8 μm .

10 P y S no están disueltos en sólido en el carburo a base de hierro y, así, a medida que la zona de segregación se hace mayor, se retrasa la precipitación del carburo a base de hierro. Por tanto, en la zona de segregación de P y S, incluso en el caso de que se lleve a cabo un tratamiento térmico después de la soldadura que se describirá luego, se suprime la precipitación del carburo a base de hierro en una porción de segregación. Como resultado, en la zona de segregación, el potenciar la precipitación del carburo por el tratamiento térmico descrito luego después de la soldadura y los efectos concomitantes tales como la mejora de la resistencia de la unión y supresión de grieta en un botón de soldadura se hacen difíciles de obtener. Por tanto, también desde un punto de vista de limitar la zona de segregación, el valor promedio de los intervalos de brazo debe ser igual o menor de 12 μm .

15 El intervalo de brazo de la estructura de dendrita está especificado por el siguiente método, en la presente invención. Primero, se corta una probeta de prueba que incluye un botón de soldadura de una unión soldada por puntos, se integra en una resina o similar, y se pule. En este momento, la superficie perpendicular a la dirección de rodadura es la superficie a pulir. A continuación, con una solución compuesta de solución acuosa saturada de ácido pícrico y un agente tensioactivo, la solución descrita en "Iron and Steel, Vol. 61, N.º 6, página 110, 1975", la estructura de dendrita se hace apreciable. A continuación, la estructura de dendrita que se ha hecho apreciable se somete a observación de 20 10 campos visuales a 1000 aumentos con un microscopio óptico, para obtener así un valor promedio de la misma. Sin embargo, las velocidades de enfriamiento son diferentes en la proximidad de una cubierta exterior y una porción central en un botón de soldadura, y brazos de dendrita que han crecido desde diversas direcciones chocan en la porción central y, así a veces es difícil medir intervalos de brazo de forma precisa.

(Intervalo de especificación de apariencia de cristal y diámetro promedio de grano y densidad en número de los carburos)

30 Los intervalos para prescribir una apariencia de cristal y un diámetro promedio de grano y una densidad en número de los carburos se especifican en la zona 3c de capa exterior del botón de soldadura que es una zona con excepción de una zona 3b de figura similar que es tan grande como el 90% de la forma 3a exterior del botón 3 de soldadura en el botón 3 de soldadura. Aunque no es fácil uniformizar la microestructura del botón 3 de soldadura, la porción periférica y no la porción central del botón 3 de soldadura es probable que contribuya a la resistencia de la unión. Los autores de la presente invención han confirmado que, experimentalmente, al menos, si la apariencia del cristal y el diámetro promedio de grano así como la densidad en número en la zona 3c de capa exterior del botón de soldadura están dentro de los intervalos numéricos descritos antes, puede obtenerse un efecto de la presente invención.

35 "Característica de la plancha de acero de alta resistencia"

A continuación, se describirá una razón para limitar la característica de la plancha de acero de alta resistencia.

(Resistencia a la tracción)

40 Como se ha descrito antes, la resistencia a la tracción de la plancha de acero de alta resistencia es 750 MPa a 1850 MPa. En general, cuando la resistencia a la tracción de una plancha de acero de alta resistencia aumenta, la carga de trabajo en una unión soldada por puntos se hace mayor, y además, también aumenta la concentración de esfuerzo en la porción soldada, y así se requiere una elevada resistencia de la unión. Sin embargo, aunque la resistencia a la tracción transversal de una unión soldada por puntos aumenta en proporción a la resistencia en una plancha de acero en el orden de 590 a 780 MPa, en una plancha de acero que tiene una resistencia igual o mayor de esta, por el contrario disminuye la resistencia a la tracción transversal. Cuando la resistencia a la tracción de la plancha de acero de alta resistencia es tan baja como menor 750 MPa, el valor de la resistencia a la tracción transversal es alto desde el principio y la carga a la unión soldada por puntos es pequeña, y así es difícil que se produzca deterioro de la apariencia de fractura de la unión soldada por puntos o un problema que se refiera a la resistencia de la unión. Por tanto, la resistencia a la tracción de la plancha de acero de alta resistencia debe ser igual o mayor de 750 MPa. Por otro lado, si la resistencia a la tracción de la plancha de acero de alta resistencia supera 1850 MPa, la supresión del deterioro de la apariencia de fractura de la unión soldada por puntos y la reducción o fluctuación concomitante de la resistencia de la unión se hacen difíciles, y la supresión del defecto o grieta en el botón de soldadura también se hace difícil. Por tanto, la resistencia a la tracción de la plancha de acero de alta resistencia debe ser igual o menor de 1850 MPa.

ES 2 743 306 T3

(Equivalente de carbono C_{eq})

Como se ha descrito antes, el equivalente de carbono C_{eq} representado por la fórmula siguiente (1) de la plancha de acero de alta resistencia es 0,22 % en masa a 0,55 % en masa.

$$C_{eq} = [C] + [Si]/30 + [Mn]/20 + 2[P] + 4[S] \dots (1)$$

5 ([C], [Si], [Mn], [P] y [S] representan cada uno contenidos respectivos (% en masa) de C, Si, Mn, P y S).

10 Cuando el equivalente de carbono supera 0,55% en masa, concurrente con esto, la dureza del botón 3 de soldadura y la zona afectada por calor en su periferia aumentan, y se provoca un aumento en el grado de segregación. Entonces, debido a lo anterior, se reduce la ductilidad y tenacidad del botón 3 de soldadura, de modo que se produce una grieta en el botón 3 de soldadura o se deteriora la apariencia de fractura. Además, la reducción y fluctuación de la resistencia de la unión se produce de forma concomitante al deterioro de la apariencia de fractura. Por otro lado, cuando el equivalente de carbono C_{eq} es menor de 0,22% en masa, es difícil que se produzca un problema relativo a la apariencia de fractura y la resistencia de la unión de la unión soldada por puntos.

(Composición de componentes químicos)

15 La composición de componentes químicos que constituyen la plancha de acero de alta resistencia no está particularmente limitada siempre que el equivalente de carbono C_{eq} esté dentro del intervalo predeterminado, pero es preferible que la composición sea como sigue.

{C: 0,10 % en masa a 0,40 % en masa}

20 C es un elemento reforzante, y mejora la resistencia a la tracción del acero. Adicionalmente, a mayor contenido de C del acero, mayor se hace el contenido de C de un botón de soldadura, y la fuerza impulsora de la precipitación de un carburo en el templado aumenta de este modo potenciando la precipitación del carburo. Sin embargo, si el contenido de C es menor de 0,10% en masa, es difícil obtener una resistencia a la tracción igual o mayor de 750 MPa y es difícil precipitar carburos suficientemente. Además, si el contenido de C supera 0,40% en masa, es probable que se reduzca la procesabilidad de una plancha de acero de alta resistencia. Por tanto, es preferible que el contenido de C sea 0,10 % en masa a 0,40 % en masa.

25 {Si: 0,01 % en masa a 2,50 % en masa}

Si es un elemento reforzante y eleva la resistencia del acero debido al reforzamiento en solución de sólidos y reforzamiento de la estructura. Sin embargo, si el contenido de Si supera 2,50 % en masa, es probable que se reduzca la procesabilidad del acero. Adicionalmente, es difícil hacer el contenido de Si menor de 0,01% en masa a nivel industrial. Por tanto, es preferible que el contenido de Si sea 0,01 % en masa a 2,50 % en masa.

30 {Mn: 1,5 % en masa a 3,0 % en masa}

Mn eleva la resistencia del acero. Sin embargo, si el contenido de Mn supera 3,0% en masa, es probable que se deteriore la conformabilidad. Por otro lado, si el contenido de Mn es menor de 1,5% en masa, es difícil obtener una resistencia a la tracción igual o mayor de 750 MPa. Por tanto, es preferible que el contenido de Mn sea 1,5 % en masa a 3,0 % en masa.

35 {P: igual o menor de 0,03 % en masa}

P fragiliza un botón de soldadura. Si el contenido de P supera 0,03 % en masa, es probable que se produzca una grieta en un botón de soldadura y es difícil obtener una suficiente resistencia de la unión. Por tanto, es preferible que el contenido de P sea igual o inferior a 0,03 % en masa. Se apreciará que hacer el contenido de P menor de 0,001% en masa conduce a un aumento del coste, y no es preferible.

40 {S: igual o menor de 0,01 % en masa}

45 S fragiliza un botón de soldadura. Adicionalmente, S está unido a Mn formando MnS grueso, reduciendo de este modo la procesabilidad. Si el contenido de S supera 0,01 % en masa, es probable que se produzca una grieta en un botón de soldadura y es difícil de obtener una suficiente resistencia de la unión. Adicionalmente, la reducción de la procesabilidad tiende a hacerse prominente. Por tanto, es preferible que el contenido de S sea igual o inferior a 0,01 % en masa. Se apreciará que hacer el contenido de S menor de 0,0001% en masa conduce a un aumento del coste, y no es preferible.

{N: igual o menor de 0,0100 % en masa}

50 N forma un nitruro grueso y deteriora la conformabilidad. Adicionalmente, N causa generación de una sopladura en la soldadura. Si el contenido de N supera 0,0100 % en masa, tal tendencia se vuelve prominente. Por tanto, es preferible que el contenido de N sea igual o inferior a 0,0100 % en masa. Se apreciará que hacer el contenido de N menor de 0,0005% en masa conduce a un aumento del coste, y no es preferible.

{O: igual o menor de 0,007 % en masa}

O forma un óxido y deteriora la conformabilidad. Si el contenido de O supera 0,007 % en masa, tal tendencia se vuelve prominente. Por tanto, es preferible que el contenido de O sea igual o inferior a 0,007 % en masa. Se apreciará que hacer el contenido de O menor de 0,0005% en masa conduce a un aumento del coste, y no es preferible.

5 {Al: igual o menor de 1,00 % en masa}

Al es un elemento estabilizador de ferrita y suprime la precipitación de cementita. Así, Al está contenido con el fin de controlar la estructura del acero. Adicionalmente, Al también funciona como desoxidante. Por otro lado, A es probable que se oxide muy fácilmente y, si el contenido de Al supera 1,00 % en masa, aumentan las inclusiones y la conformabilidad es probable que se reduzca. Por tanto, es preferible que el contenido de Al sea igual o inferior a 1,00%.

10

Una plancha de acero de alta resistencia puede contener selectivamente elementos indicados a continuación según sea necesario, diferentes de los componentes básicos descritos antes.

{Ti: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa}

{Nb: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa}

15 {V: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa}

Ti, Nb, y V son elementos reforzantes para el acero. Estos elementos contribuyen a elevar la resistencia del acero debido al reforzamiento de la precipitación, reforzamiento de los granos finos por supresión del crecimiento de un grano de cristal de ferrita, y reforzamiento de la dislocación por supresión de la recristalización. Sin embargo, si los contenidos de estos elementos son menores de 0,005 % en masa, el efecto antes descrito es pequeño. Por otro lado, si los contenidos de estos elementos superan 0,10 % en masa, es probable que se deteriore la conformabilidad. Por tanto, es preferible que los contenidos de estos elementos sea 0,005 % en masa a 0,10 % en masa.

20

{B: 0,0001 % en masa a 0,01 % en masa}

B refuerza el acero mediante el control de la estructura del acero. Sin embargo, si el contenido de B es menor de 0,0001 % en masa, es difícil mejorar la resistencia suficientemente. Por otro lado, si el contenido de B supera 0,01 % en masa, se satura el efecto antes descrito. Por tanto, es preferible que el contenido de B sea 0,0001 % en masa a 0,01 % en masa.

25

{Cr: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa}

{Ni: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa}

{Cu: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa}

30 {Mo: 0,01 % en masa a 0,8 % en masa}

Cr, Ni, Cu, y Mo son elementos que contribuyen a mejorar la resistencia del acero, y pueden usarse en lugar de parte del Mn, por ejemplo. Sin embargo, si los contenidos de estos elementos son menores de 0,01% en masa, la resistencia no puede mejorarse suficientemente. Por tanto, es preferible que el contenido de estos elementos sea igual o mayor de 0,01 % en masa. Por otro lado, si los contenidos de Cr, Ni, y Cu superan 2,0% en masa y si el contenido de Mo supera 0,8 % en masa, a veces se presentan obstáculos en la limpieza con ácido o en el conformado en caliente. Por tanto, es preferible que el contenido de Cr, Ni y Cu sea igual o menor de 2,0% en masa y es preferible que el contenido de Mel sea igual o inferior a 0,8 % en masa.

35

{Al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en Ca, Ce, Mg, y REM (metal de las tierras raras): en total, 0,0001 % en masa a 0,5 % en masa}

Ca, Ce, Mg, y REM pueden reducir el tamaño de un óxido después de la desoxidación o el tamaño de nitrógeno que existe en la plancha de acero laminada en caliente, y contribuyen a mejoras en la conformabilidad. Sin embargo, si sus contenidos son menores de 0,0001% en masa en total, el efecto antes descrito es pequeño. Por otro lado, si sus contenidos superan 0,5% en masa en total, la procesabilidad del conformado es probable que se reduzca. Por tanto, es preferible que el contenido de estos elementos esté en un intervalo de 0,0001 % en masa a 0,5 % en masa en total.

45 Se apreciará que REM es un elemento que pertenece a la serie de los lantanoides, y REM y Ce pueden añadirse como metal de Misch a acero fundido en una etapa de elaboración de acero. Adicionalmente, pueden estar contenidos en la composición otros diferentes de La y Ce, elementos de la serie de los lantanoides.

(Tipo de acero)

50 El tipo de acero de una plancha de acero de alta resistencia no está limitado en particular. El tipo de acero de la plancha de acero de alta resistencia puede ser cualquier tipo de acero tal como, por ejemplo, un tipo de estructura de

fase dual (por ejemplo, una estructura que contiene martensita en ferrita, una estructura que contiene bainita en ferrita), un tipo de transformación inducida por deformación (una estructura que contiene austenita reducida en ferrita), un tipo de enfriamiento brusco (una estructura de martensita), un tipo de cristal fino (una estructura a base de ferrita), y similares. En la plancha de acero de alta resistencia compuesta por cualquier tipo de acero, se provoca que la apariencia de fractura sea buena y pueden reducirse la reducción y fluctuación de la resistencia de la unión.

(Electrodeposición)

Puede formarse una capa electrodepositada sobre una superficie de la plancha de acero de alta resistencia. Como tipos de capa electrodepositada, pueden citarse, por ejemplo, la serie de Zn, la serie de Zn-Fe, la serie de Zn-Ni, la serie de Zn-Al, la serie de Zn-Mg, la serie de Pb-Sn, la serie de Sn-Zn, la serie de Al-Si, y similares. Como plancha de acero de alta resistencia que tiene una capa electrodepositada de la serie de Zn, pueden citarse, por ejemplo, una plancha de acero galvanizada por inmersión en caliente aleada, una plancha de acero galvanizada por inmersión en caliente, una plancha de acero electrogalvanizada, y similares. Cuando la capa electrodepositada se forma sobre la superficie de la plancha de acero de alta resistencia, la unión 10 soldada por puntos exhibe una resistencia a la corrosión superior. Si la capa electrodepositada es una capa galvanizada aleada sobre una superficie de la plancha de acero de alta resistencia, puede obtenerse una resistencia a la corrosión particularmente superior y la adhesión de un material de revestimiento se llega a ser buena.

Aunque la cantidad de revestimiento de una capa electrodepositada no está limitada en particular, bien, aunque es preferible que la cantidad de revestimiento de una única superficie sea igual o menor de 100g/m². Esto se debe a que si la cantidad de revestimiento de la electrodeposición para una única superficie supera 100g/m² la capa electrodepositada a veces llega a ser un obstáculo en la soldadura. La capa electrodepositada puede formarse en una única superficie o en ambas superficies. Se apreciará que puede formarse una película (por ejemplo, una película lubricante o similar) o similar de una serie inorgánica o de una serie orgánica sobre la capa de superficie de la capa electrodepositada.

(Grosor de la plancha de acero de alta resistencia)

El grosor de una plancha de acero de alta resistencia no está limitado en particular. Por ejemplo, el grosor de una plancha de acero de alta resistencia usada en general para la carrocería de un vehículo automóvil (0,5 mm a 3,2 mm) es suficiente. Sin embargo, puesto que la concentración de tensiones en la periferia de un botón de soldadura aumenta de forma concomitante con el aumento del grosor de la plancha de acero de alta resistencia, es preferible que el grosor de la plancha de acero de alta resistencia sea igual o menor de 2,0 mm.

Adicionalmente, las planchas 1A y 1B de acero delgadas pueden ser planchas de acero de alta resistencia cuyos tipos de acero sean diferentes entre sí, y una cualquiera de las planchas 1A y 1B de acero delgadas puede ser una plancha de acero dulce. Adicionalmente, el grosor de las mismas puede ser diferente una de otra. Adicionalmente, pueden unirse tres o más planchas de acero de alta resistencia mediante soldadura por puntos, y una(s) de ellas puede ser una plancha de acero dulce. En general, el grosor de una plancha de acero delgada es igual o menor de 6 mm.

Según la unión 10 soldada por puntos según la primera forma de realización anterior, incluso en la plancha de acero de alta resistencia de 750 MPa a 1850 MPa, la resistencia de la unión puede mejorarse y también es posible reducir la fluctuación de la resistencia de la unión suficientemente. Adicionalmente, la apariencia de fractura del botón 3 de soldadura llega a ser buena. Por tanto, puede obtenerse alta fiabilidad en la unión soldada por puntos. Por ejemplo, un valor promedio de resistencias a la tracción transversal (n=5) de una unión soldada por puntos prescrita en JIS Z 3137 es, incluso en la plancha de acero de alta resistencia antes descrita, igual o mayor que la resistencia a la tracción transversal de acero calidad IF (exento de intersticios) de 270 MPa. Adicionalmente, un valor mínimo de la resistencia a la tracción transversal (n=5) llega a ser igual o mayor de 0,85 veces el valor promedio. En otras palabras, se suprime la fluctuación de la resistencia a la tracción transversal (n=5).

[Segunda forma de realización]

A continuación, se describirá una segunda forma de realización de la presente invención. La segunda forma de realización es un método para llevar a cabo la soldadura por puntos de las planchas 1A y 1B de acero, y las Fig. 3A a Fig. 3C son diagramas esquemáticos que ilustran un método de soldadura por puntos según la segunda forma de realización.

En la segunda forma de realización, primero, como se ilustra en la Fig. 3A, dos planchas 1A y 1B de acero delgadas que son materiales a soldar están solapadas entre sí. Luego, mientras se presurizan los electrodos 2A, 2B de soldadura realizados en aleación de cobre, por ejemplo, desde ambos lados en relación con una porción solapada de las planchas 1A y 1B de acero delgadas, es decir, de una forma que se intercala desde las direcciones superior e inferior en un ejemplo ilustrado en la Fig. 3A, se realiza la energización predeterminada. La anterior energización incluye energización de soldadura y energización posterior al calentamiento, describiéndose los detalles más adelante.

A continuación, como resultado de tal energización predeterminada, una porción en la cual el metal se funde entre las dos planchas 1A y 1B de acero delgadas. La porción en la que el metal se funde se enfría rápidamente hasta solidificar por extracción de calor por los electrodos 2A, 2B de soldadura refrigerados con agua, y finaliza la conducción de calor a las planchas 1A y 1B de acero delgadas, después de la energización. Por consiguiente, como se ilustra en la Fig.

3B, un botón 3 de soldadura (una porción de botón de soldadura) cuya forma en sección transversal es casi elíptica, por ejemplo, se forma entre las dos planchas 1A y 1B de acero delgadas. Subsiguientemente, se libera la presión de los electrodos 2A, 2B de soldadura a las planchas 1A y 1B de acero delgadas, y como se ilustra en la Fig. 3C, los electrodos 2A, 2B de soldadura se separan de las planchas 1A y 1B de acero delgadas. Como resultado de que se forme el botón 3 de soldadura antes citado, se sueldan dos planchas 1A y 1B de acero delgadas.

Más específicamente, la energización de soldadura se realiza bajo unas condiciones tales que la fuerza EF de presurización (N) de los electrodos 2A, 2B de soldadura contra las planchas 1A y 1B de acero delgadas cumple la fórmula (2) siguiente. A continuación, mientras se mantiene la fuerza EF de presurización, se realiza la energización posterior al calentamiento sobre los electrodos 2A, 2B de soldadura con una corriente de energización posterior al calentamiento PC (kA) que cumple la fórmula (4) siguiente prescrita con una corriente de soldadura WC (kA) en la energización de soldadura durante un tiempo Pt (ms) de energización posterior a la soldadura que cumple la fórmula (5) siguiente. A continuación, se libera la fuerza de presurización FF. Adicionalmente, entre la realización de la energización de soldadura y la realización de la energización posterior al calentamiento, las planchas 1A y 1B de acero delgadas se enfrían durante un tiempo Ct (ms) de enfriamiento después de la soldadura que cumple la fórmula (3) siguiente, mientras se mantiene la fuerza EF de presurización. Adicionalmente, se mantiene un tiempo Ht (ms) de mantenimiento durante el cual se mantiene la fuerza EF de presurización desde la finalización de la energización posterior al calentamiento hasta que la liberación de la presurización en la fuerza EF de presurización se hace para que se cumpla la fórmula (6) siguiente.

$$Ceq = [C] + [Si]/30 + [Mn]/20 + 2[P] + 4[S] \dots (1)$$

$$1960 \times h \leq EF \leq 3430 \times h \dots (2)$$

$$16 \leq Ct \leq 300 \dots (3)$$

$$0,4 \times WC \leq PC \leq 0,95 \times WC \dots (4)$$

$$30 \leq Pt \leq 200 \dots (5)$$

$$0 \leq Ht \leq 240 \dots (6)$$

[C], [Si], [Mn], [P] y [S] indican cada uno contenidos respectivos (% en masa) de C, Si, Mn, P y S, y

h indica el grosor (mm) de las planchas 1A y 1B de acero delgadas).

Cuando se realiza tal soldadura por puntos, pueden obtenerse efectos tales como mejora de la apariencia de fractura en el botón 3 de soldadura, y mejora concomitante de la resistencia de la unión y reducción de la fluctuación de la resistencia de la unión y supresión de la aparición de un defecto y una grieta en el botón 3 de soldadura. Por consiguiente, puede mejorarse la fiabilidad.

Como se ha descrito antes, la resistencia a la tracción de una cualquiera o ambas de las planchas 1A y 1B de acero delgadas que son los materiales a soldar es 750 MPa a 1850 MPa, y un equivalente de carbono Ceq de las mismas es 0,2 % en masa a 0,55 % en masa. Por tanto, si se realiza soldadura por puntos por un método convencional, se forma martensita, que es dura y cuya tenacidad es baja, en un botón de soldadura y una zona afectada por calor, de modo que es posible que se produzca en el botón de soldadura concentración de tensiones. Luego, esto causa deterioro de la apariencia de fractura de una unión soldada por puntos, reducción y fluctuación de la resistencia de la unión, y similares. En cambio, en la segunda forma de realización, detalles que se describen después, puesto que las condiciones de la soldadura por puntos están prescritas apropiadamente, pueden obtenerse efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, y mejora concomitante de la resistencia de la unión y reducción de fluctuación de la resistencia de la unión, y es posible mejorar la fiabilidad.

"Condiciones de la soldadura por puntos"

Aquí, se describirá una razón para limitar las condiciones de la soldadura por puntos. La Fig. 4 es un diagrama que ilustra un ejemplo de un patrón de energización de una corriente realizada para que fluya entre los electrodos 2A y 2B de soldadura. El eje vertical del gráfico mostrado en la Fig. 4 indica una corriente (I), mientras que el eje horizontal indica el tiempo (t).

En este ejemplo, de patrón de energización, después de que finaliza la energización de soldadura con una corriente WC de soldadura mientras que se aplica una fuerza de presurización, la energización se detiene totalmente y se realiza un enfriamiento durante un tiempo de enfriamiento Ct después del de soldadura. Subsiguientemente, se realiza la energización posterior al calentamiento durante un tiempo Pt de energización posterior al calentamiento con una corriente PC de energización posterior al calentamiento que es menor que la corriente WC de soldadura. A continuación, después de que finaliza la energización de la energización posterior al calentamiento, los electrodos 2A y 2B de soldadura se separan de las planchas 1A y 1B de acero delgadas en el momento en que ha pasado el tiempo Ht de mantenimiento, y se libera la fuerza de presurización.

Se apreciará que un patrón de partida de la corriente (I) en el momento en que se inicia la energización de soldadura

ES 2 743 306 T3

puede ser un patrón de pendiente ascendente (una corriente que gradualmente se eleva) ilustrado en la Fig. 4, y también puede ser un patrón de elevación de la corriente instantánea a la corriente WC sin proporcionar dicho patrón de pendiente ascendente.

(Fuerza de presurización de electrodos 2A, 2B de soldadura contra planchas 1A, 1B de acero delgadas: EF)

- 5 En la segunda forma de realización, la fuerza EF de presurización (N) se prescribe dentro de un intervalo representado por la fórmula (2) siguiente.

$$1960 \times h \leq EF \leq 3430 \times h \quad \dots (2)$$

Obsérvese que en la fórmula (2) anterior, h indica el grosor (mm) de las planchas 1A y 1B de acero delgadas.

- 10 La fuerza EF de presurización de los electrodos 2A y 2B de soldadura influye de forma significativa en la aparición de un defecto o una grieta en el botón 3 de soldadura. Si la fuerza EF de presurización es menor de "1960 × h" (N), resulta difícil la supresión de la aparición del defecto o la grieta en el botón 3 de soldadura, y son difíciles de obtener efectos tales como mejora de la apariencia de fractura y mejora concomitante de la resistencia de la unión y reducción de fluctuación de la resistencia de la unión. Por otro lado, si la fuerza EF de presurización supera "3430 × h" (N), se hace mayor un rebajo de una porción con el que hace contacto los electrodos 2A y 2B de soldadura, dañando no solo la
15 apariencia exterior sino conduciendo también a reducción de la resistencia de la unión. Adicionalmente, con el fin de generar una fuerza EF de presurización mayor de "3430 × h" (N), se requiere un brazo robótico con una rigidez suficiente como pistola de soldadura (un aparato que aplica una fuerza de presurización a los electrodos 2A y 2B de soldadura y que los soporta para llevar a cabo la energización). Por tanto, en la segunda forma de realización, la fuerza EF de presurización es igual o mayor de "1960 × h" (N) e igual o menor de "3430 × h" (N).

- 20 Se apreciará que si los diámetros de la porción de punta de los electrodos 2A y 2B de soldadura se hacen demasiado grandes, las presiones en la superficie se reducen y el efecto antes citado se hace más difícil de obtener. Por tanto, como electrodos 2A y 2B de soldadura, es preferible que se usen unos cuyos diámetros de la porción de punta sea de aproximadamente 6 a 8 nm.

- 25 Adicionalmente, si los grosores de las planchas 1A y 1B de acero delgadas son diferentes entre sí, puede usarse en la fórmula (2) un valor promedio de los mismos como "h". Adicionalmente, si se realiza la soldadura por puntos de tres o más planchas de acero delgadas, se calcula la suma de los grosores de todas las planchas de acero delgadas, y puede usarse el valor obtenido dividiendo la suma como "h" en la fórmula (2).

- 30 Se apreciará que ni la corriente WC de soldadura ni el tiempo de energización están limitados en particular, y pueden ser similares a un valor de corriente y un tiempo de energización que se han adoptado convencionalmente en un método para una plancha de acero delgada de alta resistencia, por ejemplo.

- 35 Adicionalmente, como equipo usado para una serie de soldaduras por puntos, puede usarse como tal equipo convencional usado habitualmente. Adicionalmente, con respecto a los electrodos 2A y 2B de soldadura y similares, es posible usar unos con configuración que se ha usado convencionalmente. La fuente de alimentación no está limitada en particular, bien, y puede usarse una corriente alterna, un inversor de corriente continua, un inversor de corriente alterna, o similares.

(Tiempo de enfriamiento: Ct)

En la segunda forma de realización, el tiempo Ct (ms) de enfriamiento inmediatamente después de la soldadura por puntos se prescribe que esté en un intervalo representado por la fórmula (3) siguiente.

$$16 \leq Ct \leq 300 \quad \dots (3)$$

- 40 El tiempo Ct de enfriamiento inmediatamente después de la soldadura influye de forma significativa en la estructura de dendrita (la distancia entre dendritas) y en el estado de segregación del botón 3 de soldadura. Si el tiempo Ct de enfriamiento es menor de 16 ms, no pueden obtenerse efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, y la mejora concomitante de la resistencia de la unión y reducción de la fluctuación de la resistencia de la unión. Adicionalmente, si el tiempo Ct de enfriamiento supera 300 ms, la temperatura se reduce demasiado para que los
45 efectos antes descritos se hagan menores y se reduce la productividad. Por tanto, el tiempo Ct de enfriamiento es igual o mayor de 16 ms o igual o menor de 300 ms. Con el fin de evitar la reducción de la productividad al máximo, es deseable que el tiempo Ct de enfriamiento esté en un intervalo igual o mayor de 16 ms e igual o menor de 300 ms.

(Corriente de energización posterior al calentamiento: PC)

- 50 En la segunda forma de realización, la corriente PC (kA) de energización posterior al calentamiento después de la soldadura se prescribe que esté en un intervalo representado por la fórmula (4) siguiente.

$$0,4 \times WC \leq PC \leq 0,95 \times WC \quad \dots (4)$$

Obsérvese que en la fórmula (4) anterior, WC indica la corriente de soldadura (kA).

La corriente PC de energización posterior al calentamiento influye de forma significativa en las estructuras de un botón de soldadura y zona afectada por calor así como en el estado de segregación. Si la corriente PC de energización posterior al calentamiento es menor de "0,40 × WC" (kA), no pueden obtenerse efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, y la mejora concomitante de la resistencia de la unión y reducción de la fluctuación de la resistencia de la unión. Adicionalmente, también en el caso de que la corriente PC de energización posterior al calentamiento supere "0,95 × WC" (kA), no puede obtenerse el efecto descrito antes. Por tanto, la corriente PC de energización posterior al calentamiento debe ser igual o mayor de "0,40 × WC" (kA) e igual o menor de "0,95 × WC" (kA). Adicionalmente, es preferible que la corriente PC de energización posterior al calentamiento sea igual o mayor de "0,70 × WC" (kA) e igual o menor de "0,85 × WC" (kA). Esto se debe a que los efectos descritos antes se muestran prominentemente.

(Tiempo de energización posterior al tratamiento: Pt)

En la segunda forma de realización, el tiempo Pt (ms) de energización posterior al calentamiento después de la soldadura se prescribe en un intervalo representado por la fórmula (5) siguiente.

$$30 \leq Pt \leq 200 \quad \dots (5)$$

El tiempo Pt de energización posterior al calentamiento, igual que la corriente PC de energización posterior al calentamiento antes descrita, influye de forma significativa en las estructuras del botón de soldadura o la zona afectada por calor así como en el estado de segregación. Si el tiempo Pt de energización posterior al calentamiento es menor de 30 ms, no pueden obtenerse efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, y la mejora concomitante de resistencia de la unión y reducción de fluctuación de la resistencia de la unión. Adicionalmente, si el tiempo Pt de energización posterior al calentamiento supera 200 ms, los efectos descritos antes se hacen pequeños y se reduce la productividad. Por lo tanto, el tiempo Pt de energización posterior al calentamiento debe ser igual o mayor de 30 ms e igual o menor de 200 ms. Adicionalmente, es preferible que el tiempo Pt de energización posterior al calentamiento sea igual o mayor de 40 ms e igual o menor de 200 ms. Esto se debe a que los efectos descritos antes se exhiben de forma prominente.

Ajustando el tiempo Ct de enfriamiento inmediatamente después de la energización con la corriente WC de soldadura, la corriente PC de energización posterior al tratamiento y el tiempo Pt de energización posterior al calentamiento puede reducirse la generación de una gran inclusión en el botón de soldadura. De este modo, puede suprimirse la aparición de una superficie de fractura frágil cuyo origen sea la inclusión, y así pueden obtenerse de forma estable efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, y la mejora concomitante de resistencia de la unión y reducción de fluctuación de la resistencia de la unión.

(Tiempo de mantenimiento: Ht)

El tiempo Ht (ms) de mantenimiento para el cual las planchas 1A, 1B de acero delgadas se mantienen presionadas por los electrodos 2A, 2B de soldadura después de que se realiza la energización posterior al calentamiento bajo las condiciones antes descritas se prescribe en un intervalo representado por la fórmula (6) siguiente.

$$0 \leq Ht \leq 240 \quad \dots (6)$$

Se apreciará que la fuerza EF (N) de presurización en el momento en que las planchas 1A, 1B de acero delgadas se mantienen presionadas por los electrodos 2A, 2B de soldadura durante el tiempo Ht de mantenimiento en el intervalo antes citado está dentro del intervalo representado por la fórmula (2) anterior, por ejemplo.

El tiempo Ht de mantenimiento influye significativamente en las estructuras de un botón de soldadura y en la zona afectada por calor y la aparición de un defecto o una grieta en el botón 3 de soldadura. Si el tiempo Ht de mantenimiento supera 240 ms, efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, y la mejora concomitante de la resistencia de la unión y reducción de fluctuación de la resistencia de la unión se hacen pequeños, y se reduce la productividad. Esto es debido a que el tiempo necesario hasta que se inicia el enfriamiento con aire concomitante a la liberación de los electrodos 2A, 2B de soldadura se prolonga. Por lo tanto, el tiempo Ht de mantenimiento debe ser igual o menor de 240 ms. Adicionalmente, con el fin de iniciar rápidamente el enfriamiento con aire y obtener los efectos antes descritos de forma estable, es deseable que el tiempo Ht de mantenimiento sea corto, y se prefiere que el tiempo Ht de mantenimiento sea igual o mayor a 0 ms e igual o menor a 100 ms, en particular. En el patrón de energización de la presente invención mostrado en la Fig. 4, puesto que la temperatura del botón de soldadura disminuye también durante la energización posterior al calentamiento, es difícil que se produzca un defecto por contracción o grieta incluso si el tiempo Ht de mantenimiento se acorta. Por lo tanto, si es posible separar los electrodos 2A y 2B de soldadura de las planchas 1A, 1B de acero delgadas inmediatamente, el tiempo Ht de mantenimiento puede ser 0 ms. Se apreciará que el tiempo de mantenimiento descrito antes es un tiempo de mantenimiento real, pero en una máquina de soldadura existente, en la que se produce retraso en la operación de una pistola de soldadura, es general que el tiempo de mantenimiento real sea mayor que el tiempo de mantenimiento que se ha fijado. Por lo tanto, puede ser necesario tener lo anterior en consideración.

[Tercera forma de realización]

A continuación, se describirá una tercera forma de realización. En la tercera forma de realización, salvo que la energización de soldadura se realice bajo unas condiciones de que una fuerza EF (N) de presurización de los electrodos 2A y 2B de soldadura contra las planchas 1A y 1B de acero delgadas cumpla la fórmula (7) siguiente, se realizan procesos similares a los de la segunda forma de realización.

$$1470 \times h \leq EF < 1960 \times H \dots (7)$$

Como se ha descrito antes, si la fuerza EF de presurización es menor de "1960 × h" (N), se hace difícil suprimir la aparición de un defecto o grieta en un botón 3 de soldadura, y así cuando el grosor o resistencia de una plancha de acero aumenta, a veces puede producirse un defecto o grieta. Por otro lado, si la fuerza EF de presurización es menor de "1960 × h" (N), puede obtenerse un efecto de que la resistencia de la unión en dirección de desprendimiento aumenta prominentemente. Esto es por las siguientes razones. En otras palabras, a medida que se reduce la fuerza EF, se reduce el tratamiento térmico desde los electrodos 2A, 2B de soldadura y aumenta la penetración (el grosor del botón de soldadura). Así, aumenta un área reblandecida en la zona afectada por calor, lo que facilita la transformación de una unión soldada por puntos cuando actúa un esfuerzo que causa transformación en una plancha de acero de alta resistencia en uso real, prueba de tracción o similar. Por consiguiente, la concentración de esfuerzos en una porción de extremo de un botón de soldadura se alivia. Sin embargo, si la fuerza EF de presurización es menor de "1470 × h" (N), se hace más prominente la aparición de un defecto y una grieta en un botón 3 de soldadura, y no pueden obtenerse efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, y la mejora concomitante de resistencia de la unión y reducción de la fluctuación de la resistencia de la unión. Adicionalmente, si la fuerza EF de presurización supera "1960 × h" (N), el efecto de que la resistencia de la unión en la dirección de desprendimiento aumenta prominentemente es difícil de obtener. Por lo tanto, en la tercera forma de realización, la fuerza EF de presurización debe igual o mayor de "1470 × h" (N) y menor de "1690 × h" (N).

[Cuarta forma de realización]

A continuación, se describirá una cuarta forma de realización. En la cuarta forma de realización, después de realizarse el procesado de la segunda o la tercera forma de realización, es decir, después de liberar el mantenimiento de la presión por los electrodos 2A, 2B de soldadura, se realiza un tratamiento térmico después de la soldadura. La temperatura del tratamiento térmico después de soldadura (la temperatura AT de tratamiento térmico después de soldadura) cumple la fórmula (8) siguiente, y el tiempo del tratamiento térmico después de soldadura (el tiempo At de tratamiento térmico después de soldadura) cumple la fórmula (9) siguiente.

$$120 \leq AT \leq 220 \dots (8)$$

$$100 \leq At \leq 6000 \dots (9)$$

(Temperatura de tratamiento térmico después de soldadura: AT)

En la cuarta forma de realización, la temperatura AT de tratamiento térmico después de soldadura (°C) se prescribe en un intervalo representado por la fórmula (8) siguiente.

$$120 \leq AT \leq 220 \dots (8)$$

Puesto que la microestructura de un botón 3 de soldadura después de liberarse del mantenimiento de la presión está constituida principalmente de martensita que no contiene carburo, la dureza del botón 3 de soldadura es alta pero la tenacidad del mismo es baja. Por ello, es posible mejorar la tenacidad del botón 3 de soldadura como resultado de que carburos precipitan al llevar a cabo un tratamiento térmico adecuado después de la soldadura. Entonces, la temperatura AT de tratamiento térmico después de soldadura contribuye significativamente a mejorar la tenacidad del botón 3 de soldadura y la zona afectada por calor debido a la descomposición de martensita. Si la temperatura de tratamiento térmico después de soldadura es menor de 120°C, la descomposición de martensita es insuficiente y así es difícil obtener efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, la mejora concomitante de resistencia de la unión y reducción de fluctuación de la resistencia de la unión. Adicionalmente, si la temperatura AT de tratamiento térmico después de soldadura supera 220°C, es difícil de obtener el efecto antes descrito y la dureza del botón 3 de soldadura se reduce excesivamente, haciendo que sea probable que se produzca un desprendimiento y fractura en el botón 3 de soldadura. Por lo tanto, la temperatura AT de tratamiento térmico después de soldadura es igual o mayor de 120°C e igual o menor de 220°C. Adicionalmente, se prefiere que la temperatura AT de tratamiento térmico después de soldadura sea igual o mayor de 140°C e igual o menor de 200°C. Esto es debido a que los efectos antes descritos se muestran prominentemente.

En general, cuando se realiza un tratamiento térmico a igual o más de 400°C en un material base de una plancha de acero de alta resistencia, la estructura del material base se ve influenciada y a veces se produce un problema tal que se reduce una propiedad del material base. En la cuarta forma de realización, puesto que el tratamiento térmico después de soldadura se realiza con la temperatura AT de tratamiento térmico después de soldadura que está en el intervalo de 120 a 220°C, pueden obtenerse efectos de una influencia negativa debido a que el tratamiento térmico no se ejerce en la estructura del material base de la plancha de acero de alta resistencia y no se deteriora una propiedad

mecánica.

(Tiempo de tratamiento térmico después de soldadura: At)

En la cuarta forma de realización, el tiempo At de tratamiento térmico después de soldadura (s) se prescribe en un intervalo representado por la fórmula (9) siguiente.

$$5 \qquad 100 \leq At \leq 6000 \quad \dots (9)$$

Si el tiempo At de tratamiento térmico después de soldadura es menor de 100 segundos, la descomposición de martensita es insuficiente, y así, son difíciles de obtener efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, la mejora concomitante de resistencia de la unión y reducción de la fluctuación de la resistencia de la unión. Adicionalmente, si el tiempo de tratamiento térmico At supera 6000 segundos, el efecto antes descrito es difícil de obtener y se reduce la productividad. Por lo tanto, el tiempo At de tratamiento térmico después de soldadura debe ser igual o mayor de 100 segundos e igual o menor de 6000 segundos. El ajuste del tiempo At de tratamiento térmico después de soldadura para que esté en el intervalo antes descrito permite garantizar la tenacidad sin apenas reducir la dureza de un botón 3 de soldadura. Adicionalmente, se prefiere que el tiempo At de tratamiento térmico después de soldadura sea igual o menor de 3600 segundos (1 hora) y, es más preferible que el tiempo At de tratamiento térmico después de soldadura sea igual o mayor de 600 segundos e igual o menor de 2400 segundos.

Realizando un tratamiento térmico después de soldadura bajo las condiciones antes descritas, pueden mejorarse la tenacidad del botón 3 de soldadura y la zona afectada por calor, y efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, y la mejora concomitante de resistencia de la unión y reducción de la fluctuación de la resistencia de la unión llegan a ser prominentes.

Adicionalmente, realizando un tratamiento térmico bajo las condiciones antes descritas de la temperatura AT de tratamiento térmico después de soldadura y el tiempo At de tratamiento térmico después de soldadura, puede suprimirse la aparición de una superficie de fractura frágil cuyo origen es una inclusión. Por lo tanto, efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, la mejora concomitante de resistencia de la unión y reducción de fluctuación de la resistencia de la unión pueden obtenerse de forma estable.

Se apreciará que el método de tratamiento térmico después de soldadura no está limitado en particular y, por ejemplo, pueden realizarse calentamiento en horno, calentamiento en quemador, calentamiento de alta frecuencia y similares. Adicionalmente, puede realizarse un tratamiento de secado del revestimiento de pintura (endurecimiento en horno) y similares.

Normalmente, cuando se suelda por puntos una plancha de acero de alta resistencia cuyo equivalente de carbono Ceq, cantidad de carbono en particular, es alta, la dureza Vickers Hv del botón 3 de soldadura y la zona afectada por calor son con frecuencia iguales o mayores de 400 antes del tratamiento térmico. En la cuarta forma de realización, es más preferible controlar una condición del tratamiento térmico después de soldadura de modo que un valor reducido ΔHv de la dureza Vickers concomitante al tratamiento térmico después de soldadura llegue a ser igual o menor de 50. Se apreciará que, en una plancha de acero de alta resistencia cuyo equivalente de carbono Ceq es alto, la dureza Vickers Hv del botón 3 de soldadura y la zona afectada por calor es a veces igual o mayor de 500. En tal caso, se prefiere controlar una condición del tratamiento térmico después de soldadura de modo que el valor reducido ΔHv de la dureza Vickers llegue a ser aproximadamente 50 a 150. Con este control de la condición, pueden conseguirse prominentes efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, la mejora concomitante de resistencia de la unión y reducción de fluctuación de la resistencia de la unión.

Adicionalmente, en la cuarta forma de realización, se prefiere que la condición del tratamiento térmico después de soldadura se controle apropiadamente de modo que estructuras del botón de soldadura y la zona afectada por calor se modifiquen por el tratamiento térmico desde unas que contengan martensita reciente a unas que no contengan martensita reciente. En otras palabras, la estructura antes del tratamiento térmico contiene martensita reciente y, además contiene martensita templada y/o poca bainita. Se prefiere que la condición del tratamiento térmico esté controlada de modo que una estructura pueda estar constituida de martensita templada y/o poca bainita sin contener martensita reciente. Haciendo que las estructuras del botón 3 de soldadura y la zona afectada por calor sean unas estructuras descritas antes, pueden obtenerse prominentemente los efectos descritos antes.

Aquí, cuando se genera martensita templada en las estructuras del botón 3 de soldadura y la zona afectada por calor, el intervalo de brazo (la distancia entre dendritas) de la estructura de dendrita se hace corta y precipita una pequeña cantidad de carburo. En la cuarta forma de realización, puesto que el tratamiento térmico después de soldadura se realiza bajo las condiciones antes descritas, puede obtenerse el efecto de que se suprima la aparición de fluctuación de la resistencia en la soldadura incluso si se suelda por puntos una plancha de acero de alta resistencia con un alto contenido en carbono.

Se apreciará que incluso si la resistencia a la tracción de una plancha de acero de alta resistencia es menor de 700 MPa, la microestructura del botón 3 de soldadura formado es principalmente martensita que no contiene carburos, y así es posible precipitar los carburos para mejorar la tenacidad del botón 3 de soldadura mediante un tratamiento térmico después de la soldadura.

[Quinta forma de realización]

A continuación, se describirá una quinta forma de realización. En la quinta forma de realización, se realiza un enfriamiento apropiado después de realizar los procesados de la segunda o tercera formas de realización, es decir, después de que se libera el mantenimiento de la presión por los electrodos 2A, 2B de soldadura, en el momento en que se realiza el tratamiento térmico después de la soldadura de la cuarta forma de realización.

(Temperatura de la superficie de la porción soldada después de la soldadura: CT)

En la quinta forma de realización, después de liberar el mantenimiento de la presión por los electrodos 2A, 2B de soldadura, se enfrían planchas 1A, 1B de acero delgadas, y de este modo, la temperatura de la superficie de una porción soldada se reduce hasta una temperatura CT que cumple la fórmula (10) siguiente.

$$CT \leq 150 \dots (10)$$

A continuación, después de realizar tal enfriamiento, se realiza el tratamiento térmico después de soldadura de forma similar a la cuarta forma de realización. Si la temperatura CT de la superficie que ha descendido en el momento en que se realiza el tratamiento térmico de la porción soldada después de la soldadura después de que la soldadura supere 150°C, el tratamiento térmico después de soldadura se debe iniciar antes que finalice completamente la transformación de martensita. Así, incluso si se realiza el tratamiento térmico después de soldadura, pueden ser difíciles de obtener suficientemente efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, y la mejora concomitante de resistencia de la unión y reducción de fluctuación de la resistencia de la unión. En la quinta realización, puesto que la temperatura de la superficie CT se reduce a igual o menos que 150°C mediante enfriamiento, la transformación de martensita de una estructura del botón 3 de soldadura está casi completamente acabado al llegar a un tiempo de inicio del tratamiento de calentamiento después de la soldadura. Por lo tanto, los efectos tales como la mejora de la apariencia de fractura, y la mejora concomitante de resistencia de la unión y la reducción de fluctuación de la resistencia de la unión se puede obtener de manera más prominente.

Llevando a cabo estos métodos de la segunda a quinta formas de realización, puede obtenerse una unión soldada por puntos según la primera forma de realización, y adicionalmente, es posible suprimir la aparición de un defecto y una grieta en el botón 3 de soldadura mientras que se mantiene la trabajabilidad, de modo que pueden obtenerse efectos tales como mejora de la apariencia de fractura, mejora concomitante de resistencia de la unión y reducción de fluctuación de la resistencia de la unión. Así, puede obtenerse una pieza soldada por puntos altamente fiable.

Adicionalmente, una plancha de acero de alta resistencia que es un objeto de un método de soldadura por puntos en la segunda a quinta formas de realización puede, por ejemplo, ser una plancha de acero de alta resistencia que se usa para un componente de refuerzo con el objeto de mejorar la seguridad en una carrocería de vehículo automóvil y cuya resistencia a la tracción es igual o mayor de 750 MPa y cuyo equivalente de carbono es alto, y así en dicha plancha de acero de alta resistencia se detiene la reducción o fluctuación de la resistencia de una pieza soldada por puntos. Según la segunda a quinta formas de realización, al realizar una soldadura por puntos de tal plancha de acero de alta resistencia, resulta posible obtener una unión soldada por puntos altamente fiable de forma eficiente en un rango de operación real, sin usar un aparato especial. Adicionalmente, el tiempo necesario para estas formas de realización es corto, y es posible precipitar carburos de forma eficiente. Así, puede formarse una pieza soldada por puntos altamente fiable y puede obtenerse un efecto especial también desde un punto de vista de la trabajabilidad, el planteamiento técnico es diferente del convencional.

Adicionalmente, en la cuarta y quinta formas de realización, puesto que el patrón de energización apropiado y el tratamiento térmico después de la soldadura se combinan, puede obtenerse una propiedad de resistencia y fiabilidad superiores incluso en una porción que tiene una estructura de solidificación tal como una pieza soldada por puntos, lo cual es bastante significativo.

Se apreciará que en cualquiera de las formas de realización segunda a quinta, siempre que el equivalente de carbono Ceq esté dentro de un intervalo apropiado, la composición de la plancha de acero de alta resistencia no está limitada en particular y pueden obtenerse los efectos antes descritos. Adicionalmente, de igual modo a la primera forma de realización, se prefiere que el contenido de C sea 0,40 % en masa a 0,10 % en masa, se prefiere que el contenido de Si sea 2,50 % en masa a 0,01 % en masa, y se prefiere que el contenido de Mn sea 3,0 % en masa a 1,5 % en masa. Adicionalmente, se prefiere que el contenido de P sea igual o inferior a 0,03%, se prefiere que el contenido de S sea igual o inferior a 0,01 % en masa, se prefiere que el contenido de N sea igual o inferior a 0,0100 % en masa, se prefiere que el contenido de O sea igual o inferior a 0,007 % en masa, y se prefiere que el contenido de Al sea igual o inferior a 1,00 % en masa. Adicionalmente, se prefiere que el contenido de otro elemento esté en un intervalo similar al de la primera forma de realización. Es para garantizar una alta resistencia de la unión más establemente y suprimir la fluctuación de la resistencia de la unión más, incluso en el caso de que se produzca variación de las condiciones de soldadura en la producción en masa de piezas para automóviles, por ejemplo, incluso en el caso de que produzca abrasión de una porción de punta del electrodo o variación de los espacios entre planchas en la soldadura.

Aquí, la fórmula (11) representa un equivalente de carbono Ceqh referido a la dureza de un botón de soldadura de una plancha de acero de alta resistencia, y la fórmula (12) siguiente representa un equivalente de carbono Ceqt referido a la tenacidad de una porción soldada. Se apreciará que la fórmula (12) es común a la fórmula (1) anterior.

$$Ceqh = [C] + [Si]/40 + [Cr]/20 \dots (11)$$

$$Ceqt = [C] + [Si]/30 + [Mn]/20 + 2[P] + 4[S] \dots (12)$$

En general, si la resistencia a la tracción de una plancha de acero de alta resistencia aumenta, el valor numérico del equivalente de carbono ($Ceqh$ o $Ceqt$) representado por la fórmula (11) o fórmula (12) anteriores aumenta, y por consiguiente, aumenta la dureza de una pieza soldada y se reduce la tenacidad. Si aumenta la dureza de una pieza soldada y se reduce la tenacidad como se ha descrito antes, es probable que se produzca una grieta en el botón 3 de soldadura y aparezca deterioro de la apariencia de fractura, de modo que se produce reducción o fluctuación en la resistencia de la unión, en particular, en la resistencia a la tracción transversal. En particular, si el valor numérico del equivalente de carbono $Ceqt$ representado por la fórmula (12) anterior es demasiado grande, se produce deterioro de la apariencia de fractura y se produce reducción o fluctuación en la resistencia de la unión, en particular, en la resistencia a la tracción transversal.

Por el contrario, en la primera a quinta formas de realización, puesto que los equivalentes de carbono Ceq de planchas de acero de alta resistencia están prescritos dentro de intervalos apropiados, pueden obtenerse efectos tales como mejora de la apariencia de fractura, mejora concomitante de resistencia de la unión y reducción de fluctuación de la resistencia de la unión.

Se apreciará que la descripción anterior se refiere a un caso en que se realiza soldadura por puntos de dos planchas de acero delgadas y a un caso de una unión soldada por puntos obtenida por tal soldadura por puntos, pero los objetos a soldar por puntos pueden ser tres planchas 1A, 1B y 1C delgadas de acero, como se ilustra en la Fig. 5, y también pueden obtenerse efectos similares a los anteriores en una unión 11 soldada por puntos, que incluya las tres planchas 1A, 1B y 1C delgadas de acero. Adicionalmente, la soldadura por puntos puede realizarse a cuatro o más planchas delgadas de acero, y pueden obtenerse efectos similares en una unión soldada por puntos que incluya las cuatro o más planchas delgadas de acero. Se apreciará que en la combinación de planchas antes descrita, no es necesario que todas las planchas delgadas de acero sean planchas de acero de alta resistencia, y una(s) de ellas pueden ser una plancha de acero dulce. Adicionalmente, no es necesario que todas las planchas de acero de alta resistencia sean del mismo tipo de acero, y puede ser posible una combinación de diferentes tipos de acero. Adicionalmente, no es necesario que todos los grosores sean los mismos y es posible una combinación de diferentes grosores.

Adicionalmente, no es necesario que todas las dos o más planchas de acero delgadas que son objetos a soldar por puntos cumplan los intervalos antes descritos de resistencia a la tracción y equivalente de carbono, y es suficiente si al menos en una plancha de acero delgada la resistencia a la tracción es 750 MPa a 1850 MPa y el equivalente de carbono Ceq es 0,22 % en masa a 0,55 % en masa. Por tanto, en una unión soldada por puntos es suficiente si en la menos una de dos o más planchas de acero delgadas incluidas en la misma la resistencia a la tracción es 750 MPa a 1850 MPa y el equivalente de carbono Ceq es 0,22 % en masa a 0,55 % en masa. Sin embargo, en la práctica, si la composición, la resistencia a la tracción, y el equivalente de carbono de una plancha de acero delgada que se va a combinar con una plancha de acero de alta resistencia cuya composición, resistencia a la tracción y equivalente de carbono están prescritos en la presente invención son iguales o mayores del valor prescrito en la presente invención, se eleva la probabilidad de que se produzca deterioro de la apariencia de fractura, y reducción concomitante de la resistencia de la unión y reducción de la fluctuación de la resistencia de la unión, y así, puede ser necesario que la composición, la resistencia a la tracción y el equivalente de carbono de la plancha de acero delgada que se va a combinar sean iguales o menores de los de la plancha de acero de alta resistencia prescritos en la presente invención.

Adicionalmente, la forma del botón 3 de soldadura no está limitada a un elipsoide o casi elipsoide y, como se ilustra en las Fig. 6A, Fig. 6B, y Fig. 6C, la presente invención puede aplicarse a botones 3 de todas las formas. Adicionalmente, tenga la forma que tenga el botón 3 de soldadura, es posible especificar la zona 3c de la capa exterior del botón de soldadura, como se ilustra en las Fig. 6A a Fig. 6C.

Ejemplo

A continuación, se describirán ejemplos que pertenecen a intervalos de la presente invención al mismo tiempo que se comparan con Ejemplos comparativos que están fuera de los intervalos de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no está limitada a los siguientes ejemplos, sino que es posible modificación con tal que la modificación se añada apropiadamente dentro de un intervalo compatible con el objeto descrito antes o después, y estos estén todos incluidos en un ámbito técnico de la presente invención.

[Ejemplo 1]

Primero, se prepararon tres planchas de acero (planchas de acero de alta resistencia laminadas en frío, planchas de acero electrodepositadas, y planchas de acero galvanizadas por inmersión en caliente aleadas) de 17 tipos que tenían componentes representados en la Tabla 1 y Tabla 2 siguientes y cuyos grosores fueron 1,6 mm y cuyas resistencias a la tracción fueron iguales o mayores de 750 MPa. A continuación, se solaparon las planchas de acero del mismo tipo en combinación, y se realizó soldadura por puntos en las condiciones N.º A-1 a N.º A-86 representadas en la Tabla 3 y Tabla 4 siguientes con una máquina de soldar de un tipo de servopistola, por lo que se fabricaron probetas de prueba de uniones soldadas por puntos. Adicionalmente, con respecto a las probetas de prueba, se realizaron tratamientos térmicos después de soldar bajo las condiciones de la Tabla 3 y Tabla 4 siguientes, después de la

ES 2 743 306 T3

soldadura por puntos. Se apreciará que se realizó un experimento preparatorio antes de la soldadura por puntos y que en base al resultado del experimento preparatorio se fijó el valor de la corriente en el momento de la soldadura en un valor $(4,5\sqrt{t})$ por lo cual el diámetro del botón de soldadura se hizo 4,5 veces tan grande como la raíz cuadrada del grosor de una plancha de acero. Se apreciará que se fabricaron seis probetas de prueba por condición.

5

[Tabla 1]

Tabla 1

Tipo de plancha de acero (*1)	Resistencia a la tracción (MPa)	C (% masa)	Si (% masa)	Mn (% masa)	P (% masa)	S (% masa)	Al (% masa)	N (% masa)	O (% masa)	Equivalente de carbono Ceq (% masa)
CR-1	762	0,121	0,46	2,18	0,016	0,0042	0,032	0,0027	0,0036	0,29
GA-1	812	0,102	0,56	2,19	0,014	0,0035	0,048	0,0022	0,0019	0,27
GA-2	788	0,198	1,04	1,52	0,015	0,0028	0,013	0,0024	0,0019	0,35
CR-2	998	0,103	1,48	1,98	0,011	0,0022	0,024	0,0023	0,0011	0,28
CR-3	1016	0,151	0,32	2,42	0,007	0,0011	0,027	0,0021	0,0022	0,30
GA-3	1056	0,099	0,72	2,21	0,0016	0,0015	0,029	0,0012	0,0030	0,24
EG-1	1036	0,231	1,43	1,54	0,006	0,0009	0,882	0,0045	0,0033	0,38
GA-4	1183	0,162	1,87	1,86	0,012	0,0016	0,014	0,0025	0,0027	0,35
CR-4	1221	0,153	0,02	2,62	0,018	0,0008	0,028	0,0019	0,0020	0,32
CR-5	1203	0,304	1,02	1,78	0,009	0,0018	0,892	0,0025	0,0024	0,45
GA-5	1508	0,188	0,76	1,84	0,007	0,0013	0,032	0,0027	0,0026	0,32
GA-6	1552	0,224	0,32	2,46	0,011	0,0012	0,007	0,0019	0,0014	0,38
CR-6	1762	0,231	0,02	1,88	0,016	0,0034	0,024	0,0027	0,0019	0,36
EG-2	1809	0,268	0,26	1,71	0,009	0,0011	0,025	0,0011	0,0012	0,38
GA-7	1472	0,377	1,12	1,63	0,012	0,0017	0,23	0,0052	0,0016	0,53
CR-7	602	0,062	0,44	2,14	0,011	0,0029	0,048	0,0051	0,0035	0,21
GA-8	2241	0,486	0,23	1,54	0,009	0,0025	0,011	0,0027	0,0036	0,60

*1 - CR: plancha de acero laminado en frío, EG: plancha de acero electrogalvanizada, GA: plancha de acero galvanizada por inmersión en caliente aleada

[Tabla 2]

Tabla 2

Tipo de plancha de acero	Ti (% masa)	Nb (% masa)	V (% masa)	B (% masa)	Cr (% masa)	Ni (% masa)	Cu (% masa)	Mo (% masa)	Ca (% masa)	Ce (% masa)	Mg (% masa)	REM (% masa)
CR-1												
GA-1	0,019											
GA-2					0,14							
CR-2	0,044			0,0006								
CR-3												
GA-3	0,019	0,043		0,0046				0,17				
EG-1						0,37	0,11					
GA-4	0,041			0,0017								
CR-4									0,0026			
CR-5										0,0034		
GA-5	0,078			0,0026	0,78							
GA-6			0,082								0,0007	
CR-6				0,0019								
EG-2	0,013			0,008								0,0019
GA-7												
CR-7												
GA-8	0,007			0,0038								

[Tabla 3]
Tabla 3

Condición	Tipo de plancha de acero	Condiciones de soldadura										Condiciones de tratamiento térmico después de soldadura		
		Fuerza de presurización (N)	Corriente de soldadura (WC) (kA)	Tiempo de enfriamiento (Ct) (ms)	Corriente de energización posterior al calentamiento (PC) (kA)	Tiempo de energización posterior al calentamiento (Pt) (ms)	Tiempo de mantenimiento (Ht) (ms)	Temperatura antes de tratamiento térmico (CT) (°C)	Temperatura de tratamiento térmico (AT) (°C)	Temperatura de tratamiento térmico (AT) (°C)	Tiempo de tratamiento térmico (AT) (s)			
A-1	CR-1	3500	6,42	40	3,85	80	100	25	170	1200				
A-2	CR-1	3500	6,42	*2	3,85	80	100	25	130	1200				
A-3	CR-1	3500	6,42	20	3,85	80	100	25	170	1200				
A-4	CR-1	3500	6,42	80	3,85	80	100	25	170	1200				
A-5	CR-1	3500	6,43	500	3,86	80	100	25	160	1200				
A-6	CR-1	3500	6,42	40	1,92	80	100	25	170	1200				
A-7	CR-1	3500	6,41	40	3,52	80	100	25	150	1200				
A-8	CR-1	3500	6,42	40	4,36	80	100	25	170	1200				
A-9	CR-1	3500	6,42	40	6,11	80	100	25	160	1200				
A-10	CR-1	3500	6,43	40	*2	*2	*2	25	170	1200				
A-11	CR-1	3500	6,42	40	3,85	80	20	25	170	1200				
A-12	CR-1	3500	6,41	40	3,85	80	160	25	180	1200				
A-13	CR-1	3500	6,40	40	3,84	80	240	25	170	1200				
A-14	CR-1	3500	6,42	40	3,86	80	100	450	170	1200				
A-15	CR-1	3500	6,42	40	3,85	80	100	25	100	1200				
A-16	CR-1	3500	6,42	40	3,85	80	100	25	140	1200				
A-17	CR-1	3500	6,42	40	3,85	80	100	25	220	1200				
A-18	CR-1	3500	6,42	40	3,84	80	100	25	300	1200				
A-19	CR-1	3500	6,42	40	3,85	80	100	25	*2	*2				
A-20	CR-1	3500	6,42	40	3,85	80	100	25	170	180				
A-21	CR-1	3500	6,42	40	3,85	80	100	25	170	1800				
A-22	CR-1	3500	6,43	40	3,86	80	100	25	220	9000				
A-23	CR-1	3500	6,40	12	5,15	83	17	25	160	600				
A-24	CR-1	3500	6,40	17	5,15	83	17	25	160	600				
A-25	CR-1	3500	6,40	17	5,50	83	17	25	160	600				
A-26	CR-1	3500	6,40	17	5,15	83	0	25	160	600				
A-27	CR-1	3500	6,40	17	5,15	33	17	25	160	600				
A-28	CR-1	3500	6,40	17	5,15	17	17	25	160	600				
A-29	CR-1	3500	6,40	17	5,15	83	17	25	*2	*2				
A-30	CR-1	3500	6,40	17	5,15	83	17	25	80	1200				
A-31	GA-1	3500	6,21	40	3,73	100	100	25	170	1200				
A-32	GA-1	3500	6,19	40	3,71	100	100	25	*2	*2				
A-33	GA-1	3500	6,20	40	3,72	100	100	25	140	1200				
A-34	GA-1	3500	6,19	40	3,71	100	100	25	210	1200				
A-35	GA-1	3500	6,20	40	3,72	100	100	25	450	1200				

Condición	Tipo de plancha de acero	Condiciones de soldadura										Condiciones de tratamiento térmico después de soldadura		
		Fuerza de presurización (EF) (N)	Corriente de soldadura (WC) (kA)	Tiempo de enfriamiento (Ct) (ms)	Corriente de energización posterior al calentamiento (PC) (kA)	Tiempo de energización posterior al calentamiento (Pt) (ms)	Tiempo de mantenimiento (Ht) (ms)	Temperatura antes de tratamiento térmico (CT) (°C)	Temperatura de tratamiento térmico (AT) (°C)	Tiempo de tratamiento térmico (At) (s)				
A-36	GA-1	3500	6,21	-2	3,73	100	100	100	25	170	1200			
A-37	GA-1	3500	6,18	500	3,71	100	100	100	25	170	1200			
A-38	GA-1	3500	6,20	40	5,20	100	100	20	25	-2	-2			
A-39	GA-1	3500	6,20	40	5,20	100	100	20	25	80	1200			
A-40	GA-1	3500	6,20	40	5,20	100	100	20	25	170	1200			

*2 – indica que no se realiza cada proceso

[Tabla 4]

Tabla 4

Condición	Tipo de plancha de acero	Condiciones de soldadura										Condiciones de tratamiento térmico después de soldadura		
		Fuerza de presurización (EF) (N)	Corriente de soldadura (WC) (kA)	Tiempo de enfriamiento (Ct) (ms)	Corriente de energización posterior al calentamiento (PC) (kA)	Tiempo de energización posterior al calentamiento (Pt) (ms)	Tiempo de mantenimiento (Ht) (ms)	Temperatura antes de tratamiento térmico (C1) (°C)	Temperatura de tratamiento térmico (AT) (°C)	Tiempo de tratamiento térmico (At) (s)				
A-41	GA-2	3500	6.10	40	4.02	100	100	100	25	170	1200			
A-42	GA-2	3500	6.10	40	2.18	100	100	100	25	170	1200			
A-43	GA-2	3500	6.12	40	5.84	100	100	100	25	170	1200			
A-44	GA-2	3500	6.09	40	4.03	100	100	100	25	100	1200			
A-45	GA-2	3500	6.08	40	4.01	100	100	100	25	340	1200			
A-46	GA-2	3500	6.11	40	4.08	100	100	100	25	170	20			
A-47	GA-2	3500	6.10	40	4.01	100	100	100	450	170	1200			
A-48	CR-2	3500	6.45	40	3.88	80	80	100	25	170	1200			
A-49	CR-3	3500	6.49	40	3.70	80	80	100	25	170	1200			
A-50	GA-3	3500	6.19	40	4.03	80	80	100	25	170	1200			
A-51	EG-1	3500	6.44	40	4.01	80	80	100	25	170	1200			
A-52	GA-4	3500	6.18	40	3.99	80	80	100	25	180	1200			
A-53	GA-4	3500	6.17	-2	3.98	80	80	100	25	140	1200			
A-54	GA-4	3500	6.20	20	3.99	80	80	100	25	170	1200			
A-55	GA-4	3500	6.20	80	3.98	80	80	100	25	160	1200			
A-56	GA-4	3500	6.19	380	3.76	80	80	100	25	170	1200			
A-57	GA-4	3500	6.20	40	1.63	80	80	100	25	170	1200			
A-58	GA-4	3500	6.20	40	3.42	80	80	100	25	170	1200			
A-59	GA-4	3500	6.18	40	4.42	80	80	100	25	170	1200			
A-60	GA-4	3500	6.20	40	6.03	80	80	100	25	180	1200			
A-61	GA-4	3500	6.20	40	-2	-2	-2	-2	25	170	1200			
A-62	GA-4	3500	6.19	40	4.01	80	80	40	25	170	1200			
A-63	GA-4	3500	6.21	40	3.93	80	80	220	25	170	1200			
A-64	GA-4	3500	6.20	40	4.01	80	80	100	400	160	1200			
A-65	GA-4	3500	6.20	40	4.00	80	80	100	25	90	1200			
A-66	GA-4	3500	6.19	40	3.98	80	80	100	25	150	1200			
A-67	GA-4	3500	6.18	40	3.99	80	80	100	25	200	1200			
A-68	GA-4	3500	6.22	40	4.03	80	80	100	25	340	1200			
A-69	GA-4	3500	6.20	40	3.99	80	80	100	25	-2	-2			
A-70	GA-4	3500	6.20	40	3.98	80	80	100	25	170	240			
A-71	GA-4	3500	6.21	40	3.98	80	80	100	25	170	2400			
A-72	CR-4	3500	6.41	40	3.85	80	80	100	25	170	1200			
A-73	CR-5	3500	6.38	40	4.02	80	80	100	25	180	1200			
A-74	CR-5	3500	6.39	-2	4.03	80	80	100	25	180	1200			
A-75	CR-5	3500	6.40	400	4.02	80	80	100	25	180	1200			

Condicción	Tipo de plancha de acero	Condiciones de soldadura							Condiciones de tratamiento térmico después de soldadura		
		Fuerza de presurización (EF) (N)	Corriente de soldadura (WC) (kA)	Tiempo de enfriamiento (Ct) (ms)	Corriente de energización posterior al calentamiento (PC) (kA)	Tiempo de energización posterior al calentamiento (Pt) (ms)	Tiempo de mantenimiento (Ht) (ms)	Temperatura antes de tratamiento térmico (CT) (°C)	Temperatura de tratamiento térmico (AT) (°C)	Tiempo de tratamiento térmico (At) (s)	
A-76	CR-5	3500	6,40	40	2,02	80	100	25	170	1200	
A-77	CR-5	3500	6,41	40	5,54	80	100	25	170	1200	
A-78	CR-5	3500	6,39	40	4,00	80	100	25	-*2	-*2	
A-79	CR-5	3500	6,38	40	4,02	80	100	25	330	1200	
A-80	GA-5	3500	6,11	40	4,01	80	100	25	170	1200	
A-81	GA-6	3500	6,21	40	3,99	80	100	25	170	1200	
A-82	CR-6	3500	6,48	40	3,72	80	100	25	170	1200	
A-83	EG-2	3500	6,38	40	3,89	80	100	25	170	1200	
A-84	GA-7	3500	6,39	40	4,02	80	100	25	180	1200	
A-85	CR-7	3500	6,42	40	3,88	80	100	25	-*2	-*2	
A-86	GA-8	3500	6,21	40	4,01	80	100	25	180	1200	

*2 – Indica que no se realiza cada proceso

- 5 A continuación, se realizó la observación de la microestructura de un botón de soldadura con el uso de una de seis probetas de prueba y se realizó la medida de la resistencia a la tracción transversal con el uso de las cinco restantes, por condición. La observación de la microestructura se realizó con el uso de un microscopio óptico. Adicionalmente, la medida de la resistencia a la tracción transversal se realizó basándose en el método experimental de la resistencia a la tracción transversal (JIS Z3137) de una unión soldada por puntos de resistencia, y se calcularon valores promedio de las resistencias de la unión y fluctuación de la resistencia de la unión. En otras palabras, como se indica por el número de referencia 24 en la Fig. 7, se realizó una prueba de resistencia a la tracción transversal aplicando cargas en direcciones para desprender una probeta de prueba 21A del lado superior en una dirección superior y una probeta de prueba 21B del lado inferior en una dirección inferior, y se midió la resistencia a la tracción transversal (CTS).
- 10 Adicionalmente, se solaparon dos planchas de acero IF cuya resistencia a la tracción era 289 MPa y cuyo grosor era 1,6 mm, y se realizó la soldadura por puntos bajo unas condiciones para hacer que el diámetro del botón de soldadura fuera $4,5\sqrt{t}$, por lo que se fabricaron cinco probetas de prueba de referencia de uniones soldadas por puntos. Se midieron las resistencias a la tracción de estas probetas de prueba y el valor promedio de las mismas fue 8,2 kN.
- 15 A continuación, se compararon valores promedio de las resistencias a la tracción de las probetas de prueba fabricadas en las condiciones antes descritas N.º A-1 a N.º A-86 con el valor promedio de las resistencias a la tracción de las probetas de prueba de referencia y se realizó la evaluación. En esta evaluación, una unión soldada por puntos en la que la proporción en relación con el valor promedio de las resistencias a la tracción de las probetas de prueba de referencia era igual o mayor de 1 se definió como una unión soldada por puntos que tiene una resistencia de la unión superior.
- 20 Puesto que el diámetro del botón de soldadura formado bajo las condiciones anteriores ($4,5\sqrt{t}$) era aproximadamente 5,7 mm, una zona de capa exterior de botón de soldadura obtenida eliminando una zona de forma similar del 90% de un botón de soldadura era equivalente a una región que tenía un grosor de aproximadamente 0,3 mm desde un límite entre el botón de soldadura y la plancha de acero de alta resistencia hacia el centro del botón de soldadura. En la observación de la microestructura, se midieron el diámetro de grano promedio y la densidad en número de carburos así como el valor promedio de intervalo de brazo de una estructura de dendrita, en una porción de aproximadamente 25 0,2 mm hacia el interior del límite entre el botón de soldadura y la plancha de acero de alta resistencia hacia el centro del botón de soldadura en la zona de capa exterior del botón de soldadura. Adicionalmente, también se midió la proporción (una fracción en volumen) de martensita reciente, martensita templada y austenita retenida que constituyeron el botón de soldadura.
- 30 Los resultados de tal evaluación y resultados de las medidas están representados la Tabla 5 y Tabla 6 siguientes.

[Tabla 5]

Tabla 5

Condición	Tipo de plancha de acero	Intervalo de brazo de dendrita (µm)	Carburo		Tasa en volumen de estructura de la porción soldada			Relación de resistencia de la unión soldada (plancha de acero de alta resistencia/plancha de acero dulce)	Fluctuación de resistencia	Referencia
			Tamaño promedio (nm)	Densidad en número (número/nm ²)	Martensita reciente (%)	Martensita templada (%)	Austenita retenida (%)			
A-1	CR-1	8	42	6,2×10 ⁸	0	100	0	1,14	⊙	Ejemplo de la inversión
A-2	CR-1	13	46	6,8×10 ⁸	36	62	2	0,80	Δ	Ejemplo comparativo
A-3	CR-1	11	44	5,4×10 ⁸	3	96	1	1,11	○	Ejemplo de la inversión
A-4	CR-1	7	38	7,1×10 ⁸	0	99	1	0,19	⊙	Ejemplo de la inversión
A-5	CR-1	7	82	1,1×10 ⁹	32	62	6	0,78	x	Ejemplo comparativo
A-6	CR-1	7	44	1,4×10 ⁸	27	69	4	0,82	x	Ejemplo comparativo
A-7	CR-1	7	39	7,5×10 ⁸	0	100	0	1,19	⊙	Ejemplo de la inversión
A-8	CR-1	7	44	4,2×10 ⁸	0	100	0	1,08	○	Ejemplo de la inversión
A-9	CR-1	14	56	1,7×10 ⁸	27	73	0	0,76	x	Ejemplo comparativo
A-10	CR-1	8	28	4,7×10 ⁸	12	88	0	0,48	x	Ejemplo comparativo
A-11	CR-1	7	36	2,6×10 ⁸	3	97	0	1,06	○	Ejemplo de la inversión
A-12	CR-1	7	49	7,5×10 ⁸	0	100	0	1,22	⊙	Ejemplo de la inversión
A-13	CR-1	8	52	8,3×10 ⁸	0	100	0	1,21	⊙	Ejemplo de la inversión
A-14	CR-1	8	43	1,3×10 ⁸	37	57	6	0,64	x	Ejemplo comparativo
A-15	CR-1	7	34	2,3×10 ⁸	9	90	1	1,01	○	Ejemplo de la inversión
A-16	CR-1	7	35	4,2×10 ⁸	3	96	0	1,12	⊙	Ejemplo de la inversión
A-17	CR-1	7	78	6,8×10 ⁸	0	100	0	1,12	⊙	Ejemplo de la inversión
A-18	CR-1	7	116	3,8×10 ⁸	0	100	0	0,83	○	Ejemplo comparativo
A-19	CR-1	7	76	2,1×10 ⁸	12	86	2	1,01	○	Ejemplo de la inversión
A-20	CR-1	7	29	4,0×10 ⁸	7	92	1	1,02	○	Ejemplo de la inversión
A-21	CR-1	7	49	6,9×10 ⁸	0	100	0	1,22	⊙	Ejemplo de la inversión
A-22	CR-1	7	107	4,3×10 ⁸	1	98	1	0,85	⊙	Ejemplo comparativo
A-23	CR-1	13	45	4,0×10 ⁸	2	98	0	0,94	Δ	Ejemplo comparativo
A-24	CR-1	10	40	5,3×10 ⁸	3	97	0	1,12	⊙	Ejemplo de la inversión
A-25	CR-1	10	46	5,3×10 ⁸	2	98	0	1,14	⊙	Ejemplo de la inversión
A-26	CR-1	10	44	6,0×10 ⁸	2	98	0	1,10	⊙	Ejemplo de la inversión
A-27	CR-1	10	36	4,5×10 ⁸	3	97	0	1,06	⊙	Ejemplo de la inversión
A-28	CR-1	10	30	1,3×10 ⁸	6	94	0	0,90	Δ	Ejemplo comparativo
A-29	CR-1	10	25	2,1×10 ⁸	13	87	0	1,01	○	Ejemplo de la inversión
A-30	CR-1	10	28	2,5×10 ⁸	10	90	0	1,03	○	Ejemplo de la inversión
A-31	GA-1	7	52	7,2×10 ⁸	0	100	0	1,26	⊙	Ejemplo de la inversión
A-32	GA-1	8	16	2,1×10 ⁸	12	86	2	1,01	○	Ejemplo de la inversión
A-33	GA-1	7	33	3,8×10 ⁸	3	97	0	1,22	⊙	Ejemplo de la inversión
A-34	GA-1	7	83	5,0×10 ⁸	0	100	0	1,25	⊙	Ejemplo de la inversión
A-35	GA-1	8	126	1,3×10 ⁸	0	100	0	0,90	○	Ejemplo comparativo
A-36	GA-1	15	42	1,8×10 ⁸	0	100	0	0,88	○	Ejemplo comparativo

Condición	Tipo de plancha de acero	Intervalo de brazo de dendrita (µm)	Carburo		Tasa en volumen de estructura de la porción soldada			Relación de resistencia de la unión soldada (plancha de acero de alta resistencia/plancha de acero dulce)	Fluctuación de resistencia	Referencia
			Tamaño promedio (nm)	Densidad en número (número/nm ²)	Martensita reciente (%)	Martensita templada (%)	Austenita retenida (%)			
A-37	GA-1	7	51	1,5×10 ⁸	0	100	0	0,87	○	Ejemplo comparativo
A-38	GA-1	7	16	2,0×10 ⁸	14	86	0	1,01	○	Ejemplo de la invención
A-39	GA-1	7	22	2,5×10 ⁸	5	95	0	1,04	○	Ejemplo de la invención
A-40	GA-1	7	46	5,3×10 ⁸	0	100	0	1,18	⊙	Ejemplo de la invención

[Tabla 6]

Tabla 6

Condición	Tipo de plancha de acero	Intervalo de brazo de dendrita (µm)	Carburo		Tasa en volumen de estructura de la porción soldada				Relación de resistencia de la unión soldada (plancha de acero de alta resistencia/plancha de acero dulce)	Fluctuación de resistencia	Referencia
			Tamaño promedio (nm)	Densidad en número (número/nm ²)	Martensita reciente (%)	Martensita templada (%)	Austenita retenida (%)				
A-41	GA-2	7	48	7,5×10 ⁶	0	100	0	1,14	⊙	Ejemplo de la invención	
A-42	GA-2	7	51	1,4×10 ⁶	0	100	0	0,67	x	Ejemplo comparativo	
A-43	GA-2	13	49	1,1×10 ⁶	0	100	0	0,74	x	Ejemplo comparativo	
A-44	GA-2	7	16	2,5×10 ⁶	14	85	1	1,01	○	Ejemplo de la invención	
A-45	GA-2	7	134	2,5×10 ⁶	0	100	0	0,88	⊙	Ejemplo comparativo	
A-46	GA-2	7	27	3,2×10 ⁶	8	92	0	1,03	○	Ejemplo de la invención	
A-47	GA-2	7	146	1,8×10 ⁶	12	77	11	0,81	x	Ejemplo comparativo	
A-48	CR-2	7	48	5,7×10 ⁶	0	100	0	1,31	⊙	Ejemplo de la invención	
A-49	CR-3	7	43	6,9×10 ⁶	0	100	0	1,22	⊙	Ejemplo de la invención	
A-50	GA-3	7	49	4,8×10 ⁶	0	100	0	1,29	⊙	Ejemplo de la invención	
A-51	EG-1	7	39	9,6×10 ⁶	0	100	0	1,19	⊙	Ejemplo de la invención	
A-52	GA-4	8	44	7,7×10 ⁶	0	100	0	1,14	⊙	Ejemplo de la invención	
A-53	GA-4	14	51	1,6×10 ⁶	37	61	2	0,92	Δ	Ejemplo comparativo	
A-54	GA-4	10	47	6,0×10 ⁶	4	96	0	1,09	○	Ejemplo de la invención	
A-55	GA-4	6	41	9,7×10 ⁶	0	100	0	1,24	⊙	Ejemplo de la invención	
A-56	GA-4	8	72	1,3×10 ⁶	25	72	3	0,89	Δ	Ejemplo comparativo	
A-57	GA-4	8	47	1,4×10 ⁶	28	68	4	0,79	x	Ejemplo comparativo	
A-58	GA-4	7	38	7,4×10 ⁶	0	100	0	1,19	⊙	Ejemplo de la invención	
A-59	GA-4	7	49	5,5×10 ⁶	0	100	0	1,12	○	Ejemplo de la invención	
A-60	GA-4	15	56	1,3×10 ⁶	27	73	0	0,79	x	Ejemplo comparativo	
A-61	GA-4	7	41	1,5×10 ⁶	9	91	0	0,72	x	Ejemplo comparativo	
A-62	GA-4	8	39	2,8×10 ⁶	1	99	0	1,22	⊙	Ejemplo de la invención	
A-63	GA-4	7	49	8,1×10 ⁶	0	100	0	1,20	⊙	Ejemplo de la invención	
A-64	GA-4	7	42	1,8×10 ⁶	26	66	8	0,88	x	Ejemplo comparativo	
A-65	GA-4	7	32	2,5×10 ⁶	9	90	1	1,02	○	Ejemplo de la invención	
A-66	GA-4	7	33	3,1×10 ⁶	2	98	0	1,10	○	Ejemplo de la invención	
A-67	GA-4	7	73	5,9×10 ⁶	0	100	0	1,23	⊙	Ejemplo de la invención	
A-68	GA-4	7	122	3,4×10 ⁶	0	100	0	0,84	○	Ejemplo comparativo	
A-69	GA-4	7	20	2,0×10 ⁶	13	86	1	1,01	○	Ejemplo de la invención	
A-70	GA-4	7	26	2,5×10 ⁶	9	91	0	1,05	○	Ejemplo de la invención	
A-71	GA-4	7	43	8,2×10 ⁶	0	100	0	1,24	⊙	Ejemplo de la invención	
A-72	CR-4	7	46	7,4×10 ⁶	0	100	0	1,22	⊙	Ejemplo de la invención	
A-73	CR-5	7	41	8,6×10 ⁶	0	100	0	1,19	⊙	Ejemplo de la invención	
A-74	CR-5	13	43	1,8×10 ⁶	33	61	2	0,67	x	Ejemplo comparativo	
A-75	CR-5	7	41	9,6×10 ⁵	26	70	4	0,58	x	Ejemplo comparativo	
A-76	CR-5	7	43	1,7×10 ⁶	0	100	0	0,88	Δ	Ejemplo comparativo	

Condición	Tipo de plancha de acero	Intervalo de brazo de dendrita (µm)	Carburo		Tasa en volumen de estructura de la porción soldada				Relación de resistencia de la unión soldada (plancha de acero de alta resistencia/plancha de acero dulce)	Fluctuación de resistencia	Referencia
			Tamaño promedio (nm)	Densidad en número (número/nm ³)	Martensita reciente (%)	Martensita templada (%)	Austenita retenida (%)				
A-77	CR-5	12	47	3,5×10 ⁸	0	100	0	1,05	○	Ejemplo de la invención	
A-78	CR-5	7	37	2,1×10 ⁸	12	86	2	1,01	○	Ejemplo de la invención	
A-79	CR-5	8	118	3,4×10 ⁸	0	100	0	0,78	⊙	Ejemplo comparativo	
A-80	GA-5	7	43	7,9×10 ⁸	0	100	0	1,09	⊙	Ejemplo de la invención	
A-81	GA-6	8	40	9,3×10 ⁸	0	100	0	1,12	⊙	Ejemplo de la invención	
A-82	CR-6	7	38	8,8×10 ⁸	0	100	0	1,13	⊙	Ejemplo de la invención	
A-83	EG-2	7	32	9,5×10 ⁸	0	100	0	1,18	⊙	Ejemplo de la invención	
A-84	GA-7	7	48	1,3×10 ⁷	0	100	0	1,11	⊙	Ejemplo de la invención	
A-85	CR-7	7	50	2,0×10 ⁸	0	100	0	1,18	⊙	Ejemplo comparativo	
A-86	GA-8	8	38	1,1×10 ⁷	0	100	0	0,87	x	Ejemplo comparativo	

5 Como se representa en la Tabla 5, en los ejemplos de la presente invención bajo las condiciones N.º A-1, N.º A-3, N.º A-4, N.º A-7, N.º A-8, N.º A-11 a N.º A-13, N.º A-15 a N.º A-17, N.º A-19 a N.º A-21, N.º A-24- N.º A-27, N.º A-29 a N.º A-34, y N.º A-38 a N.º A-40, se cumplieron los requerimientos prescritos en la reivindicación 1, y así pudieron obtenerse uniones soldadas por puntos que tenían resistencias de la unión superiores y en las que la fluctuación de la resistencia era pequeña. De igual modo, como se representa en la Tabla 6, también en los ejemplos de la presente invención bajo las condiciones N.º A-41, N.º A-44, N.º A-46, N.º A-48 a N.º A-52, N.º A-54, N.º A-55, N.º A-58, N.º A-59, N.º A-62, N.º A-63, N.º A-65 a N.º A-67, N.º A-69 a N.º A-73, N.º A-77, N.º A-78, y N.º A-80 a N.º A-84, se cumplieron los requerimientos prescritos en la reivindicación 1, y así pudieron obtenerse uniones soldadas por puntos que tenían resistencias de la unión superiores y en las que la fluctuación de la resistencia era pequeña.

10 Por el contrario, como se representa en la Tabla 5, en los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º A-2, N.º A-5, N.º A-6, N.º A-9, N.º A-10, N.º A-14, N.º A-18, N.º A-22, N.º A-23, N.º A-28, y N.º A-35 a N.º A-37, no se cumplió al menos uno de los requerimientos prescritos en la reivindicación 1, y así las resistencias de la unión fueron bajas. Adicionalmente, en algunos de los Ejemplos comparativos, la fluctuación de la resistencia de la unión fue grande. De igual modo, como se representa en la Tabla 6, en los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º A-42, N.º A-43, N.º A-45, N.º A-47, N.º A-53, N.º A-56, N.º A-57, N.º A-60, N.º A-61, N.º A-64, N.º A-68, N.º A-74 a N.º A-76, N.º A-79, y N.º A-86, no se cumplió al menos uno de los requerimientos prescritos en la reivindicación 1, y así las resistencias de la unión fueron bajas.

20 En otras palabras, en los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º A-2, N.º A-23, N.º A-36, N.º A-53, y N.º A-74, debido a la razón de que el enfriamiento después de la energización de soldadura no se realizó o que los tiempos Ct de enfriamiento después de la energización de soldadura fueron demasiado cortos, las velocidades de enfriamiento después de soldadura no pudieron hacerse grandes, y así los intervalos de brazo de dendrita fueron grandes. Así, la segregación de P y S fue grande, y los carburos no pudieron precipitarse suficientemente incluso si se realizaban tratamientos térmicos después de soldadura.

25 En los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º A-5, N.º A-37, N.º A-56, y N.º A-75, debido a la razón de que los tiempos Ct de enfriamiento después de la energización de soldadura fueron demasiado prolongados, no pudo realizarse una energización posterior a soldadura apropiada. Así, los carburos no pudieron precipitarse suficientemente.

30 En los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º A-6, N.º A-9, N.º A-10, N.º A-28, N.º A-42, N.º A-43, N.º A-57, N.º A-60, N.º A-61, y N.º A-76, debido a la razón de que las corrientes PC o los tiempos Pt después de la energización posterior al calentamiento fueron excesivas o insuficientes, los carburos no pudieron precipitarse suficientemente.

35 En los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º A-14, A-47, y A-64, aunque los procesamientos en lo que se refiere a la liberación de la presurización fueron los descritos en un intervalo prescrito en la reivindicación 6, después de esto los tratamientos térmicos después de soldar se iniciaron sin llevar a cabo un enfriamiento suficiente, y así no pudo lograrse que microestructuras en botones de soldadura fueran estructuras consistentes principalmente en martensita templada. Así, incluso si se realizaron los tratamientos térmicos después soldadura, fue probable que quedaran austenita retenida y/o martensita reciente, y así, los carburos no pudieron precipitarse suficientemente.

40 En los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º A-18, N.º A-35, N.º A-45, N.º A-68, y N.º A-79, aunque los procesamientos en lo que se refiere a la liberación de la presurización fueron los descritos en un intervalo prescrito en la reivindicación 6, debido a la razón de que las temperaturas de los tratamientos térmicos después de temperaturas de soldadura fueron demasiado elevadas, precipitaron carburos gruesos en los límites de grano de austenita previa en formas de red, de modo que no pudieron suprimirse las grietas en los botones de soldadura.

45 En el Ejemplo comparativo bajo la condición N.º A-22, aunque los procesamientos en lo que se refiere a la liberación de la presurización fueron los descritos en un intervalo prescrito en la reivindicación 6, debido a la razón de que el tiempo de tratamiento térmico después de soldadura fue demasiado prolongado, precipitó carburo grueso en los límites de grano de austenita previa en unas formas de red, de modo que no pudo suprimirse una grieta en un botón de soldadura.

50 En el Ejemplo comparativo bajo la condición N.º A-86, puesto que el equivalente de carbono Ceq de una plancha de acero fue demasiado alto, la resistencia de la unión fue baja y la fluctuación de la resistencia fue grande. Adicionalmente, bajo la condición N.º A-85, puesto que el equivalente de carbono Ceq de la plancha de acero fue de 0,22 % en masa, el punto Ms fue suficientemente alto y solo por esta razón, la martensita se templó suficientemente, de modo que se obtuvo una elevada resistencia de la unión.

[Ejemplo 2]

55 Se fabricaron probetas de prueba para observación de estructuras de 40 mm × 40 mm con el uso de planchas de acero dulce (CR270E), planchas de acero tipo transformación inducida por deformación (CR780T, CR980T), planchas de acero tipo composición de doble fase (CR980Y, CR1180Y, CR1470Y, GA980Y, GA1180Y), y planchas de acero tipo enfriamiento brusco (CR1470HP, CR1760HP, CR1900HP, A11470HP) cuyos grosores fueron 1,2 mm o 1,6 mm y cuyas resistencias a la tracción fueron 295 MPa a 1905 MPa, como se representa en la Tabla 7 y Tabla 8 siguientes. Entre los símbolos respectivos, CR indica una plancha de acero laminada en frío, GA indica una plancha de acero

aleada galvanizada, y Al indica una plancha de acero electrodepositada con aluminio, mientras que un valor numérico indica un nivel de resistencia representado por una resistencia a la tracción.

Adicionalmente, se fabricaron probetas de prueba para tracción transversal basadas en un método de prueba de tracción transversal (JIS Z3137) de una unión soldada por puntos de resistencia. Aquí, entre los tipos de acero representados en la Tabla 7 y Tabla 8, CR270E, CR980Y, CR1180Y, CR1470Y, GA980Y, y GA1180Y indican productos normalizados por la Japan Iron and Steel Federation (Federación Japonesa del Hierro y el Acero) (JSC270E, JSC980Y, JSC1180Y, JSC1470Y, JAC980Y y JAC1180Y), CR780T y CR980T indican planchas de acero tipo transformación inducida por deformación descritas en la publicación de patente japonesa abierta a inspección pública n.º 11-270682 y similares, y CR1470HP, CR1760HP, CR1960HP, y A11470HP indican plancha de acero prensada en caliente (estampada en caliente) descrita en la publicación japonesa abierta a inspección pública n.º 2000-234153 y similares.

A continuación, como se ilustra en las Fig. 3A a Fig. 3C, las probetas de prueba para observación de estructuras se solaparon en combinación del mismo tipo de acero y el mismo grosor, y se soldaron por un método de soldadura por puntos de resistencia bajo las condiciones representadas en la Tabla 7 y Tabla 8, y se fabricaron de este modo probetas de prueba de soldadura. Se apreciará que las condiciones representadas en la Tabla 7 cumplen las condiciones prescritas en la reivindicación 6, mientras que las condiciones representadas en la Tabla 8 no cumplen al menos una de las condiciones prescritas en la reivindicación 6. A continuación, se realizó la observación visual de los rebajos de porciones soldadas en las probetas de prueba de soldadura obtenidas. Adicionalmente, se realizó la observación de la macroestructura de secciones transversales usando un microscopio óptico, y se midieron los diámetros del botón de soldadura. Adicionalmente, se observaron la presencia/ausencia de defectos de contracción y presencia/ausencia de grietas en los botones de soldadura. Adicionalmente, igual que en el Ejemplo 1, en porciones de aproximadamente 0,2 mm hacia el interior de los límites entre los botones de soldadura y las planchas de acero de alta resistencia hacia los centros de los botones de soldadura en las zonas de capa exterior del botón de soldadura, se observaron microestructuras usando el microscopio óptico, y se midieron valores promedio de intervalos de brazo de estructuras de dendrita, y diámetros de grano promedio y densidades en número de los carburos.

Adicionalmente, con las probetas de prueba de tracción transversal antes descritas basadas en un método de prueba de tracción transversal (JIS Z3137) de una unión soldada por puntos de resistencia, las probetas de prueba se solaparon en una forma en cruz ilustrada en la Fig. 7, y se realizó la soldadura por puntos bajo las condiciones representadas en la Tabla 7 y Tabla 8, y se fabricaron probetas de prueba de tracción transversal. Se apreciará que se fabricaron tres probetas de prueba de tracción transversal en las mismas condiciones.

A continuación, se realizó una prueba de tracción transversal aplicando cargas en la dirección de desprendimiento, es decir, como se indica por el número de referencia 24 en la Fig. 7, en direcciones para desprender una probeta de prueba 21A del lado superior en una dirección superior y una probeta de prueba 21B del lado inferior en una dirección inferior, entre sí, y se midió la resistencia a la tracción transversal (CTS).

Adicionalmente, después de realizar la prueba de tracción transversal, se observó para cada probeta de prueba la apariencia de fractura de una porción soldada. En esta ocasión, cuando quedaba en la porción soldada una porción 25 proyectada (un tapón) que incluída un botón de soldadura 23 como se ilustra en la Fig. 8, se midió el diámetro de la porción 25 que sobresale (diámetro de tapón dp) y se calculó la relación (relación de tapón: dp/dn) referido al diámetro del botón de soldadura. A continuación, como se ilustra en las Fig. 9A a Fig. 9C, cuando se produjo un desprendimiento y una fractura en el botón de soldadura 23 se consideró que era una fractura de desprendimiento (Fig. 9A), cuando el diámetro del tapón 25 era casi igual que el diámetro del botón de soldadura se consideró que era una fractura de tapón (Fig. 9B), y cuando el diámetro del tapón 25 era claramente más pequeño que el diámetro del botón de soldadura se consideró que era una fractura de tapón parcial (Fig. 9C). Adicionalmente, se observó la superficie de fractura después de la prueba de tracción transversal usando un amplificador o un SEM, para investigar de este modo si se observaba una superficie de fractura frágil.

La Tabla 7 y Tabla 8 representan listas de condiciones de fabricación y resultados de las pruebas de las respectivas probetas de prueba en el Ejemplo 2. Se apreciará que el tiempo de mantenimiento indicado en una columna de las condiciones de soldadura indica un tiempo de mantenimiento real. Aunque es difícil fijar un tiempo de mantenimiento a 0 ms en una máquina de soldadura existente, en el presente ejemplo también se muestra un caso de tiempo de mantenimiento de 0 ms usando una señal especial en una máquina de soldadura.

Se apreciará que, con respecto a la evaluación de la fluctuación de CTS, con valores promedio y valores mínimos de las probetas de prueba de tracción transversal, se proporciona un patrón de las siguientes cuatro fases de "◎" a "x".

"◎: mínimo" Un valor mínimo fue igual o menor de 10% en relación con el valor promedio de las resistencias a la tracción transversal

"○: pequeño" Un valor mínimo fue mayor de 10% a igual o menor de 15% en relación con el valor promedio de las resistencias a la tracción transversal

"△: ligeramente grande" Un valor mínimo fue mayor de 15% a igual o menor de 20% en relación con el valor promedio de las resistencias a la tracción transversal

"x: grande" Un valor mínimo fue mayor de 20% en relación con el valor promedio de las resistencias a la tracción transversal

Tabla 7

Condición	Tipo de acero	Grosor plancha a la tracción (h) (mm)	Resist. a la tracción (MPa)	Equival. C (Ceq) (%)	Diámetro punta electrodo (mm)	Fuerza presurización (EF) (N)	Primera energización (Soldadura) (W) (ms)	Tiempo enfriamiento (CI) (ms)	Segunda energización (Pos. calentamiento) (PC) (ms)	Tiempo mantenimiento (HI) (ms)	Diámetro botón soldadura (mm)	Intervalo brazo de denodría (mm)	Diámetro promedio de los carburos	Densidad en nº de los carburos	Presencia/ausencia de defectos por contracción	Presencia/ausencia de grietas	Rebajo de porción soldada	Apariencia de la fractura	Relación de tapón de frágil	Superficie de fractura	CTS (kN)	Fluctuación de CTS	Referencia
B-1	CR780T		836	0.33			6.30		5.04						Ausente			P	⊙		12.07	⊙	
B-2	CR980Y		1034	0.23			6.50		5.20						Ausente			P	⊙		11.75	⊙	
B-3	CR980Y		1022	0.31			6.30		5.04						Ausente			P	⊙		11.67	⊙	
B-4	CR980T		987	0.40			6.00		4.80						Ausente			P	⊙		7.91	⊙	
B-5	CR980T		993	0.48			5.90		4.72						Ausente			P	⊙		6.22	⊙	
B-6	CR1180Y	1.6	1196	0.34	8.0	4704	6.30	360	5.04	80	5.4				Ausente			P	⊙		10.72	⊙	
B-7	CR1470Y		1488	0.35			6.30		5.04						Ausente			P	⊙		10.09	⊙	
B-8	CR1470HP		1485	0.34			6.20		4.96						Ausente			P	⊙		9.98	⊙	
B-9	CR1760HP		1773	0.38			6.10		4.88						Ausente			P	⊙		8.13	⊙	
B-10	GA980Y		1050	0.23			6.80		5.44						Ausente			P	⊙		11.72	⊙	
B-11	GA1180Y		1192	0.34			6.60		5.28						Ausente			P	⊙		10.69	⊙	
B-12	Al1470HP		1495	0.34			6.40		5.12						Ausente			P	⊙		9.76	⊙	
B-13	CR780T		832	0.33			5.60		4.48						Ausente			P	⊙		9.05	⊙	
B-14	CR980T	1.2	998	0.48	6.0	2940	5.40	280	4.32	80	4.7				Ausente			P	⊙		4.67	⊙	
B-15	CR1180Y		1195	0.34			5.60		4.48						Ausente			P	⊙		8.04	⊙	
B-16	CR1470HP		1488	0.34			5.60		4.48						Ausente			P	⊙		7.49	⊙	
B-17	CR980T	1.6	987	0.40	8.0	4704	6.90	380	5.28	80	6.3				Ausente			P	⊙		9.23	⊙	Ejemplo de la inención
B-18	CR1180Y		1195	0.34			6.90		5.52						Ausente			P	⊙		12.51	⊙	
B-19	CR780T		752	0.33			6.30		5.04						Ausente			P	⊙		11.87	⊙	
B-20	CR1760HP		1948	0.38			6.10		4.88						Ausente			P	⊙		7.94	⊙	
B-21	CR980Y	1.6	1022	0.22	8.0	4704	6.50	360	5.20	80	5.4				Ausente			P	⊙		11.77	⊙	
B-22	CR980T		998	0.55			5.90		4.72						Ausente			P	⊙		6.03	⊙	
B-23						3136									Ausente			P	⊙		11.47	⊙	
B-24						5488			5.04	80					Ausente			P	⊙		10.51	⊙	
B-25								17							Ausente			P	⊙		10.72	⊙	
B-26								300							Ausente			P	⊙		10.67	⊙	
B-27									2.52	40	5.4				Ausente			P	⊙		10.58	⊙	
B-28	CR1180Y	1.6	1196	0.34	8.0	4704	6.30	360	5.99						Ausente			P	⊙		10.84	⊙	
B-29									33						Ausente			P	⊙		10.61	⊙	
B-30									200						Ausente			P	⊙		10.67	⊙	
B-31									80						Ausente			P	⊙		10.81	⊙	
B-32										240					Ausente			P	⊙		10.58	⊙	

Intervalo de brazo de dendrita ⊙: valor promedio es igual o menor de 12µm, x: valor promedio es mayor de 12µm

Diámetro promedio de grano de carburos ⊙: 5 nm a 100 nm, x: distinto de 5 nm a 100 nm

Densidad en número de carburos ⊙: igual o mayor de 2 x 10⁹/mm², x: menor de 2 x 10⁹/mm²

Rebajo de la porción soldada ⊙: pequeño, Δ: medio, x: grande

Apariencia de fractura P: fractura de tapón, PP: fractura de desprendimiento

Relación de tapón ⊙: 91 a 100%, ⊙: 81 a 99%, Δ: 71 a 80%, x: igual o menor de 70%

Superficie de fractura frágil ⊙: no reconocible, ⊙: ligeramente reconocible, Δ: reconocible, x: perfectamente reconocible

Fluctuación CTS ⊙: bastante pequeña, ⊙: pequeña, Δ: algo grande, x: grande

[Tabla 8]
Tabla 8

Condición	Tipo de acero	Grosor plancha (t) (mm)	Resist. a la tracción (MPa)	Equival. C (Ceq) (%)	Diámetro punta electrodo (mm)	Fuerza presurización (EF) (N)	Primera energización (Soldadura) Corriente (WC) (kA)	Tempo (VI) (ms)	Tempo enfriamiento (CI) (ms)	Segunda energización (Pos-calentamiento) Corriente (PC) (kA)	Tempo (HI) (ms)	Tempo (PI) (ms)	Diámetro soldadura (mm)	Intervalo de brazo de dendrita (mm)	Díametro promedio de grano de carburos	Densidad en nº de carburos	Presencia/ausencia de defectos por contracción	Presencia/ausencia de grietas	Rebajo de porción soldada	Apariencia de la fractura	Relación de la fractura	Superficie de fractura frágil	CTS (kN)	Fluctuación de CTS	Referencia
B-33	CR270E	1.2	295	0.05	6.0	2940	6.80	280	—	—	40	—	4.7	X	X	X	Ausente	Ausente	○	P	⊙	⊙	5.12	⊙	
B-34	CR780T	1.6	298	0.05	8.0	4704	6.90	360	—	—	—	—	5.4	X	X	X	Ausente	Ausente	○	P	⊙	⊙	8.06	⊙	
B-35	CR960Y		836	0.33			6.30							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	Δ	Δ	8.87	Δ	
B-36	CR960Y		1034	0.23			6.50							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	Δ	Δ	7.68	Δ	
B-37	CR980Y		1022	0.31			6.30							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	Δ	Δ	7.56	Δ	
B-38	CR980T		987	0.40			6.00							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	Δ	Δ	5.54	X	
B-39	CR980T		993	0.48			5.90							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	4.16	X	
B-40	CR1180Y	1.6	1196	0.34	8.0	4704	6.30	360	—	—	40	—	5.4	X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	6.31	X	
B-41	CR1470Y		1488	0.35			6.20							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	5.94	X	
B-42	CR1470HP		1485	0.34			6.20							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	5.82	X	
B-43	CR1760HP		1773	0.38			6.10							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	5.14	X	
B-44	GA980Y		1050	0.23			6.80							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	Δ	Δ	7.62	Δ	
B-45	GA1180Y		1192	0.34			6.60							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	6.29	X	
B-46	A11470HP		1485	0.34			6.40							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	5.86	X	
B-47	CR780T		832	0.33			5.60							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	Δ	Δ	6.65	Δ	
B-48	CR980T	1.2	998	0.48	6.0	2940	5.40	280	—	—	40	—	4.7	X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	3.12	X	
B-49	CR1180Y		1196	0.34			5.60							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	4.73	X	
B-50	CR1470HP		1488	0.34			5.60							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	4.37	X	
B-51	CR980T	1.6	987	0.40	8.0	4704	6.60	360	—	—	40	—	6.3	X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	6.46	X	
B-52	CR1180Y		1196	0.34			6.90							X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	7.36	X	
B-53	CR1960HP	1.6	1905	0.40	8.0	4704	6.10	360	40	4.88	40	80	5.4	X	X	X	Presente	Ausente	○	PP	X	X	4.14	X	
B-54	CR980T		998	0.60			5.80			4.64				X	X	X	Ausente	Presente	○	PP	X	X	3.78	X	
B-55						2842			40						○	○	○	Presente	Ausente	○	P	⊙	11.63	○	
B-56						5782			0	5.04					○	○	○	Ausente	Ausente	○	PP	Δ	8.32	Δ	
B-57									320						○	○	○	Ausente	Ausente	○	PP	X	6.29	X	
B-58											40			○	○	○	Ausente	Ausente	○	PP	Δ	Δ	8.76	Δ	
B-59	CR1180Y	1.6	1196	0.34	8.0	4704	6.30	360	40	2.21	40	80	5.4	X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	6.78	X	
B-60										6.17				X	X	X	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	7.25	X	
B-61									40					○	○	○	Ausente	Ausente	○	PP	X	X	7.06	X	
B-62										5.04				○	○	○	Ausente	Ausente	○	PP	Δ	Δ	8.65	Δ	
B-63										80				○	○	○	Ausente	Ausente	○	PP	Δ	Δ	9.06	Δ	

Intervalo de brazo de dendrita ○: valor promedio es igual o menor de 12μm, x: valor promedio es mayor de 12μm

Díametro promedio de grano de carburos ○: 5 nm a 100 nm, x: distinto de 5 nm a 100 nm

Densidad en número de carburos ○: igual o mayor de 2 x 10⁹/mm², x: menor de 2 x 10⁹/mm²

Rebajo de la porción soldada ○: pequeño, Δ: medio, x: grande

Apariencia de fractura P: fractura de tapón, PP: fractura de tapón parcial, S: fractura de desprendimiento

Relación de tapón ⊙: 91 a 100%, ○: 81 a 99%, Δ: 71 a 80%, x: igual o menor de 70%

Superficie de fractura frágil ⊙: no reconocible, ○: ligeramente reconocible, Δ: reconocible, x: perfectamente reconocible

Fluctuación CTS ⊙: bastante pequeña, ○: pequeña, Δ: algo grande, x: grande

Las condiciones N.º B-1 a N.º B-32 representadas en la Tabla 7 son ejemplos de la presente invención, mientras que las condiciones N.º B-33 a N.º B-63 representadas en la Tabla 8 son Ejemplos comparativos. En otras palabras, como

se ha descrito antes, las condiciones representadas en la Tabla 7 cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6, y las condiciones representadas en la Tabla 8 no cumplieron al menos una de las condiciones prescritas en la reivindicación 6.

5 Entre las anteriores, en las condiciones N.º B-1 a N.º B-12 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron en los tipos de acero, en las condiciones N.º B-13 a N.º B-16 planchas de acero que tienen un grosor de 1,2 mm variaron en los tipos de acero, y en las condiciones N.º B-17 y N.º B-18 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron respecto de las condiciones N.º B-4 y N.º B-6 en los diámetros del botón de soldadura. Adicionalmente, en las condiciones N.º B-19 a N.º B-22 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron en las resistencias a la tracción o equivalentes de carbono, y en las condiciones N.º B-23 a B-32, que usan planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm, las condiciones de soldadura variaron en un intervalo prescrito en la reivindicación 6.

10 Adicionalmente, en las condiciones N.º B-35 a N.º B-52 la soldadura se realizó por un método conocido convencional, como en los Ejemplos comparativos. En otras palabras, no se realizó energización posterior al calentamiento. En las condiciones N.º B-35 a N.º B-46 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron en los tipos de acero, en las condiciones N.º B-47 a N.º B-50 planchas de acero que tienen un grosor de 1,2 mm variaron en los tipos de acero, y en las condiciones N.º B-51 y N.º B-52 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron respecto de las condiciones N.º B-38 y N.º B-40 en los diámetros del botón de soldadura. Adicionalmente, en las condiciones N.º B-53 a N.º B-54 la resistencia a la tracción y los equivalentes de carbono de planchas de acero de alta resistencia variaron fuera del intervalo prescrito en la reivindicación 6. Adicionalmente, en las condiciones N.º B-55 a N.º B-63, que usan planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm, las condiciones de soldadura variaron fuera del intervalo prescrito en la reivindicación 6. Se apreciará que en las condiciones N.º B-33 a N.º B-34 se usaron planchas de acero dulce (grosor: 1,2 mm, 1,6 mm) cuyas resistencias a la tracción y equivalentes de carbono fueron muy bajos, con fines comparativos.

20 Como se representa en la Tabla 7, en los ejemplos de la presente invención bajo las condiciones N.º B-1 a N.º B-32, se cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6, y así, el intervalo de brazo de dendrita, el diámetro de grano promedio de los carburos, y la densidad en número de los carburos en cualquier tipo de acero estuvieron en un intervalo de la presente invención. Adicionalmente, se confirmó que no se produjo un defecto de contracción o una grieta y que el rebajo en una porción soldada fue pequeño. Como resultado, en las condiciones N.º B-1 a N.º B-32, las apariencias de fractura fueron de tapón, las relaciones de tapón fueron grandes, y no fueron reconocibles superficies de fractura frágil. Adicionalmente, se confirmó que la CTS fue alta y que la fluctuación de CTS fue pequeña comparada con los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º B-35 a N.º B-52 en la Tabla 8, en la que no se realizó energización posterior al calentamiento.

25 Por otro lado, como se representa en la Tabla 8, en los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º B-53 a N.º B-63, no se cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6, y así el intervalo de brazo de dendrita, el diámetro de grano promedio de los carburos, y la densidad en número de los carburos en cualquier tipo de acero estuvieron fuera del intervalo de la presente invención. Adicionalmente, fueron reconocibles una cualquiera de aparición de un defecto de contracción o una grieta, un gran rebajo en una porción soldada, disminución de la relación de tapón debida a aparición de una fractura de tapón parcial, y aparición de una superficie de fractura frágil. Adicionalmente, se confirmó que la CTS fue pequeña y que la fluctuación de CTS fue grande.

30 En el Ejemplo comparativo bajo la condición N.º B-55 en el que la fuerza EF de presurización fue pequeña, se confirmó que la apariencia de fractura fue la de una fractura de tapón, que la relación de tapón fue grande, que no fue reconocible una superficie de fractura frágil, que la CTS fue grande, y que la fluctuación de CTS fue pequeña, pero este Ejemplo comparativo no es deseable puesto que se había producido un defecto de contracción. Adicionalmente, en los Ejemplos comparativos bajo la condición N.º B-56 en los que la fuerza EF de presurización fue grande, bajo la condición N.º B-58 en la que el tiempo Ct de enfriamiento después de soldadura fue prolongado, bajo la condición N.º B-62 en la que el tiempo Pt de energización posterior al calentamiento era prolongado, y bajo la condición N.º B-63 en la que el tiempo Ht de mantenimiento fue prolongado, fue reconocible un efecto de cada condición, pero el efecto fue pequeño y la productividad se redujo en tales casos y, así, estos Ejemplos comparativos no son deseables.

[Ejemplo 3]

35 Usando diversos tipos de planchas de acero similares a las

Usando diversos tipos de planchas de acero similares a los del Ejemplo 2 descrito antes, como se representa en la Tabla 9 y Tabla 10 siguientes, se fabricaron probetas de prueba de observación de estructura y probetas de prueba de tracción transversal por procesos similares a los del Ejemplo 2, y se realizaron diversas pruebas en métodos similares. En esta ocasión, las fuerzas EF de presurización en la soldadura por puntos de las probetas de prueba respectivas antes descritas fueron las condiciones representadas en la Tabla 9 y Tabla 10. Otras condiciones estuvieron en un intervalo similar al del Ejemplo 2 antes descrito. Se apreciará que las condiciones representadas en la Tabla 9 cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 7 y que las condiciones representadas en la Tabla 10 no cumplieron al menos una de las condiciones prescritas en la reivindicación 7.

ES 2 743 306 T3

La Tabla 9 y Tabla 10 representan listas de condiciones de fabricación y resultados de pruebas de probetas de prueba respectivas en el Ejemplo 3.

[Tabla 9]
Tabla 9

Condición	Tipo de acero	Grosor plancha (h) (mm)	Resist. a la tracción (MPa)	Equival. C (Ceq) (%)	Diámetro punta electrodo (mm)	Fuerza presurización (EF) (N)	Primera energización (Soldadura)		Tiempo entriamiento (C) (ms)	Segunda energización (Pos-celentamiento)			Tiempo mantenimiento (H) (ms)	Diámetro botón soldadura (mm)	Intervalo brazo de dendrita (mm)	Diámetro promedio en nº de los carburos	Densidad en nº de los carburos	Presencia/ausencia de defectos por contracción	Presencia/ausencia de grietas	Rebajo de porción soldada	Apariencia de la fractura	Relación de lapón	Superficie de fractura frágil	CTS (kN)	Fluctuación de CTS	Referencia
							Corriente (WC) (kA)	Tiempo (WV) (ms)		Corriente (PC) (kA)	Tiempo (PI) (ms)	Corriente (PA) (kA)														
C-1	CR780T		836	0,33			6,30				5,04							Presente	Ausente		P	⊙		13,28	⊙	
C-2	CR980Y		1034	0,23			6,50				5,20							Presente	Ausente		P	⊙		12,93	⊙	
C-3	CR980Y		1022	0,31			6,30				5,04							Presente	Ausente		P	⊙		12,84	⊙	
C-4	CR980T		987	0,40			6,00				4,80							Presente	Ausente		P	⊙		8,70	⊙	
C-5	CR980T		993	0,48			5,90				4,72							Presente	Ausente		P	⊙		6,84	⊙	
C-6	CR1180Y	1,6	1196	0,34	8,0	2744	6,30	360	40	80	5,04			5,4				Presente	Ausente		P	⊙		11,79	⊙	
C-7	CR1470Y		1488	0,35			6,20				5,04							Presente	Ausente		P	⊙		11,10	⊙	
C-8	CR1470HP		1485	0,34			6,10				4,96							Presente	Ausente		P	⊙		10,98	⊙	
C-9	CR1760HP		1773	0,38			6,10				4,88							Presente	Ausente		P	⊙		8,95	⊙	
C-10	GA980Y		1050	0,23			6,80				5,44							Presente	Ausente		P	⊙		12,89	⊙	
C-11	GA1180Y		1192	0,34			6,60				5,28							Presente	Ausente		P	⊙		11,76	⊙	
C-12	A11470HP		1495	0,34			6,40				5,12							Presente	Ausente		P	⊙		10,74	⊙	
C-13	CR780T		832	0,33			5,60				4,48							Presente	Ausente		P	⊙		9,96	⊙	
C-14	CR980T		998	0,46			5,40	280	40	80	4,32			4,7				Presente	Ausente		P	⊙		5,13	⊙	
C-15	CR1180Y	1,2	1196	0,34	6,0	2058	5,60				4,48							Presente	Ausente		P	⊙		8,84	⊙	
C-16	CR1470HP		1488	0,34			5,60				4,48							Presente	Ausente		P	⊙		8,23	⊙	
C-17	CR980T	1,6	987	0,40	8,0	2744	6,60	360	40	80	5,28			6,3				Presente	Ausente		P	⊙		10,15	⊙	
C-18	CR1180Y		1196	0,34			6,90				5,52							Presente	Ausente		P	⊙		13,76	⊙	
C-19	CR780T		752	0,33			6,30				5,04							Presente	Ausente		P	⊙		13,06	⊙	
C-20	CR1760HP		1848	0,38	8,0	2744	6,10	360	40	80	4,88			5,4				Presente	Ausente		P	⊙		8,73	⊙	
C-21	CR980Y	1,6	1022	0,22			6,50				5,20							Presente	Ausente		P	⊙		12,95	⊙	
C-22	CR980T		998	0,55			5,90				4,72							Presente	Ausente		P	⊙		6,63	⊙	
C-23						2352			40									Presente	Ausente		P	⊙		11,72	⊙	
C-24						3038					4,48							Presente	Ausente		P	⊙		11,55	⊙	
C-25									17									Presente	Ausente		P	⊙		11,79	⊙	
C-26									300									Presente	Ausente		P	⊙		11,74	⊙	
C-27										80								Presente	Ausente		P	⊙		11,64	⊙	
C-28	CR1180Y	1,6	1196	0,34	8,0	2744	6,30	360	40	80	2,52			5,4				Presente	Ausente		P	⊙		11,92	⊙	
C-29											5,99							Presente	Ausente		P	⊙		11,72	⊙	
C-30									40									Presente	Ausente		P	⊙		11,88	⊙	
C-31											4,48							Presente	Ausente		P	⊙		11,97	⊙	
C-32											80							Presente	Ausente		P	⊙		11,64	⊙	

Intervalo de brazo de dendrita ⊙: valor promedio es igual o menor de 12µm, x: valor promedio es mayor de 12µm

Diámetro promedio de grano de carburos ⊙: 5 nm a 100 nm, x: distinto de 5 nm a 100 nm

Densidad en número de carburos ⊙: igual o mayor de 2 x 10⁶/mm², x: menor de 2 x 10⁶/mm²

Rebajo de la porción soldada ⊙: pequeño, Δ: medio, x: grande

Apariencia de fractura P: fractura de tapón, PP: fractura de tapón parcial, S: fractura de desprendimiento

Relación de tapón ⊙: 91 a 100%, ⊙: 81 a 99%, Δ: 71 a 80%, x: igual o menor de 70%

Superficie de fractura frágil ⊙: no reconocible, ⊙: ligeramente reconocible, Δ: reconocible, x: perfectamente reconocible

Fluctuación CTS ⊙: bastante pequeña, ⊙: pequeña, Δ: algo grande, x: grande

[Tabla 10]
Tabla 10

Condición	Tipo de acero	Grosor plancheta (h) (mm)	Resist. a la tracción (MPa)	Equival. C (Ceq) (%)	Díametro punta electrodo (mm)	Fuerza presurización (EF) (N)	Primera energización (Soldadura)	Segunda energización (Pos. calentamiento)	Tiempo mantenimiento (Ht) (ms)	Díametro botón soldadura (mm)	Intervalo brazo de dentrita (mm)	Díametro promedio de grano de los carburos	Densidad en nº de los carburos	Presencia/ausencia de grietas por contracción	Presencia/ausencia de grietas soldada	Relación de la fractura	Superficie de fractura frágil	CTS (kN)	Fluctuación de CTS	Referencia
							Corriente (kA)	Corriente (kA)												
C-33	CR270E	1.2	295	0.05	6.0	2940	6.80	280	—	4.7	X	X	X	Ausente	Ausente	P	⊙	5.12	⊙	
C-34		1.6	298	0.05	8.0	4704	6.90	360	—	5.4	X	X	X	Ausente	Ausente	P	⊙	8.06	⊙	
C-35	CR780T		836	0.33			6.30							Presente	Presente	PP	Δ	9.76	Δ	
C-36	CR980Y		1034	0.23			6.50				X	X	X	Presente	Presente	PP	Δ	8.45	Δ	
C-37	CR980Y		1022	0.31			6.30				X	X	X	Presente	Presente	PP	Δ	8.32	Δ	
C-38	CR980T		987	0.40			6.00				X	X	X	Presente	Presente	PP	X	6.09	X	
C-39	CR980T		993	0.48			5.90				X	X	X	Presente	Presente	PP	X	4.58	X	
C-40	CR1180Y	1.6	1196	0.34		2744	6.30	360	—	5.4	X	X	X	Presente	Presente	PP	X	6.94	X	
C-41	CR1470Y		1188	0.35	8.0		6.30		40		X	X	X	Presente	Presente	PP	X	6.53	X	
C-42	CR1470HP		1485	0.34			6.20				X	X	X	Presente	Presente	PP	X	6.40	X	
C-43	CR1760HP		1773	0.38			6.10				X	X	X	Presente	Presente	PP	X	5.65	X	
C-44	GA980Y		1050	0.23			6.80				X	X	X	Presente	Presente	PP	Δ	8.38	Δ	
C-45	GA1180Y		1192	0.34			6.60				X	X	X	Presente	Presente	PP	X	6.92	X	
C-46	A11470HP		1485	0.34			6.40				X	X	X	Presente	Presente	PP	X	6.45	X	
C-47	CR780T		832	0.33			5.60				X	X	X	Presente	Presente	PP	Δ	7.32	Δ	
C-48	CR980T	1.2	988	0.48		2058	5.40	280	—	4.7	X	X	X	Presente	Presente	PP	X	3.43	X	
C-49	CR1180Y		1196	0.34	6.0		5.60				X	X	X	Presente	Presente	PP	X	5.21	X	
C-50	CR1470HP		1488	0.34			5.60				X	X	X	Presente	Presente	PP	X	4.80	X	
C-51	CR980T		987	0.40			6.60				X	X	X	Presente	Presente	PP	X	7.11	X	
C-52	CR1180Y	1.6	1196	0.34	8.0	2744	6.90	360	—	6.3	X	X	X	Presente	Presente	PP	X	8.10	X	
C-53	CR1960HP		1905	0.40	8.0	2744	6.10	360	40	5.4	X	X	X	Presente	Presente	PP	X	4.55	X	
C-54	CR980T	1.6	988	0.60			5.80	80	4.64		X	X	X	Presente	Presente	PP	X	4.16	X	
C-55						2254					○	○	○	Presente	Presente	PP	X	7.73	X	
C-56						3234					○	○	○	Ausente	Ausente	P	⊙	11.27	○	
C-57								80	5.04		X	X	X	Presente	Presente	PP	X	6.92	X	
C-58											○	○	○	Presente	Presente	PP	Δ	9.27	Δ	
C-59	CR1180Y	1.6	1196	0.34	8.0	2744	6.30	360	40	5.4	X	X	X	Presente	Presente	PP	X	7.33	X	
C-60											X	X	X	Presente	Presente	PP	X	7.68	X	
C-61								20	6.17		X	X	X	Presente	Presente	PP	X	7.69	X	
C-62								220	5.04		○	○	○	Presente	Presente	PP	Δ	9.26	Δ	
C-63								80			○	○	○	Presente	Presente	PP	Δ	10.38	Δ	

Intervalo de brazo de dendrita ○: valor promedio es igual o menor de 12 μm, x: valor promedio es mayor de 12 μm

Díametro promedio de grano de carburos ○: 5 nm a 100 nm, x: distinto de 5 nm a 100 nm

Densidad en número de carburos ○: igual o mayor de 2 x 10⁶/mm², x: menor de 2 x 10⁶/mm²

Rebajo de la porción soldada ○: pequeño, Δ: medio, x: grande

Apariencia de fractura P: fractura de tapón, PP: fractura de tapón parcial, S: fractura de desprendimiento

Relación de tapón ⊙: 91 a 100%, ○: 81 a 99%, Δ: 71 a 80%, x: igual o menor de 70%

Superficie de fractura frágil ⊙: no reconocible, ○: ligeramente reconocible, Δ: reconocible, x: perfectamente reconocible

Fluctuación CTS ⊙: bastante pequeña, ○: pequeña, Δ: algo grande, x: grande

Las condiciones N.º C-1 a N.º C-32 representadas en la Tabla 9 son ejemplos de la presente invención, mientras que las condiciones N.º C-33 a N.º C-63 representadas en la Tabla 10 son Ejemplos comparativos. En otras palabras, como se ha descrito antes, las condiciones representadas en la Tabla 9 cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 7, mientras que las condiciones representadas en la Tabla 10 no cumplieron al menos una de las condiciones prescritas en la reivindicación 7.

Entre las anteriores, en las condiciones N.º C-1 a N.º C-12 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron en los tipos de acero, en las condiciones N.º C-13 a N.º C-16 planchas de acero que tienen un grosor de 1,2 mm variaron en los tipos de acero, y en las condiciones N.º C-17 y N.º C-18 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron respecto de las condiciones N.º C-4 y N.º C-6 en los diámetros del botón de soldadura. Adicionalmente, en las condiciones N.º C-19 a N.º C-22 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron en las resistencias a la tracción o equivalentes de carbono, y en las condiciones N.º C-23 a C-32, que usan planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm, las condiciones de soldadura variaron en un intervalo prescrito en la reivindicación 7.

Adicionalmente, en las condiciones N.º C-35 a N.º C-52 la soldadura se realizó por un método conocido convencional, como en los Ejemplos comparativos. En otras palabras, no se realizó energización posterior al calentamiento. En las condiciones N.º C-35 a N.º C-46 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron en los tipos de acero, en las condiciones N.º C-47 a N.º C-50 planchas de acero que tienen un grosor de 1,2 mm variaron en los tipos de acero, y en las condiciones N.º C-51 y N.º C-52 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron respecto de las condiciones N.º C-38 y N.º C-40 en los diámetros del botón de soldadura. Adicionalmente, en las condiciones N.º C-53 a N.º C-54 las resistencias a la tracción y los equivalentes de carbono de planchas de acero de alta resistencia variaron fuera del intervalo prescrito en la reivindicación 7. Adicionalmente, en las condiciones N.º C-55 a N.º C-63, que usan planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm, las condiciones de soldadura variaron fuera del intervalo prescrito en la reivindicación 7. Se apreciará que en las condiciones N.º C-33 a N.º C-34 se usaron planchas de acero dulce (grosor: 1,2 mm, 1,6 mm) cuyas resistencias a la tracción y equivalentes de carbono fueron bastante bajas, con fines comparativos.

Como se representa en la Tabla 9, en los ejemplos de la presente invención bajo las condiciones N.º C-1 a N.º C-32, se cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 7 y las fuerzas EF de presurización se fijaron para que fueran más bien bajas, y así el intervalo de brazo de dendrita, el diámetro promedio de grano de los carburos y la densidad en número de los carburos en cualquier tipo de acero estuvieron en un intervalo de la presente invención, aunque se encontró en un botón de soldadura un ligero defecto de contracción. Adicionalmente, se confirmó que no se produjo grieta y que el rebajo en una porción soldada fue pequeño. Como resultado, en las condiciones N.º C-1 a N.º C-32, las apariencias de fractura fueron de fracturas de tapón, las relaciones de tapón fueron grandes, y no fueron reconocibles superficies de fractura frágil. Adicionalmente, se confirmó que las CTS fueron altas y la fluctuación de CTS fue baja comparada con los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º C-35 a N.º C-52 en la Tabla 10, en la que no se realizó energización posterior al calentamiento. Adicionalmente, las CTS fueron altas comparadas con las condiciones N.º B-1 a N.º B-32 del Ejemplo 2.

Por otro lado, como se representa en la Tabla 10, en los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º C-51 a N.º C-63, las condiciones prescritas en la reivindicación 7 no se cumplieron, y así el intervalo de brazo de dendrita, el diámetro de grano promedio de los carburos, y la densidad en número de los carburos estuvieron fuera del intervalo de la presente invención, en el caso de uso de cualquier tipo de acero. Adicionalmente, una cualquiera de aparición de un defecto de contracción o una grieta, un gran rebajo en una porción soldada, disminución de la relación de tapón debida a aparición de una fractura de tapón parcial, y aparición de una superficie de fractura frágil fueron reconocibles. Adicionalmente, se confirmó que las CTS fueron bajas y la fluctuación de CTS fue alta.

En el Ejemplo comparativo bajo la condición N.º C-56 en la que la fuerza EF de presurización fue alta, las condiciones prescritas en la reivindicación 6 se cumplieron, y así se reconoció un efecto similar al del ejemplo. Adicionalmente, en los Ejemplos comparativos bajo la condición N.º C-58 en la que el tiempo Ct de enfriamiento después de soldadura fue prolongado, bajo la condición N.º C-62 en la que el tiempo Pt de energización posterior al calentamiento fue prolongado, y bajo la condición N.º C-63 en la que el tiempo Ht de mantenimiento fue prolongado, se reconoció un efecto de cada condición, pero el efecto fue pequeño y la productividad se redujo en tales casos, y así no son deseables esos Ejemplos comparativos.

[Ejemplo 4]

Usando diversos tipos de planchas de acero similares a las del Ejemplo 2 y Ejemplo 3 antes descritos como se representa en la Tabla 11 y Tabla 12 siguientes, se fabricaron probetas de prueba de observación de estructura y probetas de prueba de tracción transversal por procesos similares a los del Ejemplo 2 y el Ejemplo 3, y se realizaron diversas pruebas en métodos similares. En esta ocasión, después de liberar la presurización a fuerzas EF de presurización, se realizaron tratamientos térmicos después de soldar bajo condiciones representadas en la Tabla 11 y Tabla 12. Otras condiciones estuvieron en un intervalo similar al del Ejemplo 2 antes descrito. Se apreciará que las condiciones representadas en la Tabla 11 cumplieron las condiciones prescritas en las reivindicaciones 6 y 8 y que las condiciones representadas en la Tabla 12 no cumplieron al menos una de las condiciones prescritas en las reivindicaciones 6 y 8.

La Tabla 11 y Tabla 12 representan listas de condiciones de fabricación y resultados de pruebas de probetas de prueba respectivas en el Ejemplo 4.

[Tabla 11]
Tabla 11

Condición	Tipo de acero	Grosor plancha (t) (mm)	Resist. a la tracción (Rm) (MPa)	Equival. C (Ceq) (%)	Diámetro punta electrodo (mm)	Fuerza presurización (EF) (N)	Primera energización (Soldadura) Corriente (VC) (kA)	Tiempo (VT) (ms)	Segundo enfriamiento (CA) (ms)	Corriente (PC) (A)	Pos- calentamiento (PT) (ms)	Tiempo mantenimiento (m) (ms)	Diámetro boquilla soldadura (mm)	T tratamiento térmico (AT) (°C)	Tiempo tratamiento térmico (t) (s)	T antes tratamiento térmico (CT) (°C)	Intervalo brazo de dendrita (CT) (s)	Diámetro promedio de grano de los carburos	Densidad en n° de carburos	Presencia/ausencia de defectos por contracción	Presencia/ausencia de grietas	Rebajo de porción soldada	Agrietación de la fractura	Relación de la fractura	Superficie de fractura frágil	CTS (fN)	Fluctuación de CTS	Referencia	
D-1	CR780T		836	0,33			6,30			5,04										Ausente	Ausente		P	⊙		14,48	○		
D-2	CR900Y		1034	0,23			6,30			5,20											Ausente	Ausente		P	⊙		14,10	○	
D-3	CR900Y		1022	0,31			6,30			5,04											Ausente	Ausente		P	⊙		14,00	○	
D-4	CR800T		987	0,40			6,00			4,80											Ausente	Ausente		P	⊙		9,49	○	
D-5	CR900T		993	0,48			5,90			4,72											Ausente	Ausente		P	⊙		7,46	○	
D-6	CR1180Y		1196	0,34	8,0	4704	6,30	360	40	5,04	80	40	5,4	170	1200					Ausente	Ausente		P	⊙		12,86	○		
D-7	CR1470Y		1488	0,35			6,30			4,96											Ausente	Ausente		P	⊙		12,11	○	
D-8	CR1470HP		1485	0,34			6,20			4,88											Ausente	Ausente		P	⊙		11,98	○	
D-9	CR1760HP		1773	0,38			6,10			5,44											Ausente	Ausente		P	⊙		9,76	○	
D-10	GA900Y		1050	0,23			6,80			5,28											Ausente	Ausente		P	⊙		14,06	○	
D-11	GA1180Y		1192	0,34			6,80			5,12											Ausente	Ausente		P	⊙		12,82	○	
D-12	Al1470HP		1496	0,34			6,40			4,48											Ausente	Ausente		P	⊙		11,71	○	
D-13	CR780T		832	0,33			5,60			4,32	80	40	4,7	170	1200					Ausente	Ausente		P	⊙		10,86	○		
D-14	CR900T		998	0,48	6,0	2940	5,40	280	40	4,48	80	40	4,7	170	1200					Ausente	Ausente		P	⊙		5,80	○		
D-15	CR1180Y		1196	0,34			5,60			4,48											Ausente	Ausente		P	⊙		9,65	○	
D-16	CR1470HP		1488	0,34			5,60			4,48											Ausente	Ausente		P	⊙		8,98	○	
D-17	CR900T		987	0,40		4704	6,80	360	40	5,28	80	40	6,3	170	1200					Ausente	Ausente		P	⊙		11,07	○		
D-18	CR1180Y		1196	0,34			6,90			5,52											Ausente	Ausente		P	⊙		15,01	○	Ejemplo de la invención
D-19	CR780T		752	0,33			6,30			5,04											Ausente	Ausente		P	⊙		14,24	○	
D-20	CR1760HP		1848	0,38		4704	6,10	360	40	4,88	80	40	5,4	170	1200					Ausente	Ausente		P	⊙		9,53	○		
D-21	CR900Y		1022	0,22			6,30			5,20											Ausente	Ausente		P	⊙		14,12	○	
D-22	CR900T		998	0,55			5,90			4,72											Ausente	Ausente		P	⊙		7,24	○	
D-23	CR1180Y					3136			40												Ausente	Ausente		P	⊙		13,71	○	
D-24						5488			17	5,04	80	40									Ausente	Ausente		P	⊙		12,65	○	
D-25									300	2,52											Ausente	Ausente		P	⊙		12,74	○	
D-26										5,99											Ausente	Ausente		P	⊙		12,56	○	
D-27											33										Ausente	Ausente		P	⊙		12,48	○	
D-28											200										Ausente	Ausente		P	⊙		12,76	○	
D-29											80										Ausente	Ausente		P	⊙		12,51	○	
D-30						4704	6,30	360	40	5,04	80	40	5,4	170	1200					Ausente	Ausente		P	⊙		12,78	○		
D-31																					Ausente	Ausente		P	⊙		12,92	○	
D-32																					Ausente	Ausente		P	⊙		12,76	○	
D-33														120							Ausente	Ausente		P	⊙		12,56	○	
D-34														220							Ausente	Ausente		P	⊙		12,78	○	
D-35														100							Ausente	Ausente		P	⊙		12,59	○	
D-36														170	600						Ausente	Ausente		P	⊙		12,75	○	
D-37														150	1200						Ausente	Ausente		P	⊙		12,82	○	

Intervalo de brazo de dendrita ○: valor promedio es igual o menor de 12µm, x: valor promedio es mayor de 12µm

Diámetro promedio de grano de carburos ○: 5 nm a 100 nm, x: distinto de 5 nm a 100 nm

Densidad en número de carburos ○: igual o mayor de 2 x 10⁶/mm², x: menor de 2 x 10⁶/mm²

Rebajo de la porción soldada ○: pequeño, Δ: medio, x: grande

Apariencia de fractura P: fractura de tapón, PP: fractura de tapón parcial, S: fractura de desprendimiento

Relación de tapón ⊙: 91 a 100%, ○: 81 a 99%, Δ: 71 a 80%, x: igual o menor de 70%

Superficie de fractura frágil ⊙: no reconocible, ○: ligeramente reconocible, Δ: reconocible, x: perfectamente reconocible

Fluctuación CTS ⊙: bastante pequeña, ○: pequeña, Δ: algo grande, x: grande

[Tabla 12]
Tabla 12

Condición	Tipo de acero	Grueso mínimo en la cabeza (h) (mm)	Resist. a la tracción (R _m) (MPa)	Equival. C (Ceq)	Diámetro punta electrodo (mm)	Fuerza presurización (EF) (N)	Primera energización (Soldadura)		Tiempo enfriamiento (ms)	Segunda energización (Pos- calentamiento)		Tiempo mantenimiento (H)	Diámetro bolón soldadura (mm)	Temperatura tratamiento térmico (AT) (°C)	Tiempo tratamiento térmico (AN) (s)	Temperatura tratamiento térmico (CT) (°C)	Intervalo de trazo de dentrita	Diámetro de grano de los carburos	Densidad en nº de los carburos	Presencia/ausencia de grietas	Rebajo de Apertura de las soldadas	Relación de tapón	Supersf. de fractura frágil	CTS (kN)	Fluctuación de CTS	Referencia
							Corriente (V/A)	Tiempo (ms)		Corriente (A)	Tiempo (ms)															
D-38	CR270E	1.2	295	0.05	6.0	2940	6.80	280	—	—	—	40	4.7	—	—	—	X	X	X	Ausente	○	○	○	5.12	○	
D-39		1.6	298	0.05	8.0	4704	6.90	360	—	—	—	—	5.4	—	—	—	X	X	X	Ausente	○	○	○	8.06	○	
D-40	CR780T		836	0.33			6.30										X	X	X	Ausente	○	○	○	9.76	△	
D-41	CR960Y		1034	0.23			6.50										X	X	X	Ausente	○	○	○	8.45	△	
D-42	CR980Y		1022	0.31			6.30										X	X	X	Ausente	○	○	○	8.32	△	
D-43	CR980T		987	0.40			6.00										X	X	X	Ausente	○	○	○	6.09	X	
D-44	CR960T		993	0.48			5.90										X	X	X	Ausente	○	○	○	4.58	X	
D-45	CR1180Y		1196	0.34			6.30	360	—	—	—	40	5.4	170	1200		X	X	X	Ausente	○	○	○	6.94	X	
D-46	CR1470Y	1.6	1488	0.35	8.0	4704	6.30	360	—	—	—	—	—	—	—	—	X	X	X	Ausente	○	○	○	6.53	X	
D-47	CR1470HP		1465	0.34			6.20										X	X	X	Ausente	○	○	○	6.40	X	
D-48	CR1760HP		1773	0.38			6.10										X	X	X	Ausente	○	○	○	5.65	X	
D-49	GA980Y		1050	0.23			6.80										X	X	X	Ausente	○	○	○	8.38	△	
D-50	GA1180Y		1192	0.34			6.60										X	X	X	Ausente	○	○	○	6.92	X	
D-51	Al1470HP		1495	0.34			6.40										X	X	X	Ausente	○	○	○	7.32	△	
D-52	CR780T		832	0.33			5.60										X	X	X	Ausente	○	○	○	3.53	X	
D-53	CR960T		998	0.48		2940	5.40	280	—	—	—	40	4.7	170	1200		X	X	X	Ausente	○	○	○	4.87	X	
D-54	CR1180Y	1.2	1196	0.34	6.0	4704	6.60	360	—	—	—	40	6.3	170	1200		X	X	X	Ausente	○	○	○	7.11	X	
D-55	CR1470HP		1488	0.34			5.60										X	X	X	Ausente	○	○	○	5.21	X	
D-56	CR960T		987	0.40		4704	6.60	360	—	—	—	40	5.4	170	1200		X	X	X	Presente	○	○	○	4.65	X	
D-57	CR1180Y	1.6	1196	0.34	8.0	4704	6.10	360	40	4.88	80	40	5.4	170	1200		X	X	X	Ausente	○	○	○	4.26	X	
D-58	CR1960HP		1905	0.40	8.0	4704	5.80			4.04							X	X	X	Presente	○	○	○	4.87	X	
D-59	CR960T		988	0.80		2842											X	X	X	Ausente	○	○	○	8.10	X	
D-60									40								X	X	X	Ausente	○	○	○	13.95	○	
D-61						5782			0	5.04	80						X	X	X	Ausente	○	○	○	9.93	△	
D-62									320								X	X	X	Ausente	○	○	○	6.91	X	
D-63												40	5.4	170	1200		X	X	X	Ausente	○	○	○	9.58	△	
D-64										2.20	80						X	X	X	Ausente	○	○	○	7.43	X	
D-65										6.17	20						X	X	X	Ausente	○	○	○	7.96	X	
D-66	CR1180Y	1.6	1196	0.34	8.0	4704	6.30	360	40	5.04	220	260					X	X	X	Ausente	○	○	○	7.69	X	
D-67																	X	X	X	Ausente	○	○	○	9.48	△	
D-68																	X	X	X	Ausente	○	○	○	9.98	△	
D-69																	X	X	X	Ausente	○	○	○	10.69	○	
D-70																	X	X	X	Ausente	○	○	○	11.22	○	
D-71																	X	X	X	Ausente	○	○	○	10.70	○	
D-72																	X	X	X	Ausente	○	○	○	11.22	○	
D-73																	X	X	X	Ausente	○	○	○	10.73	○	

Intervalo de brazo de dendrita ○: valor promedio es igual o menor de 12µm, x: valor promedio es mayor de 12µm

Diámetro promedio de grano de carburos ○: 5 nm a 100 nm, x: distinto de 5 nm a 100 nm

Densidad en número de carburos ○: igual o mayor de 2 x 10⁶/mm², x: menor de 2 x 10⁶/mm²

Rebajo de la porción soldada ○: pequeño, △: medio, x: grande

Apariencia de fractura P: fractura de tapón, PP: fractura de tapón parcial, S: fractura de desprendimiento

Relación de tapón ⊙: 91 a 100%, ○: 81 a 99%, △: 71 a 80%, x: igual o menor de 70%

Superficie de fractura frágil ⊙: no reconocible, ○: ligeramente reconocible, △: reconocible, x: perfectamente reconocible

Fluctuación CTS ⊙: bastante pequeña, ○: pequeña, △: algo grande, x: grande

Las condiciones N.º D-1 a N.º D-37 representadas en la Tabla 11 son ejemplos de la presente invención, mientras que las condiciones N.º D-38 a N.º D-73 representadas en la Tabla 12 son Ejemplos comparativos. En otras palabras, como se ha descrito antes, las condiciones representadas en la Tabla 11 cumplieron las condiciones prescritas en las reivindicaciones 6 y 8, y las condiciones representadas en la Tabla 12 no cumplieron al menos una de las condiciones prescritas en las reivindicaciones 6 y 8. Se apreciará que si se cumplen las condiciones descritas en la reivindicación 6 puede obtenerse un cierto efecto incluso si no se cumplen las condiciones descritas en la reivindicación 8, pero por conveniencia, aquellas que no cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 8 incluso aunque cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6 se van a incluir en los Ejemplos comparativos.

Entre las anteriores, en los ejemplos de la presente invención bajo las condiciones N.º D-1 a N.º D-37, después de llevar a cabo los procesamientos en el intervalo prescrito en la reivindicación 6, se realizaron tratamientos térmicos en el intervalo prescrito en la reivindicación 8. En las condiciones N.º D-1 a N.º D-12 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron en los tipos de acero, en las condiciones N.º D-13 a N.º D-16 planchas de acero que tienen un grosor de 1,2 mm variaron en los tipos de acero, y en las condiciones N.º D-17 y N.º D-18 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron respecto de las condiciones N.º D-4 y N.º D-6 en los diámetros del botón de soldadura. Adicionalmente, en las condiciones N.º D-19 a N.º D-22 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron en las resistencias a la tracción o equivalentes de carbono, y en las condiciones N.º D-23 a D-32, que usan planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm, las condiciones de soldadura se variaron en el intervalo prescrito en la reivindicación 6. Adicionalmente, en las condiciones N.º D-33 a N.º D-36, que usan planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm, las condiciones de los tratamientos térmicos después de soldadura se variaron en el intervalo prescrito en la reivindicación 8.

Adicionalmente, en las condiciones N.º D-40 a N.º D-57, se realizó soldadura sin realizar energización posterior al calentamiento, como en los Ejemplos comparativos. En las condiciones N.º D-40 a N.º D-51 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron en los tipos de acero, en las condiciones D-52 a D-55 planchas de acero que tienen un grosor de 1,2 mm variaron en los tipos de acero, y en las condiciones N.º D-56 y N.º D-57 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron respecto de las condiciones N.º D-43 y N.º D-45 en los diámetros del botón de soldadura. Adicionalmente, en las condiciones N.º D-38 a N.º D-39 se usaron planchas de acero dulce (grosor: 1,2 mm, 1,6 mm) cuyas resistencias a la tracción y equivalentes de carbono fueron muy bajos, con fines comparativos.

Como se representa en la Tabla 11, en los ejemplos de la presente invención bajo las condiciones N.º D-1 a N.º D-37, se cumplieron las condiciones prescritas en las reivindicaciones 6 y 8, y así el intervalo de brazo de dendrita, el diámetro de grano promedio de los carburos, y la densidad en número de los carburos en cualquier tipo de acero estuvieron en un intervalo de la presente invención. Adicionalmente, se confirmó que no se produjo un defecto de contracción o una grieta y que el rebajo en una porción soldada fue pequeño. Como resultado, en las condiciones N.º D-1 a N.º D-37, las apariencias de fractura fueron de fracturas de tapón, las relaciones de tapón fueron grandes, y no fueron reconocibles superficies de fractura frágil. Adicionalmente, se confirmó que las CTS fueron altas y que la fluctuación de CTS fue pequeña comparadas con los Ejemplos comparativos bajo N.º D-40 a N.º D-57, en las que no se realizó energización posterior al calentamiento.

Se encontró que en los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º D-40 a N.º D-57, en las que se realizaron tratamientos térmicos después de soldar pero no se realizó energización posterior al calentamiento antes de la misma, se reconocieron efectos por el tratamiento térmico después de soldadura pero los efectos fueron pequeños comparados con un caso en que se realizaron tanto energización posterior al calentamiento como tratamientos térmicos después de soldadura.

Adicionalmente, las CTS en los ejemplos de la presente invención bajo las condiciones N.º D-1 a N.º D-37 representadas en la Tabla 11 fueron mayores que en los ejemplos (los ejemplos de la presente invención en los que no se realizaron tratamientos térmicos después de soldar) bajo las condiciones N.º B-1 a N.º B-32 representadas en la Tabla 7. Este hecho indica que la CTS está más mejorada por un tratamiento térmico después de soldadura.

Por otro lado, como se representa en la Tabla 12, en los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º D-58 a N.º D-68, no se cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6, y así, se reconoció cualquiera de reducción de CTS, disminución de la relación de tapón, y aparición de una superficie de fractura frágil, en el caso de usar cualquiera de los tipos de acero.

Adicionalmente, en los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º D-69 a N.º D-72, aunque se cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6, las condiciones de tratamientos térmicos después de soldadura no cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 8. Así, aunque se reconocieron efectos de energización posterior al calentamiento después de soldadura, no se reconocieron efectos de calentamiento después de soldadura.

En el Ejemplo comparativo bajo la condición N.º D-60 en el que la fuerza EF de presurización fue baja, se confirmó que la apariencia de fractura fue la de una fractura de tapón, que la relación de tapón fue grande, que no se reconoció una superficie de fractura frágil, que la CTS fue grande, y que la fluctuación de CTS fue pequeña, pero se produjo un defecto de contracción, y este Ejemplo comparativo no es deseable. Adicionalmente, bajo la condición N.º D-61 en la que la fuerza EF de presurización fue alta, bajo la condición N.º D-63 en la que el tiempo Ct de enfriamiento después de soldadura fue prolongado, bajo la condición N.º D-67 en la que el tiempo Pt de energización posterior al

calentamiento fue prologado, y bajo la condición N.º D-68 en la que el tiempo Ht de mantenimiento fue prolongado, fue reconocible un efecto de cada condición, pero el efecto fue pequeño y la productividad se redujo en tales casos, y así estos Ejemplos comparativos no son deseables. Adicionalmente, con respecto a las condiciones N.º D-69 a N.º D-72 en las que las condiciones de los tratamientos térmicos después de soldadura no cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 8, solo fueron reconocibles efectos de la energización posterior al calentamiento después de soldadura bajo N.º D-69 en la que la temperatura AT de tratamiento térmico después de soldadura fue baja y bajo N.º D-71 en la que el tiempo At de tratamiento térmico después de soldadura fue corto, y en los Ejemplos comparativos bajo la condición N.º D-70 en la que el tiempo de tratamiento térmico después de soldadura AT fue alto y la condición N.º D-72 en la que el tiempo At de tratamiento térmico después de soldadura fue prolongado, se reconocieron no solo efectos de energización posterior al calentamiento después de soldadura sino también efectos de tratamientos térmicos después de soldadura, pero los efectos fueron pequeños comparados con aquellos que cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 8.

[Ejemplo 5]

Usando diversos tipos de planchas de acero similares a las del Ejemplo 2 a Ejemplo 4 antes descritas como se representa en la Tabla 13 y Tabla 14 siguientes, se fabricaron probetas de prueba de observación de estructura y probetas de prueba de tracción transversal por procesos similares a los del Ejemplo 2, y se realizaron diversas pruebas en métodos similares. En esta ocasión, las fuerzas EF de presurización en la soldadura por puntos de las probetas de prueba respectivas antes descritas fueron las condiciones representadas en la Tabla 13 y Tabla 14. Otras condiciones estuvieron en un intervalo similar al del Ejemplo 2 antes descrito. Se apreciará que las condiciones representadas en la Tabla 13 cumplieron las condiciones prescritas en las reivindicaciones 7 y 8, mientras que las condiciones representadas en la Tabla 14 no cumplieron al menos una de las condiciones prescritas en las reivindicaciones 7 y 8.

La Tabla 13 y Tabla 14 representan listas de condiciones de fabricación y resultados de pruebas de probetas de prueba respectivas en el Ejemplo 5.

Tabla 13

Condición	Tipos de acero	Grueso a la plancha (mm)	Resist. a la tracción (MPa)	Equivalencia C (Cr)	Díametro punta electrodo (mm)	Fuerza presarcación (EF) (N)	Primera energización (Soldadura)	Segunda energización (Post-calentamiento)	Diámetro bobinado soldadura (mm)	Temperatura tratamiento térmico (AT) (°C)	Temperatura tratamiento térmico (AI) (°C)	Intervalo brazo de mano de dendrita (mm)	Densidad en nº de los carburos	Presencia/ausencia de defectos por contracción	Presencia/ausencia de grietas	Rebajo de sorción soldada	Agresión de la fractura	Relación de ligón	Superf. de fractura frágil	CTS (kN)	Fluctuación de CTS	Referencia
			(b) (MPa)	(%)	(mm)	(N)	Corriente (A)	Corriente (A)	(mm)	(°C)	(°C)	(mm)										
							Tiempo (min)	Corriente (A)	Corriente (A)													
E-1	CR700T		836	0.33			5.30	5.04						Presente	Ausente		P	⊙	15.93	⊙		
E-2	CR980Y		1034	0.23			6.50	5.20						Presente	Ausente		P	⊙	15.51	⊙		
E-3	CR980Y		1022	0.31			6.30	5.04						Presente	Ausente		P	⊙	15.40	⊙		
E-4	CR680T		987	0.40			6.00	4.80						Presente	Ausente		P	⊙	10.44	⊙		
E-5	CR980T		993	0.48			5.90	4.72						Presente	Ausente		P	⊙	8.21	⊙		
E-6	CR1180Y	1.6	1196	0.34	8.0	2744	6.30	5.04	40	170	1200			Presente	Ausente		P	⊙	14.15	⊙		
E-7	CR1470Y		1488	0.35			6.30	5.04						Presente	Ausente		P	⊙	13.32	⊙		
E-8	CR1470HP		1485	0.34			6.20	4.96						Presente	Ausente		P	⊙	13.17	⊙		
E-9	CR1760HP		1773	0.38			8.10	4.88						Presente	Ausente		P	⊙	10.74	⊙		
E-10	GA980Y		1050	0.23			6.80	5.44						Presente	Ausente		P	⊙	15.47	⊙		
E-11	GA1180Y		1192	0.34			6.60	5.28						Presente	Ausente		P	⊙	14.11	⊙		
E-12	AI1470HP		1485	0.34			6.40	5.12						Presente	Ausente		P	⊙	12.88	⊙		
E-13	CR700T		832	0.33			5.60	4.48						Presente	Ausente		P	⊙	11.95	⊙		
E-14	CR980T		998	0.48	6.0	2058	5.40	4.32	40	170	1200			Presente	Ausente		P	⊙	6.16	⊙		
E-15	CR1180Y	1.2	1196	0.34			5.80	4.48						Presente	Ausente		P	⊙	10.61	⊙		
E-16	CR1470HP		1488	0.34			5.60	4.48						Presente	Ausente		P	⊙	9.88	⊙		
E-17	CR980T		987	0.40	8.0	2744	6.60	5.28	40	170	1200			Presente	Ausente		P	⊙	12.18	⊙		
E-18	CR1180Y		1196	0.34			6.90	5.52						Presente	Ausente		P	⊙	16.51	⊙	Ejemplo de la invención	
E-19	CR700T		752	0.33			6.30	5.04						Presente	Ausente		P	⊙	15.67	⊙		
E-20	CR1760HP		1848	0.38			6.10	4.88						Presente	Ausente		P	⊙	10.48	⊙		
E-21	CR980Y	1.6	1022	0.22	8.0	2744	6.50	5.20	40	170	1200			Presente	Ausente		P	⊙	15.54	⊙		
E-22	CR980T		998	0.55			5.90	4.72						Presente	Ausente		P	⊙	7.96	⊙		
E-23			2352			2352								Presente	Ausente		P	⊙	14.35	⊙		
E-24			3038			3038								Presente	Ausente		P	⊙	14.22	⊙		
E-25							5.04	80						Presente	Ausente		P	⊙	14.08	⊙		
E-26							300							Presente	Ausente		P	⊙	14.20	⊙		
E-27							2.52	5.99	40	170	1200			Presente	Ausente		P	⊙	14.07	⊙		
E-28							5.99							Presente	Ausente		P	⊙	14.28	⊙		
E-29														Presente	Ausente		P	⊙	14.02	⊙		
E-30	CR1180Y	1.6	1196	0.34	8.0	2744	6.30	5.04						Presente	Ausente		P	⊙	14.18	⊙		
E-31														Presente	Ausente		P	⊙	14.28	⊙		
E-32														Presente	Ausente		P	⊙	14.18	⊙		
E-33										120				Presente	Ausente		P	⊙	13.75	⊙		
E-34										220				Presente	Ausente		P	⊙	14.26	⊙		
E-35										170				Presente	Ausente		P	⊙	13.74	⊙		
E-36										100				Presente	Ausente		P	⊙	14.24	⊙		
E-37										600				Presente	Ausente		P	⊙	13.92	⊙		
										1200				Presente	Ausente		P	⊙				

Intervalo de brazo de dendrita ⊙: valor promedio es igual o menor de 12 μm, x: valor promedio es mayor de 12 μm
 Diámetro promedio de grano de carburos ⊙: 5 nm a 100 nm, x: distinto de 5 nm a 100 nm /
 Densidad en número de carburos ⊙: igual o mayor de 2 x 10⁶/mm², x: menor de 2 x 10⁶/mm²
 Rebajo de la porción soldada ⊙: pequeño, Δ: medio, x: grande
 Apariencia de fractura P: fractura de tapón, PP: fractura de tapón parcial, S: fractura de desprendimiento
 Relación de tapón ⊙: 91 a 100%, ⊙: 81 a 99%, Δ: 71 a 80%, x: igual o menor de 70%
 Superficie de fractura frágil ⊙: no reconocible, ⊙: ligeramente reconocible, Δ: reconocible, x: perfectamente reconocible
 Fluctuación CTS ⊙: bastante pequeña, ⊙: pequeña, Δ: algo grande, x: grande

[Tabla 14]
Tabla 14

Condición	Tipos de acero	Grosor plan-cha (h) (mm)	Resist. a la tracción (R _m) (MPa)	Equival. C (Ceq) (%)	Díametro punta electrodo (mm)	Fuerza presurización (EF) (N)	Primera energización (Soldadura) (WOC) (VA) (A)	Segunda energización (Post-calentamiento) (FC) (hA) (ms)	Segunda energización (Post-calentamiento) (PC) (hA) (ms)	Tiempo mantenimiento (H) (ms)	Díametro botón soldadura (mm)	Temperatura tratamiento térmico (AT) (°C)	Tiempo tratamiento térmico (AI) (s)	Temperatura antes tratamiento térmico (°C)	Intervalo de brazo de dendrita (CT) (mm)	Díametro promedio de grano de los carburos	Densidad en nº de los carburos	Presencia/ausencia de defectos por contracción	Presencia/ausencia de grietas	Rebajo de Apertura porción soldada	Relación de Apertura de la fractura	Superf. de fractura frágil	CTS (K/N)	Fluctuación de CTS	Referencia
E-38	CR270E	1.2	295	0.05	8.0	2940	6.80 260	—	—	40	4.7	—	—	—	X	X	X	Ausente	Ausente	○	⊙	⊙	5.12	⊙	
E-39	CR780T	1.6	295	0.05	8.0	4704	6.50 360	—	—	—	5.4	—	—	—	X	X	X	Ausente	Ausente	○	⊙	⊙	8.06	⊙	
E-40	CR780T		635	0.33			6.30								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	10.73	⊙	
E-41	CR980Y		1024	0.23			6.50								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	9.29	⊙	
E-42	CR980Y		1022	0.31			6.30								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	9.15	⊙	
E-43	CR980T		967	0.40			6.00								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	6.70	⊙	
E-44	CR980T		993	0.48			5.90								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	5.03	⊙	
E-45	CR1180Y		1196	0.34			6.30 360	—	—	40	5.4	170	1200	—	X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	7.19	⊙	
E-46	CR1470Y	1.6	1488	0.35	8.0	2744	6.30								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	7.04	⊙	
E-47	CR1470HP		1485	0.34			6.20								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	6.22	⊙	
E-48	CR1760HP		1773	0.38			6.10								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	9.22	⊙	
E-49	GA680Y		1050	0.23			6.80								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	7.61	⊙	
E-50	GA1180Y		1192	0.34			6.60								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	7.09	⊙	
E-51	Al1470HP		1495	0.34			6.40								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	8.05	⊙	
E-52	CR780T		822	0.33			5.60								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	5.73	⊙	
E-53	CR980T		998	0.48			5.40								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	7.82	⊙	
E-54	CR1180Y	1.2	1196	0.34	6.0	2058	5.60 260	—	—	40	4.7	170	1200	—	X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	3.78	⊙	
E-55	CR1470HP		1488	0.34			5.60								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	5.28	⊙	
E-56	CR980T		987	0.40			6.00 360	—	—	40	6.3	170	1200	—	X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	8.91	⊙	
E-57	CR1180Y	1.6	1196	0.34	8.0	2744	6.90								X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	5.01	⊙	
E-58	CR1960HP		1965	0.40	8.0	2744	6.10 360	40	4.88	80	5.4	170	1200	—	X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	4.57	⊙	
E-59	CR980T	1.6	998	0.60			5.80		4.64						X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	4.57	⊙	
E-60						2254		40							X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	9.21	⊙	
E-61						3234		0	5.04						X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	13.46	⊙	
E-62								320		80					X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	7.61	⊙	
E-63									2.20	40					X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	10.05	⊙	
E-64									6.17						X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	8.09	⊙	
E-65										20					X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	8.47	⊙	
E-66										220					X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	8.48	⊙	
E-67						4704	6.30 360	40			5.4				X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	10.08	⊙	
E-68										260					X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	11.36	⊙	
E-69									5.04						X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	11.76	⊙	
E-70										80					X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	12.65	⊙	
E-71										40					X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	11.77	⊙	
E-72															X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	12.95	⊙	
E-73															X	X	X	Presente	Presente	○	⊙	⊙	11.76	⊙	

Intervalo de brazo de dendrita ○ : valor promedio es igual o menor de 12 μm, x: valor promedio es mayor de 12 μm

Díametro promedio de grano de carburos ○ : 5 nm a 100 nm, x: disímulo de 5 nm a 100 nm

Densidad en número de carburos ○ : igual o mayor de 2 x 10⁶/mm², x : menor de 2 x 10⁶/mm²

Rebajo de la porción soldada ○ : pequeño, Δ: medio, x: grande

Apertura de fractura P: fractura de tapón, PP: fractura de tapón parcial, S: fractura de desprendimiento

Relación de tapón ⊙ : 91 a 100%, ○ : 81 a 99%, x : igual o menor de 70%

Superficie de fractura frágil ⊙ : no reconocible, ○ : ligeramente reconocible, Δ: reconocible, x: perfectamente reconocible

Fluctuación CTS ⊙ : bastante pequeña, ○ : pequeña, Δ: algo grande, x: grande

Las condiciones N.º E-1 a N.º E-37 representadas en la Tabla 13 son ejemplos de la presente invención, mientras que las condiciones N.º E-38 a N.º E-73 representadas en la Tabla 14 son Ejemplos comparativos. En otras palabras, como se ha descrito antes, las condiciones representadas en la Tabla 13 cumplieron las condiciones prescritas en las reivindicaciones 7 y 8, y las condiciones representadas en la Tabla 14 no cumplieron al menos una de las condiciones prescritas en las reivindicaciones 7 y 8. Se apreciará que si se cumplen las condiciones descritas en la reivindicación 7 puede obtenerse un cierto efecto incluso si no se cumplen las condiciones descritas en la reivindicación 8, y aquí por conveniencia, una que no cumplió las condiciones prescritas en la reivindicación 8 incluso aunque cumpliera las condiciones prescritas en la reivindicación 7 fue para incluirse en los Ejemplos comparativos.

Entre las anteriores, en los ejemplos de la presente invención bajo las condiciones N.º E-1 a N.º E-37, después de realizar los procesamientos en un intervalo prescrito en la reivindicación 7, se realizaron tratamientos térmicos después de soldadura en un intervalo prescrito en la reivindicación 8. En las condiciones N.º E-1 a N.º E-12 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron en los tipos de acero, en las condiciones N.º E-13 a N.º E-16 planchas de acero que tienen un grosor de 1,2 mm variaron en los tipos de acero, y en las condiciones N.º E-17 y N.º E-18 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron respecto de las condiciones N.º E-4 y N.º E-6 en los diámetros del botón de soldadura. Adicionalmente, en las condiciones N.º E-19 a N.º E-22 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron en las resistencias a la tracción o equivalentes de carbono, y en las condiciones N.º E-23 a E-32, que usan planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm las condiciones de soldadura variaron en un intervalo prescrito en la reivindicación 6. Adicionalmente, en las condiciones N.º E-33 a N.º E-36, que usan planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm se variaron las condiciones de los tratamientos térmicos después de soldadura en un intervalo prescrito en la reivindicación 8.

Adicionalmente, en las condiciones N.º E-40 a N.º E-57, como en los Ejemplos comparativos, se realizaron soldaduras sin realizar energización posterior al calentamiento. En las condiciones N.º E-40 a N.º E-51 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron en los tipos de acero, en las condiciones E-52 a E-55 planchas de acero que tienen un grosor de 1,2 mm variaron en los tipos de acero, y en las condiciones N.º E-56 y N.º E-57 planchas de acero que tienen un grosor de 1,6 mm variaron respecto de las condiciones N.º E-43 y N.º E-45 en los diámetros del botón de soldadura. Adicionalmente, en las condiciones N.º E-38 a N.º E-39 se usaron con fines comparativos planchas de acero dulce (grosor: 1,2 mm, 1,6 mm) cuyas resistencias a la tracción y equivalentes de carbono fueron muy bajos.

Como se representa en la Tabla 13, en los ejemplos de la presente invención bajo las condiciones N.º E-1 a N.º E-37, se cumplieron las condiciones prescritas en las reivindicaciones 7 y 8, y así el intervalo de brazo de dendrita, el diámetro de grano promedio de los carburos, y la densidad en número de los carburos en cualquier tipo de acero estuvieron en un intervalo de la presente invención. Adicionalmente, se confirmó que no se produjo un defecto de contracción o una grieta y que el rebajo en una porción soldada fue pequeño. Como resultado, en las condiciones N.º E-1 a N.º E-37, las apariencias de fractura fueron de fracturas de tapón, las relaciones de tapón fueron grandes, y no fueron reconocibles superficies de fractura frágil. Adicionalmente, se confirmó que las CTS fueron altas y que la fluctuación de CTS fue pequeña comparada con los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º E-40 a N.º E-57, en las que no se realizó energización posterior al calentamiento.

Se encontró que en los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º E-40 a N.º E-57, en las que se realizaron tratamientos térmicos después de soldar pero no se realizó energización posterior al calentamiento antes de la misma, se reconocieron efectos por los tratamientos térmicos después de soldadura pero los efectos fueron pequeños comparados con un caso en que se realizaron tanto energización posterior al calentamiento como tratamientos térmicos después de soldadura.

Adicionalmente, las CTS en los ejemplos de la presente invención bajo las condiciones N.º E-1 a N.º E-37 representadas en la Tabla 13 son mayores que en los ejemplos (los ejemplos de la presente invención en los que no se realizaron tratamientos térmicos después de soldadura) de la presente invención bajo las condiciones N.º B-1 a N.º B-32 representadas en la Tabla 9. Este hecho indica que la CTS mejora más por un tratamiento térmico después de soldadura.

Por otro lado, como se representa en la Tabla 14, en los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º E-58 a N.º E-72, no se cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 7, y así se reconoció una cualquiera de reducción de CTS, disminución de la relación de tapón, y aparición de una superficie de fractura frágil, en el caso de usar cualquier tipo de acero.

Adicionalmente, en los Ejemplos comparativos bajo las condiciones N.º E-69 a N.º E-72, aunque se cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 7, las condiciones de tratamientos térmicos después de soldadura no cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 8. Así, aunque se reconocieron efectos de energización posterior al calentamiento, no se reconocieron efectos del calentamiento después de soldadura.

En el Ejemplo comparativo bajo la condición N.º E-61 en la que la fuerza EF de presurización fue alta, se cumplieron las condiciones prescritas en las reivindicaciones 6 y 8, y así fue reconocible un efecto similar al del Ejemplo 4. Adicionalmente, en los Ejemplos comparativos bajo la condición N.º E-63 en la que el tiempo Ct de enfriamiento después de soldadura fue prolongado, bajo la condición N.º E-67 en la que el tiempo Pt de energización posterior al calentamiento fue prolongado, y bajo la condición N.º E-68 en la que el tiempo Ht de mantenimiento fue prolongado,

se reconoció un efecto de cada condición, pero el efecto fue pequeño y la productividad se redujo en tales casos, y así estos Ejemplos comparativos no son deseables. Adicionalmente, con respecto a las condiciones N.º E-69 a N.º E-72 en las que las condiciones de los tratamientos térmicos después de soldadura no cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 8, solo fueron reconocibles efectos de la energización posterior al calentamiento después de soldadura bajo N.º E-69 en la que la temperatura AT de tratamiento térmico después de soldadura fue baja y bajo N.º E-71 en la que el tiempo At de tratamiento térmico después de soldadura fue corto, mientras que en los Ejemplos comparativos bajo la condición N.º E-70 en la que la temperatura AT de tratamiento térmico después de soldadura fue alta y bajo la condición N.º E-72 en la que el tiempo At de tratamiento térmico después de soldadura fue prolongado, fueron reconocibles no solo efectos de energización posterior al calentamiento después de soldadura, sino también efectos de tratamiento térmico después de soldadura, pero los efectos fueron pequeños comparados con aquellos que cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 8.

[Ejemplo 6]

En el Ejemplo 6, usando diversos tipos de planchas de acero similares a las del Ejemplo 4 y Ejemplo 5 antes descritos como se representa en la Tabla 11 a Tabla 14, se fabricaron probetas de prueba de observación de estructura y probetas de prueba de tracción transversal por procesos similares a los del Ejemplo 4 y el Ejemplo 5, y se realizaron diversas pruebas en métodos similares. En esta ocasión, se realizó enfriamiento bajo las condiciones (temperatura antes del tratamiento térmico CT) representadas en la Tabla 11 a Tabla 14, después de liberar la presurización a las fuerzas EF de presurización y antes de iniciar los tratamientos térmicos después de soldadura. Otras condiciones estuvieron en intervalos similares a los del Ejemplo 4 y Ejemplo 5 antes descritos.

Como se representa en la Tabla 11 y Tabla 12, en el ejemplo de la presente invención bajo la condición N.º D-37 que cumple las condiciones prescritas en la reivindicación 9, la CTS fue alta comparada con el Ejemplo comparativo bajo la condición N.º D-73 en la que se inició tratamiento térmico después de soldadura mientras que la temperatura de la superficie estaba todavía a una temperatura mayor que la temperatura CT antes del tratamiento térmico prescrita en la reivindicación 9. Adicionalmente, como se representa en la Tabla 13 y Tabla 14, en el ejemplo de la presente invención bajo la condición N.º E-37 que cumple las condiciones prescritas en la reivindicación 9, se comparó la CTS con el Ejemplo comparativo bajo la condición N.º E-73 en la que se inició tratamiento térmico después de soldadura mientras que la temperatura de la superficie estaba todavía a una temperatura mayor que la temperatura CT antes del tratamiento térmico prescrita en la reivindicación 9. Se apreciará que aunque la CTS se mejoró a medida que la temperatura de la superficie de una porción soldada se reducía mediante el enfriamiento después de soldadura, la CTS apenas cambió en el caso de temperatura de la superficie igual o menor de 150°C.

Cuando se cumplen las condiciones descritas en la reivindicación 6 o 7 y la reivindicación 8, puede obtenerse un cierto efecto incluso si no se cumple la condición descrita en la reivindicación 9, pero no puede obtenerse una resistencia suficientemente alta en una unión soldada por puntos si el tratamiento térmico después de soldadura se inicia sin enfriamiento suficiente, como se ha descrito antes.

[Ejemplo 7]

Usando diversos tipos de planchas de acero similares a los del Ejemplo 2 a Ejemplo 6 descritos antes y planchas de acero de tipo de reforzamiento en solución sólida (CR440W) y planchas de acero tipo composición de doble fase (CR590Y) que tienen un grosor de 1,2 mm o 1,6 mm y una resistencia a la tracción de 455 MPa o 618 MPa como se representa en la Tabla 15 y Tabla 16 siguientes, se fabricaron probetas de prueba de observación de estructura y probetas de prueba de tracción transversal por procesos similares a los del Ejemplo 2, y se realizaron diversas pruebas en métodos similares. Aquí, entre los tipos de acero representados en la Tabla 15 y Tabla 16, CR440 W y CR590Y indican productos normalizados por la Japan Iron and Steel Federation (JSC440W, JSC590Y). Se apreciará que una combinación de planchas en la Tabla 15 y Tabla 16, que son diferentes de la de las del Ejemplo 2 al Ejemplo 6, es una combinación cualquiera de planchas de diferentes tipos y el mismo grosor, del mismo tipo y de diferentes grosores, y de diferentes tipos y diferentes grosores, y que las condiciones representadas en la Tabla 15 cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6 o reivindicación 7, y que las condiciones representadas en la Tabla 16 cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6 y reivindicación 8 así como la reivindicación 7 y la reivindicación 8.

La Tabla 15 y Tabla 16 representan listas de condiciones de fabricación y resultados de pruebas de probetas de prueba respectivas en el Ejemplo 7.

[Tabla 15]
Tabla 15

Condi- cion	Tipo acero 1	Grosor plancha (h) (mm)	Resist. a la trac- cion (MPa)	Equival. C (Ceq) (%)	Tipo acero 2	Grosor plancha (h) (mm)	Resist. a la trac- cion (MPa)	Equival. C (Ceq) (%)	Tipo acero 3	Grosor plancha (h) (mm)	Resist. a la trac- cion (MPa)	Equival. C (Ceq) (%)	Primera energizacion (Soldadura) (W/C) (kA)	Corriente (A)	Tiempo enfriamiento (C) (ms)	Segunda energizacion (Pos- calentamiento) (PC) (kA)	Corriente (A)	Tiempo mantenimiento (h) (ms)	Diametro soldadura (mm)	Diametro Intervalo de dentritas (mm)	Diametro promedio de grano de los carburos (µm)	Densidad en nº de los carburos	Presencia/ausencia de defectos por contraccion	Presencia/ausencia de grietas	Rebajo de porcion soldada	Apariencia/Relacion de la fractura de tapon	Superf. de fractura fragil	CTS (%)	Fluctuacion de CTS	Referencia
G-1	CR270E	1,6	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	5,28	5,28	40	5,28	5,28	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	10,77	○	
G-2	CR1180Y	1,6	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	5,16	5,16	80	5,16	5,16	80	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	10,69	○	
G-3	CR1180Y	1,6	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	5,04	5,04	40	5,04	5,04	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	10,74	○	
G-4	CR1470HP	1,6	1485	0,34	CR1470HP	1,2	1485	0,34	CR1470HP	1,2	1485	0,34	5,00	5,00	40	5,00	5,00	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	9,95	○	
G-5	CR980Y	1,6	1034	0,23	CR980Y	1,2	1034	0,23	CR980Y	1,2	1034	0,23	5,16	5,16	80	5,16	5,16	80	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	11,62	○	
G-6	CR1470HP	1,6	1485	0,34	CR1470HP	1,2	1485	0,34	CR1470HP	1,2	1485	0,34	5,08	5,08	40	5,08	5,08	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	9,92	○	
G-7	CR980Y	1,6	1034	0,23	CR980Y	1,2	1034	0,23	CR980Y	1,2	1034	0,23	4,88	4,88	80	4,88	4,88	80	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	8,71	○	
G-8	CR1180Y	1,6	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	5,90	5,90	40	5,90	5,90	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	8,14	○	
G-9	CR1470HP	1,6	1485	0,34	CR1470HP	1,2	1485	0,34	CR1470HP	1,2	1485	0,34	5,55	5,55	40	5,55	5,55	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	7,54	○	
G-10	CR980Y	1,6	1034	0,23	CR980Y	1,2	1034	0,23	CR980Y	1,2	1034	0,23	5,24	5,24	40	5,24	5,24	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	7,81	○	
G-11	CR1180Y	1,6	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	5,00	5,00	80	5,00	5,00	80	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	9,55	○	
G-12	CR1470HP	1,6	1485	0,34	CR1470HP	1,2	1485	0,34	CR1470HP	1,2	1485	0,34	5,85	5,85	40	5,85	5,85	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	8,67	○	
G-13	CR270E	1,6	295	0,05	CR980Y	1,2	1034	0,23	CR980Y	1,2	1034	0,23	5,30	5,30	40	5,30	5,30	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	8,74	○	
G-14	CR980Y	1,6	1034	0,23	CR1180Y	1,2	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	5,95	5,95	40	5,95	5,95	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	7,88	○	
G-15	CR980Y	1,6	1034	0,23	CR1470HP	1,2	1485	0,34	CR1470HP	1,2	1485	0,34	5,95	5,95	40	5,95	5,95	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	7,55	○	
G-16	CR1180Y	1,2	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	5,80	5,80	80	5,80	5,80	80	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	8,14	○	
G-17	CR980Y	1,6	1034	0,23	CR980Y	1,2	1034	0,23	CR980Y	1,2	1034	0,23	5,80	5,80	40	5,80	5,80	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	9,25	○	
G-18	CR440W	1,6	455	0,16	CR440W	1,6	455	0,16	CR1470HP	1,2	1485	0,34	6,30	6,30	40	6,30	6,30	40	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	7,56	○	
G-19	CR1180Y	1,6	1196	0,34	CR440W	1,6	455	0,16	CR440W	1,6	455	0,16	6,40	6,40	360	6,40	6,40	360	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	11,79	○	
G-20	CR1180Y	1,6	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	6,00	6,00	320	6,00	6,00	320	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	8,64	○	
G-21	CR1180Y	1,6	1196	0,34	CR440W	1,2	455	0,16	CR440W	1,2	455	0,16	2,401	2,401	320	2,401	2,401	320	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	10,18	○	
G-22	CR440W	1,6	455	0,16	CR1180Y	1,2	1196	0,34	CR1180Y	1,2	1196	0,34	2,401	2,401	320	2,401	2,401	320	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	8,88	○	
G-23	CR980Y	1,6	1034	0,23	CR980Y	1,6	1034	0,23	CR440W	1,2	455	0,16	6,20	6,20	360	6,20	6,20	360	4,7	0	0	0	Ausente	Ausente	○	P	○	10,18	○	

[Tabla 15: Leyendas]

Intervalo de brazo de dendritas ○ : valor promedio es igual o menor de 12 µm, x: valor promedio es mayor de 12 µm.
 Diámetro promedio de grano de carburos ○ : 5 nm a 100 nm, x: distinto de 5 nm a 100 nm
 Densidad en número de carburos ○ : igual o mayor de 2 x 10⁶/mm², x: menor de 2 x 10⁶/mm²
 Rebajo de la porción soldada ○ : pequeño, Δ: medio, x: grande
 Apariencia de fractura P: fractura de tapón, PP: fractura de tapón parcial, S: fractura de desprendimiento
 Relación de tapón ⊙: 91 a 100%, ○: 81 a 99%, Δ: 71 a 80%, x: igual o menor de 70%
 Superficie de fractura frágil ⊙: no reconocible, ○: ligeramente reconocible, Δ: reconocible, x: perfectamente reconocible
 Fluctuación CTS ⊙: bastante pequeña, ○: pequeña, Δ: algo grande, x: grande

Las condiciones N.º G-1 a N.º G-23 representadas en la Tabla 15 y condiciones N.º G-24 a N.º G-46 representadas en la Tabla 16 son ambos ejemplos de la presente invención. En otras palabras, como se ha descrito antes, las condiciones representadas en la Tabla 15 cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6 o reivindicación 7, y las condiciones representadas en la Tabla 16 cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6 y reivindicación 8 así como la reivindicación 7 y la reivindicación 8.

Entre las anteriores, las condiciones G-1 a G-6 en la Tabla 15 fueron de dos planchas de acero de diferentes tipos y el mismo grosor, las condiciones G-7 a G-9 fueron de dos planchas de acero de mismo tipo y diferente grosor, las condiciones N.º G-10 a N.º G-15 fueron de dos planchas de acero de diferentes tipos y diferente grosor, y las condiciones N.º G-16 a N.º G-18 fueron de tres planchas de acero de diferentes tipos y diferente grosor, y las condiciones anteriores cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6. Adicionalmente, la condición G-19 fue de dos planchas de acero de diferentes tipos y el mismo grosor, la condición N.º G-20 fue de dos planchas de acero de mismo tipo y diferente grosor, las condiciones N.º G-21 a N.º G-22 fueron de dos planchas de acero de diferentes tipos y diferente grosor, y la condición N.º G-23 fue de tres planchas de acero de diferentes tipos y diferente grosor, y las condiciones anteriores cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 7.

Como se representa en la Tabla 15, en los ejemplos de la presente invención bajo las condiciones N.º G-1 a N.º G-23, se cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6 o reivindicación 7, y así el intervalo de brazo de dendrita, el diámetro de grano promedio de los carburos, y la densidad en número de los carburos en cualquier tipo de acero estuvieron dentro del intervalo de la presente invención. Adicionalmente, se confirmó que no se produjo defecto por contracción o una grieta y que el rebajo en una porción soldada fue pequeño. Como resultado, en las condiciones N.º G-1 a N.º G-23, las apariencias de fractura fueron de fracturas de tapón, las relaciones de tapón fueron grandes, y no fueron reconocibles superficies de fractura frágil. Como resultado, se obtuvieron altas CTS de forma similar al caso de composiciones del mismo tipo y el mismo grosor en el Ejemplo 2 y el Ejemplo 3. Se apreciará que el caso de tres planchas de acero, se produjo una fractura en una interfase entre la plancha 2 de acero y la plancha 3 de acero.

Por otro lado, las condiciones N.º G-24 a N.º G-29 en la Tabla 16 fueron de dos planchas de acero de diferentes tipos y el mismo grosor, las condiciones G-30 a G-32 fueron de dos planchas de acero de mismo tipo y diferente grosor, las condiciones G-33 a G-38 fueron de dos planchas de acero de diferentes tipos y diferente grosor, y las condiciones G-39 a G-41 fueron de tres planchas de acero de diferentes tipos y diferente grosor, y las condiciones anteriores cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6 y la reivindicación 8. Adicionalmente, la condición N.º G-42 fue de dos planchas de acero de diferentes tipos y el mismo grosor, la condición N.º G-43 fue de dos planchas de acero de mismo tipo y diferente grosor, las condiciones N.º G-44 a N.º G-45 fueron de dos planchas de acero de diferentes tipos y diferente grosor, y la condición N.º G-46 fue de tres planchas de acero de diferentes tipos y diferente grosor, y las condiciones anteriores cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 7 y la reivindicación 8.

Como se representa en la Tabla 16, en los ejemplos de la presente invención de las condiciones N.º G-24 a N.º G-46, se cumplieron las condiciones prescritas en la reivindicación 6 y reivindicación 8 así como en la reivindicación 7 y reivindicación 8, y así el intervalo de brazo de dendrita, el diámetro de grano promedio de los carburos, y la densidad en número de los carburos en cualquier tipo de acero estuvieron dentro del intervalo de la presente invención. Adicionalmente, se confirmó que no se produjo un defecto de contracción o una grieta y que el rebajo en una porción soldada fue pequeño. Como resultado, en las condiciones N.º G-24 a N.º G-46, las apariencias de fractura fueron de fracturas de tapón, las relaciones de tapón fueron grandes, y no fueron reconocibles superficies de fractura frágil. Como resultado, se obtuvieron altas CTS de forma similar al caso de composiciones de los mismos tipos y los mismos grosores en el Ejemplo 4 al Ejemplo 5. Adicionalmente, la comparación con la Tabla 15 muestra que la CTS se mejoró por un procesamiento térmico de soldadura. Se apreciará que el caso de tres planchas de acero, se produjo una fractura en una interfase entre la plancha 2 de acero y la plancha 3 de acero, de forma similar al caso de la Tabla 15.

Se confirmó que, con respecto a estos ejemplos, incluso si se realizó un experimento con otro tipo de acero o con un grosor de plancha de acero delgada que es alterado o incluso si se realizó un experimento con un tipo de suelda, una cantidad de revestimiento o similar que se ha alterado, su efecto fue similar al efecto descrito antes, y que pueden obtenerse efectos de la presente invención que permiten la prevención de la aparición de un defecto por contracción o una grieta y la formación de una porción soldada altamente fiable que tiene una buena apariencia de fractura, pequeña fluctuación de la resistencia, y resistencia suficientemente alta.

Adicionalmente, a partir de los resultados de estos ejemplos se confirmó que usando un método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia de la presente invención puede obtenerse una unión soldada por puntos altamente fiable en la que no se produce en la porción soldada un defecto por contracción o una grieta y que tiene una buena apariencia de fractura, pequeña fluctuación de la resistencia, y resistencia suficientemente alta, cuando se suelda una plancha de acero de alta resistencia por un método de soldadura por puntos de resistencia.

Se apreciará que en la descripción de las formas de realización y ejemplos antes descritos en la presente solicitud, se describen efectos de mejora y reducción de la fluctuación de la resistencia a la tracción transversal mediante la presente invención, pero la presente invención también es efectiva para reducir la fluctuación y mejorar la resistencia a la tracción en forma de L que es una resistencia a la tracción en la misma dirección de desprendimiento, por ejemplo.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

La presente invención puede usarse en una industria, por ejemplo, relacionada con una unión soldada por puntos y un método de soldadura por puntos para el ensamblaje de una carrocería de vehículo de un automóvil y el montaje de un componente.

REIVINDICACIONES

1. Una unión soldada por puntos de una plancha de acero de alta resistencia, que comprende:

dos o más planchas (1A, 1B, 1C) de acero delgadas que se sueldan por puntos entre sí; y

un botón (3) de soldadura formado en una superficie de unión de las planchas de acero delgadas,

5 donde al menos una de las dos o más planchas de acero delgadas es una plancha de acero de alta resistencia cuya resistencia a la tracción es 750 MPa a 1850 MPa y cuyo equivalente de carbono C_{eq} representado por la fórmula (1) siguiente es 0,22 % en masa a 0,55 % en masa, caracterizada por que

10 en una zona (3c) de capa exterior del botón de soldadura que es una zona con excepción de una zona (3b) de forma similar que es tan grande como el 90% de la forma exterior (3a) de botón de soldadura en el botón (3) de soldadura,

una microestructura consiste en una estructura de dendrita en la que el valor promedio de los intervalos de rama es igual o inferior a 12 μm ,

un diámetro de grano promedio de los carburos contenidos en la microestructura es 5 nm a 100 nm, y la densidad en número de los carburos es igual o superior a $2 \times 10^9/\text{mm}^2$

15
$$C_{eq} = [C] + [Si]/30 + [Mn]/20 + 2[P] + 4[S] \dots (1)$$

([C], [Si], [Mn], [P] y [S] representan cada uno contenidos respectivos (% en masa) de C, Si, Mn, P y S).

2. La unión soldada por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según la reivindicación 1,

donde la plancha de acero de alta resistencia contiene:

C: 0,10 % en masa a 0,40 % en masa;

20 Si: 0,01 % en masa a 2,50 % en masa; y

Mn: 1,5 % en masa a 3,0 % en masa, y

donde, en la plancha de acero de alta resistencia,

el contenido de P es igual o inferior a 0,03 % en masa,

el contenido de S es igual o inferior a 0,01 % en masa,

25 el contenido de N es igual o inferior a 0,0100 % en masa,

el contenido de O es igual o inferior a 0,007 % en masa,

el contenido de Al es igual o inferior a 1,00 % en masa, y

el resto consiste en Fe y una impureza inevitable.

30 3. Unión soldada por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según la reivindicación 2, donde la plancha de acero de alta resistencia contiene adicionalmente al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en:

Ti: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa;

Nb: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa; y

V: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa.

35 4. Unión soldada por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, donde la plancha de acero de alta resistencia contiene adicionalmente al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en:

B: 0,0001 % en masa a 0,01 % en masa;

Cr: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa;

Ni: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa;

40 Cu: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa; y

Mo: 0,01 % en masa a 0,8 % en masa.

5. Unión soldada por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, donde la plancha de acero de alta resistencia contiene adicionalmente al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en Ca, Ce, Mg, y REM en un intervalo de 0,0001 % en masa a 0,5 % en masa en total.

6. Un método de soldadura por puntos para formar un botón de soldadura en una superficie de unión de dos o más planchas de acero delgadas,

siendo al menos una de las dos o más planchas (1A, 1B, 1C) de acero delgadas una plancha de acero de alta resistencia cuya resistencia a la tracción es 750 MPa a 1850 MPa y cuyo equivalente de carbono C_{eq} representado por la fórmula (1) siguiente es 0,22 % en masa a 0,55 % en masa,

estando caracterizado el método por las etapas de:

llevar a cabo la energización de soldadura bajo unas condiciones tales que la fuerza EF (N) de presurización de un electrodo de soldadura contra las dos o más planchas (1A, 1B, 1C) de acero delgadas cumple la fórmula (2) siguiente;

a continuación, mientras se mantiene la fuerza EF de presurización, llevar a cabo la energización posterior al calentamiento sobre el electrodo de soldadura con una corriente PC de energización posterior al calentamiento (kA) que cumple la fórmula (4) siguiente prescrita con una corriente WC de soldadura (kA) en la energización de soldadura durante un tiempo Pt de energización posterior al calentamiento (ms) que cumple la fórmula (5) siguiente; y

a continuación, liberar la presurización en la fuerza EF de presurización,

donde entre la etapa de llevar a cabo la energización de soldadura y la etapa de llevar a cabo la energización posterior al calentamiento, las planchas de acero delgadas se enfrían durante un tiempo Ct de enfriamiento después de la soldadura (ms) que cumple la fórmula (3) siguiente, mientras se mantiene la fuerza EF de presurización, y

donde el tiempo Ht de mantenimiento (ms) durante el cual se mantiene la fuerza EF de presurización entre la etapa de llevar a cabo la energización posterior al calentamiento y la etapa de liberar la presurización en la fuerza EF de presurización cumple la fórmula (6) siguiente

$$C_{eq} = [C] + [Si]/30 + [Mn]/20 + 2[P] + 4[S] \dots (1)$$

$$1470 \times h \leq EF \leq 3430 \times h \dots (2)$$

$$16 \leq C_t \leq 300 \dots (3)$$

$$0,4 \times WC \leq PC \leq 0,95 \times WC \dots (4)$$

$$30 \leq P_t \leq 200 \dots (5)$$

$$0 \leq H_t \leq 240 \dots (6)$$

([C], [Si], [Mn], [P] y [S] indican cada uno contenidos respectivos (% en masa) de C, Si, Mn, P y S, y h indica el grosor (mm) de la plancha de acero delgada).

7. Método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según la reivindicación 6, que comprende la etapa de, después de la etapa de liberar la presurización, mantener las planchas de acero delgadas a una temperatura AT de tratamiento térmico después de la soldadura (°C) que cumple la fórmula (8) siguiente durante un tiempo At de tratamiento térmico después de la soldadura (s) que cumple la fórmula (9) siguiente

$$120 \leq AT \leq 220 \dots (8)$$

$$100 \leq At \leq 6000 \dots (9)$$

8. Método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según la reivindicación 7, que comprende la etapa de, entre la etapa de liberar la presurización y la etapa de mantener las planchas de acero delgadas a la temperatura de tratamiento térmico después de la soldadura, enfriar la plancha de acero delgada para así reducir la temperatura de la superficie de una porción con la cual se ha puesto en contacto el electrodo de soldadura de la plancha de acero delgada hasta una temperatura CT (°C) que cumple la fórmula (10) siguiente

$$CT \leq 150 \dots (10)$$

9. Método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, donde la plancha de acero de alta resistencia contiene:

C: 0,10 % en masa a 0,40 % en masa;

Si: 0,01 % en masa a 2,50 % en masa; y

Mn: 1,5 % en masa a 3,0 % en masa, y

donde, en la plancha de acero de alta resistencia,

el contenido de P es igual o inferior a 0,03 % en masa,

5 el contenido de S es igual o inferior a 0,01 % en masa,

el contenido de N es igual o inferior a 0,0100 % en masa,

el contenido de O es igual o inferior a 0,007 % en masa,

el contenido de Al es igual o inferior a 1,00 % en masa, y

el resto consiste en Fe y una impureza inevitable.

10 10. Método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según la reivindicación 9, donde la plancha de acero de alta resistencia contiene adicionalmente al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en:

Ti: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa;

Nb: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa; y

15 V: 0,005 % en masa a 0,10 % en masa.

11. Método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según la reivindicación 9 o la reivindicación 10, donde la plancha de acero de alta resistencia contiene adicionalmente al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en:

B: 0,0001 % en masa a 0,01 % en masa;

20 Cr: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa;

Ni: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa;

Cu: 0,01 % en masa a 2,0 % en masa; y

Mo: 0,01 % en masa a 0,8 % en masa.

25 12. Método de soldadura por puntos de una plancha de acero de alta resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, donde la plancha de acero de alta resistencia contiene adicionalmente al menos un tipo seleccionado de un grupo que consiste en Ca, Ce, Mg, y REM en un intervalo de 0,0001 % en masa a 0,5 % en masa en total.

FIG. 1A

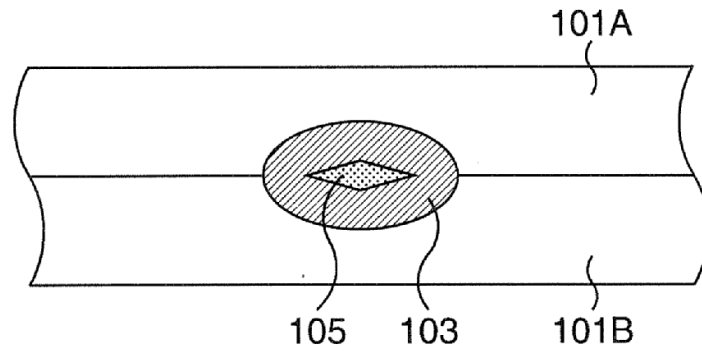


FIG. 1B

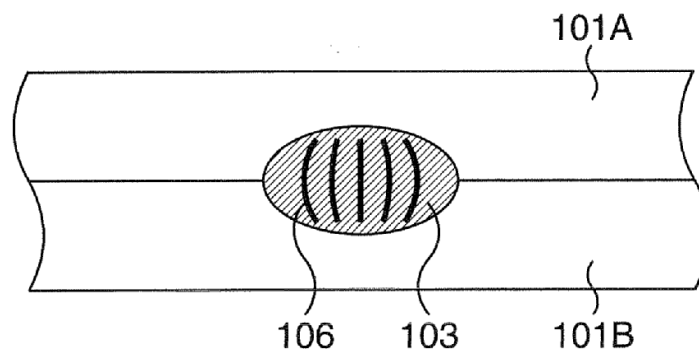


FIG. 2A

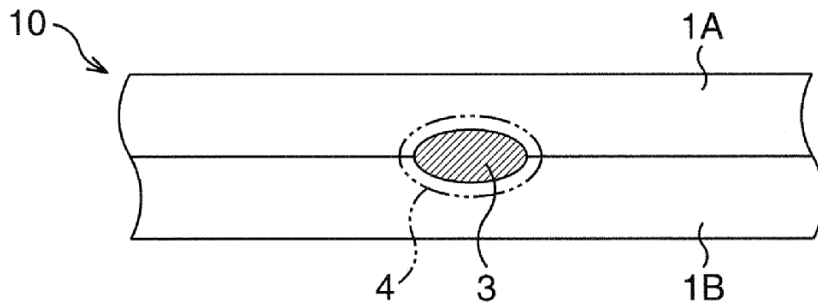
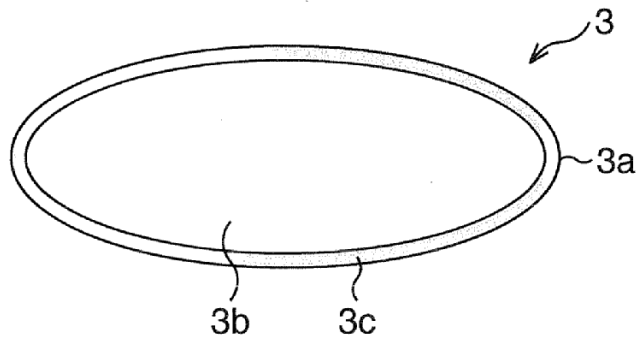


FIG. 2B



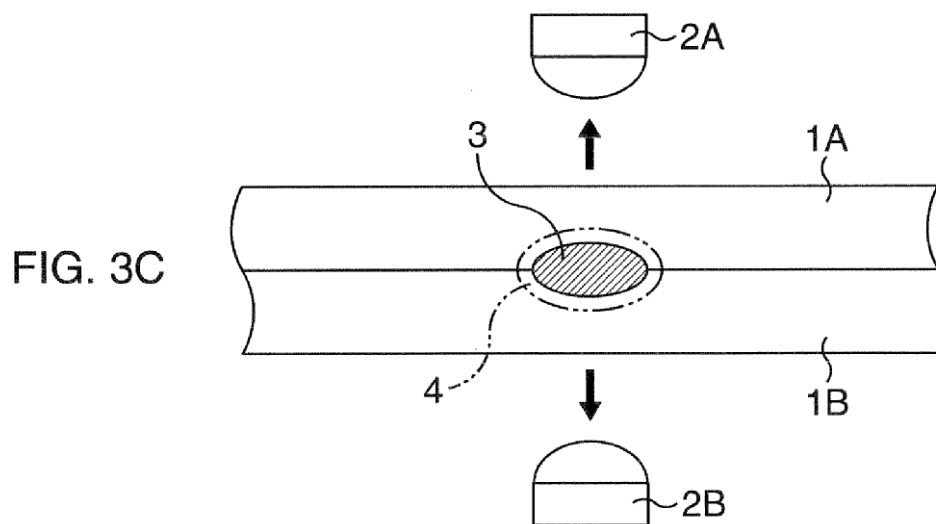
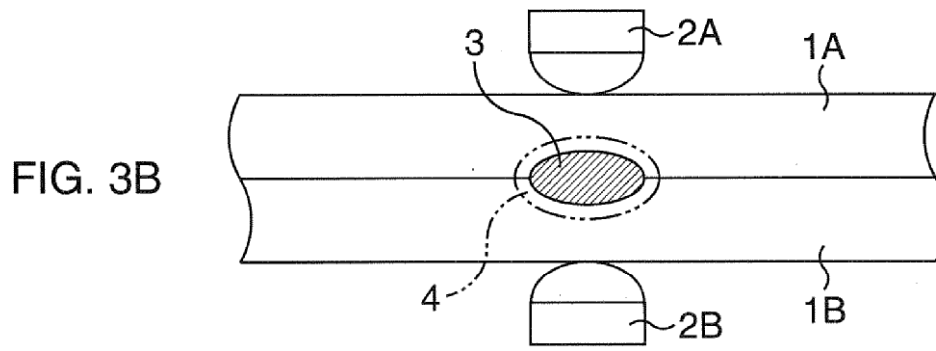
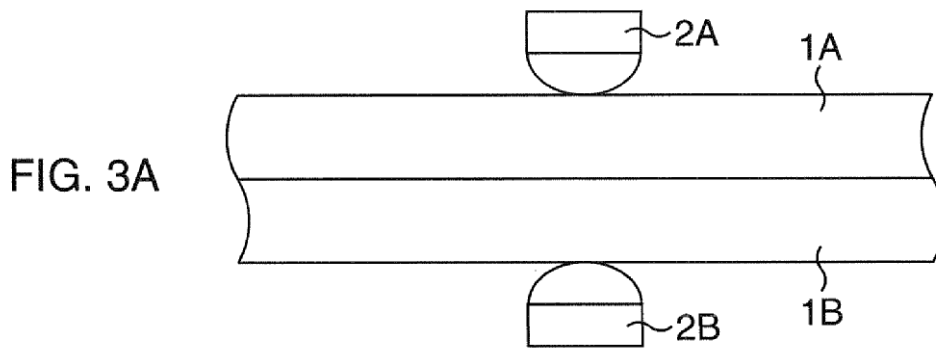


FIG. 4

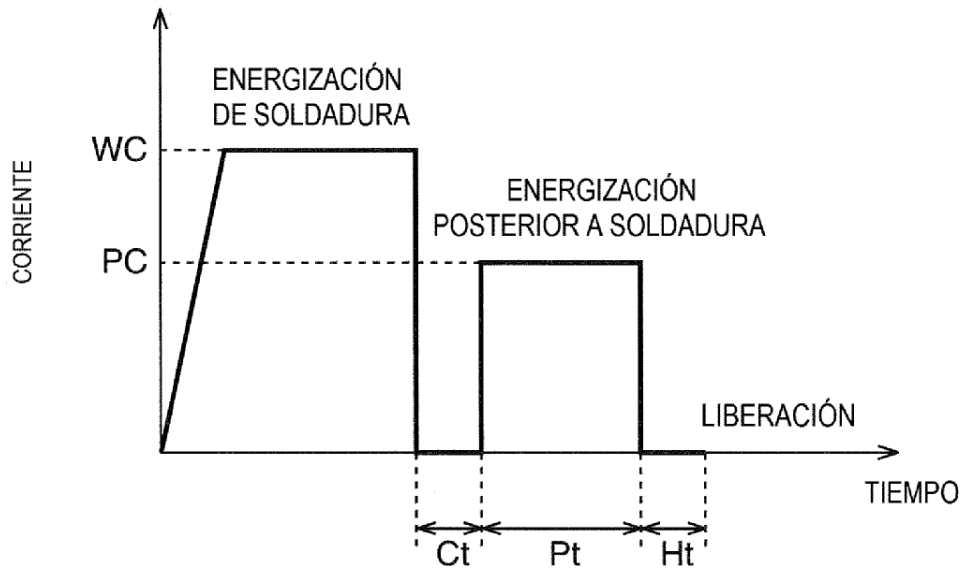


FIG. 5

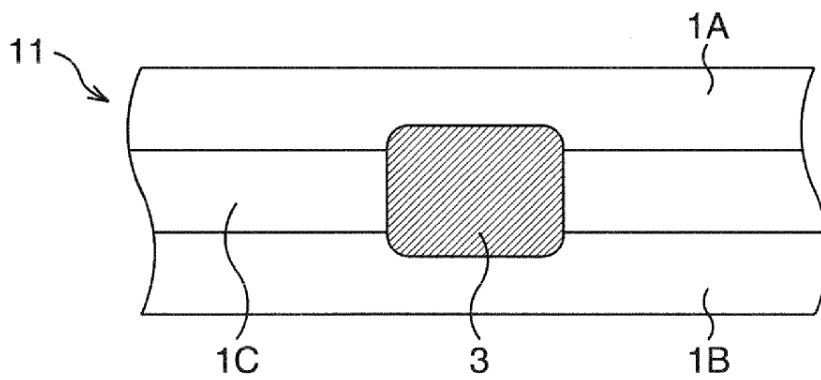


FIG. 6A

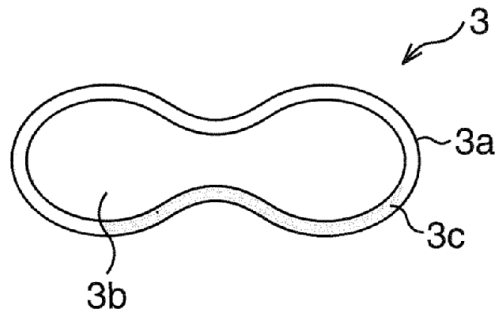


FIG. 6B

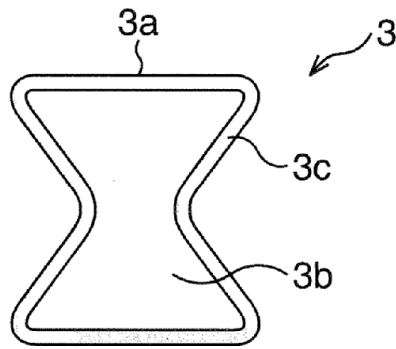


FIG. 6C

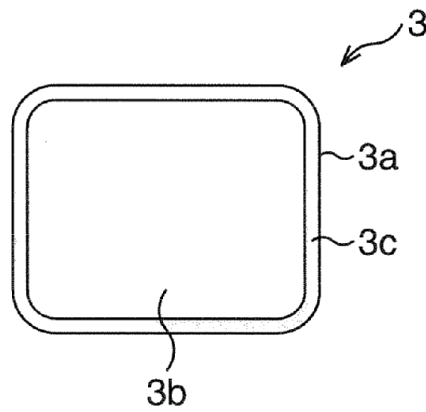


FIG. 7

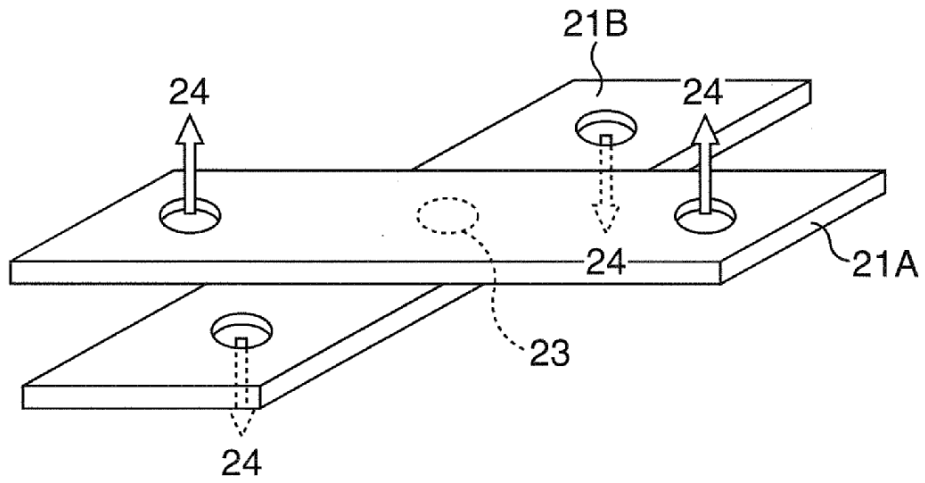


FIG. 8

