

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 660 742**

51 Int. Cl.:

**B23K 9/173** (2006.01)  
**B23K 9/00** (2006.01)  
**B23K 9/025** (2006.01)  
**B23K 9/028** (2006.01)  
**B23K 9/095** (2006.01)  
**B23K 9/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.03.2013 PCT/JP2013/055719**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.08.2014 WO14122789**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2013 E 13874504 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 2954969**

54 Título: **Método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas y método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrogas, con varios electrodos, para tuberías de acero**

30 Prioridad:

**06.02.2013 JP 2013021741**

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

**26.03.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HASHIBA, YUUJI y  
NOSE, TETSURO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 660 742 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**

Método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas y método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrogas, con varios electrodos, para tuberías de acero

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas. En particular, la invención se refiere a un método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas y a un método de soldeo eléctrico circunferencia por un electrogas, con varios electrodos, para tuberías de acero que, en la producción y construcción de estructuras grandes de acero usando chapas de acero gruesas con un espesor de chapa de aproximadamente 40 a 300 mm, puede conseguir mejora de la eficiencia de soldeo y disminución de defectos de soldadura por soldeo eléctrico altamente productivo de una sola pasada por un electrogas cuando se realiza soldeo a tope entre chapas de acero, soldeo circunferencial entre extremos de tuberías de acero o soldeo a tope de una porción de costura entre tuberías de acero en posición vertical.

**Antecedentes**

15 En los últimos años, junto con un incremento del tamaño de estructuras, también se ha incrementado el espesor de chapas simples de acero o de tuberías de acero usadas como piezas en forma de columna. Por ejemplo, se están fabricando más tuberías de acero curvando en formas cilíndricas chapas de acero que tienen un espesor mayor que 100 mm y soldando después a tope porciones de los productos cilíndricos. Adicionalmente, con respecto a piezas de acero en forma de columna usadas en el campo de la arquitectura, además de piezas en forma de columna que tienen secciones transversales angulares usadas convencionalmente, como columnas huecas, desde el punto de vista de su facilidad de diseño, recientemente se ha incrementado el uso de tuberías de acero que tienen secciones transversales redondas, como piezas en forma de columna. Además, hay aplicaciones crecientes de tuberías de acero así como de chapas de acero como estructuras grandes de acero, tales como piezas en forma de tuberías de acero usadas para torres grandes de acero y molinos eólicos grandes para la generación de energía.

20 En la actualidad, se fabrican estructuras de columnas de tuberías de acero principalmente soldando circunferencialmente extremos de una pluralidad de tuberías de acero, cada una más corta que la longitud total de la estructura final, para conectar entre sí las tuberías de acero. Además, un método típico para conectar las tuberías de acero es, por ejemplo, un método que usa soldeo de varias pasadas o de varias capas mediante soldeo eléctrico por dióxido de carbono gaseoso, soldeo eléctrico sumergido con un aporte de calor relativamente bajo, etc. Mientras tanto, con tuberías de acero que tienen un espesor de chapa superior a 50 mm, el soldeo de varias capas con aporte bajo de calor antes mencionada requiere enorme tiempo y coste de trabajo. En consecuencia, hay un deseo creciente de mejorar la eficiencia de soldeo (velocidad de soldeo) para acortar el tiempo de trabajo, esto es, reducir el coste de trabajo. Además, igualmente se desea una mejora de la eficiencia cuando se fabrica una estructura compuesta de chapas de acero gruesas. En la construcción de estructuras soldadas grandes mediante soldeo, como soldeo a tope de uniones de chapas o de tuberías de acero compuestas de chapas de acero gruesas o soldeo circunferencial de extremos de tuberías de acero, se desea soldeo de una sola pasada con aporte grande de calor usando, por ejemplo, soldeo eléctrico por un electrogas (EGW) etc. en lugar de soldeo de varias pasadas o de varias capas.

30 Se sabe que el soldeo EGW antes descrito es un método de soldeo altamente eficiente, de una sola pasada, realizado típicamente en posición vertical y usado de un modo particularmente adecuado en el campo de la construcción naval. Por ejemplo, en una manera típica para realizar soldeo EGW, se realiza la formación de canaladuras en los respectivos extremos de las chapas de acero que se han de soldar. Cuando se sueldan a tope entre sí caras de la acanaladura, las chapas de acero que se han de soldar se disponen de modo que la línea de soldadura está sustancialmente en dirección vertical. Entonces, el soplete de soldar se mueve hacia arriba verticalmente en una dirección desde los extremos inferiores a los extremos superiores de las chapas de acero que se han de soldar, con lo que avanza el soldeo. Además, el soplete de soldar (electrodo de soldar) usado se integra usualmente con un transportador automático y, típicamente, se proporciona un mecanismo que detecta la velocidad a la que se forma en la acanaladura el metal de aportación (velocidad creciente del nivel de la superficie de metal fundido) para permitir que el transportador avance automáticamente hacia arriba sincronizado con la velocidad.

45 Adicionalmente, en los últimos años, se ha propuesto un método para fabricar tuberías de acero para columnas estructurales arquitectónicas de acero mediante soldeo EGW como se ha descrito antes. Cada una de la bibliografía de patentes 1 y 2 describe un método para unir cada uno de un diafragma de tipo no penetrante y un diafragma de tipo penetrante a una cara terminal de una tubería de acero o a una parte circunferencial de una carcasa mediante soldeo EGW. La técnica descrita en cada una de las bibliografías de patentes 1 y 2 no es un método para realizar soldeo circunferencial de tuberías de acero sino un método de soldeo circunferencial para ajustar la chapa de

diafragma (chapa de acero) como miembro de unión en la parte circunferencial de la tubería de acero y soldar/unir la chapa de diafragma a la parte circunferencial de la tubería de acero. También, la bibliografía de patentes 2 describe, además de la estructura descrita en la bibliografía de patentes 1, estabilizar el nivel de fluido del baño fundido especificando un método de monitorizar la corriente durante el soldeo.

5 Además, por ejemplo, la bibliografía de patentes 3 describe un dispositivo para soldar circunferencialmente mediante soldeo EGW una tubería de acero y un miembro con forma de brida, como una junta de acero dispuesta en la superficie circunferencial exterior de la tubería de acero. En particular, el dispositivo de soldar descrito en la bibliografía de patentes 3 está provisto de una pluralidad de sopletes (electrodos) de soldar correspondientes al número de porciones que se han de soldar para soldar simultánea y colectivamente una pluralidad de miembros con forma de bridas que se han de acoplar a una columna simple de tubería de acero (pieza de trabajo). En la presente memoria, el uso de varios electrodos significa una estructura en la que un único dispositivo de soldar está provisto del número de electrodos correspondiente al número de porciones que se han de soldar y no significa que una pluralidad de electrodos esté dispuesta en una única acanaladura.

15 Igual que en el método de soldeo EGW, se ha propuesto un dispositivo de soldeo EGW del tipo de dos electrodos, que usa una pluralidad de sopletes (electrodos) de soldar para la porción que se ha de soldar (véase, por ejemplo, la bibliografía de patentes 4) y se usa particularmente para la construcción de barcos para el transporte de contenedores que requieren chapas de acero gruesas. Al contrario que dispositivos convencionales de soldeo EGW configurados para usar sólo un electrodo para la porción que se ha de soldar, el dispositivo de soldar descrito en la bibliografía de patentes 4 está configurado para aplicar dos electrodos a la porción que se ha de soldar. Entonces, el dispositivo consigue soldar con dos electrodos superando el problema de interferencia eléctrica mutua que se produce cuando los dos sopletes están demasiado próximos entre sí durante el soldeo con dos electrodos. En la bibliografía de patentes 4, un primer beneficio obtenido por el soldeo con dos electrodos es la ampliación del límite superior del espesor de la chapa que permite el soldeo y un segundo beneficio obtenido es conseguir mejorar la eficiencia de soldeo, esto es, mejorar la productividad por disminuir el tiempo del trabajo de soldeo. En soldeo EGW, en una abertura (región) comprendida por las caras de la acanaladura enfrentadas entre sí, el arco generado desde las puntas de los materiales de soldar (alambres de soldar) alimentados a los sopletes actúa como fuente de calor originando que fundan juntos los propios alambres de soldar y las superficies de las caras de la acanaladura, por lo que el espacio comprendido entre las caras enfrentadas de la acanaladura se rellenan con metal de aportación fundido. Entonces, se solidifica el metal de aportación fundido convirtiéndose en metal de aportación, como resultado de lo cual el material base y el metal de aportación se integran entre sí formando una unión soldada.

25 Además, por ejemplo, cada una de la bibliografía de patentes 1 a 7 describe un dispositivo para soldar circunferencialmente un miembro de tubería de acero y un miembro en forma de brida, como una junta de acero sobre una superficie circunferencial exterior del miembro de tubería de acero mediante soldeo EGW. En particular, el dispositivo para soldar descrito en la bibliografía de patentes 3 está provisto de una pluralidad de sopletes de soldar (electrodos) correspondientes a un número de porciones a soldar para soldar simultánea y colectivamente una pluralidad de miembros con forma de bridas que se han de acoplar a una sola columna de tubería de acero (pieza a soldar). En la presente memoria, el uso de varios electrodos significa una estructura en la que se proporciona un solo dispositivo de soldar con el número de electrodos correspondiente al número de porciones a soldar y no significa que se proporciona una pluralidad de electrodos en una sola acanaladura.

35 En cuanto al método EGW, se ha propuesto un dispositivo de EGW del tipo de dos electrodos que usa una pluralidad de sopletes de soldar (electrodos) para una porción que se ha soldar (véase, por ejemplo, la bibliografía de patentes 4) y se usa en particular para la construcción de barcos para transporte de mercancías en contenedores que requieren soldar chapas de acero gruesas. Al contrario que dispositivos convencionales de EGW configurados para usar sólo un electrodo para una porción que se ha de soldar, el dispositivo de soldar descrito en la bibliografía de patentes 4 está configurado para aplicar dos electrodos a una porción que se ha de soldar. Entonces, el dispositivo consigue soldar por dos electrodos resolviendo un problema de interferencia mutua que se produce cuando los dos sopletes se aproximan entre sí durante el soldeo por dos electrodos. En la bibliografía de patentes 4, un primer beneficio obtenido mediante el soldeo por dos electrodos es un aumento del límite superior del espesor de la chapa que permite ser soldada y un segundo beneficio obtenido con ello es conseguir una mayor eficiencia del soldeo, es decir, una mayor productividad debido a una reducción del tiempo del trabajo de soldeo. En el EGW, en una abertura (región) comprendida por caras de acanaladura enfrentadas entre sí, el arco generado a partir de puntas de materiales de soldar (alambres de soldar) alimentados en los sopletes actúa como fuente de calor originando que los propios alambres de soldar y las superficies de las caras de la acanaladura (materiales base) fundan juntos uniformemente, por lo que el espacio comprendido por las caras enfrentadas de la acanaladura se rellena finalmente con el metal de aportación fundido. Entonces, el material de aportación fundido solidifica convirtiéndose en metal de aportación, como resultado de lo cual cada uno del material base y el metal de aportación se integran entre sí formando una unión soldada.

En general, cuando se sueldan materiales base excesivamente gruesos, las caras de toda la acanaladura no pueden ser calentadas uniformemente por un solo electrodo, originándose una porción no fundida, denominada defecto de fusión incompleta, que se produce en un intervalo parcial de las caras de la acanaladura. En el dispositivo de soldar descrito en la bibliografía de patentes 4, incluso en el caso de un espesor de chapa que origine un defecto de fusión incompleta en soldeo EGW por un solo electrodo, incrementar a dos el número de electrodos permite calentar y fundir suficientemente las caras de la acanaladura, por lo que se puede evitar el defecto de fusión incompleta. Por ello, la bibliografía de patentes 4 consigue aumentar el límite superior del espesor de la chapa que permite ser soldada. Además, la eficiencia del soldeo, esto es, la cantidad (masa) de generación del metal de aportación relleno en la abertura comprendida por las caras de la acanaladura enfrentadas entre sí, que se puede obtener por unidad de tiempo, es sustancialmente la misma que entre los dos electrodos. Así, incrementando a dos el número de electrodos, el dispositivo consigue simplemente aproximadamente el doble de eficiencia de soldeo comparada con el EGW por un solo electrodo. En soldeo EGW por un solo electrodo, hay un límite superior de energía eléctrica que se puede aplicar al electrodo desde el punto de vista de mantener un estado favorable estable del arco eléctrico, esto es, mantener aptitud de trabajo por generación estable del arco. Así, en general es difícil obtener el doble de eficiencia de deposición, por ejemplo, incrementando la intensidad o voltaje de la corriente el doble para aportar al electrodo simplemente la cantidad doble de energía por unidad de tiempo.

Además, el dispositivo de soldeo EGW del tipo de dos electrodos descrito en la bibliografía de patentes 4 está provisto de un mecanismo que detecta la velocidad de aumento del nivel de la superficie del metal fundido monitorizando constantemente el valor de la corriente de soldeo y continúa el soldeo apropiado controlando la velocidad ascendente del portador.

En la bibliografía de patentes 5 y 6, se cambian la velocidad ascendente de los sopletes y/o la velocidad de aportación de alambres de soldar de modo que el valor de la corriente de soldar alcanza un valor predeterminado utilizándola cuando una punta de cada soplete (cada alambre de soldar) está próxima a un nivel de la superficie del metal fundido, se incrementa el valor de la corriente de soldeo, mientras que cuando la punta de cada soplete está lejos del nivel de la superficie del metal fundido, disminuye el valor de la corriente de soldeo.

En la bibliografía de patentes 7, la distancia entre el nivel de la superficie del metal fundido y la punta de un soplete (un alambre de soldar) se detecta a partir de una corriente de soldeo y un coeficiente previamente obtenido para corregir una diferencia para fijar una distancia, con lo que se ajusta una posición del soplete.

El documento JP-A-08187579 describe un método de soldeo eléctrico por un electrodo, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas.

Lista de citas

Bibliografía de patentes

Bibliografía de patente 1: Publicación de patente japonesa número H11-33716

Bibliografía de patente 2: Publicación de patente japonesa número 2005-74442

Bibliografía de patente 3: Publicación de patente japonesa número 2003-245775

Bibliografía de patente 4: Publicación de patente japonesa número H10-118771

Bibliografía de patente 5: Publicación de patente japonesa número 2012-11400

Bibliografía de patente 6: Publicación de patente japonesa número 2012-11407

Bibliografía de patente 7: Publicación de patente japonesa número 2007-160349

#### **Compendio de la invención**

Problemas técnicos

Recientemente, debido al mayor tamaño de las estructuras, también se ha incrementado el espesor de la chapa de miembros estructurales y ha habido casos de aplicar chapas de acero gruesas con un espesor que alcanza incluso aproximadamente 300 mm como máximo. En la fabricación de una junta soldada para unir dichas chapas de acero gruesas, aplicando soldeo convencional de varias pasadas con baja aportación de calor se incrementa significativamente el tiempo del trabajo de soldeo. Debido a esto, existe un fuerte deseo de reducir el coste de trabajo, esto es, de mejorar la eficiencia de soldeo. En consecuencia, se espera reducir el tiempo del trabajo de soldeo para estructuras compuestas de chapas de acero gruesas aplicando soldeo de una sola pasada con alta aportación de calor que permita soldar el espesor completo de la chapa de una porción diseñada para ser soldada completamente de una sola vez.

En el método o dispositivo convencional descrito en cada una de la bibliografía de patentes antes citadas, cuando se aplica soldeo EGW de una sola pasada para soldar chapas de acero gruesas con un espesor máximo de la chapa que alcanza incluso 300 mm, existen los problemas descritos a continuación.

5 Un primer método destinado a soldar de una sola pasada chapas de acero gruesas con un espesor superior a 100 mm es soldar cada vez de una sola pasada desde cada una de las caras frontal y posterior de miembros, esto es, dos veces en total. Este método usa, repetidamente dos veces, una máquina en la que el límite superior del espesor de la chapa que puede ser soldada por cada cara, esto es, por recorrido, está limitado a aproximadamente 80 mm, por lo que se permite soldar el espesor de la chapa sustancialmente hasta dos veces. Por ejemplo, se adopta una forma de acanaladura, como una acanaladura en forma de X, como forma de acanaladura soldable dese ambas  
10 caras frontal y posterior de los miembros. Más específicamente, después de haberse completado el soldeo de una sola pasada desde la cara frontal, se invierten las chapas de acero para soldar de una sola pasada una vez más desde la cara posterior. En este método, el dispositivo de soldeo EGW del tipo de dos electrodos puede soldar una chapa con un espesor de 80 a 90 mm mediante soldeo de una sola cara y puede soldar una chapa con un espesor hasta un máximo de 160 a 180 mm soldado dos veces mediante soldeo de dos caras.

15 Sin embargo existe un problema al aplicar el método anterior. Cuando se realiza soldeo EGW de nuevo desde la cara posterior en una región en la que ya se ha formado un cordón de soldadura de acuerdo con una acanaladura frontal, se necesita un nivel avanzado de destreza técnica en el trabajo de soldeo para volver a fundir completamente una zona del cordón de soldadura compuesta del metal de aportación previamente formado en la cara frontal para obtener penetración completa sin ninguna porción no depositada. Adicionalmente, en el método  
20 anterior, aunque cada metal de aportación procedente de ambas caras forme la zona del cordón de soldadura próxima al centro del espesor de la chapa, es poco probable que escoria generada en la cara de la zona del cordón de soldadura flote suavemente para ser descargada. Entonces, debido a la inclusión de escoria, se puede producir un defecto de soldeo cerca de la zona de la raíz de soldadura. Además, principalmente, no es eficiente soldar dos veces, en lugar de soldar de una sola pasada por todo el espesor de la chapa de los miembros a soldar. Además de  
25 esto, se añade la etapa de invertir una unión que típicamente es un objeto pesado enorme. Por lo tanto, se puede decir que el método es un método de soldar más ineficiente. Además, aunque dependiendo de propiedades del material de aportación a aplicar, existe el tema relativo a disminución de la resiliencia, puesto que el metal de aportación previamente depositado es afectado térmicamente por la pasada posterior (segunda soldadura).

30 Adicionalmente, como segundo método destinado a soldar de una sola pasada chapas de acero gruesas, se adopta con frecuencia un método en el que se realiza el soldeo de varias pasadas (varias capas) con bajo aporte de calor en una región distinta de la región del espesor de la chapa soldable por una sola pasada. En este caso, una acanaladura con una forma adoptable puede ser, por ejemplo, una acanaladura con forma de V usada para soldar por una sola cara o una acanaladura con forma de X usada para soldar por las dos caras. Sin embargo, hay dos procedimientos que se pueden elegir: soldar primero con bajo aporte de calor y soldar después con una sola pasada  
35 y alto aporte de calor en una región restante del espesor de la chapa o, inversamente, soldar primero con una sola pasada y alto aporte de calor, seguido de soldar con bajo aporte de calor en la región restante del espesor para finalizar el relleno de la acanaladura de la chapa. El método adaptado antes descrito asegura una disminución del tiempo de trabajo, excepto un tiempo de ajuste para cambiar el equipo de soldar, comparado con el método en el que se suelda con bajo aporte de calor en toda la región del espesor de la chapa.

40 Por otro lado, un punto a tener en cuenta cuando se adopta el método anterior es que, dependiendo de especificaciones de propiedades mecánicas requeridas para la unión, es necesario especialmente seleccionar los materiales que se han de soldar. Por ejemplo, cuando se suelda primero con bajo aporte de calor y se suelda después con una sola pasada y alto aporte de calor en la región restante del espesor de la chapa, el recalentamiento debido al soldeo con alto aporte de calor se aplica posteriormente al metal de aportación formado por el soldeo con  
45 bajo aporte de calor, originando con ello que se reblandezca excesivamente el metal de aportación formado por el soldeo con bajo aporte de calor. Por lo tanto, hay que considerar la posibilidad de que se produzca una disminución parcial de la resistencia. Además, inversamente, cuando primero se suelda de una sola pasada y con alto aporte de calor y después se suelda con bajo aporte de calor la región restante del espesor de la chapa, el calor debido al soldeo con bajo aporte de calor se aplica posteriormente al metal de aportación formado por el soldeo con alto  
50 aporte de calor, cuya templabilidad se fija usualmente a un nivel relativamente alto, originando con ello que el metal de aportación formado por el soldeo con alto aporte de calor esté excesivamente templado. Por lo tanto, es necesario considerar la posibilidad de que se origine una disminución de la resiliencia del metal de aportación en la región como resultado del temple excesivo.

55 Convencionalmente, para soldar a tope chapas de acero gruesas que tienen un espesor superior a 100 mm, con frecuencia es inevitable adoptar un método tal como soldar en varias pasadas (varias capas) invirtiendo una cantidad extremadamente grande de tiempo y trabajo o soldando en una sola pasada dos veces, una vez en la cara frontal y otra vez en la cara posterior, de las chapas de acero gruesas, acompañado de una etapa de invertir las

piezas de trabajo enormes. Esto origina una disminución significativa de la eficiencia del trabajo. En consecuencia, existe un fuerte deseo de un método que permita mejorar la eficiencia del soldeo y evitar de defectos de soldeo a conseguir soldando de una sola pasada con alta eficiencia de soldeo, por ejemplo, mediante soldeo EGW, una zona a soldar a tope de chapas de acero gruesas o una tubería fabricada de chapa de acero gruesa, etc.

5 La presente invención se ha realizado en vista de los problemas antes mencionados y un objeto de la presente invención es proporcionar un método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas u un método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrogas, con varios electrodos, para tuberías de acero que, en la producción y construcción de estructuras de acero grandes, en particular usando chapas de acero gruesas que tienen un espesor de aproximadamente 300 mm, permiten mejorar la eficiencia de soldeo y evitar defectos de soldeo a conseguir cuando se sueltan a tope chaspas de acero o una parte de unión entre tuberías de acero en posición vertical y cuando se realiza soldeo circunferencial de tuberías de acero.

Solución a los problemas

15 Para resolver los problemas antes mencionados, se han realizado repetidamente intensos y extensos estudios en intentos de conseguir una mejora de la eficiencia del soldeo y una disminución de defectos de soldeo aplicando un método de soldeo EGW con varios electrodos como método para soldar a tope extremos de miembro(s) fabricado(s) de chapa(s) de acero gruesa(s) para soldar entre sí chapas de acero gruesas o soldar una porción de una tubería de acero. Como resultado, se ha descubierto que se pueden conseguir tanto una mejora de la eficiencia del soldeo como una disminución de defectos de soldeo disponiendo dos dispositivos de soldeo eléctrico por un electrogas en ambos del lado de la cara frontal y en el lado de la cara posterior de chapas de acero gruesas, fijando en dos o más el número total de sopletes de soldar mantenidos por los dos dispositivos de soldeo, adoptando además una forma de acanaladura y una forma de unión que permitan que el metal de aportación fundido durante el soldeo sea obligado a pasar entre el lado de la cara frontal y el lado de la cara posterior de las chapas de acero gruesas, y moviendo los electrodos de soldar sincronizados con el nivel de la superficie de metal fundido del metal de aportación fundido en una acanaladura.

25 La presente invención se ha realizado en base a los descubrimientos antes descritos, cuyo resumen es el siguiente:

(1) Un método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, que incluye:

disponer extremos de chapas de acero gruesas a soldar uno frente a otro para formar una acanaladura entre los extremos de las chapas de acero,

30 estando la abertura de la raíz de soldadura (RO) de la acanaladura en el intervalo de 0 a 16 mm, y en el que, cuando la abertura de la raíz de soldadura (RO) está en el intervalo de  $0 \leq RO < 1$  mm, la cara de raíz de soldadura (RF) satisface la relación representada por la fórmula 2, y cuando la abertura de la raíz de soldadura (RO) está en el intervalo de  $10 \text{ mm} \leq RO \leq 16$  mm, la cara de la raíz de soldadura (RF) satisface la relación representada por la fórmula 3:

$$RF \leq 7,8 RO + 4,0 \text{ mm} \quad (\text{fórmula 1})$$

35  $RF \leq 4,8 RO + 7,0 \text{ mm} \quad (\text{fórmula 2})$

$$RF \leq 55 \text{ mm} \quad (\text{fórmula 3})$$

(en las fórmulas anteriores, 1, 2 y 3, RF representa la cara de la raíz de soldadura y RO representa la abertura de la raíz de soldadura),

40 disponer uno o dos o más electrodos para soldeo eléctrico por un electrogas en la acanaladura sobre cada uno de los lados de las caras frontal y posterior de las chapas de acero; y

soldar simultáneamente de abajo arriba en dirección vertical,

en el que se controla la velocidad de movimiento de cada uno de los electrodos de soldeo eléctrico por un electrogas de modo que cada electrodo de soldeo eléctrico por un electrogas se mueve sincronizado con el nivel de la superficie de metal fundido de metal de aportación fundido depositado en la acanaladura.

45 (2) El método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con (1), en el que la abertura de la raíz de soldadura (RO) es no menor que 3 mm y no mayor que 8 mm y la cara de la raíz de soldadura (RF) es no mayor que 8 mm.

50 (3) El método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con (1) o (2), en el que se fija el ángulo de acercamiento de los electrodos de soldeo eléctrico por un electrogas en no menor que  $0^\circ$  y no mayor que  $40^\circ$  cuando el ángulo de acercamiento de aquellos en dirección vertical descendente es  $0^\circ$ .

(4) El método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (3), en el que las chapas de acero gruesas tienen un espesor de 40 a 300 mm.

5 (5) El método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (4), en el que el soldeo se realiza oscilando en la dirección del espesor de las chapas de acero gruesas por lo menos uno de los electrodos de soldeo eléctrico por un electrogas.

(6) El método de soldeo eléctrico un por electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (5), en el que la chapa de acero gruesa se somete a un proceso de curvado para formar tuberías de acero y, después, se sueldan los extremos de la chapa de acero gruesa dispuestos uno frente a otro por el proceso de curvado.

10 (7) Un método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (5), incluyendo el método:

disponer extremos de una pluralidad de tuberías de acero uno frente a otro para formar la acanaladura entre los extremos de las tuberías de acero; montar las tuberías de acero sobre medios de posicionamiento de modo que los ejes centrales de las tuberías de acero estén sustancialmente concéntricos y sustancialmente horizontales; y

15 a continuación, hacer que los medios de posicionamiento giren las tuberías de acero alrededor de los ejes centrales para realizar el soldeo.

(8) El método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con (7), que incluye además disponer miembros de unión para enfrentarlos entre sí en una parte circunferencial de las tuberías de acero para formar la acanaladura, soldando con ello los miembros de unión.

20 **Efectos ventajosos de la invención**

De acuerdo con el método de la presente invención de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas, en su conjunto, como en la estructura anterior,

unir a tope entre sí extremos de las chapas de acero gruesas para formar una acanaladura predeterminada;

25 proporcionar una abertura de la raíz de soldadura (RO) y una cara de la raíz de soldadura (RF) de la acanaladura para satisfacer una relación predeterminada;

disponer uno o más electrodos de soldeo eléctrico por un electrogas sobre ambas cara de la acanaladura; y

soldar de una sola pasada en dirección vertical de abajo arriba simultáneamente en ambas caras de las chapas de acero gruesas,

30 en el que cada electrodo de soldeo eléctrico por un electrogas se mueve sincronizado con el nivel de la superficie de metal fundido de un metal de aportación fundido generado en la acanaladura. De esta manera, incluso aunque se sueldan a tope en posición vertical chapas de acero gruesas que tengan un espesor de aproximadamente 40 a 300 mm, se pueden obtener simultáneamente una mejora de la eficiencia del soldeo de una sola pasada y un efecto de evitar defectos de soldeo.

35 En consecuencia, por ejemplo, se pueden conseguir simultáneamente alta productividad y alta calidad de soldeo aplicando la presente invención a un proceso de soldeo, por ejemplo, cuando se fabrica una estructura grande de acero compuesta de chapas de acero y tuberías de acero, como una columna de acero en forma de tubería fabricada de chapas de acero gruesas y usada en el campo de la arquitectura, una torre grande de acero o una porción de torre de acero de un molino grande de viento para generar energía eléctrica. Por lo tanto, el grado de contribución social hecho por la presente es inmensurable.

40 **Breve descripción de los dibujos**

Las figuras 1 son diagramas que ilustran esquemáticamente una realización de un método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas de acuerdo con la presente invención, en las que la figura 1A es una vista en planta que representa un estado en el que extremos de las chapas de acero gruesas sometidas a un proceso de acanaladura están unidos a tope entre sí, y la figura 1B es una vista desde arriba de la figura 1A.

45 Las figuras 2 son diagramas que ilustran esquemáticamente una realización del método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas de acuerdo con la presente invención, en las que la figura 2A es un diagrama esquemático que representa etapas para soldar entre los extremos de chapas de acero gruesas usando un dispositivo de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, y la figura 2B es una

vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea X-X de la figura 2A.

Las figuras 3 son diagramas similares a las figuras 2, en las que chapas de acero gruesas tienen un espesor relativamente fino y cada uno de los electrodos de soldar está dispuesto sobre el lado de una cara de las chapas de acero gruesas y sobre el lado otra cara distinta. La figura 3A ilustra también un ángulo de aproximación de los electrodos de soldar.

Las figuras 4 son diagramas que ilustran esquemáticamente una realización del método de soldeo eléctrico por un electrodo, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas y un método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrodo, con varios electrodos, de acuerdo con la presente invención, en las que la figura 4A es un diagrama esquemático que representa un estado en el que un nivel de la superficie de metal fundido de un metal de aportación fundido generado en una acanaladura es el mismo sobre los lados de ambas caras de las chapas de acero gruesas, y la figura 4B es un diagrama esquemático que representa un estado en el que el nivel de la superficie de metal fundido del metal de aportación fundido es diferentes sobre las dos caras de éste.

Las figuras 5 son diagramas que ilustran esquemáticamente una realización del método de soldeo eléctrico por un electrodo, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas y del método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrodo, con varios electrodos, para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención, en las que la figura 5A es una gráfica que representa la relación entre la abertura de la raíz de soldadura y la cara de la raíz de soldadura cuando extremos de chapas de acero gruesas están dispuestos uno frente a otro y se ha formado una acanaladura entre sus extremos. La figura 5B es una gráfica obtenida representando la presencia o ausencia de cualquier porción depositada cuando el espesor  $t$  de la chapa fue 102 mm y la figura 5C es una gráfica obtenida representando la presencia o ausencia de cualquier porción depositada cuando el espesor  $t$  de la chapa fue 80 mm.

Las figuras 6 son diagramas que ilustran esquemáticamente una realización del método de soldeo eléctrico por un electrodo, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas y del método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrodo, con varios electrodos, para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención, que son diagramas esquemáticos que representan disposiciones de los electrodos de soldeo eléctrico por un electrodo cuando se cambia la forma de la acanaladura en los extremos de las chapas de acero gruesas.

Las figuras 7 son diagramas que ilustran esquemáticamente una realización del método de soldeo eléctrico por un electrodo, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas y del método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrodo, con varios electrodos, para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención, en las que la figura 7A es una vista en perspectiva que representa chapas de acero gruesas transformadas en tuberías de acero y la figura 7B es una vista en sección transversal que representa un estado en el que extremos de las tuberías de acero, como los representados en la figura 7A,, se han dispuesto uno frente a otro y se ha formado una acanaladura entre sus extremos.

La figura 8 es un diagrama que ilustra esquemáticamente una realización del método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrodo, con varios electrodos, para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención, que es un diagrama que representa etapas de disponer extremos de tuberías de acero de tal manera que estén uno frente a otro, formando una acanaladura entre sus extremos, y soldar usando un dispositivo de soldeo eléctrico por un electrodo con varios electrodos.

Las figuras 9 son diagramas que ilustran esquemáticamente ejemplos del método de soldeo eléctrico por un electrodo, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas y del método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrodo, con varios electrodos, para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención, que son diagramas esquemáticos que representan relaciones posicionales entre formas de acanaladuras en los extremos de chapas de acero gruesas y electrodos para soldeo eléctrico por un electrodo.

### Descripción de realizaciones

A continuación se dará una descripción de una realización de un método de soldeo eléctrico por un electrodo, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas de acuerdo con la presente invención, haciendo referencia a las figuras 1 a 9 si fuera necesario. Se ilustrará la presente realización en detalle para facilitar una mejor comprensión de una intención del método de soldeo eléctrico por un electrodo, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas de acuerdo con la presente invención. Por lo tanto, la presente invención no está limitada a esta descripción, salvo que se especifique lo contrario.

Como se ha descrito anteriormente, se han realizado intensos y extensos estudios para intentar mejorar la eficiencia de soldeo y disminuir defectos de soldeo aplicando un método de soldeo eléctrico por un electrodo, con varios electrodos, (soldeo EGW), particularmente como método para soldar a tope entre sí extremos de miembros fabricados de chapas de acero gruesas para soldar las chapas de acero gruesas, extremos de tuberías de acero o una porción de unión de las tuberías de acero.

En los últimos años se ha observado una tendencia a aplicar, como chapas de acero, chapas de acero gruesas que tienen un espesor superior a 100 mm y que incluso alcanzan 300 mm. Debido a esta tendencia, el soldeo convencional de varias capas y varias pasadas usando bajo aporte de calor tiene el problema de su eficiencia de soldeo extremadamente baja. Además, por ejemplo, incluso aunque se usen métodos de soldeo EGW del tipo de dos electrodos usando alto aporte de calor, es difícil soldar de una sola pasada por todo el espesor de la chapa debido a falta de aptitud del dispositivo de soldar.

Se repitieron intensos y extensos experimentos y, primero, se consideró una contramedida que incrementa electrodos, como método para resolver los problemas antes mencionados. Al aplicar, como se ha descrito anteriormente, el método conocido convencionalmente de soldeo EGW como ejemplo típico de un método de soldar con alto aporte de calor, no se produce ningún defecto, como fusión incompleta, y el límite superior del espesor de la chapa que permite soldar de una sola vez es aproximadamente 80 a 90 minutos. En este caso, se puede estimar que el espesor máximo de chapa que permite contribución por electrodo a trabajo de soldadura bueno es aproximadamente 40 a 45 mm cuando se adopta la media simple obtenida dividiendo al espesor de la chapa por el número de electrodos. Por ejemplo, para soldar de una sola pasada a una unión con un espesor de chapa de 300 mm, un dispositivo de soldeo EGW provisto de aproximadamente 7 a 8 electrodos podría soldar de una sola pasada una cierta cantidad del espesor completo. Sin embargo, realizando el soldeo antes mencionado con varios electrodos en el intervalo del método convencional adoptando una forma de acanaladura que permita soldar desde sólo una cara, como una acanaladura en forma de V, se incrementa enormemente la superficie de la sección transversal de la acanaladura formada por la acanaladura en forma de V, esto es, la superficie de la región comprendida por las caras de la acanaladura enfrentadas entre sí. En este caso, el aporte de calor en el soldeo de una sola pasada se incrementa proporcionalmente a la superficie de la sección transversal de la acanaladura. Como resultado, se incrementa significativamente la cantidad de calor aplicado, lo cual reduce sustancialmente la resistencia y resiliencia de la zona afectada por el calor (HAZ) de los materiales de acero de una porción del metal de aportación. Por lo tanto, el soldeo convencional antes mencionado con varios electrodos no es aplicable en la práctica.

Adoptando, como forma de la acanaladura, una forma en X, H, I o K para eliminar el incremento del aporte de calor parece que permite reducir la superficie de la sección transversal en comparación con una acanaladura simple en forma de V. Típicamente se usa una acanaladura en forma de X, H, I o K para soldar desde las dos caras de miembros y cada una de estas formas representa una forma de acanaladura en la que una forma de la acanaladura del lado de una cara de miembros corresponde, sustancialmente, a cada una de una forma en V (o una forma en Y), forma en U, forma en I y forma biselada simple y las formas de la acanaladura de ambas caras sin iguales.

Adicionalmente, soldando de una sola pasada chapas de acero gruesas mediante el método de EGW, parece que se puede mejorar la eficiencia de soldeo disponiendo cada soplete de soldar (electrodo de soldar) sobre una cara (en lo sucesivo puede ser denominada cara frontal) de las chapas de acero gruesas y sobre la otra cara (en lo sucesivo denominada cara posterior, en la que los términos "cara frontal" y "cara posterior" no representan caras específicas sino que se refieren a la posición relativa de una con respecto a la otra) y soldando de una sola pasada desde ambas caras de la chapa.

Se preferirá un método de soldeo EGW como se ha descrito anteriormente, en el que después de adoptar una forma de acanaladura abierta sobre ambas caras, cada electrodo está dispuesto sobre cada uno de los lados de la cara frontal y la cara posterior de miembros considerando la disminución de la superficie de la sección transversal de la acanaladura, es decir, la cantidad de calor aportado para el soldeo para soldar de una sola pasada simultáneamente sobre ambas caras.

La adopción de dicho dispositivo y de dicho método origina el problema de que, como las velocidades ascendentes de los sopletes de soldar sobre ambas caras no son iguales y la posición de la altura del nivel de la superficie del metal fundido es diferente entre la cara frontal y la cara posterior, cada metal de aportación fundido sobre la cara frontal y sobre la cara posterior no se solidifican integralmente entre sí (véase la figura 4B). En este caso, el metal de aportación (131) sobre una cara en la que se ha solidificado primero el metal de aportación fundido es calentado de nuevo por el metal de aportación fundido (131a) que solidificará después (véase en la figura 4B la zona H afectada por el nuevo calentamiento), por lo que se puede disminuir la resiliencia de la zona soldada. Ejemplos de razones posibles de que se produzca dicho fenómeno incluyen, además de una diferencia en la superficie de la sección transversal de la acanaladura entre la cara frontal y la cara posterior, una ligera diferencia en la velocidad de alimentación del alambre para soldar entre los dispositivos de soldeo sobre la cara frontal y sobre la cara posterior. Adicionalmente, en el método de soldeo antes descrito, primero solidifica el metal de aportación sobre un lado y después una zona próxima a la raíz de soldadura funde de nuevo por el metal de aportación sobre el lado en el que asciende más tarde el soplete de soldar. En este caso, también hay el problema de que se puede producir fusión incompleta en la zona de la raíz de soldadura.

Por lo tanto, para resolver la discrepancia antes descrita en la velocidad ascendente, surgió la idea de proporcionar

la abertura de la raíz de soldadura y la cara de la raíz de soldadura que satisficieran una relación predeterminada de modo que el metal fundido pudiera moverse libremente desde un bloque fundido formado sobre una cara cualquiera de los miembros hacia un bloque fundido formado sobre la otra cara de los miembros. En otras palabras, se forma un pasaje guía para el metal fundido proporcionando un abertura de la raíz de soldadura y una cara de la raíz de soldadura que tienen tamaños especificados en el centro de caras de la acanaladura sobre los lados de las caras frontal y posterior. Formar dicho pasaje guía para hacer que el metal fundido se mueva en la acanaladura permite que el nivel de la superficie del metal fundido del bloque fundido formado en la porción de la acanaladura de cada una de la cara frontal y la cara posterior sea uniforme por todo el espesor de la chapa. Además, como los electrodos de soldar se mueven sincronizados con el nivel de la superficie del metal fundido generado en la acanaladura, los electrodos de soldar ascienden a la misma velocidad de soldeo en ambas caras frontal y posterior. Esto podría eliminar problemas relativos a que se produzcan defectos de fusión incompleta cerca del centro del espesor de la chapa y la disminución de resiliencia debida al recalentamiento antes descrito.

Entonces, en la presente invención, como se ha descrito anteriormente, se dispone cada electrodo de soldeo sobre los lados de las caras frontal y posterior de las chapas de acero gruesas y se suelda simultáneamente en dirección vertical de abajo arriba. Después de esto, como se representa en la figura 4A, se forma un pasaje guía que permite que el metal de aportación fundido 31a sea obligado a pasar entre los lados de las caras frontal y posterior de las chapas de acero gruesas 1, permitiendo así soldeo con penetración completa mediante el cual se forma de una sola vez metal de aportación desde la cara frontal a la cara posterior, esto es, soldeo de una sola pasada. Por lo tanto, se puede conseguir tanto una mejora de la eficiencia de soldeo como una eliminación de defectos de soldeo.

Primera realización

Un método de soldeo eléctrico (EGW) por un electrogas, con varios electrodos, como primera realización de la presente invención adopta:

disponer los extremos 1a de las chapas de acero gruesas (1) que se han de soldar de modo que estén uno frente al otro formando un acanaladura (2) entre los extremos de las chapas de acero;

proporcionar una abertura de la raíz de soldadura (RO) de modo que satisfaga una relación predeterminada (cuyos detalles se describirán más adelante):

disponer uno o dos o más electrodos (5) de soldeo eléctrico por un electrogas en la acanaladura (2) sobre cada uno del lado de la cara frontal (1A) y el lado de la cara posterior (1B) de las chapas de acero gruesas (1); y

soldar simultáneamente en dirección vertical de abajo arriba;

en el que se controla la velocidad de movimiento de cada uno de electrodos (5) de soldeo eléctrico por un electrogas para que cada electrodo (5) de soldeo eléctrico por un electrogas se desplace sincronizado con el nivel de la superficie de metal fundido del metal de aportación fundido generado en la acanaladura (2).

Lo siguiente será una descripción detallada de etapas del método EGW para las chapas de acero gruesas (1) en la primera realización de la presente invención.

Los extremos 1a de las chapas de acero gruesas (1) que se pretenden soldar están dispuestas uno frente a otro formando la acanaladura (2) entre los extremos de las chapas de acero. Las chapas de acero gruesas, como objetos a soldar en la presente realización, pueden tener un espesor que varía, por ejemplo, de 40 a 300 mm, como se representa en las figuras 1A y 1B. Además, el componente de acero de las chapas de acero gruesas (1) no está limitado particularmente y se puede adoptar cualquier componente conocido sin ninguna limitación. Entonces, como se representa en las figuras 1A y 1B, la presente realización puede producir una unión de chapa de acero a usar en una estructura grande uniendo a tope los extremos 1a de las chapas de acero gruesas (1) y realizando soldeo EGW (véanse las figuras 2A y 2B y las figuras 3A y 3B).

La acanaladura formada entre los extremos de las chapas de acero disponiendo los extremos 1a de las chapas de acero gruesas (1) uno frente a otro puede ser una acanaladura en forma de X como una acanaladura de dos lados, como la acanaladura (2) representada en la figura 1B. El término "acanaladura" se refiere a una acanaladura formada entre metales que se han de soldar en base al documento JIS Z 3001-1 (2008). La forma de la acanaladura en la presente realización no está limitada a la de la acanaladura en forma de X del ejemplo representado en la figura 1 y puede ser cualquier forma siempre que la acanaladura sea una que permita soldar sobre cada uno del lado de la cara frontal 1A y el lado de la cara posterior 1B de las chapas de acero gruesas (1), esto es, una acanaladura de dos lados. Ejemplos de acanaladuras adoptables de dos lados incluyen, además de la acanaladura en forma de X, las que tienen otras formas, como forma de K, forma de doble J, forma de H y forma de I, especificadas en el documento JIS Z 3001-1 (2008). En este caso, no es necesario que la acanaladura de doble lado

5 sea una acanaladura en forma de X o en forma de H que tenga una forma y tamaño simétricos en el centro del espesor de la chapa y, por ejemplo, puede ser una acanaladura en forma de V que tenga una profundidad grande en la dirección del espesor de la chapa en el lado de la cara frontal y una acanaladura en forma de V que tenga una profundidad en la dirección del espesor de la chapa en el lado de la cara posterior menor que en el lado de la cara frontal, como se representa en la figura 6B. Además, no es absolutamente necesario que el lado de la cara frontal y el lado de la cara posterior de las chapas de acero tengan la misma forma de acanaladura. Para cada una de la cara frontal y la cara posterior, se puede seleccionar una cualquiera de forma en V, forma en U, forma en I, forma de bisel simple y forma de J, como forma de acanaladura para combinar libremente entre sí las formas. Ejemplo de combinación de formas de acanaladuras incluyen una combinación de una acanaladura en forma de U en el lado de la cara frontal de las chapas de acero y una acanaladura en forma de bisel simple en el lado de la cara posterior de las chapas de acero.

10 Para disponer los extremos 1a de las chapas de acero (1) uno frente a otro para formar la acanaladura entre los extremos de las chapas, se puede usar un dispositivo de soldeo eléctrico por un electrogas (EGW) (4), como el del ejemplo representado en la figura 2A, y las dos chapas de acero gruesas (1) que se han de soldar se pueden colocar sobre la base (41), como se representa en la figura 1A.

15 En la presente realización, la abertura de la raíz de soldadura (RO) y la cara de a raíz de soldadura (RF) de la acanaladura (2) satisfacen una relación predeterminada. Esto se hace para asegurar el pasaje guía (21) que permite que el metal de aportación fundido (31a) generado en la acanaladura 2 en cada uno del lado de la cara frontal (1A) y del lado de la cara posterior (1B) sea obligado a pasar entre los lados de las caras frontal y posterior (1A) y (1B), como se representa en la figura 1B (véase también la figura 4A). El pasaje guía (21), así asegurado, permite que el metal de aportación fundido (31a) sea guiado libremente a pasar entre ambos de los lados de las caras frontal y posterior (1A) y (1B), manteniendo con ello igual el nivel de la superficie de metal fundido del metal de aportación fundido (31a) en los lados de las caras frontal y posterior. Como resultado, el tiempo en el que solidifica el metal de aportación fundido (31a) también es sustancialmente igual entre la cara frontal (1A) y la cara posterior (1B). Esto puede, por ejemplo, evitar que el metal de aportación, ya solidificado sobre el lado de la cara frontal, sea calentado parcialmente de nuevo (fundido de nuevo) por el metal de aportación fundido sobre el lado de la cara posterior, impidiendo una disminución de la resiliencia de la zona soldada. En consecuencia, se puede obtener el efecto de evitar defectos de soldeo.

20 En la presente realización, la relación predeterminada satisfecha por la abertura de la raíz de soldadura (RO) y la cara de la raíz de soldadura (RF) de la acanaladura (2) es la siguiente:

25 La abertura de la raíz de soldadura (RO) de la acanaladura varía de 0 a 16 mm cuando, en el intervalo de  $0 \leq RO < 1$  mm, la cara de la raíz de soldadura (RF) satisface la relación representada por la fórmula 1; en el intervalo de  $1 \leq RO < 10$  mm, la cara de la raíz de soldadura (RF) satisface la relación representada por la fórmula 2; y en el intervalo de  $10 \leq RO \leq 16$  mm, la cara de la raíz de soldadura (RF) satisface la relación representada por la fórmula 3:

35	$RF \leq 7,8RO + 4,0 \text{ mm}$	Fórmula 1
	$RF \leq 4,8RO + 7,0 \text{ mm}$	Fórmula 2
	$RF \leq 55 \text{ mm}$	Fórmula 3

(en las fórmulas 1, 2 y 3, RF representa la cara de la raíz de soldadura y RO representa la abertura de la raíz de soldadura).

40 En la presente memoria, salvo que se especifique lo contrario, "cara de la raíz de soldadura" (RF) y "abertura de la raíz de soldadura" (RO) significan longitudes de cosas definidas por la norma JIS Z 3001-1 (2008), y la unidad en que se expresan dichas longitudes son mm. Por ejemplo, en la formación del pasaje guía (21) antes descrito, la longitud correspondiente al ancho del pasaje (dirección del ancho de la chapa) del pasaje guía (21) se denomina abertura de la raíz de soldadura (RO) y la longitud correspondiente a la longitud del pasaje (dirección del espesor de la chapa) del pasaje guía (21) se denomina cara de la raíz de soldadura RF), como se representa en la figura 1B.

45 Las figuras 5 representan las fórmulas 1 a 3 dadas anteriormente.

Como se representa en la gráfica de la figura 5A, la abertura de la raíz de soldadura (RO) es 0 a 16 mm y la cara de la raíz de soldadura (RF) es 0 a 55 mm.

50 El límite superior de la abertura de la raíz de soldadura (RO) es 16 mm. Cuando la abertura de la raíz de soldadura (RO) es 16 mm, el límite superior de la cara de la raíz de soldadura (RF) es 55 mm. Cuando la abertura de la raíz de soldadura (RO) y la cara de la raíz de soldadura (RF) son menores, esto es, sus valores caen fuera de la región superior derecha de la figura 5A, los electrodos de soldeo EGW apenas ejercen influencia sobre las caras de la

5 acanaladura, en particular sobre las caras de la raíz de soldadura (RF), originándose fusión incompleta. Además, debido a la mayor longitud de la abertura de la raíz de soldadura (RO), obviamente se incrementa la superficie de la sección transversal de la acanaladura y se incrementa también el aporte de calor. En consecuencia, cuando la abertura de la raíz de soldadura (RO) es superior a 16 mm, el nivel del aporte de calor es excesivamente grande, lo cual reduce la resiliencia y resistencia de la HAZ y del metal fundido. Por lo tanto, no es práctica una longitud de la abertura de la raíz de soldadura (RO) superior a 16 mm.

10 Como se representa en la gráfica de la figura 5A, en la relación entre la cara de la raíz de soldadura (RF) y la abertura de la raíz de soldadura (RO), cuando la abertura de la raíz de soldadura (RO) es mayor, la cara de la raíz de soldadura (RF) puede ser mayor. En general, cuando la cara de la raíz de soldadura (RF) es mayor, es más fácil que se produzca alguna porción no depositada. Por lo tanto, cuando la cara de la raíz de soldadura (RF) es larga, la abertura de la raíz de soldadura (RO) es ancha para permitir que el arco generado desde las puntas de los electrodos se aplique más fácilmente a las caras completas de la raíz de soldadura (RF) que forman el pasaje guía (21) para no dejar ninguna región sin fundir y permitir también que el metal de aportación fundido calentado a alta temperatura por el arco sea aportado y distribuido de modo suficientemente suave, evitando con ello que se produzca defectos no soldados en la porción del pasaje guía (21).

15 El límite inferior de la abertura de la raíz de soldadura (RO) es 0 mm. Cuando la abertura de la raíz de soldadura (RO) es cero mm, el valor del límite superior de la cara de la raíz de soldadura (RF) es 4 mm. Incluso aunque la abertura de la raíz de soldadura (RO) sea cero mm, se puede obtener una profundidad de penetración con una distancia de 4 mm en la longitud de la dirección del espesor de la chapa [cara de la raíz de soldadura (RF)] por efecto del calor radiante del arco, conducción térmica desde el metal de aportación fundido, convección, etc., por lo que no se produce ningún defecto no soldado.

20 Más preferiblemente, la abertura de la raíz de soldadura (RO) está en el intervalo comprendido entre no menor que 3 y no mayor que 8 mm y la cara de la raíz de la soldadura (RF) está en el intervalo de no mayor que 8 mm. La razón de esto es la siguiente. Un factor que causa fusión incompleta es que el calor del arco generado desde las puntas de los electrodos no se aplica suficientemente a las caras de la acanaladura, en particular a las caras de la raíz de soldadura (RF) y, por lo tanto, una región parcial de las caras de la acanaladura no se calienta hasta el punto de fusión de los materiales de acero. Cuando la abertura de la raíz de soldadura (RO) es inferior a 3 mm, apenas se aplica el arco a la porción del pasaje guía [caras de la raíz de soldadura (RF)] por lo que hace difícil que el calor del arco alcance suficientemente la porción. Además, el metal de aportación fundido caliente apenas pasa a través de los pasajes guía. Por lo tanto, preferiblemente la cara de la raíz de soldadura (RF) se acorta de acuerdo con la abertura de la raíz de soldadura (RO).

25 La razón por la que la abertura de la raíz de soldadura (RO) es preferiblemente no mayor que 8 mm es que, cuando la abertura de la raíz de soldadura es superior a 8 mm, ambas caras de la raíz de soldadura RF, que están una frente a otra y forman el pasaje guía son distales del arco, incrementando por lo tanto la posibilidad de que no puedan ser calentadas suficientemente las caras de la acanaladura que forman las longitudes de las caras de la raíz de soldadura (RF).

30 La razón por la que la longitud de la cara de la raíz de soldadura (RF) es preferiblemente no mayor que 8 mm es que, como es necesario calentar suficientemente las caras de la raíz de soldadura (RF) que forman el pasaje guía, una cara de la raíz de soldadura (RF) igual o menor que 8 mm permitiría aplicar suficientemente el calor del arco a las caras completas de la raíz de soldadura (RF).

35 Usualmente, la forma de la acanaladura, ángulo de la acanaladura, tamaño, etc., se determinan considerando ampliamente el tamaño de los sopletes de soldar, número de electrodos, amplitud del movimiento de oscilación, etc. La cantidad de calor aplicado, en el soldeo de una sola pasada es directamente proporcional a la superficie de la sección transversal de la acanaladura y la velocidad de soldeo es inversamente proporcional a la superficie de la sección transversal de la acanaladura. En consecuencia, para reducir lo máximo posible la cantidad de calor aplicado y mejorar la velocidad de soldeo, es eficaz disminuir la superficie de la sección transversal de la acanaladura. Cuando se usa una acanaladura en forma de X, la superficie de la sección transversal de la acanaladura disminuye monótonamente cuando se incrementa la longitud de la cara de la raíz de soldadura (RF), por lo que es eficaz hacer que la cara de la raíz de soldadura (RF) sea larga. Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, desde el punto de vista de evitar cualquier porción no depositada, preferiblemente también se considera incrementar la abertura de la raíz de soldadura (RO) para incrementar la cara de la raíz de soldadura (RF). Por lo tanto, se cree que es importante estudiar la correlación entre abertura de la raíz de soldadura (RO) y cara de la raíz de soldadura (RF) desde el punto de vista de mejorar la eficiencia y calidad de la unión y se realizaron intensos y extensos experimentos.

40 Específicamente, mediante los experimentos de verificación descritos más adelante, se obtuvo una correlación entre abertura de la raíz de soldadura (RO) y cara de la raíz de soldadura (RF) para evitar que se produjera cualquier

porción no depositada, representada en la gráfica (regiones) de la figura 5A.

5 Primero, usando una chapa fabricada de un acero tipo B1 dado en la tabla 2 y que tenía un espesor de 102 mm y una chapa fabricada de un acero tipo A y que tenía un espesor de 80 mm, se fijaron diversos tamaños de RO y RF y se formó una acanaladura en forma de X en los extremos de las chapas de acero mecanizando para realizar soldeo EGW con cuatro electrodos o dos electrodos. La tabla 1 presenta condiciones de soldeo comunes en el presente experimento y la tabla 2 presenta una lista de tipos de acero combinados con datos de ejemplos descritos más adelante.

10 Primero, usando una chapa de acero fabricada de un acero tipo B1 usado en la tabla 2 y que tiene un espesor de chapa de 102 mm y una chapa de acero fabricada de un acero tipo A y que tiene un espesor de chapa de 80 mm, se fijaron diversos tamaños de RP y RF y se formó una acanaladura en los extremos de las chapas de acero mecanizando para soldar mediante EGW con cuatro o dos electrodos. La tabla 1 muestra condiciones de soldeo comunes en el presente experimento y la tabla 2 muestra una lista de tipos de acero combinados con datos de ejemplos descritos más adelante.

Tabla 1

Chapa de acero		Acanaladura		Condiciones de soldar por el método de soldar VEGA			Condiciones de la oscilación					
Tipo de acero	Es-pe-sor (t) de la chapa (mm)	Forma	Ángulo (θ) (°)	Intensidad de la corriente de soldar (A)		Voltaje (E) del arco (V)	Velocidad de alimentación del alambre (m/min)	Distancia entre electrodos (mm)	Ancho de la oscilación (mm)	Número de veces de oscilación (min <sup>-1</sup> )	Tiempo de parada de los electrodos (s)	
				Electrodo n°	Electrodo n°						Lado de la abertura	Lado de la raíz
B1	102	X	20	1	3	1	14	15	10	20	1,1	1,1
				2	4							
				360	360	42	42	42				
				330	330	42	42					
A	80	X	15	1	Electrodo n°	1	14	---	25	16	1,1	1,1
				2	2							
				360	360	40	40	40				
				360	360	40	40					

## ES 2 660 742 T3

Materiales de soldar aplicados: de acuerdo con JIS Z 3319 YFEG-42; Diámetro del alambre de soldar ( $\varphi$ ) 1,6 mm

Gas protector: 100% CO<sub>2</sub>; caudal 35 l/min

Condiciones de la oscilación: cada electrodo realiza un movimiento cíclicamente oscilante (oscilación)

5 Las condiciones de la oscilación se especificaron por la amplitud, número de oscilaciones por minuto y tiempo de parada al final de cada oscilación-

En la tabla, la amplitud, número de oscilaciones y tiempo de parada, respectivamente, se indicaron como ancho de la oscilación, número de oscilaciones y tiempo de parada de los electrodos.,

10 Cuando dos o más electrodos estaban dispuestos en la acanaladura sobre el lado de la cara frontal de la chapa (lado de la cara posterior), los electrodos oscilaban en colaboración con cada electrodo dispuesto sobre el lado de la cara frontal o lado de la cara posterior de las chapas de acero, con la misma amplitud, mismo número de oscilaciones y mismo tiempo de parada.

Tabla 2

Símbolo del tipo de acero	Espesor de la chapa (mm)	Composición química (% en masa (excluidos Ca, Mg y RM en ppm)															
		C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	Ca	Mg	REM
N	40																
D	51																
E	71	0,120	0,20	1,52	0,04	0,02	0,027	10		0,12		0,02	0,012		20	8	
A	80																
B1, B2	102	0,095	0,15	1,41	0,005	0,002	0,025	9	0,20	0,18	0,01	0,01	0,01	12	20	8	
C	150																
F	210	0,110	0,23	1,44	0,007	0,003	0,013	10	0,17	0,35	0,03	0,02	0,01		20	8	
G	300																

Después, se realizaron ensayos por ultrasonidos en las juntas a tope obtenidas y, cuando fuera necesario, se observaron directamente macromuestras de sección transversal para confirmar la presencia o ausencia de defectos no soldados en la porción del pasaje guía (porción de la cara de la raíz).

5 Se obtuvieron los resultados representados en las gráficas de las figuras 5B y 5C. Los resultados demuestran que la presencia de defectos no soldados depende de los tamaños de la RO y RF. Por lo tanto, los intervalos preferibles especificados de la RO y RF fueron los siguientes:

10 La figura 5B es una gráfica de chapas de acero gruesas (1) con un espesor  $t$  de 102 mm y la figura 5C es una gráfica de chapas de acero gruesas con un espesor  $t$  de 80 mm. Incluso aunque el espesor  $t$  de las chapas cambie de 102 a 80 mm, no hay cambio en regiones sin penetración incompleta. En otras palabras, fijando los tamaños de la RO y RF a valores en las regiones, sin depender del espesor de las chapas, se puede asegurar que se produce penetración incompleta.

En base a los resultados de las observaciones, las fórmulas 1 a 3 que representan las relaciones predeterminadas satisfechas por la abertura de la raíz de soldadura (RO) y por la cara de la raíz de soldadura (RF) de la acanaladura (2) se especificaron como se ha indicado anteriormente.

15 En la gráfica de la figura 5A, la región 1 es una región que indica el intervalo representado por la fórmula 1, la región 2 es una región que indica el intervalo representado por la fórmula 2 y la región 3 es una región que indica el intervalo representado por la fórmula 3. Los resultados de los intensos y extensos estudios realizados demostraron que la relación entre abertura de la raíz de soldadura (RO) y cara de la raíz de soldadura (RF) es diferente entre la región 1 con un intervalo de  $0 \leq RO < 1$  mm, la región 2 con un intervalo de  $1 \leq RO < 10$  mm y la región 2 con un intervalo de  $10 \leq RO \leq 16$  mm, como indica la curva de relaciones de la figura 5A. En consecuencia, la presente invención especifica las fórmulas 1 a 3 respectivamente diferentes de acuerdo con la abertura de la raíz de soldadura (RO). Por ello, en todo el intervalo de la abertura de la raíz de soldadura (RO) de 0 a 16 mm, la relación entre abertura de la raíz de soldadura (RO) y cara de la raíz de soldadura (RF) se puede definir en un intervalo apropiado. Como resultado, se puede obtener un efecto más notable en cuanto a permitir conseguir una mejora de la eficiencia de soldeo y una disminución de defectos soldados.

Después, se disponen uno o dos o más electrodos de soldeo eléctrico por un electrodo en la acanaladura (2) sobre cada uno de los lados de las caras frontal y posterior 1A y 1B de las chapas de acero gruesas (1). El lado de la cara frontal 1A y el lado de la cara posterior 1B de las chapas de acero también se pueden denominar lado de una cara y lado de la otra cara de las chapas de acero. La cara frontal y la cara posterior no representan caras específicas sino que indican la posición relativa de una con respecto a la otra. Como en el ejemplo representado en las figuras 2A y 2B, cada dos electrodos de soldeo EGW (5) pueden estar dispuestos en la acanaladura (5) en los extremos 1a de las chapas de acero gruesas desde cada uno del lado de la cara frontal 1A y el lado de la cara posterior 1B. Es suficiente disponer uno o dos o más electrodos de soldar EGW desde cada uno del lado de la cara frontal 1A y el lado de la cara posterior 1B y se puede determinar apropiadamente el número de electrodos de acuerdo con el espesor de las chapas de acero gruesas (1). En este caso, un criterio aplicable para determinar el número de electrodos puede ser el conocimiento convencional de que se pueden soldar chapas de acero que tienen un espesor de aproximadamente 40 a 45 mm por electrodo. Por ejemplo, como en el ejemplo representado en la figura 6B, cuando las formas y tamaños de las acanaladuras 2a y 2b son diferentes entre el lado de la cara frontal 10A y el lado de la cara posterior 10B de chapas de acero gruesas (10) se pueden disponer números diferentes de electrodos de soldar EGW sobre el lado de la cara frontal 10A y el lado de la cara posterior 10B de acuerdo con sus tamaños y formas. En el ejemplo representado en el dibujo, dos electrodos de soldeo EGW (5) están dispuestos sobre el lado de la cara frontal 10A de la chapa de acero gruesa (10) mientras que un electrodo de soldeo EGW (5) está dispuesto sobre el lado de la cara posterior 10B.

45 La punta (51) de cada uno de los electrodos de soldeo EGW (5) puede estar dispuesta frente a la dirección del espesor de las chapas de acero gruesas (1), en particular frente al pasaje guía (21), como se representa en una parte aumentada de la figura 2A. Cuando la cara frontal (o la cara posterior) de las chapas de acero es una cara de referencia, el ángulo  $P$  ( $^{\circ}$ ) formado por la dirección sustancialmente vertical en la cara de referencia y la dirección en la que un alambre se extiende desde la punta del soplete se define como ángulo de aproximación de cada electrodo de soldar (5). La dirección vertical hacia abajo se fija como  $0^{\circ}$ . El ángulo de aproximación del soplete es preferiblemente no menor que  $0^{\circ}$  y no mayor que  $40^{\circ}$ , y más preferiblemente no menor que  $20^{\circ}$  y no mayor que  $35^{\circ}$ . La razón para esto es la siguiente. Se produce fusión incompleta cuando el calor del arco generado desde las puntas de los electrodos no alcanza suficientemente las caras de la acanaladura, en particular las caras de la raíz de soldadura (RF) y, por lo tanto, una región parcial de las caras de la acanaladura no se calienta hasta el punto de fusión de los materiales de acero y no se suministra metal de aportación fundido en cantidad suficiente para cubrir caras nuevamente generadas de la acanaladura fundidas después de haber alcanzado el punto de fusión. Sin embargo, cuando el ángulo  $P$  es no menor que  $0^{\circ}$  y no mayor que  $49^{\circ}$ , el arco se aplica suficientemente a las caras de la raíz de soldadura (RF) que forman el pasaje guía donde se puede producir fácilmente fusión incompleta, así

como la superficie del metal de aportación fundido también se calienta simultáneamente, lo cual puede disminuir la posibilidad de que se produzca fusión incompleta. Incluso aunque el ángulo de aproximación sea 0°, la adopción de una abertura apropiada de la raíz de soldadura (RO) y de una cara apropiada de la raíz de soldadura (RF), especificadas por las fórmulas 1 a 3, más los efectos de conducción térmica desde el metal de aportación fundido, convección, etc. evitan que se produzcan defectos no soldados. Fijando preferiblemente el ángulo de aproximación del soplete en no menor que 20° y no mayor que 35°, el calor del arco se distribuye apropiadamente en calor a aplicar a ambas caras de la acanaladura enfrentadas entre sí y en calor a aplicar al metal de aportación fundido, por lo que se puede evitar fusión incompleta,

Después, en la presente realización, como se representa en la figura 2A, se realiza el soldeo desde una posición A de inicio del soldeo en el lado inferior en la dirección vertical hasta una posición B de final del soldeo, simultáneamente en el lado 1A de la cara frontal y en lado 1B de la cara posterior de las chapas de acero gruesas (1). La expresión “de abajo arriba en dirección vertical” significa no sólo mover los electrodos de soldar hacia arriba manteniendo fijas las chapas de acero gruesas, sino también mover las chapas de acero gruesas hacia abajo manteniendo fijos los electrodos de soldar. Este soldeo es un soldeo con penetración total mediante el cual se forma metal fundido desde la cara frontal hasta la cara posterior de una sola vez, esto es, soldeo de una sola pasada. Como es soldeo de una sola pasada, incluso en el soldeo EGW de chapas de acero gruesas (1) que tienen un espesor de aproximadamente 40 a 300 mm, se puede realizar el soldeo sin reducir la eficiencia del proceso de soldar.

Se puede formar un bloque fundido (metal de aportación fundido) en la posición A de inicio del soldeo mientras se alimentan los alambres de soldar y, además, los electrodos de soldar EGW (5) se pueden mover hacia arriba hasta la posición B de final del soldeo a lo largo de la acanaladura (2) por portadores automáticos (42). Como se representa en la figura 2A, los electrodos de soldar EGW (5) pueden estar integrados con los portadores automáticos (42). De este modo, secuencialmente, en la acanaladura (2) se forma el bloque fundido compuesto del metal de aportación fundido [(31a)] y la solidificación del bloque fundido [el metal de aportación fundido (31a) forma el metal de aportación (31). Mediante las etapas antes descritas, se forma en la acanaladura (2) la zona soldada (3) y se sueldan entre sí las chapas de acero gruesas (1).

Después, en la presente realización, la velocidad de movimiento de los electrodos de soldar (5) se controla de modo que los electrodos de soldar (5) se mueven sincronizados con el nivel de la superficie fundida del metal de aportación fundido (31a) generado en la acanaladura (2). Proporcionando el pasaje guía (21), se origina la formación de un bloque simple fundido compartido, compuesto del metal de aportación fundido (31a), por lo que se consigue realizar de modo estable soldeo EGW simultáneo en ambas caras. Aunque sea evidente, como se forma el bloque simple fundido compartido, el nivel de la superficie del metal fundido está a la misma altura en el lado de la cara frontal y en el lado de la cara posterior. Los electrodos de soldar (5) se mueven sincronizados con el nivel de la superficie de metal fundido del metal de aportación fundido (31a), por lo que se permite la sincronización de la velocidad ascendente de cada uno de los electrodos de soldeo EGW (5) dispuestos en los lados de ambas caras de las chapas de acero gruesas (1). Por lo tanto, se puede realizar de modo mucho más estable soldeo simultáneo, evitando con ello defectos soldados. La sincronización significa emparejamiento temporal del movimiento o control del movimiento de emparejamiento temporal. La expresión “los electrodos de soldar (5) se mueven sincronizados con el nivel de la superficie del metal fundido” significa que los electrodos de soldar (5) se mueven a la misma velocidad que la velocidad creciente del nivel de la superficie del metal fundido en la misma dirección en la que aumenta del nivel de la superficie del metal fundido, o se mueven bajo control de modo que se mueven a la misma velocidad en la misma dirección.

Los medios para la sincronización no están limitados particularmente siempre que se pueda conseguir el objeto de la sincronización. Por ejemplo, para detectar cambios en la corriente de soldar se puede proporcionar en uno cualquiera de los electrodos de soldar EGW (5) medios de detección de corriente, que no están representados en los dibujos. Cuando se proporcionan dichos medios de detección de corriente, aunque la superficie (el nivel de la superficie de metal fundido) del metal de aportación fundido (31a) suba para disminuir la longitud de extensión del alambre extendido desde la punta (51) e incrementar con ello el valor de la corriente de soldar, los medios de detección de corriente originan cambios temporales del monitor en el valor de la corriente de soldar y calcula la velocidad de incremento del valor de la corriente de soldar, permitiendo con ello la detección de la velocidad de aumento del nivel de la superficie del metal fundido. Entonces, en base a los resultados del cálculo por los medios de detección de corriente, se puede controlar la velocidad de movimiento de los electrodos de soldeo EGW (5) [los portadores automáticos (41)] de modo que cada uno de los electrodos de soldeo EGW (5) dispuestos en el lado de la cara frontal 1A y en el lado de la cara posterior 1B se mueven hacia arriba sincronizados con la subida del nivel de la superficie del metal fundido, esto es, se muevan hacia arriba a la misma velocidad que la subida de la superficie del metal fundido en la misma dirección que sube el nivel de la superficie del metal fundido. Con la estructura así formada, se puede fijar en un intervalo predeterminado, la distancia (longitud del arco) entre la superficie del metal de aportación fundido 31a en la punta (51) de cada electrodo de soldeo EGW (5), por ejemplo, en un intervalo de 15

a 60 mm y más preferiblemente de 15 a 30 mm. Con ello, se puede realizar soldeo simultáneo de modo mucho más estable, evitando la aparición de defectos soldados.

Además, como el nivel de la superficie de metal fundido del metal de aportación fundido 31a tiene una temperatura y emisividad sustancialmente constantes, la intensidad de luz infrarroja cambia de acuerdo con la distancia desde el nivel de la superficie del metal fundido. Usando este fenómeno, se puede detectar el nivel de la superficie del metal fundido con un termómetro de radiación dispuesto en una posición predeterminada. Además, también se puede detectar el nivel de la superficie del metal fundido con una cámara CCD o con ondas ultrasónicas. En base a la señal de detección detectada por estos dispositivos, se pueden mover los electrodos de soldeo EGW (5) [los portadores automáticos (42)] de modo que la distancia entre el nivel de la superficie de metal fundido del metal de aportación fundido 31a y las puntas de los electrodos estén en un intervalo predeterminado, por ejemplo, en un intervalo de 15 a 60 mm y más preferiblemente de 15 a 30 mm. De esta manera, se puede controlar la velocidad de movimiento de los electrodos de soldeo EGW (5) [los portadores automáticos (42)] de modo que los electrodos de soldar EGW (5) se muevan hacia arriba sincronizados con la subida del nivel de la superficie del metal fundido.

Se puede adoptar una estructura en la que en los dispositivos de control del accionamiento de los portadores, representados en la figura 2A, hay dispuestos medios para detectar una señal del valor de la corriente de soldar, intensidad de luz infrarroja, una imagen, tiempo de reflexión ultrasónica, etc, y/o medios de control para regular la velocidad de movimiento de los portadores automáticos (42) en base a las señales de detección detectadas. Estos medios pueden estar dispuestos en sólo uno del lado de la cara frontal 1A y el lado de la cara posterior 1B, o en ambos lados. Disponer de medios de detección sólo en una de las caras es ventajoso en cuanto a ahorro de costes. Incluso aunque la altura del nivel de la superficie de metal fundido del metal de aportación fundido sea diferente entre el lado de la cara frontal y el lado de la cara posterior de las chapas de acero gruesas (véase la figura 4B), disponer de medios de detección en ambas caras permite la detección de una diferencia anormal del nivel de la superficie del metal fundido, por lo que se pueden tomar las medidas necesarias apropiadas, como emisión de una alarma, suspensión del soldeo, corrección de las posiciones de las puntas de los electrodos y regulación de la intensidad y voltaje del arco. Para determinar si la diferencia del nivel de la superficie del metal fundido es o no un fenómeno anormal, también se puede considerar la desviación de las posiciones o velocidades entre los portadores automáticos (42) en ambas caras. Así, se puede mejorar la precisión de la determinación.

En la presente realización, se puede realizar soldeo simultáneo por las dos caras desde la cara frontal 1A y la cara posterior 1B de las chapas de acero gruesas (1). Sin embargo, puede haber casos en los que la velocidad de ascenso de los sopletes de soldar en ambas caras no sea la misma, aunque de modo temporal o ligero, y la posición de la altura de la superficie de metal fundido del metal de aportación fundido sea diferente entre el lado de la cara frontal y el lado de la cara posterior de las chapas de acero gruesas. Ejemplos de razones para ello incluyen, además de una ligera diferencia en la superficie de la sección transversal de la acanaladura entre el lado de la cara frontal y el lado de la cara posterior de las chapas de acero gruesas, una ligera diferencia en las velocidades de alimentación de los alambres de soldar que se produce entre los respectivos dispositivos de soldar en el lado de la cara frontal y en el lado de la cara posterior. Adicionalmente, como fenómeno originado por otra razón distinta de la mencionada anteriormente en un intervalo de tiempo muy corto, la velocidad de movimiento de cada electrodo respectivo de soldeo EGW en cada cara a veces se desvía ligeramente debido a características del movimiento de ascenso del dispositivo. Usualmente, cuando se realiza soldeo EGW en posición vertical hacia arriba, los electrodos de soldeo EGW (5) realizan un movimiento ascendente paso a paso, repitiendo un movimiento ascendente y una parada corta. Sin embargo, por ejemplo, en una situación inmediatamente antes de iniciar el movimiento ascendente paso a paso en el lado de la cara posterior en un momento inmediatamente después del movimiento ascendente en el lado de la cara frontal, se puede producir una ligera diferencia entre posiciones verticales de los dispositivos en los lados de las caras frontal y posterior, aunque en tiempo muy corto. En consecuencia, en la presente invención, preferiblemente la desviación vertical de los electrodos de soldeo EGW (5) en cada uno del lado de la cara frontal 1A y el lado de la cara posterior 1B, esto es, la desviación en la dirección en la que avanza el soldeo no es mayor que 10 mm. Cuando la desviación de los electrodos de soldeo EGW (5) es no mayor que 10 mm, el nivel de metal fundido del metal de aportación fundido 31a no es significativamente diferente. Así, se puede guiar al metal de aportación fundido 31a a pasar entre el lado de la cara frontal 1A y el lado de la cara posterior 1B a través del pasaje guía (21) para permitir la formación de un bloque fundido compartido entre ambas caras de las chapas de acero gruesas (1)-

Los medios de sincronización antes mencionados se pueden controlar añadiendo la condición de que la desviación vertical de los electrodos de soldar (5) en los lados de las caras frontal y posterior estén en un intervalo predeterminado, por ejemplo, en no mayor que 15 mm y más preferiblemente en no mayor que 13 mm.

Lo siguiente es una descripción relativa al tema de que, en la presente realización, la desviación de la dirección en la que el avance de los electrodos de soldeo EGW (5) en cada uno del lado de la cara frontal 1A y del lado de la cara posterior 1B de las chapas de acero gruesas (1) se fija preferiblemente en no mayor que 10 mm.

Típicamente, el soldeo EGW se realiza aplicando una corriente de soldar de aproximadamente 400 A a los electrodos de soldeo EGW (5). Adicionalmente, se dice en general que la profundidad media (mm) del bloque fundido compuesto del metal de aportación fundido 31a es aproximadamente 1/10 del valor de la intensidad de la corriente de soldar (A). En otras palabras, cuando la corriente de soldar está en el intervalo antes mencionado, se puede estimar que la profundidad del bloque fundido es aproximadamente 30 mm. Como se ha descrito anteriormente, en la presente invención, lo más importante es que cada bloque fundido compuesto del metal de aportación fundido 31a generado en la acanaladura (2) en cada uno del lado de la cara frontal 1A y el lado de la cara posterior 1B de las chapas de acero gruesas (1) se transforma por el pasaje guía (21) en un bloque fundido compartido. Para mantener dicho bloque fundido compartido, con respecto a la desviación en dirección de la profundidad del bloque fundido, esto es, la desviación del nivel de la superficie de metal fundido del metal de aportación fundido 31a, se estima que un intervalo permisible de la desviación es aproximadamente  $\pm 1/3$ , esto es, aproximadamente  $\pm 10$  mm en el lado de la cara frontal 1A y en el lado de la cara posterior 1B. Por lo tanto, cuando la posición de la punta (51) de cada electrodo de soldeo EGW (5) se desvía no más de  $\pm 10$  mm en la dirección en la que avanza el soldeo, se puede considerar como soldeo sustancialmente simultáneo y se puede decir que la desviación está en el intervalo permisible.

Además, como se ha descrito anteriormente, proporcionando los medios de sincronización que tienen medios de detección del nivel de la superficie del metal fundido en ambas caras, se puede detectar la diferencia en el nivel de la superficie del metal fundido entre la cara frontal y la cara posterior y fijarlo en un intervalo predeterminado, por ejemplo, en un intervalo no mayor que  $\pm 10$  mm, preferiblemente no mayor que  $\pm 5$  mm y más preferiblemente no mayor que  $\pm 3$  mm.

El soldeo se puede realizar oscilando los electrodos de soldeo EGW (5) en la dirección del espesor de las chapas de acero gruesas (1). Esto es más preferible puesto que se puede obtener un efecto más notable de evitar defectos soldados.

Además, no es necesario que todos los electrodos de soldeo EGW (5) estén oscilando. Por ejemplo, cuando cada electrodo de soldar (5) está dispuesto en cada uno del lado de la cara frontal y el lado de la cara posterior de las chapas de acero gruesas (1), se puede realizar el soldeo oscilando sólo el electrodo del lado de la cara frontal sin oscilar el electrodo del lado de la cara posterior. Cuando cada uno de los dos electrodos está dispuesto en cada uno de los lados de las caras frontal y posterior, el soldeo se puede realizar oscilando sólo los electrodos situados en lados de abertura de los lados de las caras frontal y posterior, sin oscilar los electrodos situados en el lado de la raíz de soldadura. De este modo, se puede realizar el soldeo oscilando uno o alguno de los electrodos, permaneciendo fijos, sin oscilar, uno o más electrodos.

La chapa de acero gruesa (1) se puede someter a un proceso de curvado transformándola en una tubería de acero y, después, se pueden soldar entre sí extremos 11a de la chapa de acero gruesa dispuestos uno frente a otro por el proceso de curvado.

Como se representa en la figura 7A, la chapa de acero gruesa (1) se transforma en una tubería mediante un proceso de curvado. En este caso, como método de procesamiento, se puede adoptar sin limitación un método UO o UOE usado convencionalmente para fabricar tuberías de acero. Se puede obtener una tubería de acero fabricada de un material de chapa de acero más gruesa transformando el material de chapa en una tubería de acero mediante un proceso de curvado usando un cilindro doblador o sistema similar. Una acanaladura entre los extremos 11a, 11a dispuestos uno frente a otro por el proceso de curvado se suelda por el método de soldeo EGW como se ha descrito anteriormente o por cualquier otro método de soldeo. Además, la tubería de acero (11) puede estar en posición vertical para soldar una porción vertical usando el método de soldeo EGW con varios electrodos de la presente invención. De este modo, se puede obtener la tubería de acero (11) fabricada de la chapa de acero gruesa.

En el método antes descrito de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas (1) de acuerdo con la presente realización, se deja que el metal de aportación fundido 11a sea guiado a pasar entre ambas caras de las chapas de acero gruesas (1), y los electrodos de soldar se mueven sincronizados con el nivel de la superficie de metal fundido del metal de aportación fundido 31a para realizar soldeo EGW simultáneamente desde los lados de ambas caras de las chapas de acero gruesas (1). Adoptando este proceso se consigue una mejora de la eficiencia de soldeo por soldar de una sola pasada y se puede conseguir simultáneamente evitar defectos soldados, incluso aunque se suelden a tope en posición vertical chapas de acero gruesas (1) que tengan un espesor de aproximadamente 40 a 300 mm. El número de electrodos puede ser determinado apropiadamente de acuerdo con el espesor de las chapas de acero. En este caso, se puede aplicar el conocimiento convencional de que se pueden soldar chapas de acero que tienen un espesor de aproximadamente 40 a 45 mm por electrodo. Por ejemplo, el espesor de las chapas de acero puede ser no mayor que 80 mm. El espesor de las chapas de acero puede ser no menor que 70 u 80 mm o no menor que 100 mm. El espesor de las chapas de acero puede estar limitado a no más de 250 mm, no más de 200 mm o no más de 160 mm.

## Segunda realización

A continuación, se dará la descripción de un método de soldeo eléctrico (EGW) circunferencial por un electrogas, con varios electrodos, para tuberías de acero como segunda realización de la presente invención, haciendo referencia principalmente a las figuras 7 y 8.

5 La presente realización es un método para soldar circunferencialmente disponiendo frente a frente extremos de una pluralidad de tuberías de acero (11) de modo que formen la acanaladura entre los extremos de las tuberías de acero, y es algo diferente del método de soldeo EGW de la primera realización. En la siguiente descripción, las mismas estructuras que las del método de soldeo EGW para chapas de acero gruesas de acuerdo con la primera realización antes descrita se indican con los mismos números de referencia y se omitirá una descripción detallada de aquellas.

10 En el método de soldeo circunferencial EGW, con varios electrodos, para tuberías de acero (11) de la presente realización, como se representa en las figuras 7A y 7B, una chapa de acero gruesa con la acanaladura (2) formada soldando a tope los respectivos extremos 11a, 11a se transforma en una tubería que tiene un diámetro interior no menor que 300 mm. Después, extremos 11b de una pluralidad de tuberías de acero se disponen uno frente a otro para formar una acanaladura entre extremos de las tuberías de acero, o el extremo 11b de la tubería de acero (11) y el extremo de otro miembro con forma de tubería (no representado en el dibujo) se disponen uno frente a otro para formar una acanaladura entre los extremos; y se sueldan circunferencialmente. En este caso, en la presente realización, los dispositivos de soldeo EGW están dispuestos sobre una cara interior de un miembro con forma de tubería. En consecuencia, hay necesidad de un espacio que permita la colocación de los dispositivos de soldeo EGW y, por lo tanto, se considera que son aplicables miembros con forma de tubería que tienen un diámetro interior no menor que 300 mm. Como se representa en la figura 8, los electrodos de soldeo EGW (5) están dispuestos en una acanaladura (12) (véanse las figuras 7A y 7B) y se realiza el soldeo EGW a lo largo de la cara de la acanaladura circunferencial de cada uno de los extremos 11b, 11b (véanse las figuras 7A y 7B) unidos a tope entre sí de modo que una línea (una circunferencia) soldada está incluida sustancialmente en un plano vertical.

15 La presente realización se describirá tomando un ejemplo en el que, como piezas de trabajo, se usa una pluralidad de tuberías de acero (11) y se unen entre sí los extremos 11b, 11b de las tuberías de acero (11) mediante soldeo EGW circunferencial. Además, las tuberías de acero (11) pueden tener un espesor de 40 a 300 mm, como las chapas de acero gruesas (1) de la primera realización. Adicionalmente, aunque no se representa en los dibujos, también se pueden preparar un miembro con forma de tubería y un miembro de unión, a usar según se necesite, a partir de una chapa con un espesor de 40 a 300 mm.

20 Adicionalmente, en el ejemplo descrito en la presente realización, como se representa en la figura 8, cada dos electrodos de soldeo EGW (5) están dispuestos de modo que sus puntas (51) se dirigen a la dirección del espesor de chapa de las tuberías de acero (11), en particular a la porción del pasaje guía en la acanaladura (12) en los extremos 11b de cada uno del lado 11A de la cara frontal (cara exterior) y el lado 11B de la cara posterior (cara interior) de las tuberías de acero (11).

25 Adicionalmente, se describirá la presente realización por medio de un ejemplo en el que, usando un dispositivo de soldeo circunferencial EGW (40) provisto de medios de posicionamiento (45), como los del ejemplo representado en la figura 8, se soldó circunferencialmente de una sola pasada, simultáneamente desde ambas caras interior y exterior de las tuberías de acero (11). Cuando se utiliza soldeo EGW para soldar circunferencialmente, se deja que el dispositivo de soldeo EGW mantenga sustancialmente una posición vertical manteniendo fijos los electrodos de soldar cerca de una posición aproximada de las 9 del reloj (o de las 3 del reloj) como se muestra en la cara del reloj cuando se mira desde la dirección de la longitud de la tubería y después se giran las tuberías de acero (11) para proceder a soldar. Por lo tanto, debido a las características del método de soldeo EGW realizado esencialmente en posición vertical, hay menos riesgo de originar pérdidas de metal fundido, por lo que se considera razonable la estructura antes descrita.

30 En la presente realización, primero se disponen uno frente a otro los extremos 11b, 11b de la pluralidad de tuberías de acero (11) y se forma la acanaladura (12) entre los extremos de las tuberías de acero (o de miembros con forma de tubería). La forma de la acanaladura (12) no se limita a la forma en X del ejemplo representado en la figura 7B y puede ser cualquier forma siempre que sea una acanaladura que permita soldar en cada una de la cara frontal 11A y la cara posterior 11B de las tuberías de acero (11) (o de miembros con forma de tubería), esto es, una acanaladura de dos caras.

35 Como se representa en la figura 7(B), los extremos 11b de las tuberías de acero (11) están unidos entre sí asegurando un pasaje guía (12A) a través del cual el metal de aportación fundido (31a) generado en cada acanaladura 12, 12 en ambas caras puede ser guiado a pasar entre la cara frontal 11A y la cara posterior 11B. Además de esto, como se representa en la figura 8, las tuberías de acero (11) se montan sobre rodillos (45a) de los

medios de posicionamiento (45) para girar las tuberías alrededor de los ejes centrales de las respectivas tuberías de modo que los ejes centrales son sustancialmente concéntricos y sustancialmente horizontales.

Como se representa en la figura 8 (véanse también las figuras 7A y 7B), uno o dos o más electrodos de soldeo EGW (5) están dispuestos en la acanaladura (12) desde ambos del lado 11A de la cara frontal y el lado 11B de la cara posterior de las tuberías de acero (11) (dos electrodos sobre el lado de cada cara, cuatro en total en el ejemplo de la figura 8). A continuación, se suelda circunferencialmente de una sola pasada simultáneamente sobre ambos del lado 11A de la cara frontal y el lado 11B de la cara posterior de las tuberías de acero (11) girando las tuberías de acero (11) en la dirección R representada en la figura 8. La rotación de las tuberías de acero (11) es un movimiento que se corresponde con el movimiento descendente de las chapas de acero gruesas descrito en la primera realización por la expresión “de abajo arriba en dirección vertical”.

La pluralidad de tuberías de acero (11) se suelda de una sola pasada por el método antes descrito.

En la presente realización, como en la primera realización, los extremos 11b, 11b de las tuberías de acero (11) se sueldan circunferencialmente realizando soldeo EGW de una sola pasada en posición sustancialmente vertical desde una posición inicial de soldeo A1 hasta una posición final de soldeo B1 representada en la figura 8. Con ello, se puede fabricar una tubería de acero formada conectando una pluralidad de las chapas de acero gruesas (11) y usar para construir una estructura grande.

A continuación se da una descripción más detallada de las etapas del método de soldeo EGW con varios electrodos para las tuberías de acero (11) de la presente realización y condiciones de este método.

En la presente realización, como en la primera realización, primero se forma la acanaladura (12) con forma de X, ejemplificada en la figura 1B, entre los respectivos extremos 11b, 11b que serán una zona soldada de una chapa plana gruesa de acero (véase el número de referencia 12 en la figura 7A). Los extremos 11b de la tubería son una zona a soldar cuando se sueldan a tope las tuberías de acero (11) obtenidas después transformar la chapa de acero en una tubería de acero. Además, con respecto a la forma de la acanaladura, como con la primera realización, se pueden adoptar apropiadamente otras diversas formas distintas de la forma en X.

A continuación, las tuberías de acero (11) se montan sobre los rodillos (45a) de los medios de posicionamiento (45), como se representa en las figuras 7 y 8. En este caso, los tamaños de la abertura de la raíz de soldadura (RO) y de la cara de la raíz de soldadura (RF) y la relación entre ellas en los respectivos extremos 11b, 11b de la tubería pueden ser los mismos que en la primera realización.

A continuación, como se representa en la figura 8, se disponen dos electrodos de soldeo EGW (5) sobre ambos del lado 11A de la cara frontal y el lado 11B de la cara posterior (véanse las figuras 7A y 7B), y se disponen las puntas (51) de los electrodos de soldeo EGW (5) para ser dirigidas a la dirección del espesor de chapa de las tuberías de acero (11) como piezas de trabajo.

Entonces, como con la primera realización, mientras se forma un bloque fundido [el metal de aportación fundido (31a)] alimentando alambres de soldar en la posición inicial de soldeo A1, simultáneamente se realiza soldeo EGW en la dirección sustancialmente vertical hacia arriba desde la posición inicial de soldeo A1 hasta la posición final de soldeo B1 indicadas en la figura 8. En este caso, se realiza el soldeo EGW de modo que se asegura el pasaje guía 12A (véase la figura 7B) a través del cual puede ser guiado a pasar el metal de aportación fundido (31a) formado en la acanaladura (12) entre los respectivos extremos 11b de la tubería unidos entre sí. Con ello, se mantiene igual el nivel de metal fundido del metal de aportación fundido 31a entre el lado 11A de la cara frontal y el lado 11B de la cara posterior, como en el caso de la primera realización representada en la figura 4A.

En este caso, los medios de posicionamiento (45) inician la rotación de los rodillos (45a) a una velocidad de acuerdo con la velocidad de soldeo, esto es, la velocidad de deposición del metal de aportación fundido 31a y gira las tuberías de acero (11) en la dirección R indicada en la figura 8 para soldar circunferencialmente controlando la velocidad de rotación. En este caso, en la dirección de soldeo, la línea soldada está sustancialmente en el plano vertical y los electrodos de soldeo EGW (5) están sustancialmente en la misma posición que cuando se mueven hacia arriba en la dirección vertical. Con ello, secuencialmente, se forma en la acanaladura (12) el bloque fundido compuesto del metal de aportación fundido 31a y cuando solidifica el bloque fundido (metal de aportación fundido 31a), se forma el metal de aportación 31 para obtener una porción soldada circunferencialmente 30.

En el soldeo circunferencial de una sola pasada antes descrito, la velocidad de movimiento de los electrodos de soldar (5) se controla de modo que los electrodos de soldar (5) se mueven sincronizados con el nivel de metal fundido del metal de aportación fundido 31a generado en la acanaladura (2). Por ejemplo, la velocidad creciente del nivel de la superficie de metal fundido del metal de aportación fundido 31a generado en la acanaladura (12) es detectado por cambios temporales del valor de la corriente de soldeo de cada electrodo de soldeo EGW (5) dispuesto en la acanaladura (12) de las tuberías de acero (11). Entonces, en base a los resultados de la detección,

se controla la velocidad de rotación de los rodillos (45a) de los medios de posicionamiento (45), por lo que se puede soldar manteniendo en la acanaladura (12) la longitud de extensión del alambre para soldar desde la punta (51) del electrodo de soldeo EGW (5) en un intervalo predeterminado, con lo que se permite soldar simultáneamente de una sola pasada de modo mucho más estable. Para conseguir el método, por ejemplo, uno cualquiera de los electrodos de soldeo EGW (5) puede estar provisto de medios de detección de corriente, que no están representados en los dibujos, para detectar cambios en la corriente de soldeo. Cuando están provistos dichos medios de detección de corriente, aunque suba la superficie (el nivel de la superficie del metal fundido) 31a para disminuir la longitud de extensión del alambre extendido desde la punta (51) e incremente con ello el valor de la corriente de soldeo, los medios de detección de la corriente originan cambios temporales del monitor en el valor de la corriente de soldeo y calculan la velocidad de incremento del valor de la corriente de soldeo, permitiendo con ello detectar la velocidad de subida del nivel de la superficie del metal fundido. Entonces, en base a resultados del cálculo por los medios de detección de la corriente se controla la velocidad de rotación de los rodillos (45a) de los medios de posicionamiento (45) para sincronizarlos con la velocidad de subida del nivel de la superficie del metal fundido. Con la estructura así formada, se puede fijar en un intervalo predeterminado la distancia (longitud del arco) entre la superficie del metal de aportación fundido 31a y la punta (51) de cada electrodo de soldeo EGW (5), por ejemplo en un intervalo de 15 a 60 mm y más preferiblemente de 15 a 30 mm. Con ello, se puede realizar el soldeo de una sola pasada de modo mucho más estable, evitándose defectos soldados. También se puede detectar el nivel de la superficie del metal fundido usando el termómetro de radiaciones antes mencionado, una cámara CCD, ondas ultrasónicas, etc.

Se puede adoptar una estructura en la que medios para detectar una señal del valor antes mencionado de la corriente de soldeo, intensidad de luz infrarroja, una imagen, tiempo de reflexión ultrasónica, etc., y/o los dispositivos de control (43) representados en la figura 2A están provistos de medios de control para regular la velocidad de movimiento de los portadores automáticos (42) en base a las señales de detectadas

Entonces, cuando durante el soldeo los electrodos de soldeo EGW (5) alcanzan la posición final de soldeo B, se paran los rodillos 45a de los medios de posicionamiento (45).

Durante el proceso antes descrito, se forma la porción soldada circunferencialmente 30 en la posición de los extremos 11a, 11a soldados a tope entre sí, con lo que las tuberías de acero (11) se sueldan entre sí.

En la presente realización, los electrodos de soldeo EGW (5) están dispuestos sobre el lado 11A de la cara frontal y el lado 11B de la cara posterior de las tuberías de acero (11), esto es, sobre el lado 11A de la cara frontal (cara exterior) y el lado 11B de la cara posterior (cara interior) de las tuberías de acero, para realizar simultáneamente el soldeo circunferencial de una sola pasada. Con ello, aunque se realice soldeo EGW de tuberías de acero que tengan un espesor grande de chapa, se puede realizar el soldeo circunferencial de una sola pasada sin disminuir la eficiencia del proceso de soldeo, evitando defectos soldados.

Incluso en la primera realización, igual que en la primera realización, el número total de electrodos de soldeo EGW (5) sobre los lados de ambas caras puede ser dos o más, y se puede incrementar el número de electrodos de acuerdo con el espesor de chapa de las tuberías de acero (11) que se han de soldar. Esto permite soldeo EGW de los extremos 11b, 11b de tuberías de acero (1) fabricadas de chapas gruesas que tienen espesores de 40 a 300 mm, evitando muy eficientemente que se produzcan defectos.

Además, igual que en la primera realización, se realiza soldeo circunferencial mientras los electrodos de soldeo EGW (5) oscilan en la dirección del espesor de chapa de las tuberías de acero (11) (o de miembros con forma de tubería), puesto que se puede obtener un efecto más notable de evitar defectos soldados.

Adicionalmente, la presente realización puede adoptar también un método para unir un miembro de unión, que no está presentado en los dibujos, sobre una parte circunferencial de las tuberías de acero (11) unida en la porción soldada circunferencialmente 30. En este caso, el material de acero usado para el miembro de unión no está limitado particularmente y, por ejemplo, es aplicable un material usado convencionalmente en el campo de interés, como una chapa de diafragma. Además, en los extremos, se puede adoptar un miembro de unión con una acanaladura de dos lados sobre el lado 11A de la cara frontal y sobre el lado 11B de la cara posterior. Adicionalmente, incluso en este caso se puede adoptar como método de soldeo el soldeo EGW antes descrito.

Además, el método de soldeo circunferencial frontal y posterior simultáneo usando el EGW, descrito en la presente realización, también se puede aplicar para soldar un miembro de unión, como un diafragma del tipo no penetrativo, conocido convencionalmente, para tuberías de acero (usualmente, una chapa de acero con forma sustancialmente de disco) y una tubería de acero.

De acuerdo con el método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas (11) de la presente realización antes descrita, se pueden obtener simultáneamente una mejora de la eficiencia de soldeo y el efecto de evitar defectos soldados adoptando el proceso destinado a permitir que el metal de aportación fundido 31a sea guiado a pasar entre ambas caras de las tuberías de acero (11) para realizar

simultáneamente soldeo EGW desde los lados de ambas caras, incluso aunque se suelden a tope en posición vertical miembros con forma de tubería fabricados de chapas de acero gruesas que tienen un espesor de chapa de aproximadamente 40 a 300 mm, como en la primera realización.

**Ejemplos**

5 A continuación se describe más específicamente la presente invención usando ejemplos del método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, para chapas de acero gruesas y el método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrogas, con varios electrodos, para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención. Sin embargo, evidentemente, la invención no se limita a estos ejemplos y puede ser implementada mediante modificaciones que se añadan apropiadamente sin salirse del alcance de la invención aquí descrita, incluyéndose todas estas realizaciones en el alcance técnico de la invención.

10 En los presentes ejemplos, primero se prepararon chapas de acero fabricadas de un acero del tipo indicado en la tabla 2 antes descrita y que tenían el espesor y dimensiones externas indicadas en la tabla 3. Además, igualmente, usando chapas de acero fabricadas de un acero del tipo indicado en la tabla 2 y que tenían el espesor y las dimensiones externas indicadas en la tabla 3, se produjeron, mediante un proceso de curvado, tuberías de acero que tenían el diámetro exterior indicado en la tabla 3.

Tabla 3.

Símbolo del tipo de acero	Espesor (t) (mm)	Tamaño de la muestra de ensayo (mm)				
		Unión a tope para chapas de acero	Unión soldada circunferencial para tuberías de acero			
		Dimensiones externas	Diámetro interior (d)	Diámetro exterior (D)	Dimensiones externas	
N	40	Espesor (t) de la chapa x ancho de la chapa (sólo un lado):: 250 x longitud de soldeo en dirección longitudinal: 1.000				1.960
D	51					
E	71					
A	80					
B1, B2	102		Espesor (t) de la chapa X ancho por miembro de tubería de acero: 250			
C	150					
F	210					
G	300					
			Sin uso			

A continuación, se procesaron extremos de las respectivas chapas de acero y tuberías de acero formando las respectivas formas de acanaladura representadas en la tabla 4 y en las figuras 9A a 9E.

20 A continuación, se soldaron a tope entre sí las respectivas chapas de acero, así como los extremos de las respectivas tuberías de acero. Después, se realizó soldeo EGW de una sola pasada, con varios electrodos, bajo las condiciones del ejemplo de la presente invención y de los ejemplos comparativos, indicadas en las tablas 4 y 5. En este caso, en los ejemplos 1 a 30 de la invención y en los ejemplos comparativos 1 a 8, se realizó soldeo EGW en posición vertical hacia arriba. Además, en los ejemplos 31 a 39 y en los ejemplos comparativos 9 a 12, se realizó soldeo EGW circunferencial de abajo arriba en dirección vertical girando las tuberías de acero a lo largo de sus extremos de modo que la línea de soldeo estaba sustancialmente en un plano vertical en un estado en el que los extremos de las tuberías de acero estaban soldados a tope entre sí. Además, en los respectivos ejemplos de la invención y en los respectivos ejemplos comparativos, el soldeo EGW se realizó con las disposiciones de los electrodos indicadas en la tabla 4 y en las figuras 9A a 9E.

30

Tabla 4

Ej. nº	Chapa de acero		Forma de la acanaladura					Configuración del dispositivo del proceso VEGA		
	Tipo de acero	Espesor t de la chapa (mm)	Forma de la acanaladura X: en forma de X V: en forma de V	Profundidad de la acanaladura (excluida RF, mm)	Ángulo de la acanaladura $\theta$ (°)	Abertura de la raíz de soldadura RO (mm)	Cara de la raíz de soldadura RF (mm)	Número de electrodos fuera	Número de electrodos dentro	Símbolo de la disposición de los electrodos (véase la fig. 8)
1	N	40	X	20	30	3	0	1	1	(a)
2	D	51	X	18	20	4	15	1	1	(a)
3	D	51	X	14.5	20	4	22	1	1	(a)
4	D	51	X	14.5	20	4	22	1	1	(a)
5	E	71	X	28	15	4	15	1	1	(a)
6	E	71	X	20	20	5	31	1	1	(a)
7	A	80	X	35	35	1	10	1	1	(a)
8	A	80	X	34	35	2	12	1	1	(a)
9	A	80	X	38	35	0	4	1	1	(a)
10	A	80	X	34	25	2	12	1	1	(a)
11	A	80	X	25	20	5	30	1	1	(a)
12	A	80	X	15	15	10	50	1	1	(a)
13	A	80	Cara asimétrica X interior/exterior	Fuera 50 Dentro 30	20 30	6	0	2	1	(c)
14	B1	102	X	45	10	8	12	2	2	(b)
15	B1	102	X	39	10	8	24	2	2	(b)
16	B1	102	X	39	10	8	24	2	2	(b)
17	B1	102	X	39	10	8	24	2	2	(b)
18	B1	102	X	30	10	8	42	1	1	(a)
19	B1	102	X	30	10	8	42	1	1	(a)
20	B1	102	X	30	10	8	42	1	1	(a)
21	B2	102	X	48.5	15	4	5	2	2	(b)
22	B2	102	X	46	15	4	10	2	2	(b)
23	B2	102	X	51	30	0	0	2	2	(b)
24	B2	102	X	49	30	0	4	2	2	(b)
25	B2	102	Cara asimétrica X interior/exterior	Fuera 60 Dentro 30	20 35	4	12	2	1	(c)
26	C	150	X	49	10	14	52	2	2	(b)
27	C	150	X	49	10	16	52	2	2	(b)
28	C	150	Cara asimétrica X interior/exterior	Fuera 70 Dentro 35	15 20	8	45	2	1	(c)

Ejemplos de la presente invención

Soldeo a tope en vertical

29	F	210	X	82.5	10	8	45	2	2	(b)
30	G	300	X	125	15	12	50	4	3	(d)
31	N	40	X	20	30	3	0	1	1	(a)
32	D	51	X	14.5	20	4	22	1	1	(a)
33	E	71	X	20	20	5	31	1	1	(a)
34	A	80	X	25	20	5	30	1	1	(a)
35	A	80	Cara asimétrica X interior/exterior	Fuera 50 Dentro 30	20 30	6	0	2 -	- 1	(c)
36	B1	102	X	39	10	8	24	2	2	(b)
37	B2	102	X	46	15	4	10	2	2	(b)
38	B2	102	Cara asimétrica X interior/exterior	Fuera 60 Dentro 30	20 35	4	12	2 -	- 1	(c)
39	C	150	Cara asimétrica X interior/exterior	Fuera 70 Dentro 35	15 20	8	45	2 -	- 1	(c)
1	E	71	V	71	20	6	-	1	1	(e)
2	A	80	V	80	20	4	-	1	1	(e)
3	A	80	V	80	20	6	-	1	1	(e)
4	A	80	X	37.5	35	0	5	1	1	(a)
5	A	80	V	80	15	6	-	1	1	(a)
6	A	80	V	80	15	8	-	1	1	(e)
7	B1	102	V	102	15	6	-	1	1	(e)
8	B2	102	X	48.5	30	0	5	2	2	(b)
9	N	40	V	40	20	10	-	1	1	(e)
10	D	51	V	51	20	6	-	1	1	(e)
11	D	51	V	51	20	8	-	1	1	(e)
12	A	80	V	80	20	6	-	1	1	(e)
<b>Ejemplos comparativos</b>										
<b>Soldeo a tope en vertical</b>										
<b>Soldeo circunferencial</b>										

Tabla 5

Ej. nº	Condiciones de soldado para el método de soldado VEGA												Evaluación de defectos soldados	Resiliencia HAZ del miembro de acero		Resiliencia del metal de aportación			
	Intensidad I de la corriente de soldado (A)				Voltaje del arco (V)				Velocidad v de soldado (cm/s)	Aportación de calor Q (kJ/cm)	Angulo P de aproximación del soplete (°)	Ancho de la oscilación (mm)		Número de oscilaciones (min <sup>-1</sup> )	Tiempo de parada de los electrodos (s)		Energía Charpy absorbida en posición de 1 mm de la HAZ	Energía Charpy absorbida en el centro del metal de aportación	
	Electrodo nº		Electrodo nº		Electrodo nº		Lado de la abertura								Ensayo VE-20 a -20°C (J)				Ensayo VE0 a 0°C (J)
	1	2	3	4	1	2	3	4											
1	400	400	-	-	40	40	-	-	16.3	118	15	7	50	0	0.7	182	78	135	
2	400	400	-	-	40	40	-	-	17.2	112	20	7	25	1.0	0.7	250	88		
3	420	420	-	-	41	41	-	-	18.8	110	20	6	28	1.0	1.0	218	109		
4	420	420	-	-	41	41	-	-	17.6	118	20	0	0	-	-	192	85		
5	420	420	-	-	42	42	-	-	12.4	171	20	9	18	1.1	1.1	187	63		
6	420	420	-	-	42	42	-	-	11.7	181	20	7	24	1.1	1.1	201	88		
7	420	420	-	-	42	42	-	-	6.3	336	20	10	20	1.1	1.1	168	58		
8	420	420	-	-	42	42	-	-	6.6	321	20	10	20	1.1	1.1	156	78		
9	420	420	-	-	42	42	-	-	7.1	297	20	9	20	1.1	1.1	168	84		
10	420	420	-	-	42	42	-	-	9.1	234	20	0	0	-	-	147	67		
11	420	420	-	-	42	42	-	-	9.5	223	20	9	20	1.0	0.7	202	73		
12	420	420	-	-	41	41	-	-	7.4	279	20	6	28	1.0	1.0	185	63		
13	-	-	-	-	-	-	-	-	9.0	300	20	10	30	1.0	0	212	79		
14	390	370	420	420	42	42	42	42	9.4	407	25	15	23	1.0	1.0	184	66		
15	390	370	390	370	42	42	42	42	10.8	355	25	10	20	1.1	1.1	211	78		
16	390	370	390	370	42	42	42	42	9.9	387	25	0	0	-	-	180	88		
17	390	370	390	370	42	42	42	42	9.5	403		10	20	1.1	1.1	166	79		
18	390	370	-	-	42	42	-	-	5.1	376	25	10	20	1.1	1.1	215	76		
19	390	370	-	-	42	42	-	-	5.1	376	40	10	20	1.1	1.1	162	84		
20	390	370	-	-	42	42	-	-	5.1	376	40	10	20	1.1	1.1	195	89		
21	360	330	360	330	42	42	42	42	9.8	355	25	15	23	1.0	1.0	187	66		
22	360	330	360	330	42	42	42	42	10.5	331	25	15	23	1.0	1.0	164	58		
23	360	330	360	330	42	42	42	42	8.0	436	25	15	23	1.0	1.0	145	53		
24	360	330	360	330	42	42	42	42	8.6	405	25	15	23	1.0	1.0	148	63		
25	390	370	-	-	42	42	-	-	8.1	367	25	15	17	1.1	1.1	204	72		
26	360	330	360	330	42	42	42	42	4.4	790	25	10	20	1.1	1.1	245	76		
27	360	330	360	330	42	42	42	42	3.9	892	25	10	20	1.1	1.1	238	86		

Soldado a tope en vertical

Ejemplos de la presente invención



Tabla 6

Ej. nº	Condiciones de soldado para el método de soldado VEGA												Evaluación de defectos soldados		Resiliencia HAZ del miembro de acero		Resiliencia del metal de aportación	
	Intensidad I de la corriente de soldado (A)				Voltaje del arco (V)				Velocidad v de soldado (cm/s)	Aportación de calor Q (kJ/cm)	Angulo P de aproximación del soplete (°)	Ancho de la oscilación (mm)	Número de oscilaciones (min <sup>-1</sup> )	Tiempo de parada de los electrodos (s)		UT (Detección ultrasónica de defectos) o: sin defectos x: con defectos	Energía Charpy absorbida en posición de 1 mm de la HAZ	Energía Charpy absorbida en el centro del metal de aportación
	Electrodo nº		Electrodo nº		Lado de la abertura		Lado de la raíz											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	1	2	Ensayo VE-20 a -20°C (J)	Ensayo VEO a 0°C (J)	Ensayo VE-20 a -20°C (J)	Ensayo VEO a 0°C (J)		
1	420	420	-	-	42	42	-	-	4.8	436	20	9	18	1.1	1.1	0	33	41
2	420	420	-	-	42	42	-	-	3.9	532	20	10	20	1.1	1.1	0	31	39
3	420	420	-	-	42	42	-	-	4.0	525	20	10	20	1.1	1.1	0	39	34
4	420	420	-	-	42	42	-	-	6.7	313	20	10	20	1.1	1.1	x	161	88
5	420	420	-	-	42	42	-	-	4.2	509	20	9	20	1.0	0.7	0	29	41
6	420	420	-	-	41	41	-	-	4.0	518	20	6	28	1.0	1.0	0	21	29
7	390	370	-	-	42	42	-	-	2.8	695	20	10	20	1.1	1.1	0	35	33
8	360	330	360	330	42	42	42	42	8.8	395	20	15	23	1.0	1.0	x	167	67
9	400	400	-	-	40	40	-	-	6.5	295	20	7	50	0	0.7	0	34	58
10	400	400	-	-	40	40	-	-	5.9	323	20	7	25	1.0	0.7	0	45	37
11	420	420	-	-	41	41	-	-	6.6	311	20	7	24	1.1	1.1	0	41	39
12	420	420	-	-	42	42	-	-	3.7	565	20	9	20	1.0	0.7	0	33	34
Soldeo a tope en vertical												Soldeo circunferencial						
Ejemplos comparativos																		

Con respecto a uniones de chapas de acero y uniones de tuberías de acero realizadas usando soldeo eléctrico por un electrodo, con varios electrodos, bajo diversas condiciones, los defectos soldados en zonas soldadas y la resiliencia de zonas afectadas por el calor (HAZ) y de metal de aportación se evaluaron por los métodos descritos a continuación.

Con respecto a defectos soldados, con la finalidad principal de detectar penetración incompleta en la posición de la raíz de soldadura de la zona soldada donde no se puede obtener penetración, se inspeccionaron uniones soldadas mediante ensayos de detección ultrasónica de defectos usando, como norma aplicable, el método de ensayo de detección ultrasónica de defectos en zonas de acero soldadas, de acuerdo con JIS Z 3060 (2002). En este caso, como método de detección de defectos se usó una técnica de una sola sonda de haz angular y, a un ángulo de refracción de detección de defectos de 60,0°, se detectaron defectos mediante un método de proyección directa desde ambos lados de las caras de las uniones. Además, en base al Apéndice 7L de las normas antes citadas como criterios de determinación, se evaluaron los resultados de detección de defectos.

Los resultados de la evaluación se indican en las tablas 5 y 6, en las que "o" representa ausencia de defectos soldados y "x" representa presencia de un defecto soldado en la detección por el método de detección ultrasónica de defectos bajo las condiciones antes citadas.

Por otro lado, con la finalidad de evaluar la validez de zonas del material afectadas por el calor y las propias propiedades del material base de aportación, en particular para evaluar la resiliencia, que es un problema en soldeo con alto aporte de calor, se realizó el ensayo de impacto Charpy de acuerdo con JIS Z 2242 (1998), tomando muestras Charpy de uniones soldadas en la dirección del ancho de la chapa como dirección longitudinal. En este caso, se evaluó la rigidez de HAZ formando una muesca (entalla) en forma de V en una posición en el lado de la HAZ 1 mm lejos de la línea de fusión y considerando la energía total absorbida en el ensayo de impacto como energía absorbida Charpy "-20°C: vE-20(J); 0°C: ve0(J)". Los resultados de la evaluación se indican en las tablas 5 y 6.

Además, se evaluó la resiliencia del metal de aportación formando una muesca (entalla) en forma de V en la posición central de cada metal de aportación y considerando la energía total absorbida en el ensayo de impacto como energía absorbida Charpy "-20°C: vE-20(J); 0°C: ve0(J)". Los resultados de la evaluación se indican en las tablas 5 y 6.

En general, para usar en una estructura una unión soldada, en primer lugar, un requisito esencial es no detectar defectos soldados en la evaluación de resultados de detección de defectos y, en segundo lugar, es deseable que una zona soldada asegure un valor favorable de la resiliencia Charpy. En los presentes ejemplos, se realizó la evaluación sustancialmente considerando un intervalo de valores de energía absorbida superiores < 47 J como valores favorables de la resiliencia Charpy en el ensayo de impacto a -20°C.

Como se representa en la tabla 5, en los ejemplos 1 a 39 de la presente invención sometidos a soldeo EGW de una sola pasada bajo las condiciones especificadas por la presente invención, no se detectaron defectos soldados en todos los casos sometidos a soldeo EGW entre chapas de acero y soldeo EGW entre tuberías de acero, y se puede ver que la resiliencia de la HAZ y del metal de aportación son excelentes. En consecuencia, es evidente que el uso del método de soldeo de la presente invención puede conseguir excelente calidad de soldeo y alta productividad por una sola pasada.

Por el contrario, como se representa en la tabla 6, en los ejemplos comparativos 1 a 12 sometidos a soldeo EGW de una sola pasada bajo condiciones fuera del intervalo especificado por la presente invención, todos los casos sometidos a soldeo EGW entre chapas de acero o entre tuberías de acero no consiguieron la ausencia de defectos soldados detectados y la seguridad de resiliencia del metal de aportación. Esto indica que los productos de los ejemplos comparativos fueron inadecuados como uniones soldadas para estructuras verdaderas.

Los ejemplos comparativos 4 y 8 usaron acanaladuras en forma de X y aplicaron aporte adecuado de calor en relación con el espesor de las chapas, por lo que se obtuvieron valores favorables de la resiliencia. Sin embargo, en ambos ejemplos, la penetración fue insuficiente con respecto a la distancia de la cara de la raíz de soldadura (RF), originando un fallo en resultados de la evaluación de defectos soldados.

Además, los ejemplos comparativos 1 a 3, 5 a 7 y 9 a 12 obtuvieron resultados exitosos en la evaluación de defectos soldados. Sin embargo, estos ejemplos usaron formas de acanaladuras en las que sólo el lado de una cara estaba a bisel y la resiliencia HAZ del miembro de acero y el metal de aportación no exhibieron un valor suficiente de la resiliencia. Como resultado, se determinó que los ejemplos comparativos antes citados fueron inapropiados como uniones soldadas para estructuras verdaderas.

Los resultados de los ejemplos antes descritos demuestran que el método de soldeo eléctrico por un electrodo, con

varios electrodos, para chapas de acero y el método de soldeo eléctrico circunferencias por un electrogas, con varios electrodos, para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención pueden conseguir una mejora de la eficiencia de soldeo y una disminución de defectos soldados, evitando la disminución de calidad de una zona soldada.

5 Aplicabilidad industrial

De acuerdo con la presente invención, se pueden conseguir simultáneamente alta productividad y alta calidad de soldeo aplicando la presente invención a un proceso de soldeo, por ejemplo, cuando se fabrica una estructura grande de acero compuesta de chapas de acero y tuberías de acero, como una columna hueca en forma de tubería de acero fabricada a partir de chapas de acero gruesas y usada en el campo de la arquitectura, una torre grande de acero o una porción de una torre de acero de un molino de viento para la generación de energía. Por lo tanto, el grado de contribución social conseguido por la presente invención es inmensurable.

Lista de números de referencia.

	.1, 10	Chapa de acero gruesa
	1A, 10 A	Cara frontal
15	1B, 10B	Cara posterior
	1a	Extremo
	2, 2a, 2b	Acanaladura
	21	Pasaje guía
20	11	Tubería de acero (tubería de acero obtenida curvando una chapa de acero gruesa para obtener una tubería)
	11A	Cara frontal
	11B	Cara posterior
	11a	Extremo
	11b	Extremo de la tubería
25	12	Acanaladura
	3	Zona soldada
	30	Porción soldada circunferencialmente
	31	Metal de aportación
	31a	Metal de aportación fundido (bloque fundido)
30	4	Dispositivo de soldeo eléctrico por electrogas (dispositivo EGW)
	41	Base
	42	Portador automático
	43	Dispositivo de control del portador automático
	40	Dispositivo de soldeo eléctrico circunferencial por electrogas (dispositivo EGW)
35	45	Medios de posicionamiento
	45a	Rodillo
	5	Electrodo de soldeo eléctrico por electrogas (electrodo de dispositivo EGW)
	51	Punta
	A, A1	Posición de inicio del soldeo
40	B, B1	Posición de final del soldeo

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, que comprende:

disponer extremos de chapas de acero gruesas que se han de soldar, que tienen un espesor de 80 a 300 mm, frente a frente entre sí para formar una acanaladura (2) entre los extremos de las chapas de acero,

5 estando la abertura de una raíz de soldadura (RO) de la acanaladura en el intervalo de 0 a 16 mm, y

en el que, cuando la abertura de la raíz de soldadura (RO) está en el intervalo de  $0 \leq RO < 1$  mm, la cara de la raíz de soldadura (RF) satisface la relación representada por la fórmula 1; cuando la abertura de la raíz de soldadura (RO) está en el intervalo de  $1 \leq RO < 10$  mm, la cara de la raíz de soldadura (RF) satisface la relación representada por la fórmula 2; y cuando la abertura de la raíz de soldadura (RO) está en el intervalo de  $10 \leq RO < 16$  mm, la cara de la raíz de soldadura (RF) satisface la relación representada por la fórmula 3;

10

$$RF \leq 7,8 RO + 4,0 \text{ mm} \quad (\text{fórmula 1})$$

$$RF \leq 4,8 RO + 7,0 \text{ mm} \quad (\text{fórmula 2})$$

$$RF \leq 55 \text{ mm} \quad (\text{fórmula 3})$$

(en las fórmulas anteriores, 1, 2 y 3, RF representa la cara de la raíz de soldadura y RO representa la abertura de la raíz de soldadura);

15

disponer uno o dos o más electrodos de soldeo eléctrico por un electrogas (5) en la acanaladura sobre cada uno de los lados de las caras frontal y posterior; y

simultáneamente soldar en dirección vertical de abajo arriba,

en el que la velocidad de movimiento de cada uno de los electrodos de soldeo eléctrico por un electrogas se controla de modo que cada electrodo de soldeo eléctrico por un electrogas se desplaza sincronizado con el nivel de la superficie de metal fundido de un metal de aportación fundido depositado en la acanaladura.

20

2. El método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la abertura de la raíz de soldadura (RO) es no menor que 3 mm y no mayor que 8 mm y la cara de la raíz de soldadura (RF) es no mayor que 8 mm.

25

3. El método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el ángulo de aproximación de los electrodos de soldeo eléctrico por un electrogas se fija en menor que  $0^\circ$  y no mayor que  $40^\circ$  cuando el ángulo de aproximación en dirección vertical hacia abajo es  $0^\circ$ .

4. El método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el soldeo se realiza oscilando por lo menos uno de los electrodos de soldeo eléctrico por un electrogas en la dirección del espesor de chapa de las chapas de acero gruesas.

30

5. El método de soldeo eléctrico por un electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la chapa de acero gruesa se somete a curvado para formar una tubería de acero y, después, se sueldan los extremos de la chapa de acero gruesa dispuestos uno frente a otro por el proceso de curvado.

35

6. Un método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, comprendiendo el método:

disponer extremos de una pluralidad de tuberías de acero de modo que estén uno frente a otro para formar una acanaladura entre los extremos de las tuberías de acero; montar las tuberías de acero sobre medios de posicionamiento (45) de modo que los ejes centrales de las tuberías de acero estén sustancialmente concéntricos y sustancialmente horizontales; y

40

después, hacer que los medios de posicionamiento giren alrededor de los ejes centrales para realizar el soldeo.

7. El método de soldeo eléctrico circunferencial por un electrogas, con varios electrodos, de acuerdo con la reivindicación 6, que la comprende además disponer miembros de unión uno frente a otro sobre una parte circunferencial de las tuberías de acero para formar la acanaladura, soldando con ello los miembros de unión.

45

FIG. 1

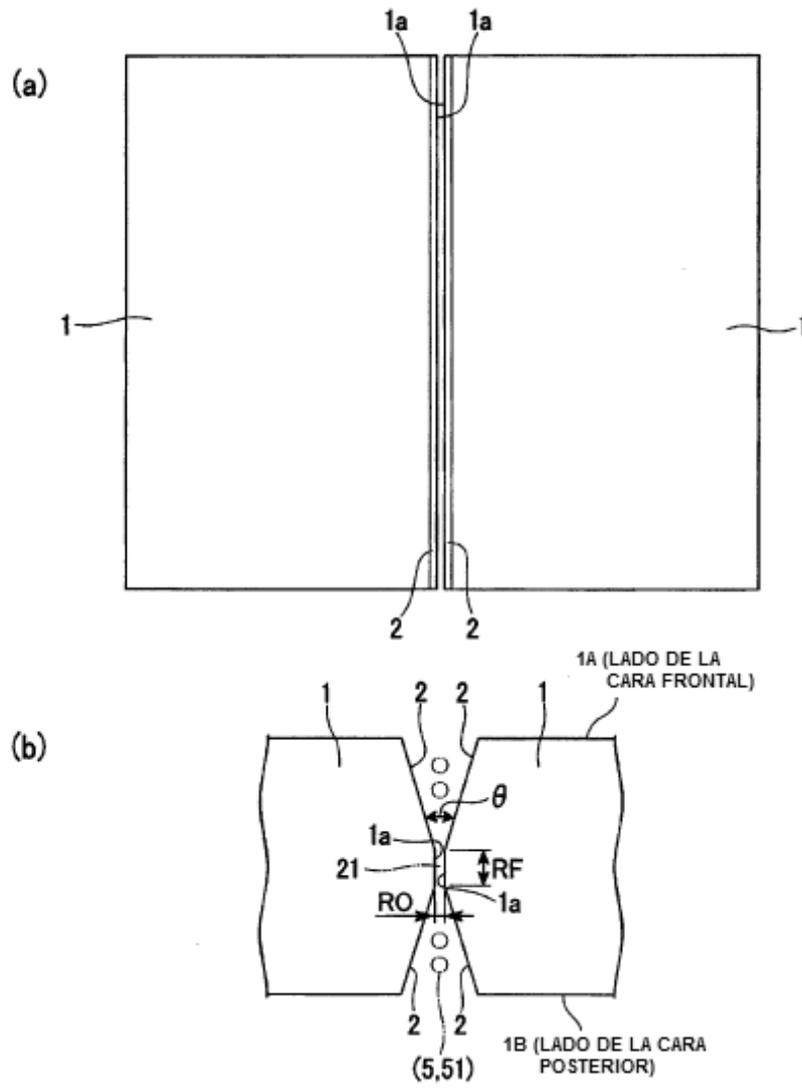






FIG. 4

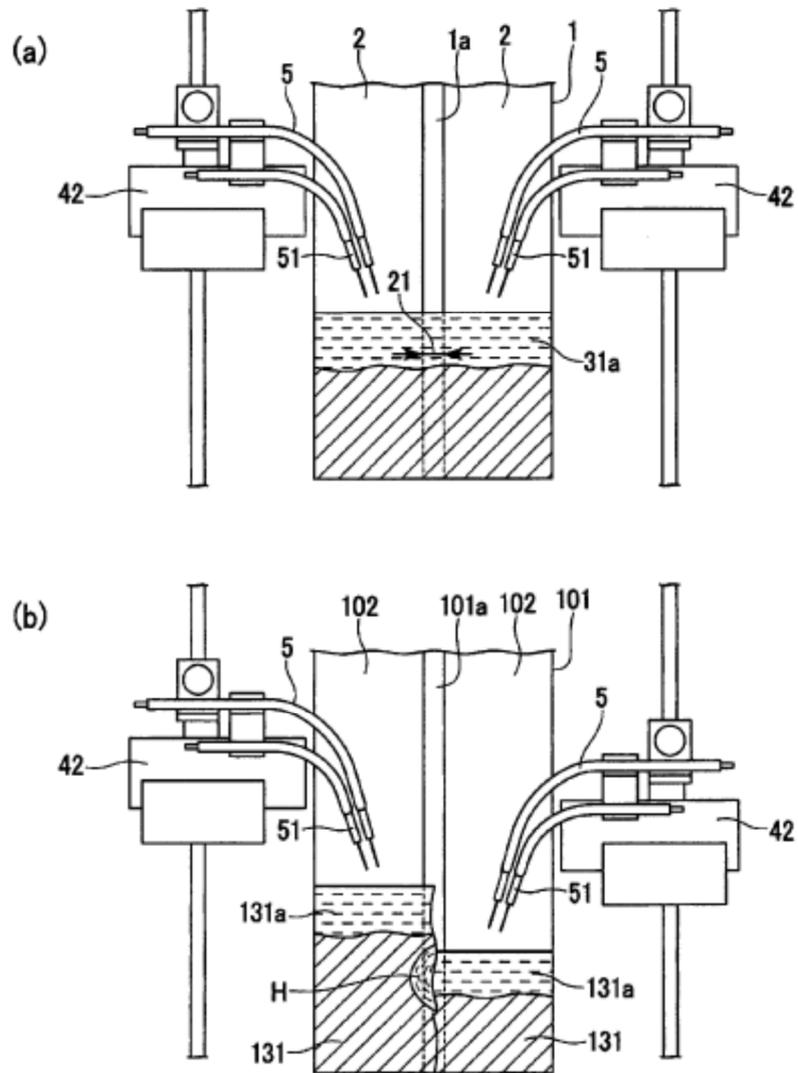
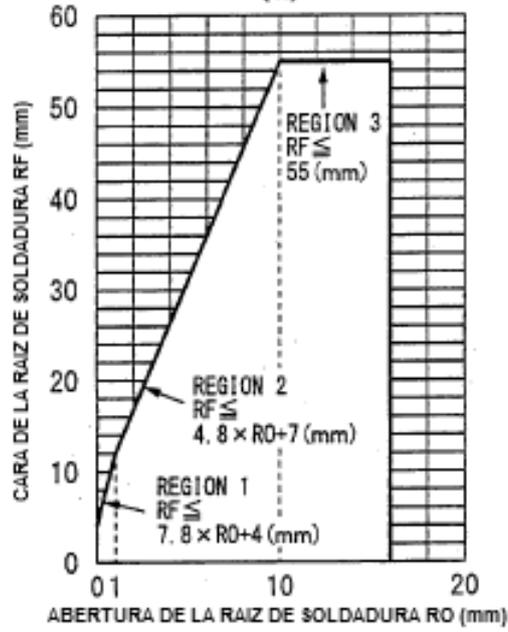
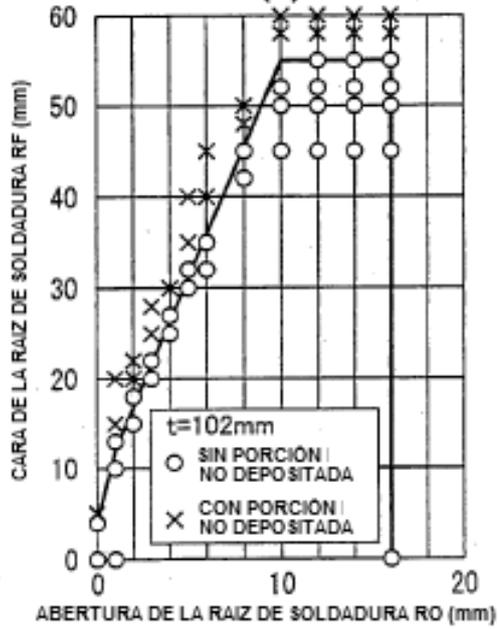


FIG. 5

(a)



(b)



(c)

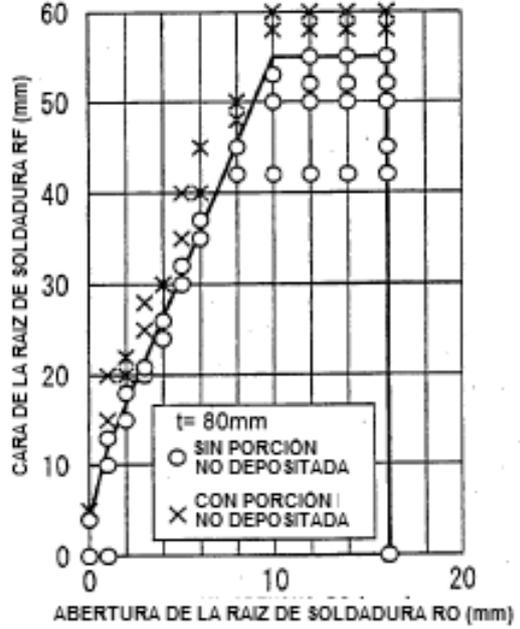
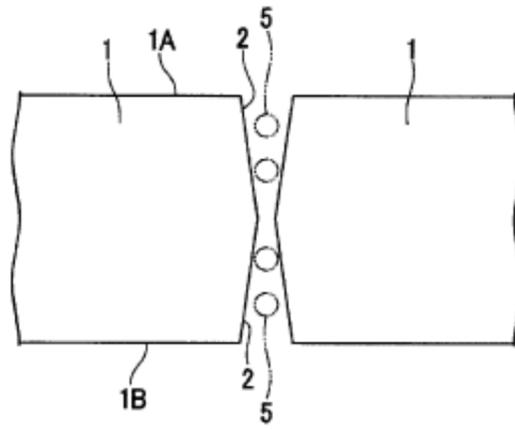


FIG. 6

(a)



(b)

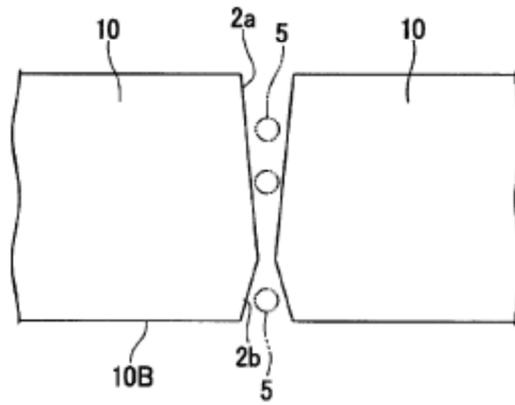


FIG. 7

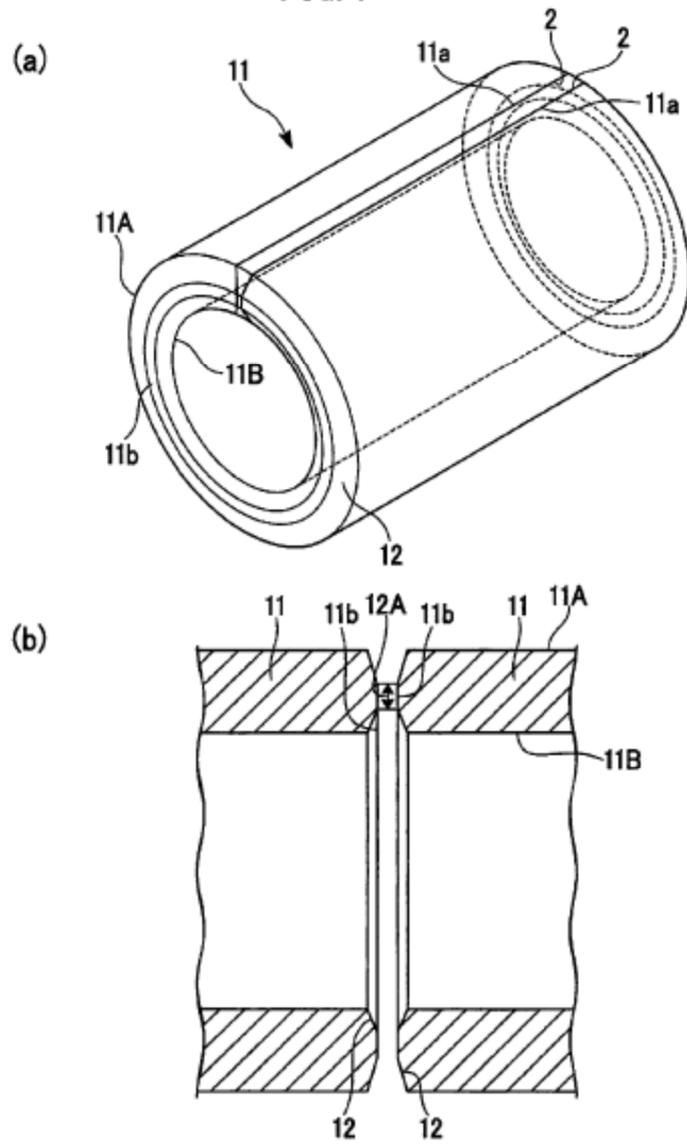


FIG. 8

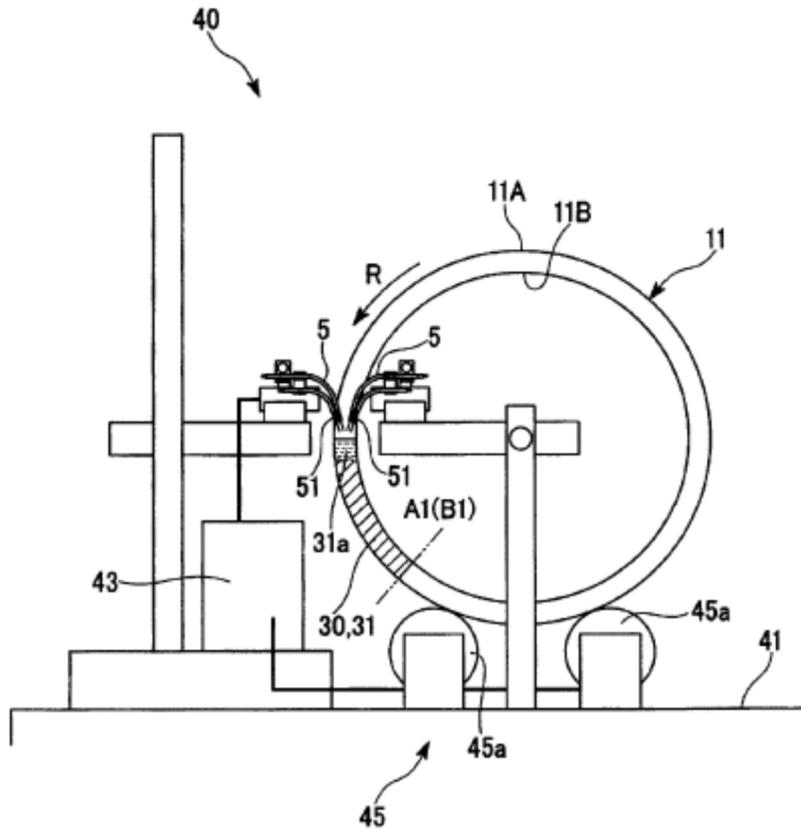


FIG. 9

