

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 352**

51 Int. Cl.:

B23K 20/10 (2006.01)

B23K 33/00 (2006.01)

C21D 7/04 (2006.01)

C21D 9/50 (2006.01)

C21D 10/00 (2006.01)

B23K 103/04 (2006.01)

C21D 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2003 PCT/JP2003/013875**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.05.2004 WO04040023**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2003 E 03769982 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 1559796**

54 Título: **Método para incrementar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de un producto de acero**

30 Prioridad:

30.10.2002 JP 2002315396

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

13.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ISHIKAWA, TADASHI;
NAKASHIMA, KIYOTAKA y
NOSE, TETSURO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 624 352 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 para incrementar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de un producto de acero

5 La presente invención se refiere a un método para mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de una chapa de acero usada para la construcción de edificios, construcción naval, puentes, máquinas de construcción, estructuras en mar abierto y otras estructuras soldadas. Específicamente, la presente invención se refiere a un método para mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de varias capas, una junta soldada en chaflán y una junta soldada con gran aporte de calor de una sola pasada o de varias pasadas.

10 En general, como juntas soldadas usadas para la construcción de edificios, construcción naval, puentes, máquinas de construcción, estructuras en mar abierto y otras estructuras soldadas están las juntas soldadas de varias capas obtenidas soldando con un gran número de pasadas, las juntas soldadas en chaflán para soldar esquinas disponiendo chapas de acero perpendicularmente entre sí y las juntas soldadas de una sola pasada o de varias pasadas obtenidas soldando con gran aporte de calor. Más adelante se dará una descripción detallada de los problemas convencionales relativos a la tenacidad de las zonas afectadas por el calor de las juntas soldadas.

Juntas soldadas de varias capas

20 En una junta soldada de varias capas, la microestructura de la chapa de acero se vuelve granular debido al aporte de calor durante la soldadura. Sin embargo, por la pasada posterior de soldadura, se calienta de nuevo la región donde se hacen más gruesos los granos de los cristales por lo que estos se vuelven más finos. Por lo tanto, se asegura también una tenacidad alta en la zona afectada por el calor (HAZ). Sin embargo, la zona afectada por el calor formada por una última pasada cerca de la superficie de la chapa de acero no está sometida a una pasada posterior de soldadura por lo que los granos de los cristales no se vuelven más finos por el recalentamiento. Los granos de los cristales se mantienen gruesos como son, por lo que se degrada mucho la tenacidad a la rotura.

25 Por ejemplo, *Kinzoku Binran (Metal Handbook)*, editado por el Japan Institute of Metals (quinta edición revisada), Maruzen Ltd., página 1.072, figuras 16 a 50, describe, en relación con la microestructura de una zona afectada por el calor de soldadura, que la microestructura se vuelve enseguida completamente austenítica por el calentamiento, por lo que a su vez se vuelve extremadamente gruesa, apta para endurecerse y agrietarse.

30 Para resolver esto, convencionalmente, la soldadura posterior se realiza incluso después de haberse acabado la soldadura predeterminada, por lo que la porción relacionada se suelda hasta un estado aumentado que incrementa los granos refinados en la microestructura. Después, el aumento en exceso no requerido es eliminado por una esmeriladora, por lo que sólo se deja que permanezca la zona afectada por el calor en el refinado de los granos por recalentamiento. Sin embargo, con tal medida, resulta necesario un exceso de trabajo de soldadura, como trabajo esmerilado, etc. Por lo tanto, existe el problema de que los costes de instalación y la carga del proceso son grandes por lo que el proceso no es realista.

35 Juntas soldadas en chaflán

En una junta soldada en chaflán para soldar una esquina disponiendo chapas de acero perpendicularmente entre sí, los granos de los cristales se vuelven más gruesos en las proximidades de la zona afectada por el calor de una porción del borde de la soldadura. Por lo tanto, existe el mismo problema que en una junta soldada de varias capas.

Junta soldada con gran aporte de calor

40 Una chapa de acero a la que se aplica una junta soldada de una sola pasada o de varias pasadas se diseña en general para evitar la granulación de la microestructura de la zona afectada por el calor incluso sin aportación repetida de calor por una pasada posterior de soldadura incrementando el refinado y dispersando TiN, óxidos, etc. en la matriz de la chapa de acero y permitiendo así la supresión del crecimiento de granos de austenita por el efecto de enclavamiento del TiN, óxidos, etc. Sin embargo, la microestructura de la zona afectada por el calor se vuelve fácilmente granular cuando la cantidad de calor aportado es grande. Por lo tanto, restringiendo la cantidad de calor aportado o mejorando la eficiencia de soldadura haciendo la ranura más estrecha y más próxima a vertical, la matriz de la chapa de acero no funde suficientemente y el metal de aportación acaba solidificándose antes. Por lo tanto, se produce fácilmente indentación marginal en la porción del borde de la soldadura. Esta zona se convierte en un sitio de concentración de tensiones y en un punto de iniciación de la rotura, por lo que se origina un problema de caída notable de la tenacidad a la rotura.

Además, como técnica anterior relativa al método de impartir vibración ultrasónica a la zona de soldadura, por ejemplo, la patente de los Estados Unidos número 6.171.415 describe un método de impartir vibración ultrasónica a

lo largo de un cordón de soldadura calentado por un arco de soldadura inmediatamente después de la soldadura por arco. Sin embargo, esta técnica anterior es un método de mejorar la resistencia a la fatiga mediante impactos por un vibrador ultrasónico y no describe nada sobre incrementar el refinamiento de la microestructura de la zona afectada por el calor o mejorar la tenacidad prensando juntas las partes pobremente fundidas del objeto de la presente invención.

5 Los documentos US 6.338.765B y US 2002/0043313A describen un método de impartir vibración ultrasónica para el tratamiento de estructuras soldadas.

La presente invención resuelve los problemas de la técnica anterior antes explicados y proporciona un método de mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de varias capas, en una junta soldada en ángulo o en una junta soldada con gran aporte de calor de una sola pasada o de varias pasadas de una chapa de acero.

La presente invención se desarrolló como resultado de estudios intensos para resolver los problemas antes explicados y proporciona un método de mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de varias capas, en una junta soldada en chaflán o en una junta soldada con gran aporte de calor de una sola pasada o de varias pasadas de una chapa de acero mediante impactos por un utensilio de vibración ultrasónica en las proximidades de la junta soldada de la chapa de acero.

En particular, el objeto de la presente invención se puede conseguir por las características definidas en las reivindicaciones.

La invención se describe en detalle conjuntamente con los dibujos, en los que:

la figura 1 es una vista de una primera realización de un método para mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de varias capas de una chapa de acero de la presente invención,

la figura 2 es una vista detallada de la zona afectada por el calor (5) de la figura 1,

la figura 3 es una vista de una segunda realización de un método para mejorar la tenacidad de la zona afectada por el calor en una junta soldada en chaflán de una chapa de acero de la presente invención,

la figura 4 es una vista de una realización de referencia de un método para mejorar la tenacidad de la zona afectada por el calor en una junta soldada con gran aporte de calor de una sola pasada o de varias pasadas de una chapa de acero,

la figura 5 es una vista de una indentación marginal antes de impactos ultrasónicos o de chorreado ultrasónico con granalla, y

la figura 6 es una vista de una indentación marginal después de impactos ultrasónicos o de chorreado ultrasónico con granalla.

Se dará una explicación detallada de realizaciones de la presente invención usando las figuras 1 a 6.

Primera realización

La figura 1 es una vista de una primera realización de un método para mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de varias capas de una chapa de acero de la presente invención. En la figura 1, una chapa de acero (1) y una chapa de acero (2) están unidas por una junta soldada de varias capas, (3) indica un metal de aportación, (4) indica una última pasada de soldadura, (5) indica una zona afectada por el calor (HAZ) formada por la última pasada de soldadura, (6) indica un utensilio de vibración ultrasónica, (7) indica una línea de fusión (FL) de la matriz de una chapa de acero y t indica el espesor de la matriz de la chapa de acero.

En la junta soldada de varias capas, incluso cuando una porción de la microestructura de la zona afectada por el calor (HAZ) se vuelve granular debido al calor de soldadura aportado, es calentada de nuevo por la pasada posterior por lo que los granos de los cristales se vuelven más finos por el ciclo térmico y se mantiene una tenacidad alta. Sin embargo, la zona afectada por el calor (5) calentada por la última pasada de soldadura (4) de la figura 1 no tiene una pasada posterior, por lo que los granos de los cristales se mantienen gruesos como son.

Por lo tanto, se usa un utensilio (martillo) de vibración ultrasónica (6) para el tratamiento de impactos ultrasónicos para impactar sobre la superficie de la zona afectada por el calor (5) y hacer más fina la microestructura de la zona afectada por el calor y, como resultado, mejorar notablemente la tenacidad.

El mecanismo no está claro pero se supone que los impactos de alta frecuencia realizados por el utensilio de vibración ultrasónica (6) originan que la superficie de la chapa de acero se deforme plásticamente y que el calor de

trabajo generado recristalice la microestructura de la zona afectada por el calor y que esta se vuelva más fina. Hay que indicar que, para favorecer la recristalización por este calor de trabajo, preferiblemente se calienta suplementariamente la chapa de acero antes o durante los impactos por el utensilio de vibración ultrasónica. El método de calentamiento suplementario no está limitado pero los preferidos son el método de calentamiento por inducción o el método de calentamiento eléctrico que no requieren instalaciones de gran tamaño.

El aparato de generación de ondas ultrasónicas usado en la presente invención es un aparato que genera una oscilación ultrasónica de 19 a 60 kHz mediante un transductor usando preferiblemente una fuente de alimentación de 200 W a 3 kW, amplificándola mediante guía de ondas y haciendo vibrar así un utensilio de vibración ultrasónica usando una o más clavijas que tienen que tienen un diámetro entre 5 y 30 mm con una amplitud de oscilación entre 20 y 60 μm .

Hay que indicar que, en la presente realización, la superficie de la zona afectada por el calor de la chapa de acero (2) está sometida a impactos ultrasónicos, pero la superficie afectada por el calor de la chapa de acero (1) también puede estar sometida a impactos ultrasónicos.

La figura 2 es una vista detallada de la zona afectada por el calor (5) de la figura 1. En la figura 2, (3) indica un metal de aportación, (7) indica una línea de fusión (FL) del metal de aportación y la matriz de la chapa de acero, (8) indica granos de cristales adyacentes a la línea de fusión (FL) y (10) indica la porción del borde.

En la figura 2, en los granos de cristales (8) adyacentes a la línea de fusión (7) del metal de aportación (3) y la matriz de la chapa de acero en la zona afectada por el calor (5) formada por la última pasada, el valor medio del eje longitudinal de los granos de cristales hasta una profundidad t de 2 mm o más desde la superficie de la chapa de acero se hace equivalente al tamaño de los granos de los cristales de la matriz de la chapa de acero antes de la soldadura a una profundidad de $\frac{1}{4}$ del espesor t desde la superficie de la chapa de acero.

Hay que indicar que, como microestructura de la presente matriz de la chapa de acero, de acuerdo con la chapa de acero a usar, se permite una microestructura de una combinación de una o más de una estructura de ferrita, estructura de ferrita-perlita, estructura de vainita, estructura de martensita, etc.

Además, como límite superior del equivalente del tamaño de los granos de los cristales de la matriz de la chapa de acero, se permite 120% o menos del tamaño de los granos de los cristales de la matriz de la chapa de acero para satisfacer el objeto de mejorar la tenacidad de la zona afectada por el calor. Cuanto más finos sean los granos de los cristales, más mejorará la tenacidad, por lo que no hay ningún límite inferior. El espesor t se considera hasta una profundidad de 2 mm o más porque el efecto de mejora de la tenacidad es insuficiente si la profundidad es menor que 2 mm.

Además, el valor medio del eje longitudinal de los granos de los cristales se hace equivalente al tamaño de los granos de los cristales de la matriz de la chapa de acero antes de soldar a la profundidad de $\frac{1}{4}$ del espesor t desde la superficie de la chapa de acero siempre que se pueda asegurar una tenacidad equivalente a la tenacidad en un lugar representativo de la matriz de la chapa de acero antes de la soldadura. Preferiblemente, el valor medio del eje longitudinal de los granos de los cristales se hace 30 μm o menos para exhibir suficientemente este efecto de mejora de la tenacidad. Hay que indicar que, como medida unitaria de la rotura, se empleó el eje mayor de los granos de los cristales que tiene una correlación mayor con la tenacidad a la rotura.

Además, en la presente memoria, los granos de los cristales adyacentes a la línea de fusión de la zona afectada por el calor están compuestos, de acuerdo con la chapa de acero a usar, no sólo de microestructuras del mismo tipo que la matriz de la chapa de acero, sino también de microestructuras rodeadas total o parcialmente por granos de ferrita.

Segunda realización

La figura 3 es una vista de una segunda realización de un método para mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor de una junta soldada en chaflán de una chapa de acero de la presente invención. En la figura 3, una esquina formada combinando perpendicularmente una chapa de acero (1) y una chapa de acero (2) está unida mediante soldadura en chaflán, (3) indica un metal de aportación, (4) indica una pasada de soldadura adyacente a la porción del borde, (5) indica una zona afectada por el calor (HAZ) formada por una pasada adyacente a la porción del borde, (6) indica un utensilio de vibración ultrasónica, (7) indica una línea de fusión (FL) de una matriz de chapa de acero y un metal de aportación, t indica el espesor de la matriz de la chapa de acero y (10) indica una porción del borde.

En la junta soldada en chaflán indicada en la figura 3, preferiblemente la tensión se concentra en el borde (10) de la chapa de acero (1) a la que se aplica la tensión principal. Frecuentemente el borde (10) es el punto de iniciación de la rotura por lo que es la porción que requiere la tenacidad a la rotura. Esta junta soldada en chaflán es diferente en la forma del cordón de soldadura con respecto a la junta soldada de varias capas explicada anteriormente. Por lo

tanto, el efecto de incrementar el refinado de los granos de la zona afectada por el calor por el aporte de calor de la pasada de soldadura posterior a la pasada de soldadura (4) es relativamente pequeño.

5 Por lo tanto, por los impactos ultrasónicos en las proximidades del borde que requieren la tenacidad a la rotura realizados por el utensilio (martillo) de vibración ultrasónica (6), la microestructura de la porción de la zona afectada por el calor se hace más fina y, como resultado, se mejora notablemente la tenacidad. El mecanismo no está claro pero se considera que los impactos de alta frecuencia realizados por el utensilio de vibración ultrasónica (6) originan que la superficie de la chapa de acero se deforme plásticamente y que el calor de trabajo generado origina que la microestructura de la zona afectada por el calor recristalice y se vuelva más fina.

10 Hay que indicar que, para favorecer la recristalización por este calor de trabajo, preferiblemente la chapa de acero se calienta suplementariamente antes o durante los impactos por el utensilio de vibración ultrasónica. El método de calentamiento suplementario no está limitado pero los preferidos son el método de calentamiento por inducción o el método de calentamiento eléctrico que no requieren instalaciones de gran tamaño.

15 El aparato de generación de ondas ultrasónicas de la presente invención es un aparato que genera una vibración ultrasónica de 19 a 60 kHz mediante un transductor usando preferiblemente una fuente de alimentación de 200 W a 3 kW, amplificándola por una guía de ondas y haciendo vibrar así un utensilio de vibración ultrasónica usando una o más clavijas que tienen un diámetro entre 5 y 30 mm con una amplitud de oscilación entre 20 y 60 μm .

20 Además, en la microestructura adyacente a la línea de fusión del metal de aportación y la matriz de la chapa de acero en la zona afectada por el calor en las proximidades del borde, las condiciones y razones para incrementar la finura de la zona afectada por el calor para hacer que el valor medio del eje longitudinal de los granos de los cristales hasta la profundidad de 2 mm o más desde la superficie de la chapa de acero equivalente al tamaño de los granos de los cristales de la matriz de la chapa de acero antes de soldar a la profundidad de $\frac{1}{4}$ del espesor t desde la superficie de la chapa de acero sean iguales que en el caso de la junta soldada de varias capas.

Realización de referencia

25 La figura 4 es una vista de una realización de referencia de un método para mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada con gran aporte de calor de una sola pasada o de varias pasadas de una chapa de acero de la presente invención. En la figura 4, la chapa de acero (1) y la chapa de acero (2) están unidas formando una junta soldada con gran aporte de calor, (3) indica un metal de aportación, (4) indica la última pasada de soldadura, (6) indica un utensilio de vibración ultrasónica, (7) indica una línea de fusión (FL) de una matriz de chapa de acero y un metal de aportación, (9) indica una indentación marginal, (10) indica un borde y t indica el espesor de la matriz de la chapa de acero.

35 En una junta soldada con gran aporte de calor de una sola pasada o de varias pasadas, cuando la cantidad del calor de soldadura aportado es grande, la microestructura de la zona afectada por el calor se vuelve granular. Por lo tanto, para reducir la cantidad de calor aportado lo máximo posible o mejorar la eficiencia de soldadura, frecuentemente la ranura se hace estrecha o casi vertical. En tal caso, hay riesgo de que el metal de aportación solidifique antes de una fusión suficiente de la matriz de la chapa de acero. Como resultado, se produce fácilmente indentación marginal de la soldadura. Especialmente, se produce una indentación marginal (9) en el borde (10) y esta porción es un sitio de concentración de tensiones y un punto de iniciación de la rotura, por lo que disminuye notablemente la tenacidad a la rotura.

40 Por lo tanto, sometiendo las proximidades del borde (10) de la junta soldada con gran aporte de calor a impactos ultrasónicos realizados por el utensilio de vibración ultrasónica (6) o por chorreado de vibración ultrasónica con granalla de bolas de acero, la longitud de la indentación marginal formada por el borde (10) es 0,3 mm o menos.

45 Hay que indicar que el aparato de impactos ultrasónicos y el aparato de chorreado ultrasónico son los mismos que en los casos de la junta soldada de varias capas y la junta soldada en chaflán. La razón para que la longitud de la indentación marginal sea 0,3 mm o menos es que si la longitud de la indentación marginal es mayor que 0,3 mm, una entalla de una indentación marginal es dura para ser un punto de iniciación de la rotura cuando la tensión de tracción actúa sobre la zona de la junta soldada y se reduce notablemente el valor de la tenacidad a la rotura.

En las figuras 5 y 6 se explica el mecanismo de mejora de la tenacidad por impactos ultrasónicos o por chorreado ultrasónico con granalla en la realización de referencia de la presente invención.

50 Las figuras 5 y 6 son vistas de la indentación marginal antes y después de los impactos ultrasónicos y el chorreado ultrasónico con granalla, en las que (7) indica la línea de fusión (FL) de la matriz de la chapa de acero y el metal de aportación y (9) indica la indentación marginal. Como se muestra en la figura 5, la indentación marginal (9) antes de los impactos ultrasónicos o del chorreado ultrasónico con granalla es larga en la dirección de la profundidad.

Por otro lado, la indentación marginal (9), después de aumentar los impactos ultrasónicos o el chorreado ultrasónico en la dirección del espesor de la chapa de acero como se muestra en la figura 6, resulta notablemente corta por lo que, Incluso aunque la tensión de tracción actúe sobre la junta soldada, es difícil alcanzar el punto de iniciación de la rotura y se mejora notablemente la tenacidad a la rotura.

5 Hay que indicar que para favorecer el efecto de presión de esta indentación marginal, preferiblemente la chapa de acero se calienta suplementariamente antes o durante los impactos realizados por el utensilio de vibración ultrasónica o del chorreado por las bolas de acero de ondas ultrasónicas de vibración. El método de calentamiento suplementario no está limitado pero los preferidos son el método de calentamiento por inducción o el método de calentamiento eléctrico que no requieren instalaciones de gran tamaño.

10 Ejemplos

A continuación se dan ejemplos del método para mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de una chapa de acero de la presente invención.

Primer y segundo ejemplos

15 Hay que indicar que las tablas 1 y 2 dan ejemplos que corresponden a la primera y segunda realizaciones y las tablas 3 y 4 dan ejemplos que corresponden a la realización de referencia.

20 Se sometieron a soldadura a tope o soldadura en chaflán chapas de acero que tenían las composiciones, espesores y resistencias mostradas en la tabla 1. El método de soldadura fue uno cualquiera de soldadura de arco sumergido (SAW), soldadura de CO₂ (soldadura de arco de CO₂) y soldadura MAG (soldadura de arco con electrodo metálico) mostradas en la tabla 2. Se midieron los tamaños de los granos de los cristales de las microestructuras de zonas afectadas por el calor (valores medios del eje longitudinal) formadas por la última pasada (pasada adyacente al borde en el caso de soldadura en chaflán) y todos fueron 100 μm o más.

25 Después, en los ejemplos números 1 a 7 de la presente invención, cuando los impactos ultrasónicos fueron realizados por un utensilio de vibración ultrasónica que tenía un diámetro de la clavija de 10 a 30 mm, el tamaño de todos los granos de los cristales de las microestructuras de las zonas afectadas por el calor (valores medios del eje longitudinal) adyacentes a la línea de fusión y formadas por la última pasada de soldadura (la pasada de soldadura en las proximidades del borde en el caso de la soldadura en chaflán) fueron 30 μm o menos, que corresponden al tamaño de los granos de los cristales de la matriz de la chapa de acero antes de soldar hasta una profundidad de 2 mm o más desde la superficie de la chapa de acero y, como resultado, todos exhibieron valores altos de la rigidez, de 170 J o más como media. Hay que indicar que, en los ejemplos números 3, 5 y 7, se realizó un calentamiento suplementario mediante calentamiento por inducción en el tiempo de los impactos ultrasónicos.

30 Además, se evaluó la tenacidad por la energía de absorción de impactos Charpy usando el valor medio de nueve muestras de ensayo. Las muestras de ensayo se tomaron de la capa superficial de la zona afectada por el calor y se separaron de la piel negra de la superficie. Las posiciones de la ranura hicieron las líneas de fusión (FL).

35 Después, en los ejemplos comparativos números 8 a 14, cuando no se realizaron impactos ultrasónicos, el tamaño de todos los granos de los cristales de las microestructuras de las zonas afectadas por el calor (valores medios del eje longitudinal) fueron 100 μm o más y, como resultado, todos exhibieron valores bajos de la tenacidad, de 110 J o menos.

Ejemplo de referencia

40 Se sometieron a soldadura con gran aporte de calor de dos pasadas chapas de acero que tenían las composiciones, espesores y resistencias mostradas en la tabla 3.

Las composiciones de las chapas de acero distintas de las de los ejemplos números 25 y 30 fueron composiciones químicas en las que se suprimió el agrandamiento del tamaño de los granos de los cristales debido al calor de soldadura aportado por el efecto de clavija obtenido dispersando óxidos finos, como óxidos de Ca, Mg, etc

45 Como métodos de soldadura, se realizaron métodos de soldadura con gran aporte de calor, de 90 kJ/cm, como soldadura FAB (soporte de asbestos fundente), soldadura VEGA (soldadura eléctrica-soldadura en atmósfera de gas con vibración) y soldadura SEG-ARC (soldadura eléctrica-soldadura en atmósfera de gas Sinko) mostrados en la figura 4 y se midieron las longitudes de la indentación marginal, siendo todas 0,5 mm o más.

50 Después, en los ejemplos de referencia números 12 a 25, cuando se realizaron impactos ultrasónicos mediante un utensilio de vibración ultrasónica que tenía una clavija de 10 a 30 mm de diámetro, todas las longitudes de la indentación marginal de los bordes fueron 0,1 mm o menos. Como resultado, todos exhibieron valores altos de la tenacidad debido al gran aporte de calor de soldadura, de 80 J o más como media. Hay que indicar que, en los

ES 2 624 352 T3

ejemplos números 23 y 25, el calentamiento suplementario se realizó mediante calentamiento por inducción en el tiempo de los impactos ultrasónicos.

5 Además, se evaluó la tenacidad por la energía de absorción de impactos Charpy usando el valor medio de nueve muestras de ensayo. Las muestras de ensayo se tomaron de la capa de la superficie de la zona afectada por el calor y se separaron de la piel negra de la superficie. Las posiciones de la ranura determinaron la línea de fusión (FL).

Después, en los ejemplos comparativos números 26 a 30, cuando no se realizaron los impactos ultrasónicos, las longitudes de todas las indentaciones marginales fueron 0,5 mm o más. Como resultado, todos exhibieron valores bajos de la tenacidad, de 40 J o menos.

10 Especialmente, la chapa del ejemplo comparativo número 30 no es una chapa de acero para soldar con gran aporte de calor, por lo que el valor medio del eje longitudinal de los granos de los cristales desde la superficie adyacente a la línea de fusión de la estructura de la zona afectada por el calor hasta una profundidad de 2 mm o más es 800 μm o más y se produce granulación y también indentación marginal. Por lo tanto, la energía de absorción Charpy fue extremadamente baja, de 9 J, incluso a una temperatura de ensayo de +20°C.

Tabla 1

	Composición química (% en peso)													Propiedades básicas de la chapa de acero			Tamaño de los granos de la matriz de la chapa de acero a $\frac{1}{4}$ del espesor t			
	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Mg	Cu	Ni	Nb	V	Cr	B	Mo	Propiedades mecánicas		Espesor (mm)		
																Límite elástico (MPa)			Resistencia a la tracción (MPa)	
Ejemplos de la invención																				
1	0,10	0,26	1,18	0,006	0,003	0,026	0,009	0			0,02	0,12					390	494	25	10
2	0,08	0,21	1,46	0,008	0,003	0,021	0,010	0,0004			0,02			0,0016			240	304	80	12
3	0,06	0,27	1,38	0,006	0,004	0,011	0,008	0	0,40	0,41	0,03	0,05					420	532	70	7
4	0,04	0,18	1,44	0,009	0,005	0,022	0,015	0,0002	0,15	0,14	0,03	0,2	0,2				450	570	70	15
5	0,07	0,25	1,30	0,007	0,003	0,015	0,014	0,0017			0,02	0,1					550	696	40	25
6	0,04	0,11	0,92	0,009	0,005	0,022	0,015	0,0002		3,50	0,03	0,2	0,2		0,3		620	785	70	18
7	0,10	0,25	1,30	0,007	0,003	0,015	0,014	0,0017	1,00	9,80	0,02	0,1		0,0002			890	1.127	40	12
Ejemplos comparativos																				
8	0,10	0,26	1,18	0,006	0,003	0,026	0,009	0			0,02						390	494	25	10
9	0,08	0,21	1,46	0,008	0,003	0,021	0,010	0,0004			0,02			0,0016			240	304	60	12
10	0,06	0,27	1,38	0,006	0,004	0,011	0,008	0	0,40	0,41	0,03	0,05					420	532	70	7
11	0,04	0,18	1,44	0,009	0,005	0,022	0,015	0,0002	0,15	0,14	0,03	0,2	0,2				450	570	70	15
12	0,10	0,25	1,30	0,007	0,003	0,015	0,014	0,0017			0,02	0,1					550	696	40	25
13	0,04	0,11	0,92	0,009	0,005	0,022	0,015	0,0002		3,50	0,03	0,2	0,2		0,3		620	785	70	10
14.	0,10	0,25	1,30	0,007	0,003	0,015	0,014	0,0017	1,00	9,80	0,02	0,1		0,0002			890	1.127	40	12

Tabla 2

	Junta soldada				Tratamiento de impactos ultrasónicos			Después de la aplicación	Tenacidad de la junta soldada				
	Método de soldadura	Tipo de junta	Posición de la soldadura	Aporte de calor (kJ/cm)	Tamaño de los cristales de la microestructura de la zona afectada por el calor pasada (µm)	Tratamiento	Diámetro del martillo (mm)		Temperatura del acero en el tratamiento (°C)	Tamaño de los granos de los cristales de la microestructura HAZ de la última pasada (µm)	Posición de la ranura	Temperatura del ensayo (°C)	Valor medio de 9 ensayos (J)
Ejemplos de la invención	1	SAW	A tope	Hacia abajo	30	120	Sí	10	25	10	-20	190	183
	2	SAW	A tope	Lateral	30	250	Sí	10	35	8	-20	210	174
	3	CO ₂	En chafán	Hacia abajo	25	190	Sí	20	320	7	-20	240	189
	4	SAW	A tope	Hacia abajo	30	230	Sí	30	60	12	-40	195	153
	5	CO ₂	A tope	Hacia abajo	120	190	Sí	10	250	20	0	179	125
	6	SAW	A tope	Hacia abajo	30	230	Sí	30	60	12	-20	195	153
	7	MAG	A tope	Hacia abajo	40	190	Sí	10	250	7	-20	250	205
Ejemplos comparativos	8	SAW	A tope	Hacia abajo	30	120	No			120	-20	101	19
	9	SAW	A tope	Lateral	30	250	No			250	-20	82	21
	10	CO ₂	En ángulo	Hacia abajo	25	190	No			190	-20	93	20
	11	SAW	A tope	Hacia abajo	30	230	No			230	-40	34	12
	12	CO ₂	A tope	Hacia abajo	120	190	No			190	0	72	25
	13	SAW	A tope	Hacia abajo	30	230	No			230	-20	82	32
	14	MAG	A tope	Hacia abajo	40	190	No			190	-20	72	15

Tabla 3

	Composición química (% en peso)													Propiedades básicas de la chapa de acero			Tamaño de los granos de la matriz de la chapa de acero a ¼ del espesor t			
														Espesor (mm)	Propiedades mecánicas					
	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Ca	N	Cu	Ni	Nb	V		Mg	B		Mo	Límite elástico (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)
Ejemplos de referencia																				
21	0,09	0,26	1,18	0,002	0,002	0,026	0,012	0,0011	0,0033			0,02	0,12				390	494	9	
22	0,97	0,21	1,46	0,001	0,001	0,021	0,012	0,0028	0,0041			0,02	0,05	0,002			410	519	10	
23	0,07	0,27	1,38	0,002	0,001	0,011	0,010	0,0020	0,0029	0,40	0,41	0,03	0,2				420	532	7	
24	0,05	0,18	1,44	0,002	0,002	0,022	0,013	0,0014	0,0046	0,15	0,14	0,03	0,2	0,0012	0,3		450	570	11	
25	0,10	0,25	1,30	0,003	0,001	0,015	0,013	0,0006	0,0031			0,02					550	696	12	
Ejemplos comparativos.																				
26	0,09	0,26	1,18	0,002	0,002	0,026	0,012	0,0011	0,0033			0,02	0,12				390	494	9	
27	0,97	0,21	1,46	0,001	0,001	0,021	0,012	0,0028	0,0041			0,02	0,05	0,002			410	519	10	
28	0,07	0,27	1,38	0,002	0,001	0,011	0,010	0,0020	0,0029	0,40	0,41	0,03	0,2				420	532	7	
29	0,05	0,18	1,44	0,002	0,002	0,022	0,013	0,0014	0,0046	0,15	0,14	0,03	0,2	0,0012	0,3		450	570	11	
30	0,10	0,26	1,30	0,003	0,001	0,015	0,013	0,0010	0,0010			0,02					550	696	12	

Tabla 4

	Junta soldada						Tratamiento de impactos ultrasónicos			Después de la aplicación	Tenacidad de la junta soldada				
	Método de soldadura	Tipo de junta	Posición de la soldadura	Aporte de calor (kJ/cm)	Tamaño de los granos de los cristales de la zona microestructura afectada por el calor de la última pasada (µm)	Longitud de la indentación marginal de la zona soldada (mm)	Tratamiento	Diámetro del martillo (mm)	Temperatura del acero en el tratamiento (°C)		Tamaño de los granos de los cristales de la microestructura HAZ de la última pasada (µm)	Posición de la ranura	Temperatura del ensayo (°C)	Valor medio de 9 ensayos (J)	Valor mínimo de 9 ensayos (J)
Ejemplos de referencia	21	FAB	A tope	Hacia abajo	90	150	1,4	Sí	10	25	0,1	FL	-20	95	51
	22	FAB	A tope	Lateral	120	240	1,2	Sí	10	35	0	FL	-20	110	63
	23	FCB	Chafán	Hacia abajo	170	230	0,9	Sí	20	320	0	FL	-20	132	60
	24	VEGA	A tope	*	420	220	0,5	Sí	30	60	0	FL	-40	84	71
	25	SEG-ARC	A tope	*	250	200	0,8	Sí	10	250	0,1	FL	0	92	54
Ejemplos comparativ.	26	FAB	A tope	Hacia abajo	90	150	1,4	No			1,4	FL	-20	21	2
	27	FAB	A tope	Lateral	120	240	1,2	No			1,2	FL	-20	31	4
	28	FCB	Chafán	Hacia abajo	170	230	0,9	No			0,9	FL	-20	23	5
	29	VEGA	A tope	*	420	220	0,5	No			0,5	FL	-40	19	3
	30	SEG-ARC	A tope	*	250	820	0,8	No			0,8	FL	20	9	5

(*) Perpendicular hacia arriba

ES 2 624 352 T3

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de varias capas, en una junta soldada en chaflán o en una junta soldada con gran aporte de calor de una sola pasada o de varias pasadas de una chapa de acero, sometiendo las proximidades de un borde de una junta soldada de una chapa de acero a impactos por un utensilio de vibración ultrasónica.

5

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de una chapa de acero, caracterizado por someter una superficie de la zona afectada por el calor formada por una última pasada de una junta soldada de varias capas de una chapa de acero a impactos mediante un utensilio de vibración ultrasónica usando una o más clavijas que tienen un diámetro entre 3 y 30 mm con una amplitud de oscilación entre 20 y 60 μm generada por 19 a 60 kHz, en el que una media de un eje longitudinal de granos de los cristales en una profundidad de por lo menos 2 mm desde la superficie de la chapa de acero en la microestructura adyacente a una línea de fusión (FL) de un metal de aportación y la matriz de la chapa de acero en la citada zona afectada por el calor formada por la última pasada es 120% o menos del tamaño de los granos de los cristales de la matriz de la chapa de acero antes de la soldadura en una profundidad de $\frac{1}{4}$ de un espesor t desde la superficie de la chapa de acero.
- 10
- 15 2. Un método para mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de una chapa de acero, caracterizado por someter las proximidades de una porción del borde de una junta soldada en chafán de una chapa de acero a impactos por un utensilio de vibración ultrasónica usando una o más clavijas que tienen un diámetro entre 5 y 30 mm con una amplitud de oscilación entre 20 y 60 μm generada por 19 a 60 kHz, en el que una media de un eje longitudinal de los granos de los cristales en una profundidad de por lo menos 2 mm desde la superficie de la chapa de acero en la microestructura adyacente a una línea de fusión (FL) de un metal de aportación y la matriz de la chapa de acero en la citada zona afectada por el calor en las proximidades de la porción del borde es 120% o menos del tamaño de los granos de los cristales de la matriz de la chapa de acero antes de la soldadura en una profundidad de $\frac{1}{4}$ de un espesor t desde la superficie de la chapa de acero.
- 20 3. Un método para mejorar la tenacidad de una zona afectada por el calor en una junta soldada de una chapa de acero de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la media del eje longitudinal de los granos de los cristales a la profundidad de 2 mm o más desde la superficie de la chapa de acero es 30 μm o menos.

Fig.1

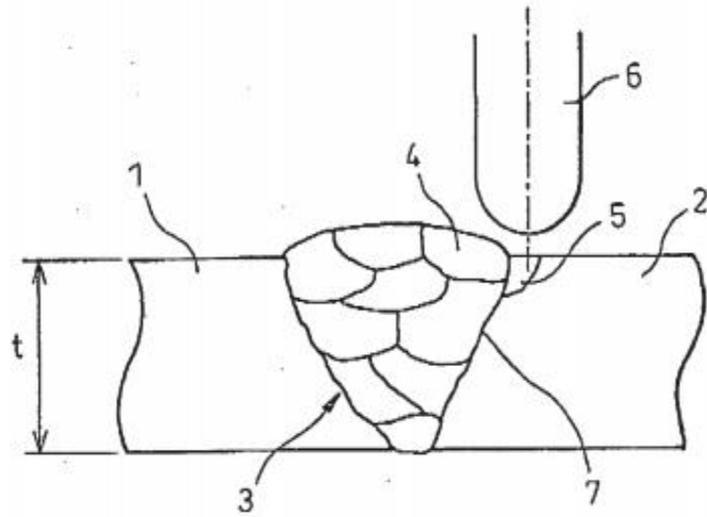


Fig.2

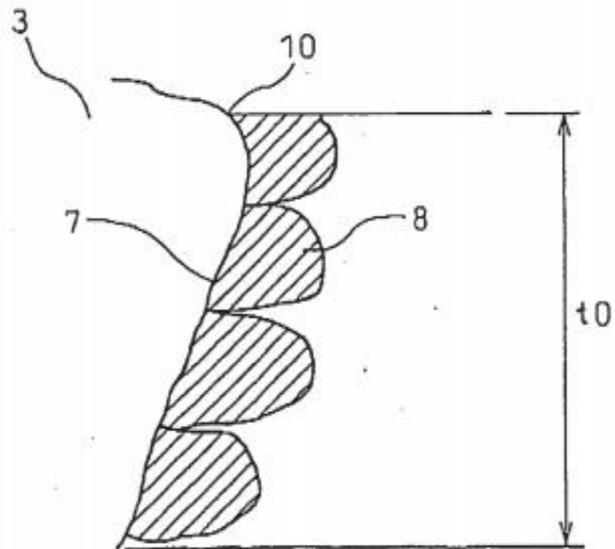


Fig.3

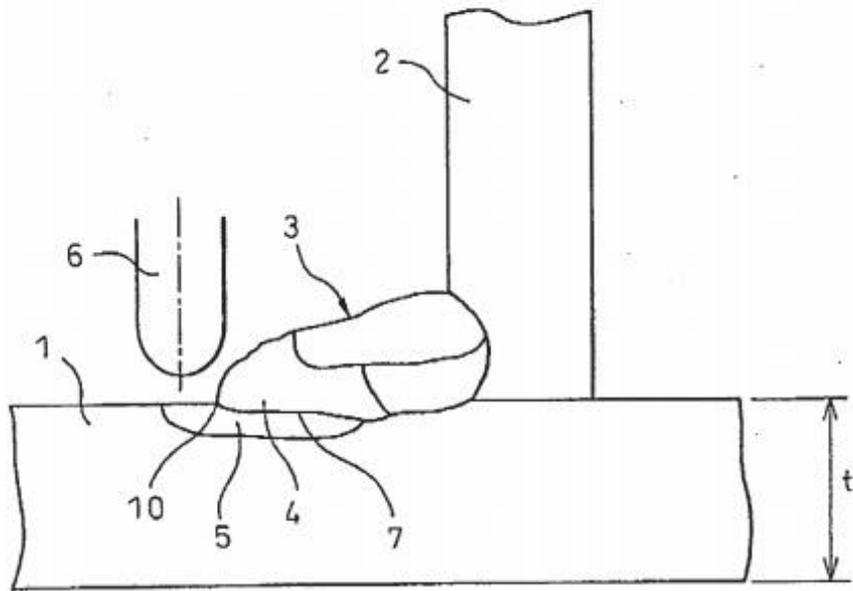


Fig.4

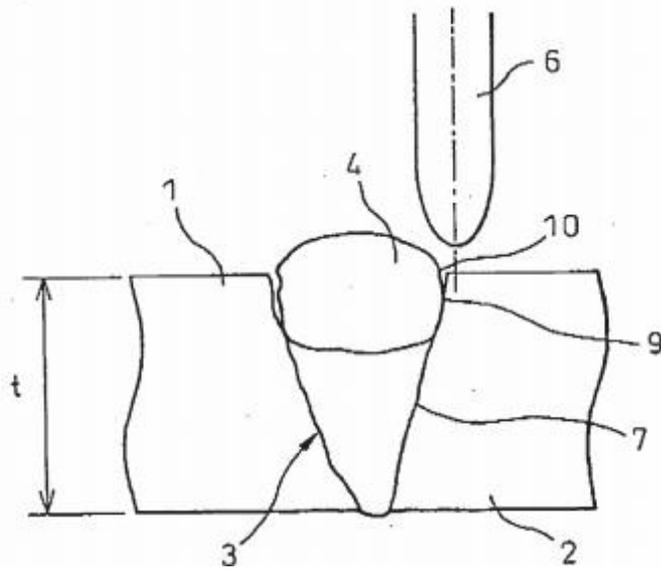


Fig. 5

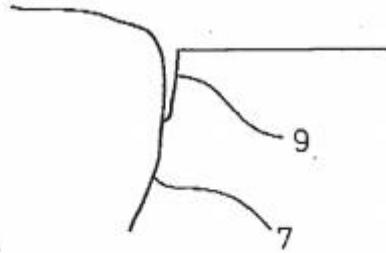


Fig. 6

